

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS

ARMADAS- ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA NOYERA
Z400 XINXING DEL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA
FRANZ VIEGENER ÁREA ANDINA S.A.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MECATRÓNICA**

REALIZADO POR:

LUIS GABRIEL CUASQUE BAUTISTA

ANGÉLICA VERÓNICA QUITO CARRIÓN

DIRECTOR: ING. EDGAR TIPÁN

CODIRECTOR: ING. PATRICIO QUEZADA

SANGOLQUÍ, 2013-09-25

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA NOYERA Z400 XINXING DEL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA FRANZ VIEGENER ÁREA ANDINA S.A.” fue realizado en su totalidad por Luis Gabriel Cuasque Bautista y Angélica Verónica Quito Carrión, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingenieros en Mecatrónica.

**Ing. Edgar Tipán
DIRECTOR**

**Ing. Patricio Quezada
CODIRECTOR**

Sangolquí, 2013-09-25

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA NOYERA Z400
XINXING DEL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA FRANZ
VIEGENER ÁREA ANDINA S.A.”**

ELABORADO POR:

**Luis Gabriel
Cuasque Bautista**

**Angélica Verónica
Quito Carrión**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

Director de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica.

Ing. Luis Echeverría

Sangolquí, 2013-09-25

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros: Luis Gabriel Cuasque Bautista y Angélica Verónica Quito Carrión

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del proyecto de grado titulado: “REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA NOYERA Z400 XINXING DEL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA FRANZ VIEGENER ÁREA ANDINA S.A.”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

**Luis Gabriel
Cuasque Bautista**

**Angélica Verónica
Quito Carrión**

Sangolquí, 2013-09-25

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico en primer lugar a mi Dios ya que gracias a él he podido llegar a esta etapa de mi vida en la cual cumpla una de mis más grandes metas.

A mi padre Luis y mi madre Gloria mis dos grandes pilares, por todo su amor, sus consejos, su apoyo en momentos difíciles en mi vida y porque gracias a ellos soy el hombre que soy, este triunfo se lo debo a ustedes.

A mis hermanos Juan José y Carolina, para que nunca desmayen en sus metas y siempre sigan adelante pese a las dificultades pero sobre todo para recordarles que siempre voy a estar a su lado como el hermano mayor que ustedes se merecen.

A mi familia, mis abuelitas Anita y María por su amor incondicional, a mi tía Dolores y su familia, a mi prima Blanqui y a todos aquellos que contribuyeron directa e indirectamente a que pueda conseguir este objetivo.

A la familia Espinoza Vera por acogerme en su hogar y por haberme brindado su ayuda incondicional cuando más la necesitaba, muchas gracias, ustedes son parte importante en este logro.

Y finalmente a mis amigos que a lo largo de mi vida universitaria estuvieron en las buenas y las malas.

Luis Cuasque.

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado para todos los que creen en un sueño y día a día luchan por cumplirlo, pasando sobre sus propias comodidades para hacer realidad la meta que un día se la han fijado. Dedicada para cada soñador que existe, para aquellos que a pesar de las dificultades que se encuentran en el camino continúan con la frente en alto y su corazón apasionado, sin permitir que pequeñas caídas cambien sus pensamientos, sus metas, sus prioridades y sus principios. Dedicado para aquellos que frente a cada adversidad continúan, cansados, a veces decepcionados pero con sus objetivos siempre claros. Dedicado para Marco Quito Chamba, para Melania Carrión, para Fabián, Fredy y Marco Quito Carrión, de quienes he aprendido todo y les debo cada logro que voy cosechando a lo largo de mi vida.

Angélica Quito Carrión.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada quiero agradecer a mi Dios por bendecirme y permitirme llegar a donde he llegado, por hacer realidad este que alguna vez fue solo un sueño.

A mis familia, a mis padres y hermanos porque gracias a su constante ayuda hoy puedo decir lo logré, sin ustedes esto no hubiera sido posible.

A la Escuela Politécnica del Ejército y a todos quienes alguna vez fueron mis profesores por su conocimiento impartido y por aportar con su granito de arena en mi formación profesional.

A la empresa Franz Viegner por darme la oportunidad de poder culminar una meta muy importante, por el apoyo brindado y por todo el conocimiento y experiencia que he adquirido en el transcurso del desarrollo de este proyecto, al personal del área de fundición, de mantenimiento, y del taller industrial especialmente al Señor Fabián Llumiquinga y al Señor Franklin Loachamin gracias a ustedes lo logramos.

Y por último pero no por eso menos importante a todos mis amigos y a todas aquellas personas que estuvieron a lo largo de estos 5 años de formación y preparación académica y personal.

Luis Cuasque.

AGRADECIMIENTOS

Agradeciendo primero a Dios, por haberme bendecido con la oportunidad de tener los medios para culminar esta meta tan importante en la vida de todo profesional. A mis padres, por su continuo esfuerzo y sus grandes enseñanzas como personas y profesionales. A mis hermanos, por ser ellos mi apoyo incondicional en los buenos y malos momentos, por saberme dar la valentía de seguir adelante a pesar de todas las adversidades que hemos atravesado. A mis sobrinos, por ser mis pequeños motores que con sus locuras y ternuras han hecho brotar de mi cara millones de sonrisas. A la empresa Franz Viegner Área Andina S.A., por abrirnos sus puertas y brindarnos la oportunidad de desarrollar nuestras habilidades como profesionales, además que fortalecerlas con las personas que nos brindaron su total apoyo. Y finalmente a cada uno de mis amigos y personas que he encontrado en mi camino, ya que de todos he aprendido algo nuevo para formar mi carácter, primero como ser humano y segundo como profesional.

Angélica Quito Carrión

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	i
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xxiii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xxvi
RESUMEN	xxviii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	2
1.3 ALCANCE DEL PROYECTO	3
1.3.1 SISTEMA MECÁNICO	4
1.3.2 SISTEMA ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO	5
1.3.3 SISTEMA DE CONTROL	6
1.4 OBJETIVOS	8
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	8

1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
2	MARCO TEÓRICO	10
2.1	FUNDICIÓN EN MOLDES PERMANENTES.....	10
2.1.1	TIPOS DE MOLDES	10
2.2	ARENAS DE FUNDICIÓN	11
2.2.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE ARENAS DE MOLDEO.....	11
2.2.2	COMPOSICIÓN IDEAL DE ARENAS DE MOLDEO.....	12
2.2.3	HUMEDAD EN LAS ARENAS	14
2.2.4	CLASIFICACIÓN DE ARENAS POR ÍNDICE DE FINURA.....	15
2.3	NOYOS.....	17
2.3.1	FUNCIÓN	17
2.3.2	PROPIEDADES DE MEZCLAS DE MOLDEO PARA NOYOS ..	18
2.3.3	PROPIEDADES DE LOS NOYOS.....	19
2.3.4	FACTORES QUE INFLUYEN LA FABRICACIÓN DE NOYOS ..	22
2.3.5	PROCESOS DE FABRICACIÓN DE LOS NOYOS	23
2.4	MEZCLA A USARSE	27
2.4.1	CARACTERÍSTICAS Y PORCENTAJES	27
2.4.2	PREPARACIÓN DE LA MEZCLA.....	28
2.5	SISTEMAS DE INYECCIÓN.....	30
2.5.1	GENERALIDADES	30
2.5.2	FACTORES PRINCIPALES DE NOYOS.....	31

2.6	FLUIDIFIZACIÓN.....	32
2.6.1	DEFINICIÓN GENERAL DE FLUIDIFIZACIÓN	32
2.6.2	RÉGIMEN DE FLUIDIFIZACIÓN	33
2.7	SISTEMAS DE SOPLADO DE NOYOS.....	34
2.8	DISTRIBUIDOR Y DISEÑO DE CAPAS FLUIDIZADAS.....	36
2.8.1	TIPOS DE REJILLAS.....	36
2.9	TOLVAS DE ALMACENAMIENTO	42
2.10	MOVIMIENTO VIBRATORIO O VIBRACIÓN	43
2.10.1	CLASIFICACIÓN DE LAS VIBRACIONES.	43
2.11	MODOS DE VIBRACIÓN.....	44
2.11.1	MOTOR CON LEVA	44
2.11.2	GENERADOR DE FRECUENCIAS	45
2.11.3	PISTÓN TEMPORIZADO	46
2.12	DEFINICIONES GENERALES DE SISTEMAS DE CONTROL .	46
2.12.1	CONCEPTOS GENERALES DE SISTEMAS DE CONTROL..	47
2.12.2	SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO Y CERRADO....	47
2.12.3	CONTROL DISCRETO Y CONTINUO	50
2.13	CONTROLADORES INDUSTRIALES	51
2.13.1	CONTROL ON- OFF.....	52
2.13.2	CONTROL PROPORCIONAL.....	53
2.13.3	CONTROL INTEGRAL	54
2.13.4	CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL.....	55

2.13.5	CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO.....	56
2.13.6	CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO.....	57
2.14	SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	58
2.14.1	CARACTERÍSTICAS.....	58
2.14.2	INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI).....	58
3	DISEÑO MECATRÓNICO.....	61
3.1	INTRODUCCIÓN.....	61
3.1.1	SISTEMA MECÁNICO.....	63
3.1.2	SISTEMA ELÉCTRICO.....	66
3.1.3	SISTEMA NEUMÁTICO.....	68
3.2	DISEÑO MECÁNICO.....	72
3.2.1	SUBSISTEMA DE TOLVAS.....	72
3.2.2	SUBSISTEMA DE SOPLADO DE ARENA.....	95
3.2.3	MODIFICACIÓN DEL BASTIDOR DE LA NOYERA.....	117
3.3	DISEÑO NEUMÁTICO.....	118
3.3.1	SELECCIÓN DE ELEMENTOS.....	118
3.3.2	SECUENCIA NEUMÁTICA DE LA NOYERA.....	123
3.3.3	CIRCUITO NEUMÁTICO DE LA NOYERA.....	125
3.4	DISEÑO ELÉCTRICO/ ELECTRÓNICO.....	129
3.4.1	DISTRIBUCIÓN DE RED ELÉCTRICA.....	129
3.4.2	SENSORES.....	132
3.4.3	SISTEMA DE CONTROL.....	136

3.4.4	AUTOMATIZACIÓN.....	142
3.4.5	INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	172
3.4.6	SEGURIDADES.....	182
4	FABRICACIÓN INSTALACIÓN Y PRUEBAS	187
4.1	INTRODUCCIÓN.....	187
4.2	FABRICACIÓN	187
4.2.1	TOLVAS DE ALMACENAMIENTO	187
4.2.2	ESTRUCTURA	189
4.2.3	CABEZALES DE SOPLADO.....	193
4.3	INSTALACIÓN.....	198
4.3.1	INSTALACIÓN MECÁNICA	198
4.3.2	INSTALACIÓN NEUMÁTICA.....	213
4.3.3	INSTALACIÓN ELÉCTRICA/ ELECTRÓNICA.....	217
4.4	PRUEBAS Y RESULTADOS	233
4.4.1	PRUEBAS PARA DETERMINAR LA FRECUENCIA DE VIBRACIÓN.	234
4.4.2	PRUEBAS PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE CONTROL.	236
4.4.3	RESULTADOS.....	244
5	PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO.....	245
5.1	COSTO DE LA MÁQUINA	245
5.2	INVERSIÓN TOTAL DE LA EMPRESA.....	251

6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	253
6.1	CONCLUSIONES	253
6.2	RECOMENDACIONES.....	256

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Noyos de arena	1
Figura 1-2 Diagrama del proceso para la fabricación de noyos	3
Figura 1-3 Propuesta dosificadores de arena.	4
Figura 1-4 Diagrama esquemático del Sistemas Eléctrico.....	6
Figura 1-5 Esquema propuesto del Sistema de Control	6
Figura 1-6 Esquema de control de temperatura.....	8
Figura 2-1 Composición ideal de las arenas	13
Figura 2-2 Aglomerantes y aglutinantes	13
Figura 2-3 Efecto del contenido de humedad en la arena de moldeo	14
Figura 2-4 Noyos fabricados por FV-área andina S.A.	17
Figura 2-5 Molde en arena para fabricar una pieza con cavidad interna.	17
Figura 2-6 Molde en arena para solucionar una contrasalida	18
Figura 2-7 Corte transversal de un noyo con alma de tubo de acero	21
Figura 2-8 Efectos de velocidad gas- velocidad fluidificación	33
Figura 2-9 Sección transversal de soplador de arena	35
Figura 2-10 Sección transversal de disparador de arena	35
Figura 2-11 Posiciones de los respiraderos en caja de noyos	35
Figura 2-12 Tipo de rejilla	37
Figura 2-13 Algunos tipos de boquillas	38
Figura 2-14 Distribuidores y boquillas usados en cámaras de combustión ..	38
Figura 2-15 Disposición de agujeros en el rociador	39
Figura 2-16 Cuadrícula cónica con fluido direccionado lateralmente	40
Figura 2-17 Ejemplos de agujeros en plancha cuadrículada	41
Figura 2-18 Tipos de Tolvas	42

Figura 2-19 Generador de Vibraciones	45
Figura 2-20 Sistema de lazo abierto	48
Figura 2-21 Sistema de lazo cerrado	49
Figura 2-22 Diagrama de bloques Control Proporcional	53
Figura 2-23 Respuesta temporal de un controlador proporcional	54
Figura 2-24 Respuesta temporal del controlador integral	55
Figura 2-25 Respuesta de un controlador PI	56
Figura 2-26 Respuesta de un controlador PD.....	56
Figura 2-27 Respuesta de un controlador PID.....	58
Figura 2-28 Diagrama de bloques controlador PID.....	58
Figura 2-29 Ejemplo de una HMI de un sistema SCADA.....	60
Figura 3-1 Tolva de almacenamiento.....	62
Figura 3-2 Manguera de conexión	62
Figura 3-3 Cámara de entrada de arena.....	62
Figura 3-4 Ingreso manual de arena al bloque de soplado.....	63
Figura 3-5 Cantidad de arena en el molde.....	63
Figura 3-6 Esquema actual de las tolvas	65
Figura 3-7 Bloques de soplado de arena	65
Figura 3-8 Placa de dosificación	66
Figura 3-9 Control frontal de la noyera Xinxing Z400.....	66
Figura 3-10 Diagrama eléctrico de potencia	66
Figura 3-11 Diagrama de conexión del PLC	67
Figura 3-12 Disposición cilindros neumáticos de la noyera Z400	70
Figura 3-13 Diagrama de Fases del proceso de elaboración de noyos	71
Figura 3-14 Circuito Neumático	71

Figura 3-15 Alternativa de tolvas 1	72
Figura 3-16 Alternativa de tolvas 2	74
Figura 3-17 Alternativa de tolvas 3	75
Figura 3-18 Tolva de almacenamiento.....	79
Figura 3-19 Estructura superior	81
Figura 3-20 Cargas y sujeciones de la tolva	81
Figura 3-21 Análisis CAE de la tolva en general.....	83
Figura 3-22 Diseño CAE Tolvas- ESFUERZOS.....	83
Figura 3-23 Diseño CAE Tolvas- FS.....	85
Figura 3-24 Fuerzas y sujeciones en la estructura superior	86
Figura 3-25 Diseño CAE Estructura general- Esfuerzos.....	87
Figura 3-26 Diseño CAE Estructura general- Desplazamiento máximo.....	88
Figura 3-27 Diseño CAE Estructura general- FS	89
Figura 3-28 Circuito neumático- Vibración.....	91
Figura 3-29 Análisis Tolva sin carga	91
Figura 3-30 Análisis tolva con carga máxima.....	92
Figura 3-31 Alternativa 1.....	96
Figura 3-32 Alternativa 2.....	97
Figura 3-33 Alternativa 2. Descripción elementos.....	98
Figura 3-34 Alternativa 3. Primera descripción	99
Figura 3-35 Alternativa 3. Descripción ingreso de aire	99
Figura 3-36 Cabezal de Soplado	102
Figura 3-37 Acople de ingreso de arena.....	102
Figura 3-38 Cámara de fluidización.	103
Figura 3-39 Boquilla de dosificación	104

Figura 3-40 Base y sistema desplazamiento de cabezal	104
Figura 3-41 Placa acople manguera de conducción de arena	105
Figura 3-42 Placa acople manguera de conducción de arena	105
Figura 3-43 Sistema de sellado del ingreso de arena	106
Figura 3-44 Tipos de disposición de agujeros	107
Figura 3-45 Modelo esquemático cámara fluidización.	109
Figura 3-46 Flujo de la mezcla dentro de la cámara	113
Figura 3-47 Análisis CAE placa de sellado	115
Figura 3-48 Análisis CAE del cabezal de soplado	117
Figura 3-49 Bastidor de la noyera.....	118
Figura 3-50 Selección actuador para tolvas.....	119
Figura 3-51 Fuerza teórica pistón de vibración.....	119
Figura 3-52 Selección electroválvula para actuador de tolvas	120
Figura 3-53 Selección de actuador para sellado de cámaras	121
Figura 3-54 Pistón elegido para los cabezales. Carrera y émbolo.....	122
Figura 3-55 Fuerza teórica de avance, pistón de cabezales.....	122
Figura 3-56 Pistón corte de arena.....	122
Figura 3-57 Secuencia neumática noyera modificada	123
Figura 3-58 Circuito neumático- Noyera	125
Figura 3-59 Cabezal de soplado.....	126
Figura 3-60 Interruptor de seguridad serie LS4	135
Figura 3-61 Cortina de seguridad	135
Figura 3-62 Selección del CPU para el PLC S7-1200	140
Figura 3-63 Selección módulo entradas/salidas digitales	140
Figura 3-64 Selección módulo termocuplas.....	141

Figura 3-65 Bloque principal de programación	143
Figura 3-66 Bloque Manual.....	145
Figura 3-67 Llamadas de función- Modo manual.....	146
Figura 3-68 Diagrama de flujo- modo manual.....	147
Figura 3-69 Bloque semiautomático	148
Figura 3-70 Programación semiautomática	149
Figura 3-71 Diagrama de flujo general- Modo semiautomático	150
Figura 3-72 Bloque control de temperatura	151
Figura 3-73 Diagrama de bloques general control de temperatura.....	152
Figura 3-74 Llamada de función- Configuración parámetros HMI.....	152
Figura 3-75 Configuración de tiempos- HMI	153
Figura 3-76 Matriz de noyos	154
Figura 3-77 Distribución de temperatura, toma 1, 24,2°C.....	155
Figura 3-78 Distribución de temperatura, toma 2, 57,1°C.....	155
Figura 3-79 Distribución de temperatura, toma 3, 80,4°C.....	155
Figura 3-80 Bloque de control PID.....	159
Figura 3-81 Gráfica temperatura placa inferior- lado izquierdo	161
Figura 3-82 Gráfica temperatura placa superior- lado izquierdo	161
Figura 3-83 Gráfica temperatura placa inferior- lado derecho	162
Figura 3-84 Gráfica temperatura placa superior- lado derecho	163
Figura 3-85 HMI Noyera	165
Figura 3-86 HMI Noyera	166
Figura 3-87 Ventana configuración parámetros HMI	166
Figura 3-88 Visualización de parámetros.....	167
Figura 3-89 Modo de operación Manual	167

Figura 3-90 Modo de operación Semiautomático	168
Figura 3-91 Administración de usuarios.....	169
Figura 3-92 Visualización PID.....	169
Figura 3-93 Comprobación de sensores	170
Figura 3-94 Pantallas de comprobación de sensores y operaciones.....	171
Figura 3-95 Información general del sistema.....	171
Figura 3-96 Tablero de control interno.....	173
Figura 3-97 Nivel 1. Tablero de control interno	176
Figura 3-98 Nivel 2. Tablero de control.....	176
Figura 3-99 Nivel 3. Tablero de control.....	177
Figura 3-100 Nivel 4. Tablero de control.....	177
Figura 3-101 Tablero de control. Estructura metálica	179
Figura 3-102 Tablero de control. Distribución externa	179
Figura 3-103 Luces piloto	180
Figura 3-104 Selectores.....	180
Figura 3-105 Pulsadores y switch trifásico.....	181
Figura 3-106 Pulsadores y HMI	181
Figura 3-107 Pulsadores de seguridad	183
Figura 3-108 Programación reset de la máquina	184
Figura 3-109 Programación salida modo RESET	184
Figura 3-110 Selector de activación- temperatura	185
Figura 3-111 Programación desactivación contactor de temperatura.....	186
Figura 4-1 Caras tolvas de almacenamiento	187
Figura 4-2 Montaje tolva de almacenamiento	188
Figura 4-3 Tolva de almacenamiento finalizada.....	188

Figura 4-4 Pedestales de soporte para las tolvas	189
Figura 4-5 Montaje tolvas con cauchos y resortes	189
Figura 4-6 Incorporación viga para soportar las tolvas	190
Figura 4-7 Estructura de la máquina modificada.....	190
Figura 4-8 Puertas de la máquina.....	191
Figura 4-9 Soporte cortina de seguridad.....	192
Figura 4-10 Tubos de soporte para pistón de sellado y carga de arena	192
Figura 4-11 Cabezal de soplado- fundición	193
Figura 4-12 Mecanizado exterior del cabezal de soplado.....	194
Figura 4-13 Mecanizado interior del cabezal de soplado.....	194
Figura 4-14 canal O´ring cabezales de soplado.....	195
Figura 4-15 Rectificado de caras del cabezal	195
Figura 4-16 Roscado para racor del cabezal	195
Figura 4-17 Empaque interno del cabezal	196
Figura 4-18 Cámara de fluidización	196
Figura 4-19 Montaje boquilla del cabezal de soplado	197
Figura 4-20 Rieles y carro de desplazamiento.....	197
Figura 4-21 Placa reductora.....	198
Figura 4-22 Tolva de almacenamiento.....	198
Figura 4-23 Vista explosionada- Tolvas de almacenamiento.....	199
Figura 4-24 Montaje cauchos y resorte de las tolvas de almacenamiento..	200
Figura 4-25 Montaje completo de la tolva de almacenamiento	200
Figura 4-26 Ubicación del pistón generador de vibración	201
Figura 4-27 Unión caras cabezal de soplado.....	203
Figura 4-28 Ensamble boquilla de cabezal con placa de inyección	203

Figura 4-29 Ensamble boquilla y cabezal de soplado.....	204
Figura 4-30 Ensamble de placa de ingreso de arena y carro de desplazamiento.....	204
Figura 4-31 Cabezal de soplado.....	205
Figura 4-32 Base para el desplazamiento del cabezal.....	206
Figura 4-33 Movimiento de cabezal- corte de arena.....	207
Figura 4-34 Pistón corte de arena.....	208
Figura 4-35 Montaje base- soporte en la máquina.....	208
Figura 4-36 Ubicación de tuercas para la base- soporte máquina.....	209
Figura 4-37 Montaje cabezal en la máquina.....	210
Figura 4-38 Montaje placa de movimiento y corte de arena.....	210
Figura 4-39 Montaje placa de sellado del cabezal.....	211
Figura 4-40 Montaje Placa sujeción de manguera.....	212
Figura 4-41 Ensamble subsistema de soplado.....	212
Figura 4-42 Montaje actuadores neumáticos en la máquina.....	213
Figura 4-43 Ubicación de los pistones de vibración.....	214
Figura 4-44 Pistones para el corte de la arena y desplazamiento.....	214
Figura 4-45 Actuador para la apertura de la matriz.....	215
Figura 4-46 Actuador para el sellado de los cabezales.....	216
Figura 4-47 Instalación de electroválvulas.....	216
Figura 4-48 Instalaciones eléctricas y electrónicas de la máquina.....	217
Figura 4-49 Tablero de control interno y externo.....	218
Figura 4-50 Montaje canaletas en tablero.....	218
Figura 4-51 Rieles DIN, montaje de elementos.....	219
Figura 4-52 Montaje de elementos en el tablero de control.....	219

Figura 4-53 Borneras de entradas digitales al PLC	220
Figura 4-54 Borneras de entradas análogas del PLC	220
Figura 4-55 Energizado al tablero de control de la máquina.....	220
Figura 4-56 Cableado interno del tablero de control	221
Figura 4-57 Touch panel y pulsadores- Máquina.....	222
Figura 4-58 Sensor inductivo	223
Figura 4-59 Ubicación sensores inductivos	224
Figura 4-60 Sensor magnético.....	224
Figura 4-61 Montaje cortina de seguridad	225
Figura 4-62 Ubicación de termocuplas y resistencias eléctricas.....	227
Figura 4-63 Montaje cajas de paso.....	227
Figura 4-64 Caja de paso con salida de cable sucre 25x16	231
Figura 4-65 Clavija.....	232
Figura 4-66 Noyos prueba 1	236
Figura 4-67 Noyos sin llenado completo	237
Figura 4-68 Noyos con rompimiento debido a falta de expulsor.	237
Figura 4-69 Noyo prueba 2	238
Figura 4-70 Noyos prueba 3	239
Figura 4-71 Noyo prueba 4	240
Figura 4-72 Noyo prueba 5	241
Figura 4-73 Noyos prueba 6	242
Figura 4-74 Noyos prueba 7	243
Figura 4-75 Proceso posterior a la formación de noyos.....	244

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Noyeras Operativas Franz Viegener.....	2
Tabla 2-1 Grados finos, clasificación de las arenas.....	15
Tabla 2-2 Grados medios, clasificación de las arenas.....	16
Tabla 2-3 Grados gruesos, clasificación de las arenas.....	16
Tabla 2-4 Porcentajes y Pesos de elementos necesarios para la mezcla ...	28
Tabla 3-1 Descripción de inconvenientes en el sistema mecánico	64
Tabla 3-2 Tiempos de operación de la noyera Xinxing Z400	68
Tabla 3-3 Secuencia de trabajo	70
Tabla 3-4 Matriz de decisión. Subsistema de tolvas	78
Tabla 3-5 Matriz de decisión. Subsistema de soplado de arena.....	101
Tabla 3-6 Escalas usadas para la matriz de decisión	101
Tabla 3-7 Valores empleados para el cálculo de la Umf.....	112
Tabla 3-8 Consumo de aire por ciclo de los actuadores neumáticos.....	127
Tabla 3-9 Elementos para el switch trifásico.....	129
Tabla 3-10 Carga eléctrica de la noyera	130
Tabla 3-11 Braker Termomagnético usado para el encendido	130
Tabla 3-12 Pulsadores y selectores elegidos	137
Tabla 3-13 Señales de entrada al PLC	138
Tabla 3-14 Señales de salida del PLC.....	138
Tabla 3-15 Componentes del PLC.....	139
Tabla 3-16 Entradas análogas.....	141
Tabla 3-17 Toma de datos de temperatura, placa inferior	157
Tabla 3-18 Toma de datos de temperatura, placa superior	158
Tabla 3-19 Parámetros PID	164

Tabla 3-20 Elementos del tablero de control	175
Tabla 3-21 Riegos físicos de la máquina	182
Tabla 4-1 Partes de la tolva de almacenamiento	199
Tabla 4-2 Partes del cabezal de soplado	205
Tabla 4-3 Partes de la base para el desplazamiento del cabezal	206
Tabla 4-4 Partes del movimiento de cabezal- corte de arena	207
Tabla 4-5 Piezas para el montaje de la base- soporte a la máquina	209
Tabla 4-6 Elementos ensamble placa sujeción de manguera	212
Tabla 4-7 Electroválvulas instaladas en la noyera	217
Tabla 4-8 Terminales sensor inductivo	223
Tabla 4-9 Terminales sensor magnético	225
Tabla 4-10 Conexiones interruptor de seguridad	226
Tabla 4-11 Polaridad terminales termocupla	226
Tabla 4-12 Caja de paso 1- Grupo de borneras X5	228
Tabla 4-13 Caja de paso 2- Grupo de borneras X6	228
Tabla 4-14 Caja de paso 3- Grupo de borneras X7	229
Tabla 4-15 Caja de paso 4- Grupo de borneras X8	230
Tabla 4-16 Clavija inferior	232
Tabla 4-17 Clavija superior	233
Tabla 4-18 Pruebas para el tiempo de vibración	234
Tabla 4-19 Pruebas para la frecuencia de vibración	235
Tabla 4-20 Parámetros prueba 1	236
Tabla 4-21 Parámetros prueba 2	238
Tabla 4-22 Parámetros prueba 3	239
Tabla 4-23 Parámetros prueba 4	240

Tabla 4-24 Parámetros prueba 5	241
Tabla 4-25 Parámetros prueba 6	242
Tabla 4-26 Parámetros prueba 7	243
Tabla 5-1 Costos directos	245
Tabla 5-2 Mano de obra.....	251
Tabla 5-3 Detalle inversión final de la empresa	252
Tabla 6-1 Detalle usuarios máquina noyera.	262

ÍNICE DE ECUACIONES

Ecuación 3-1 Relación entre esfuerzo permisible y esfuerzo máximo	84
Ecuación 3-2 Esfuerzo permisible.....	84
Ecuación 3-3 Factor de seguridad	85
Ecuación 3-4 Constante del resorte.....	93
Ecuación 3-5 Frecuencia natural	93
Ecuación 3-6 Factor de amortiguación	93
Ecuación 3-7 Frecuencia natural amortiguada	94
Ecuación 3-8 Frecuencia crítica.....	94
Ecuación 3-9 Frecuencia excitadora.....	94
Ecuación 3-10 Factor 1 de sobreamortiguamiento	95
Ecuación 3-11 Factor 2 de sobreamortiguamiento	95
Ecuación 3-12 Amplitud de sobreamortiguamiento.....	95
Ecuación 3-13 Relación número de agujeros por unidad de área	107
Ecuación 3-14 Paso de agujeros	108
Ecuación 3-15 Ecuaciones para el cálculo de Reynolds.....	110
Ecuación 3-16 Número de Arquímedes para fluidos de dos fases	110
Ecuación 3-17 Cálculo de constantes para determinar el número de Reynolds.....	111
Ecuación 3-18 Velocidad mínima de fluidización	113
Ecuación 3-19 Modelo matemático comportamiento temperatura lado izquierdo, matriz inferior.....	161
Ecuación 3-20 Modelo matemático comportamiento temperatura lado izquierdo, matriz superior.....	162

Ecuación 3-21 Modelo matemático comportamiento temperatura lado derecho, matriz inferior	162
Ecuación 3-22 Modelo matemático comportamiento temperatura lado derecho, matriz superior	163

RESUMEN

El presente proyecto desarrollado para el área de función de la empresa Franz Viegner Área Andina S.A., tiene como finalidad el poner en funcionamiento la máquina noyera Xinxing Z400. Para esto se realizó el rediseño mecánico e implementación del sistema de almacenamiento de la mezcla de arena y del sistema de inyección de dicha mezcla a la matriz de noyos. En cuanto al almacenamiento de la mezcla de arena se implementó un sistema de tolvas vibratorio mediante la acción de un actuador neumático y para el sistema de inyección de arena su diseño tuvo como base fundamental el fenómeno físico de la fluidización de lechos sólidos, el control y operación de estos sistemas se lo realizó con la remodelación de todo el sistema eléctrico-electrónico y de control. A fin de cumplir con los requerimientos de la empresa auspiciante se realizó un protocolo de pruebas para determinar los parámetros de operación de la máquina, obteniendo así noyos que cumplen con los parámetros necesarios para avanzar en el siguiente proceso de producción de grifería.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Noyería es la sección de la fundición donde se fabrican moldes machos de arena ó noyos, los cuáles se utilizan para lograr piezas de fundición con secciones huecas. Los noyos son elaborados mediante tareas manuales a partir de arenas revestidas especialmente elaboradas que se inyectan en un molde preparado para ello.

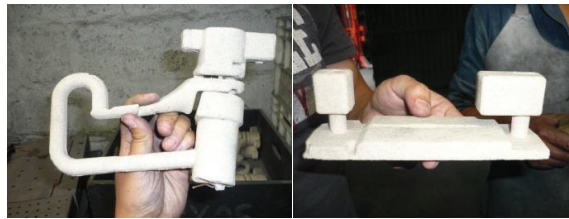


Figura 1-1 Noyos de arena¹

Actualmente este proceso es muy empleado debido a las grandes ventajas que se tiene como por ejemplo brindan suficiente resistencia en la mayoría de sus aplicaciones, así como buena retractibilidad, permeabilidad, reutilización y también son los menos costosos. En la empresa Franz Viegner utilizan este método para la elaboración de noyos que posteriormente permitirán la fabricación de varios productos de la empresa.

¹ **Fuente:** Sección de fundición Franz Viegner Área Andina Ecuador

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La fabricación en moldes de arena es el proceso más utilizado, la producción por este método representa la mayor parte del tonelaje total de fundición. Casi todas las aleaciones pueden fundirse en arena; de hecho, es uno de los pocos procesos que pueden utilizarse para metales con altas temperaturas de fundición como es el acero, níquel y el titanio. Su versatilidad permite fundir partes muy pequeñas o de grandes dimensiones en cantidades de producción que van de una pieza a millones de estas.

Actualmente FV-Área Andina S.A. cuenta con dos máquinas operativas para la fabricación de noyos de arena las cuales son:

Tabla 1-1 Noyeras Operativas Franz Viegener

ITEM	MODELO	MARCA	ORIGEN
1	FA5S	IMR	Italia
2	5800 HAGEN	VOSSWINKEL	Alemania

Fuente: Franz Viegener.

Y una tercera que presenta limitaciones como:

- El diseño de inyección de arena, ya que éste fue concebido para una mezcla seca y Franz Viegener emplea una mezcla húmeda de arena y resinas para la fabricación de noyos.
- Las seguridades que ésta ofrece al operario son nulas, puesto que el funcionamiento de la máquina está basado únicamente en tiempos de operación.

- El control de funcionamiento de toda la máquina no puede ser modificado por los técnicos de planta, ya que no se tiene acceso a la programación.
- El funcionamiento que el operario le da a la máquina es prácticamente artesanal, lo que produce que esta máquina no cumpla con los rangos de producción deseados.

FV- Área Andina S.A. actualmente desea incrementar el nivel de producción e incorporar esta máquina a un servicio de respaldo en caso de falla de alguna de las máquinas que actualmente están operando.

1.3 ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance de este proyecto es la remodelación de una máquina para la elaboración de noyos, mediante el suministro de arena desde las tolvas hacia los moldes, instalar seguridades para el operador de la máquina así como también la modernización del sistema eléctrico y de control.

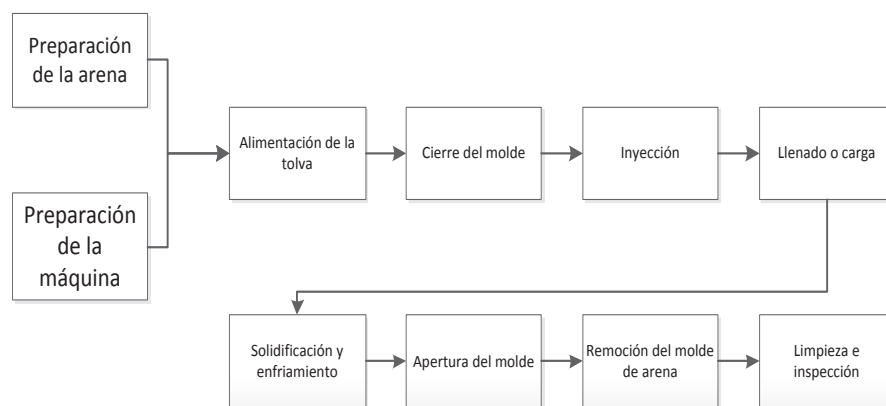


Figura 1-2 Diagrama del proceso para la fabricación de noyos

1.3.1 SISTEMA MECÁNICO

Disponiendo del almacén principal de la máquina, el sistema mecánico se enfocará en el diseño e implementación de un sistema de inyección de arena húmeda con entrada directa, para esto se realizará un rediseño de las tolvas de almacenamiento mediante un sistema vibratorio, el cual debe garantizar que no se formen bóvedas en la mezcla al iniciar el proceso.

El ingreso de la mezcla hacia los moldes se realizara con la implementación del diseño de 2 dosificadores que contarán con 4 boquillas como se muestra en la Figura 1-3.

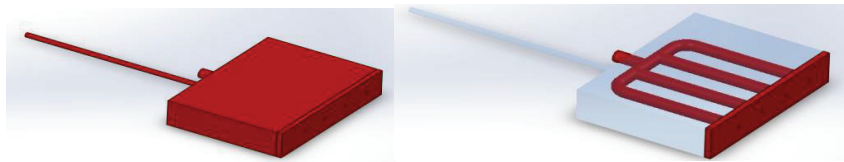


Figura 1-3 Propuesta dosificadores de arena.

La presión de inyección hacia los moldes debe ser de 6 bar asegurando un correcto llenado.

Todo el sistema de suministro hacia los moldes se lo realizará mediante un sistema de soplado de aire a presión, el mismo que debe contar con sistema refrigerante interno para evitar la solidificación de la arena y una obstrucción en los canales de dosificación.

En cuanto al correcto posicionamiento de los dosificadores hacia los moldes se diseñará un mecanismo de traslación por medio de un pistón y carrileras con lo que se asegurará que no existan fugas al momento de cargar la mezcla.

1.3.2 SISTEMA ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

El desarrollo del sistema eléctrico/electrónico será orientado en la modernización y optimización del control general de la máquina, por lo cual se proponen las siguientes alternativas:

- Brindar protecciones a los componentes eléctricos de la máquina empleando Breakers y relés térmicos en el caso de existir algún fallo inesperado.
- Emplear distintos tipos de sensores los cuales tendrán varios propósitos, dependiendo del lugar en el que sean requeridos.
- Cada actuador neumático contará con electroválvulas, las mismas que permitirán el funcionamiento de dichos elementos.
- Para sensor la temperatura necesaria para la fabricación de noyos se propone emplear termocuplas debido a que los valores a medir se encuentran en el rango de 150°C a 300 °C.
- Se emplearán resistencias térmicas para el calentamiento de los moldes utilizados en la formación de los noyos.
- Se empleará un PLC industrial el mismo que permitirá el control general de la máquina.

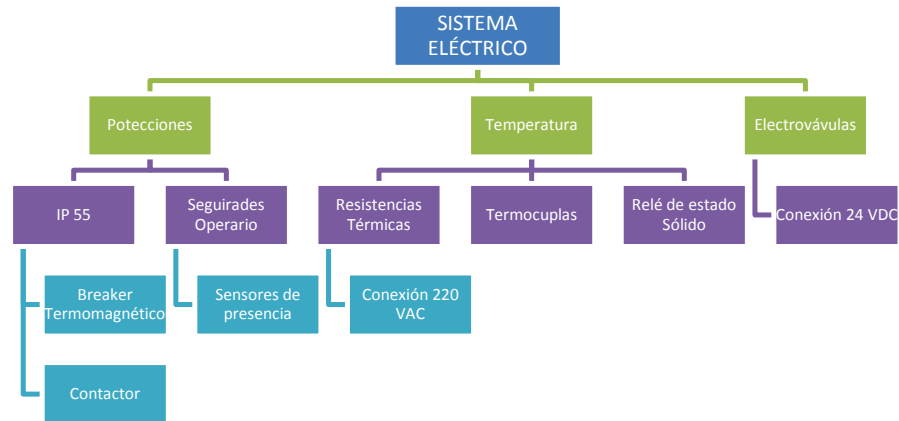


Figura 1-4 Diagrama esquemático del Sistemas Eléctrico

1.3.3 SISTEMA DE CONTROL

En el control de la máquina se dispondrá con 2 tipos de funcionamiento:

- Ciclo manual.
- Ciclo semiautomático.

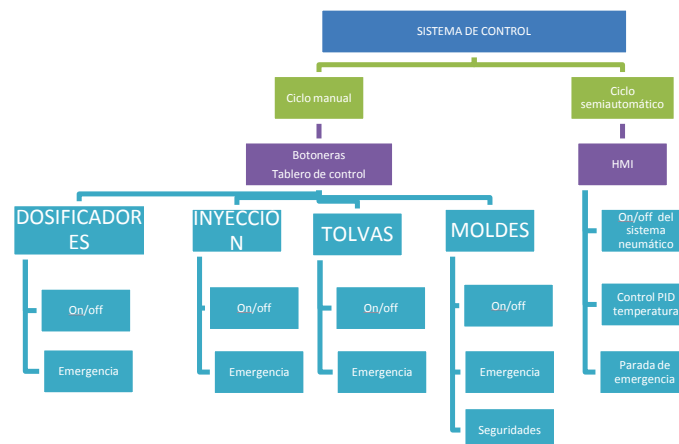


Figura 1-5 Esquema propuesto del Sistema de Control

Ciclo Manual

Para la operación de ciclo manual de la máquina se contará con un control ON-OFF, instalando pulsadores que permitirán realizar una comprobación de estado de cada uno de los actuadores neumáticos y eléctricos que intervienen en el proceso para el conformado de noyos de arena, permitiendo verificar el funcionamiento de cada parte del sistema.

Ciclo Semiautomático

En el ciclo semiautomático se usarán las señales emitidas por los sensores y finales de carrera y se enviarán las señales eléctricas correspondientes a todos los actuadores de la máquina mediante el programa cargado en el PLC siemens S7-1200 (Requerimiento de la empresa).

Con la implementación de un HMI creado en el Touch Panel se podrá ingresar el número de noyos que necesita el usuario al igual que saber cómo va avanzando el proceso general de la máquina, llevar registros acerca de la producción semanal y evaluar la efectividad de la máquina.

Se contará con un controlador de temperatura PID en lazo cerrado para los moldes de conformación de los noyos, debido a que se necesita una respuesta rápida y que exista la menor desviación entre el valor medido y el valor que se desea obtener.

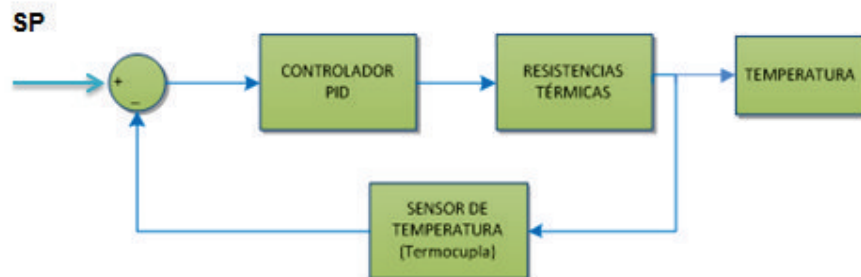


Figura 1-6 Esquema de control de temperatura

Tanto en el ciclo semiautomático como en el ciclo manual se contará en el panel de control con dos pulsadores, siendo estos el paro de emergencia como el reinicio del ciclo, los cuales brindarán seguridades al operario en caso de existir algún problema en el funcionamiento de la máquina.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Rediseñar e implementar los sistemas de: alimentación, inyección de arena, control, seguridad para la máquina noyera Z400 XinXing del área de fundición de la empresa Franz Viegner Área Andina S.A.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Rediseñar el sistema de inyección el cual permita un correcto llenado de una mezcla húmeda de arena y resinas en los moldes.
- Rediseñar las tolvas de almacenamiento de arena instalando un sistema vibratorio el cual permita el paso de la mezcla húmeda desde las tolvas hacia el sistema de inyección.

- Desarrollar un sistema de control adecuado el mismo que permita un correcto funcionamiento de la máquina así como también garantice la seguridad del operario.
- Realizar pruebas físicas y de operación de los distintos sistemas que interviene en la máquina a fin de garantizar que los noyos fabricados cumplan con las expectativas de la empresa.
- Elaborar un manual de mantenimiento y operación de la máquina noyera.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDICIÓN EN MOLDES PERMANENTES

Este método de fundición usa un molde metálico construido en dos secciones que están diseñadas para cerrar y abrir con precisión y facilidad, estos se hacen comúnmente de acero y hierro fundido. Los metales que se funden en molde permanente son: aluminio, magnesio, aleaciones de hierro y cobre fundido, en este proceso es común usar cavidades o corazones para formar las superficies interiores del producto de fundición. Los corazones pueden ser metálicos, pero su forma debe permitir la remoción, en caso de no ser así se pueden usar corazones de arena.

2.1.1 TIPOS DE MOLDES

Moldes de arena verde.- Éste tipo de moldes se obtienen a partir de una mezcla de arena, arcilla y agua. Se llaman moldes de arena verde debido a que éstos presentan un grado de humedad al momento de vaciado. Estos moldes presentan buenas propiedades tales como: suficiente resistencia, buena retractibilidad, permeabilidad y reutilización en la mayoría de sus aplicaciones.

Molde de arena seca.- A diferencia de los moldes de arena verde, éstos no presentan humedad en su mezcla, se fabrican con aglomerantes orgánicos en lugar de arcilla. La temperatura de curado fluctúa entre 204° C y 316° C.

2.2 ARENAS DE FUNDICIÓN

Las arenas de fundición se emplean para la producción de moldes perecederos y noyos, los cuales están hechos a base de arena de cuarzo preparadas de forma artificial; no se usan arenas naturales para noyos y moldes destinados a materiales ferrosos.

Se entiende por molde a una reproducción en negativo de la pieza a construir, y por noyo al cuerpo que forma la parte hueca de la misma.

Los procesos de moldeo más utilizados son:

- Molde permanente metálico (coquilla o fundición a presión en caja fría o caliente)
- Molde semipermanente (idéntico al anterior con el agregado de noyos)
- Molde perecedero (arena o cerámico Shaw o InvestmentCast)

2.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE ARENAS DE MOLDEO.

Las arenas de moldeo están compuestas por arena y arcilla, las cuales proporciona cohesión y plasticidad a la mezcla.

Por las cualidades que posee la arena, se facilita su moldeo y la arcilla contribuye dándole resistencia suficiente para mantener la forma requerida de la pieza que se desea moldear mientras se vierte el material fundido. Existen fórmulas de arenas de moldeo, para diferentes aplicaciones.

Los componentes principales de las fórmulas de arena son:

- Arena Nueva: de ríos, mar u otras canteras.

- Arena Reciclada: arena recuperada después de una fundición.
- Tierra Blanca: éste componente es de uso común.
- Carbón Marino: se encuentra comercialmente en bolsas de 50 lb., ayuda a reducir la ocurrencia de penetración de metal, proporciona permeabilidad y contribuye a mejorar el acabado superficial.
- Bentonita: Se encuentra comercialmente en bolsas de 100 lb., es un tipo aglutinante.
- Agua: Componente fundamental para el amarre de la arena, es decir, para obtener una buena cohesión. Contribuye a un parámetro crítico e indispensable en el manejo de la arena a la hora de construir los moldes, dicho parámetro es la humedad.

2.2.2 COMPOSICIÓN IDEAL DE ARENAS DE MOLDEO

Las arenas de moldeo resultan de la disgregación de las rocas graníticas, arrastradas por las aguas y depositadas por orden de densidad en capas sensiblemente paralelas.

Se componen esencialmente de sílice, arcilla e impurezas diversas.



Figura 2-1 Composición ideal de las arenas²

2.2.2.1 AGLOMERANTES Y AGLUTINANTES

Son empleados para la preparación de las arenas de moldeo, o para reforzar arenas arcillosas naturales, a continuación se presenta su clasificación.

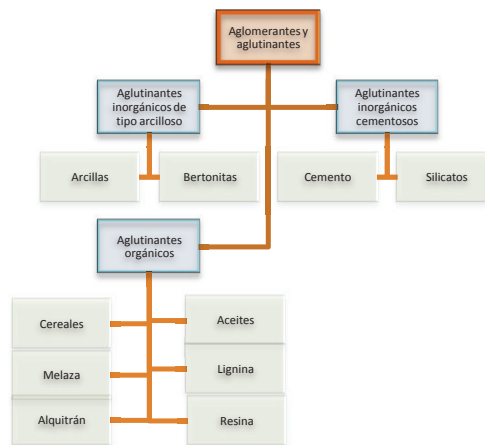


Figura 2-2 Aglomerantes y aglutinantes³

² Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/760/2/CAPITULO%201.pdf>

2.2.3 HUMEDAD EN LAS ARENAS

Este factor es importante en las arenas de moldeo, ya que si no se presenta esta propiedad se convierte en una masa de polvo seco, porque se pierde la plasticidad y la aglutinación de la arcilla. Al modificarse el contenido de humedad varían también las propiedades útiles de la arena y para cada tipo de mezcla de arena hay un contenido o intervalo óptimo para el que es máxima la aglutinación en verde.

Las curvas de la Figura 2-3 muestran esta variación de propiedades de una arena de moldeo típica cuando se modifica el contenido de humedad. La resistencia en seco y en verde, la plasticidad, etc., y su relación con el contenido de humedad dependen principalmente del tipo y cantidad de arcilla aglutinante

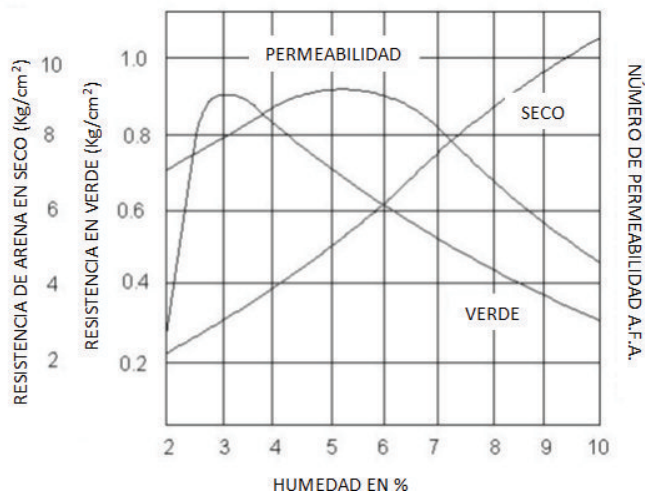


Figura 2-3 Efecto del contenido de humedad en la arena de moldeo⁴

³ Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/760/2/CAPITULO%201.pdf>

⁴ Fuente: http://cef.uca.edu.sv/descargables/tesis_descargables/composicion_optima_arena_fundicion.pdf

2.2.4 CLASIFICACIÓN DE ARENAS POR ÍNDICE DE FINURA

La clasificación de las arenas según su índice de finura es:

- Grados Finos: Ofrecen acabados superficiales tersos en sistemas de moldeo en verde para todos los metales con excelente desempeño en resistencia

Tabla 2-1 Grados finos, clasificación de las arenas

Número de malla	GRADOS FINOS				
	% de arena retenida	% de arena retenida	% de arena retenida	% de arena retenida	% de arena retenida
30					
40	1				
50	6	1	1	1	
70	15	13	11	7	3
100	34	46	30	31	17
140	27	24	31	36	35
200	15	12	21	20	28
270	3	3	5	4	12
Número AFS	89	89	100	101	126

Fuente: Universidad Simón Bolívar- Venezuela; Guía de materiales

- Grados medios: Estas arenas son excelentes para la mayoría de los sistemas de moldeo en verde en fundiciones de acero y hierro, ofreciendo buena permeabilidad y resistencia.

Tabla 2-2 Grados medios, clasificación de las arenas

GRADOS MEDIOS									
Número de malla	% de arena retenida	% de arena retenida	% de arena retenida	% de arena retenida	% de arena retenida	% de arena retenida	% de arena retenida	% de arena retenida	% de arena retenida
20		1							
30	3	9	1	1				1	
40	16	21	15	4	1	1	1	3	1
50	46	27	58	25	36	19	13	12	25
70	27	26	22	46	39	46	42	35	34
100	7	12	3	21	20	28	30	33	25
140	1	3	1	2	3	5	10	12	11
200		1		1	1	1	3	3	3
270							1	1	1
Número AFS	43	44	42	52	52	56	63	64	62

Fuente: Universidad Simón Bolívar- Venezuela; Guía de materiales

- Grados Gruesos: Arenas sub-angulares, lavadas y clasificadas para diversos usos.

Tabla 2-3 Grados gruesos, clasificación de las arenas

GRADOS GRUESOS					
Número de malla	% de arena retenida	% de arena retenida	% de arena retenida	% de arena retenida	% de arena retenida
16	2	2			
18	25	21	1	0	1
20	41	24	17	29	16
30	24	43	61	50	43
40	5	4	10	15	28
50	2	3	7	5	8
70	1	2	3	1	3
AFS No.	15	17	22	20	24

Fuente: Universidad Simón Bolívar- Venezuela; Guía de materiales

2.3 NOYOS

Los noyos de arena, también conocidos como moldes machos de arena, núcleos o corazones. Se emplean para mantener en posición las inserciones, facilitar el moldeo de partes delicadas y/o desmontables, evitar salidas exageradas y evitar el empleo de cajas intermedias.

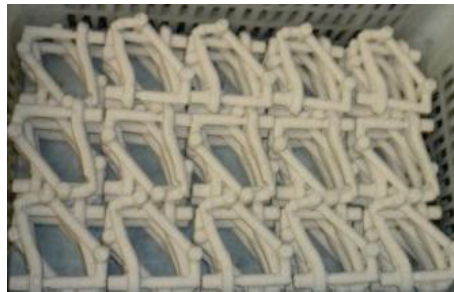


Figura 2-4 Noyos fabricados por FV-área andina S.A.⁵

2.3.1 FUNCIÓN

Los noyos se emplean en el desempeño de dos funciones:

- La ejecución de partes vacías

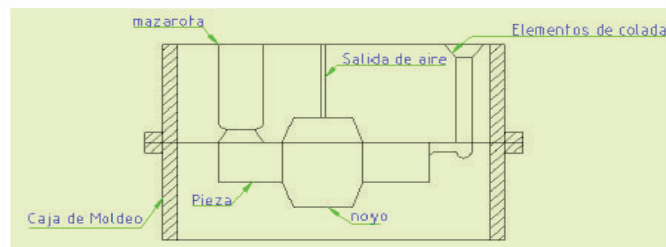


Figura 2-5 Molde en arena para fabricar una pieza con cavidad interna.⁶

- Solucionar el problema de la contrasalida de algunos modelos

⁵ Fuente: Área de fundición, FV- Área Andina

⁶ Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4846/3/CD-4415.pdf>

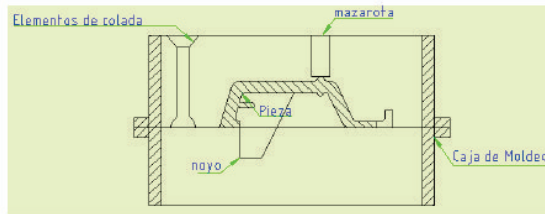


Figura 2-6 Molde en arena para solucionar una contrasalida⁷

2.3.2 PROPIEDADES DE MEZCLAS DE MOLDEO PARA NOYOS

Las mezclas para la fabricación de noyos deben llenar ciertos requisitos, pues durante su fabricación, almacenamiento y colada del metal están sometidos a condiciones rigurosas que pueden en un momento dado, hacer que la mezcla o el noyo ya fabricado, no satisfaga la calidad de las piezas pedidas.

Las propiedades que deben cumplir las mezclas son:

- **Facilidad de preparación:** Al emplear nuevos productos en la preparación de las mezclas se requiere la implementación de equipos costosos y una permanente vigilancia de la dosificación exacta de los productos para obtener las mezclas deseadas. Se debe tener precaución con la polución de los componentes al igual que los gases corrosivos que producen las mismas en algunos casos.
- **Conservación:** Algunas de las mezclas después de preparadas no pierden sus propiedades durante un largo tiempo, pero hay otras que tienen una vida útil solo de algunos minutos, esto se debe a que la reacción química que produce el endurecimiento, una vez que se ha

⁷ Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4846/3/CD-4415.pdf>

introducido el catalizador (caso de las mezclas de arenas con resinas llamadas furánicas) o al iniciarse una transformación físico- química (caso de las mezclas de silicato – CO₂ – al reaccionar con el CO₂ del ambiente).

- Moldeabilidad: La moldeabilidad es la capacidad de la arena para reproducir con facilidad una forma. A veces no sólo se requiere que las mezclas tengan una buena moldeabilidad, sino también disponer, en el caso de los noyos por soplado, de algunos elementos que ayuden a esta operación, tal como rejillas que ejercen una especie de tiro en determinada dirección, de la arena que ha sido soplada en el momento de elaboración del noyo.
- Ausencia de pegado con las cajas de noyos: Aunque parezca de poca importancia el problema del pegado a las cajas puede llevar a desechar algunas mezclas (caso de las arenas aglomeradas con resinas urea- formol) puesto que el elevado ritmo a que se producen los noyos, se ve considerablemente disminuido por este inconveniente, hasta el punto de hacerlo poco rentable frente a otros procedimientos.

2.3.3 PROPIEDADES DE LOS NOYOS.

Resistencia a la manipulación.- Una vez se ha terminado de fabricar el noyo, éste ya debe tener una resistencia o cohesión mínima que permita extraer el noyo de la caja y manipularlo posteriormente; por ejemplo, llevarlo a cocción (caso de noyos estufados).

Para contrarrestar las deformaciones en los noyos debidas a la falta de cohesión, se emplean corrientemente plantillas o soportes que tienen su misma forma exterior y que durante su endurecimiento sirven de apoyo evitando así las deformaciones.

Conservación durante el almacenamiento.- Como en algunas ocasiones, después de fabricados los noyos, no se pueden emplear inmediatamente como sería deseable, entonces estas deben cumplir con ciertas propiedades de inalterabilidad durante su almacenamiento.

Generalmente tienen tendencia a tomar humedad del medio ambiente, haciendo a veces que se inicie o continúen reacciones físico- químicas que alteran sus propiedades y que implica prever instalaciones para almacenamiento de lo noyos en ambiente seco y ausente de polvos.

Poca deformación por dilatación.- Como en general los noyos entran en contacto con el metal caliente, éstos deben ser estudiados desde el punto de vista de la forma y calidad para evitar defectos en las piezas.

En general, puede prevenirse el aumento de aparición de defectos con el estudio de la forma del molde así como también la utilización de aditivos.

Permeabilidad.- La permeabilidad es la facilidad que presenta la arena de moldeo a dejarse atravesar por el aire y los gases que se desprenden al realizar la colada, ésta propiedad depende tanto del tamaño de grano de la arena como de la forma de éstas.

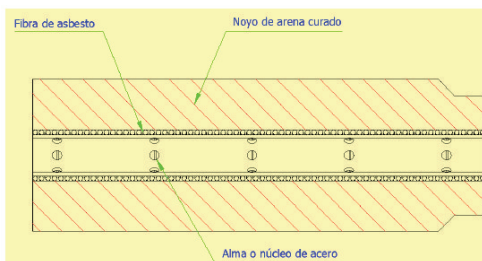


Figura 2-7 Corte transversal de un noyo con alma de tubo de acero⁸

En general se pueden decir que los aditivos disminuyen la permeabilidad, a excepción de la dextrina; por lo tanto, es necesario vigilar de cerca el empleo de ellos y cuando se haga indispensable su uso, entonces controlar los porcentajes de utilización.

Resistencia durante la colada.- Ésta propiedad es importante ya que al momento de la colada los noyos deben resistir la presión del metal líquido, la erosión, vitrificación y abrevaje.

Poca oposición a la contracción del metal.- Como en algunos casos los noyos están totalmente rodeados de metal, o tienen formas que se oponen a la libre construcción de la pieza durante su enfriamiento, se hace necesario que presente cierta elasticidad. Por ellos es imperativa la buena concepción de las armaduras o refuerzos, cuando se requieren, o efectuar un desmoldeo parcial al principio de la solidificación (operación cuidadosa) para facilitar la contracción. En algunas ocasiones hay que descartar el empleo de procesos de elaboración de noyos donde éstos presentan una resistencia residual a la compresión.

Friabilidad.- Una vez ha solidificado la pieza se hace necesario que los noyos se desmenucen con el fin de obtener las piezas con los detalles o formas dadas por el noyo. Esa facilidad de desmoronamiento depende tanto

⁸ Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4846/3/CD-4415.pdf>

el tipo de aglutinante o aglomerante como del porcentaje empleado en la mezcla, que determina la cohesión del noyo después de haber sido llevado a alta temperatura.

Buen acabado superficial.- Esta propiedad es importante ya que el noyo debe dar superficies brutas de colada de buen acabado, incluyendo superficies donde el maquinado no es acsequible. Para ello se recurre a disminuir el índice de finura y a dar un apisonado más fuerte, hasta donde lo permitan las otras propiedades mínimas buscadas en los noyos.

Bajo costo.- Hay que tener en cuenta no sólo el alto costo de algunos aglomerantes o resinas, sino también la inversión e implantación de equipos que implican algunos procedimientos, lo que conlleva a un serio análisis de costos frente a diferentes parámetros: mano de obra, desarrollo de nuevos procedimientos y productos, supervisión para obtener resultados constantes, aumento del ritmo de producción, pequeñas variaciones de la forma del noyo o incluso elaboración de diferentes noyos en una misma máquina. Todo ello parte de un análisis de la forma del noyo (posibles variaciones con respecto al noyo empleado en el prototipo fabricado), serie y ritmo o cadencia proyectada y vida útil de la matachera.

2.3.4 FACTORES QUE INFLUYEN LA FABRICACIÓN DE NOYOS

Para escoger el proceso y diseño del noyo a fabricar debe incluir los siguientes factores:

- Cantidad y tamaño de los noyos a fabricar.
- Función a cumplir por el noyo.
- Disposición del noyo o noyos en el molde.

- Aleación a colar.
- Calidad y acabado de la pieza.

Ello implica la utilización de una serie de equipos implantados o la escogencia de ellos de acuerdo al trabajo de la fabricación de noyos necesitado, teniendo en cuenta futuras proyecciones.

2.3.5 PROCESOS DE FABRICACIÓN DE LOS NOYOS

Los procesos de fabricación de noyos se pueden clasificar desde diversos puntos de vista, según su ejecución, según la temperatura de elaboración, según la serie y precisión dimensional, según la arena y/o el aglomerante utilizado, que caracterizan los diferentes procesos para la fabricación de noyos. Los de mayor empleo y la tendencia actual, siguiendo procesos ya puestos a punto en los países industrializados son:

- Noyos con aceite
- Noyos con Silicato – CO₂
- Noyos cáscara
- Noyos con resina (diversos tipos)

2.3.5.1 NOYOS CON RESINAS

El empleo de resinas ha permitido la elaboración de moldes y noyos de acuerdo a las necesidades que se presentaban con respecto a la cantidad y tamaño de los noyos a fabricar frente a las propiedades deseadas, la producción diaria u horaria requerida y a los costos.

En general estos procesos son clasificados según su endurecimiento en frío o en caliente, dependiendo de la necesidad de calentar o no la caja de noyos.

2.3.5.2 NOYOS ENDURECIDOS EN CALIENTE

Generalidades

Este proceso es conocido como “caja caliente”, por el calentamiento que tiene que hacerse de la caja de noyos para el endurecimiento del noyo.

Dentro de las ventajas que se pueden relieves están:

- Elevada producción horaria de noyos
- Gran capacidad de producción por unidad de superficie
- Buena exactitud dimensional
- Limpieza de la zona de fabricación de noyos.

Resinas y catalizador

El aglomerante utilizado en este proceso son resinas termo- endurecibles o termoplásticas, que generalmente se utilizan en combinación con un catalizador o endurecedor.

Las resinas utilizadas son hechas a base de formol, fenol- formol, urea- fenol- formol y urea- formol. Además, pueden ser los polímeros de alcohol furfúrico o furfurool, como también asociaciones de las anteriormente nombradas, con el furfurool, por lo que comercialmente reciben la denominación de resinas fenólicas y furánicas.

Estas resinas llevan una mayor o menor cantidad de agua que sirve en la regulación de su viscosidad y que junto con el pH controlan en cierta medida

su estabilidad, exigiendo condiciones de almacenamiento en lugares frescos y poco húmedos, sin embargo, aunque se cumpla con estos requisitos, su vida (conservando sus características) es de aproximadamente 6 meses.

El catalizador es hecho de ácidos donde su pH juega un papel muy importante, frente a la velocidad de curado o endurecido de los noyos.

- Arena empleada

Es recomendable emplear una arena lavada (eliminación de finos), seca y de tamaño granulométrico bastante parejo u homogéneo. El índice de finura puede ir desde 40 hasta 100 de acuerdo con el metal y el aspecto deseado de las piezas, prefiriendo las arenas de grano redondo.

- Preparación de mezclas y fabricación de noyos.

Para la preparación de las mezclas de éste tipo de noyos se puede utilizar una gran variedad de molinos, pero existen algunos tipos que son más ventajosos principalmente en dos aspectos:

- Eficiencia en la molienda
- Poca tendencia a elevar la temperatura.

Generalmente se emplean mezcladores continuos de tornillos sinfín y molinos de paletas con el eje vertical.

En lo que respecta al orden de introducción de los productos, generalmente es imperativo introducir primero el catalizador o endurecedor y después la resina.

Cuando hay necesidad de introducir otros productos (aditivos que ayudan al desmoldeo, colorantes, etc.), estos son los primeros a mezclar con la arena.

El tiempo de mezclado varía mucho, dependiendo del tipo de molino, el índice de finura de la arena y de la temperatura ambiente. En un molino continuo basta algunos segundos, mientras que en un molino de paletas se requieren de 3 a 5 minutos.

En relación con la selección y las cantidades a utilizar de resina y catalizador, esto depende de varios factores interrelacionados: metal a colar, calidad y aspecto de la pieza, espesor y volumen del noyo, temperatura ambiente y temperatura de la caja de noyos. La resina se emplea en tasas del 1% al 2% y el catalizador entre 15% y el 40% de la cantidad de resina empleada.

Una vez preparada la mezcla, ésta es colocada en un depósito o tolva situada generalmente en la parte superior de la máquina sopladora de noyos. La dosis de mezcla pasa a la cámara de soplado, desde donde es inyectada a la caja de noyos.

En cuanto a la fabricación, la caja de noyos se encuentra a la temperatura de curado del noyo y su calentamiento generalmente se hace por resistencias eléctricas. Dicha temperatura está comprendida entre 180oC y 270oC. Se debe tener la precaución de refrigerar la cabeza de soplado (orificio por donde pasa la mezcla a la caja de noyos o “caja caliente”) pues de lo contrario la mezcla allí depositada se endurecería al igual que el noyo, causando problemas para retirarlo. El tiempo de curado o endurecido que es relativamente corto entre 30 y 120 segundos. El noyo así elaborado no se

debe enfriar bruscamente, para permitir que el curado se continúe en el interior del noyo. Las manipulaciones posteriores, debidas al transporte, recubrimiento o pinturas y almacenamiento, deben ser cuidadosamente, pues en general el noyo en esta fase es muy frágil.

- Utilización del proceso

El proceso de fabricación de noyos en “caja caliente” es empleado generalmente en la elaboración de noyos de tamaño relativamente pequeños, en el moldeo de piezas tanto ferrosas como no ferrosas. Además de los parámetros ya citados, a tener en cuenta en la selección de la resina, el catalizador y las temperaturas, debe cuidarse en el proceso, la cantidad de gases producidos al momento de la colada, como también la resistencia de caliente del noyo; esto con el fin de asegurar un buen desmoldeo, evitar las grietas y las porosidades debidas a los gases

2.4 MEZCLA A USARSE

2.4.1 CARACTERÍSTICAS Y PORCENTAJES

A continuación se indicará los porcentajes de arena, resina y endurecedor utilizados para la formación de la mezcla de noyos.

- Arena de cuarzo, índice AFS 50-55
- Color blanco- gris o sin color
- Humedad < 0.05%
- SiO₂ > 99%
- Grano subangular

- Pérdidas por calcinación : 0.05- 0.1 %
- Demanda de ácido (ml/100g):<- 6
- Resin PB
- Harter L2
- Fliessol HV

La densidad en bruto de la mezcla será de 1,6 g/cm³

Tabla 2-4 Porcentajes y Pesos de elementos necesarios para la mezcla

MATERIAL	%	PESO	
Arena de cuarzo	100%	20 kg	60 kg
Resin PB	1.2%	240 gr	720 gr
Harter L2	1.4%	280 gr	840 gr
Fliessol HV	0.1%	20 gr	60 gr

Fuente: Franz Viegner- Área Andina S.A- sección de fundición

2.4.2 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Previo a la preparación se debe tomar en consideración los siguientes parámetros:

- Verificar que la resina no esté caducada o húmeda.
- Verificar que la arena esté seca al simple tacto.
- Verificar que los recipientes para pesar estén limpios.
- Encender las balanzas y controlar que estén niveladas y funcionen correctamente.
- Verificar el funcionamiento de la leva de seguridad de la mezcladora de arena.
- La leva debe estar firmemente sujeta.

Después de realizar las indicaciones previamente descritas, se procederá a la preparación:

- a) Verificar limpieza del tambor, existe una platina como referencia para 60 Kg. de arena. Asegurar la tapa de descarga del mezclador
- b) Trasvasar arena a la mezcladora, usar el nivel interno para cargar 60 kg.
- c) Usar la balanza digital para pesar cantidades de arena distintas al nivel del tambor.
- d) Accionar el botón verde para arranque durante 10 a 15 seg., para nivelar la superficie de la arena dentro de la mezcladora y verificar el volumen hasta la marca mencionada.
- e) Pesar las cantidades de resina, endurecedor y conservador como se indicó al inicio.
- f) Verter la resina en la mezcladora llena de arena, en los extremos del tambor, de lo contrario la resina se acumula en el centro y no se mezcla completamente.
- g) Cerrar la tapa superior y prender la mezcladora por 3 minutos.
- h) Posterior a esto, se debe añadir las cantidades indicadas de resina y el líquido con el endurecedor y conservador. Mezclar solo durante 3 minutos. Verter el líquido a través de la apertura superior y en una zona cercana a la periferia del tambor.
- i) Trasladar el contenido de la mezcladora en una carretilla que tendrá una tela plástica en su base y el tamiz para cernir la mezcla y separar cualquier elemento extraño que pueda dañar la noyera.

- j) Cargar la mezcla necesaria a los depósitos de la noyera, y el restante tapar con un trapo seco.

IMPORTANTE

En todo proceso de moldeo de noyos en matrices metálicas, se observa dificultad en la extracción de los mismos por adherencia a la caja de noyos.

La causa principal de este problema es la formación de una película de resina semi-curada que actúa como soldadura entre la matriz caliente y el noyo en formación.

Se hace, entonces, imprescindible intercalar entre ambos un agente de despegue que anule dicho efecto. Algunos de los materiales más eficientes para este uso son las emulsiones de siliconas.

2.5 SISTEMAS DE INYECCIÓN

2.5.1 GENERALIDADES

Se considera sistema de inyección al conjunto de mazarota, canales distribuidores, entrada, que permiten el paso de la arena desde el punto que termina la máquina, boquilla, hasta la/las cavidad/es que reproducen la pieza, entrando a esta cavidad por un orificio, entrada que debe permitir el llenado de las piezas.

En principio el distribuidor debería ser diseñado de la forma más equilibrada posible para alimentar las diferentes entradas del molde, tanto si éstas corresponden a una pieza o varias piezas.

Adicionalmente, se debe tomar en consideración la corrosión que va a tener debido a la arena al momento de ser expulsada por la boquilla hacia

los moldes, teniendo una limitante como es la presión de soplado con la que se debe inyectar la arena. Dando una solución para este tipo de inconvenientes y logrando así una prolongación en la vida útil de la máquina se debe realizar una distribución de las entradas de aire utilizadas para la expulsión de la arena hacia los moldes.

2.5.2 FACTORES PRINCIPALES DE NOYOS

Varios parámetros pueden influir en la fabricación del noyo y los procesos de gasificación. Estos parámetros incluyen:

- La forma del noyo
- Tamaño y la posición de las boquillas de disparo
- Presión de disparo
- Tipo de arena y resina
- Presión del gas
- Posición y el tamaño de los orificios de ventilación

El tamaño de grano de arena y resina tienen influencia sobre la "fluidez" de la arena. Una fina arena dará una menor permeabilidad.

La presión de disparo influirá en el tiempo de soplado, el flujo de arena en el interior de la caja central, la compactación de arena y la densidad, y en cierta medida la permeabilidad.

Típicamente las presiones de soplado utilizada industrialmente están en el rango de 3 a 7 bares, para bajas presiones del gas el proceso durará varios segundos.

La posición y el tamaño de las aberturas de aire influirán en la arena y del flujo de gas en el interior de la caja central. El área total de ventilación puede ser estimada a partir de las dimensiones de los tubos de soplado. Su posición es, sin embargo, en gran medida basada en la experiencia, pero, en general, deberían estar situados en los extremos del noyo y uniformemente distribuido en todo el noyo. Las condiciones óptimas de ventilación pueden ser diferentes durante el rodaje y las etapas gaseosas y, por tanto, es necesario encontrar un punto intermedio. La ventilación inadecuada puede causar el llenado incompleto, la mala compactación de arena o ineficiente gasificación.

2.6 FLUIDIFIZACIÓN

2.6.1 DEFINICIÓN GENERAL DE FLUIDIFIZACIÓN

Se conoce como fluidización al fenómeno en el cual existe movimiento de partículas bifásicas, transformándose así en un fluido, sin que exista arrastre de la materia. Por lo general se debe inyectar un gas o líquido para que éste fenómeno ocurra.

Un gas o líquido es pasado a través de una cámara sólida la cual tiene un soporte poroso o una placa perforada. En el caso de una cámara fluidizada recubierta, el aire pasa a través de una cámara de partículas de polímero. Cuando la fuerza friccional actúa en las partículas, la caída de presión o el aire afluente a través de la cámara son iguales o exceden el peso de la cámara, el polvo de las partículas actúan como un líquido. Si se tiene una tasa de flujo menor a la velocidad de fluidización, la cámara de fluidización actúa únicamente como un arreglo y no existe movimiento de las partículas.

Si la tasa de flujo excede en un mínimo a la velocidad mínima de fluidización tendremos el burbujeo dentro de la cámara, produciéndose así el movimiento de las partículas.

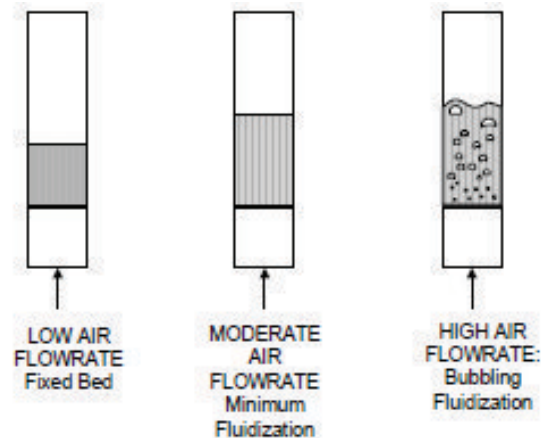


Figura 2-8 Efectos de velocidad gas- velocidad fluidización⁹

2.6.2 RÉGIMEN DE FLUIDIFIZACIÓN

Grupo A: Pequeñas partículas con densidad menor de 1,4 gr/cm³. Fácil fluidización con bajas velocidades del gas, control de burbujeo con las máximas velocidades del gas. Como ejemplo se tiene a los catalizadores de FCC.

Grupo B: Se tiene como ejemplo la arena. Se posee un burbujeo vigoroso. El mismo que es necesario para la fluidización. El burbujeo se produce tan pronto como la velocidad del gas excede la velocidad mínima de fluidización.

Grupo C: Polvos finos. La fluidización normal es difícil en este tipo de sólidos porque las fuerzas entre las partículas son más altas que las fuerzas ejercidas del gas en las partículas. Por ejemplo la harina.

⁹ Fuente: HESKETH Robert, FLUIDIZATION

Grupo D: Partículas grandes, como por ejemplo los granos de café, el maíz

2.7 SISTEMAS DE SOPLADO DE NOYOS

Cada máquina diseñada específicamente para la producción de noyos se basa en el principio de soplado de noyos, utilizando aire comprimido para trasladar la arena hacia la caja de noyos en alta velocidad, el aire es extraído a través de los respiraderos. Las máquinas tienen diversas formas, que van desde la producción de modelos pequeños de noyos a pesadas unidades con capacidad de arena de varios cientos de kilogramos.

Las máquinas más pesadas son de dos tipos. La primera incorpora un depósito de arena en el aire que se introduce directamente a presión de alimentación a través de una válvula de acción rápida. Este tipo puede también incorporar agitador de palas para evitar la canalización de la arena en la cámara. Esta máquina de inyección da un fluido que es una mezcla de aire y arena.

El segundo gran tipo de máquina, que llegó a ser ampliamente utilizado, se basa en el principio de disparo de noyos. En este caso, el proceso se logra soplando un determinado volumen de aire comprimido hacia la arena que se encuentra en una cámara de gran capacidad

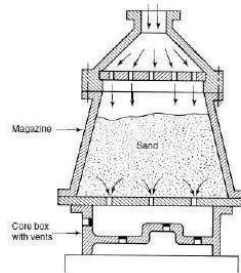


Figura 2-9 Sección transversal de soplador de arena ¹⁰

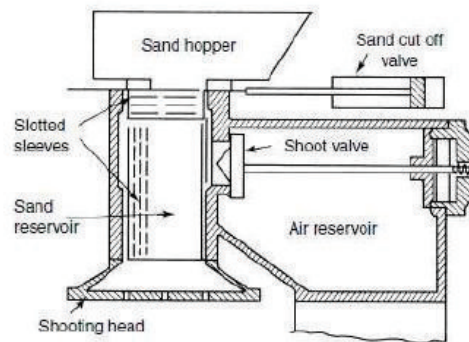


Figura 2-10 Sección transversal de disparador de arena ¹¹

La eficacia de la propulsión de la arena es el resultado del rápido aumento de la presión en la cámara de soplar, el consumo de aire y el desgaste de la caja de hoyos son reducidos.

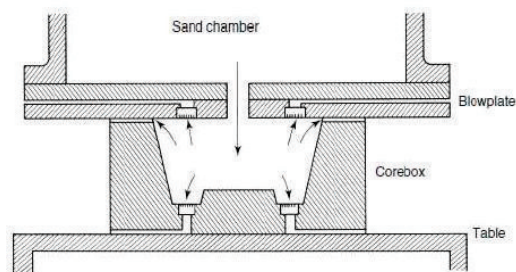


Figura 2-11 Posiciones de los respiraderos en caja de hoyos ¹²

¹⁰ **Fuente:** Cortesía del instituto British Foundrymen

¹¹ **Fuente:** Cortesía del instituto British Foundrymen

¹² **Fuente:** Departamento de Ingeniería, Franz Viegner- Área Andina S.A

2.8 DISTRIBUIDOR Y DISEÑO DE CAPAS FLUIDIZADAS

El distribuidor de gas (también llamado rejilla o cuadrícula) es un reactor de capa fluidizada, que requiere producir una circulación uniforme y estable al otro lado de la sección transversal de la capa entera, prevenir regiones no fluidas sobre la rejilla, operar durante mucho tiempo (muchos años) sin taparse o estropearse, minimizar el drenaje de sólidos dentro de la rejilla, minimizar el desgaste del material de la capa y soportar el peso de material durante el encendido y apagado. En la práctica, las rejillas han tomado variedad de formas. No importa la forma física, todos son básicamente clasificables en relación con la dirección de la entrada de gas: hacia arriba, lateralmente, o hacia abajo. La elección depende de las condiciones de proceso predominantes, la factibilidad mecánica, y el costo.

2.8.1 TIPOS DE REJILLAS

2.8.1.1 PLACAS PERFORADAS

Ventajas principales

Fabricación simple; más común, económica, fácil de modificar el tamaño de agujero; fácil de reemplazar; fácil de limpiar pudiendo ser plano, cóncavo, convexo completamente, o doble disco; los puertos son ocultados fácilmente.

Desventajas posibles

El drenaje de la capa puede estar sujeta a la distorsión térmica; requiere de un sellado periférico para revestimiento del recipiente; requiere soporte a

lo largo del espacio; alta caída de presión es requerida si el drenaje durante la operación es minimizada.

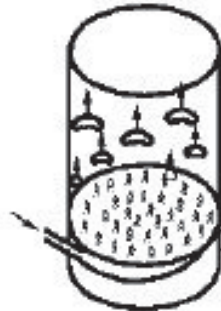


Figura 2-12 Tipo de rejilla¹³

2.8.1.2 CASQUETES PARA INYECTAR Y BOQUILLAS (CIRCULACIÓN DIRIGIDA LATERALMENTE)

Ventajas principales

Dependiendo del diseño, el drenaje es reducido o evitado totalmente; con una relación baja; puede incorporar tapas como reforzando miembros; puede proteger interiores.

Desventajas posibles

Costoso; dificultad para evitar regiones inactivas; más sujeto a la fusión de burbuja inmediata; dificultad para limpiar y modificar; no aconsejable para sólidos adhesivos; requiere dispositivo periférico; puertos no ocultos fácilmente. Los detalles de algunas boquillas que son usados actualmente en capas para fluidización (CFB) cámaras de combustión son indicadas en Figura 2.13. Hay diferencias importantes entre casquetes de burbujeo y

¹³ **Fuente:** Departamento de Ingeniería, Franz Viegner- Área Andina S.A

boquillas con respecto a la prevención de pedazos de sólidos en la circulación.

En el caso de boquillas, la velocidad alta del quemador impide los sólidos fluir dentro en la caja de viento. Por otro lado, en el caso del diseño del casquete de burbujeo, el gas que fluye afuera de este en la camisa tiene una velocidad algo baja. En este caso, la contracorriente de sólidos es evitada dejando el gas fluir por los agujeros hacia debajo de los bordes de la camisa.

La distancia de separación es responsable del efecto de sellado del casquete de burbujeo.

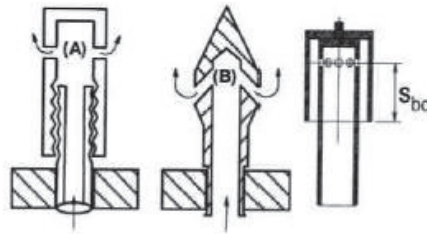


Figura 2-13 Algunos tipos de boquillas¹⁴

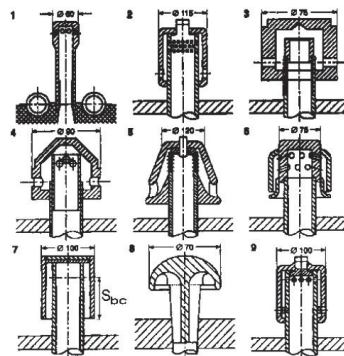


Figura 2-14 Distribuidores y boquillas usados en cámaras de combustión¹⁵

¹⁴ Fuente: Departamento de Ingeniería, Franz Viegner- Área Andina S.A

¹⁵ Fuente: Departamento de Ingeniería, Franz Viegner- Área Andina S.A

2.8.1.3 ROCIADOR

Ventajas principales

Puede minimizar fugas; buena relación para mantener estabilidad de flujo en el rango especificado; baja caída de presión; puede respaldar interiores; paso debido a la expansión térmica sin daño; los puertos son ocultos fácilmente; muy adecuado para inyección de fluido a multinivel; los sólidos pueden fluir desde arriba de la cuadrícula hacia abajo.

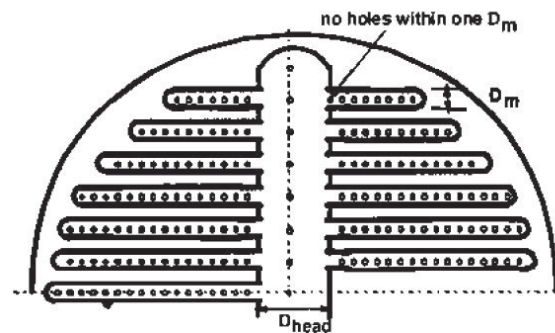


Figura 2-15 Disposición de agujeros en el rociador¹⁶

Desventajas principales

Los sólidos desfluidizados debajo de la rejilla, puede ser un diseño mecánico menos indulgente.

¹⁶ Fuente: Departamento de Ingeniería, Franz Viegner- Área Andina S.A

2.8.1.4 CUADRÍCULA CÓNICA (FLUIDO DIRECCIONADO LATERALMENTE)

Ventajas posibles

Promueve la mezcla de sólidos, previene sólidos estancados, minimiza la segregación de sólidos. Facilita la descarga de sólidos.

Desventajas posibles

Dificultad para construcción, requiere de un diseño cuidadoso para asegurar una buena distribución de gas, requiere una caída alta de presión para una buena distribución de gas.



Figura 2-16 Cuadrícula cónica con fluido direccionado lateralmente¹⁷

2.8.1.5 PLANCHA CUADRICULADA (FLUIDO DIRECCIONADO LATERALMENTE)

Producida con agujeros ubicados en una placa de espesor relativo. Los agujeros son de una forma semi elíptica con bifurcaciones, fuertemente

¹⁷ Fuente: Departamento de Ingeniería, Franz Viegner- Área Andina S.A

abiertos de forma cónica en la dirección de la entrada. Es usado primordialmente con camisas para fluidos secos.

Los agujeros pueden ser orientados según el camino para promover ciertamente la mezcla de los componentes o manejar los sólidos descargados alrededor de la boquilla.

Ventajas posibles

Promueve la mezcla de sólidos, previene sólidos estancados. Facilita la descarga de sólidos. Los agujeros poseen ángulo.

Desventajas posibles

Dificultad para construcción, facilidad solo para agujeros de tamaños pequeños, requiere reforzamiento de la lámina para soportar la capa. Además existen otras limitaciones, el diseñador debe seleccionar según el criterio de aplicación del proceso.

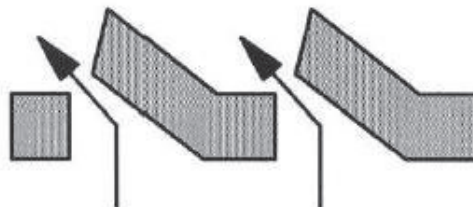


Figura 2-17 Ejemplos de agujeros en plancha cuadrículada¹⁸

¹⁸ **Fuente:** Departamento de Ingeniería, Franz Viegner- Área Andina S.A

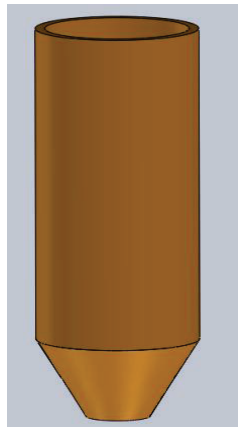
2.9 TOLVAS DE ALMACENAMIENTO

Al realizar el diseño de las tolvas de almacenamiento, se consideran los siguientes factores:

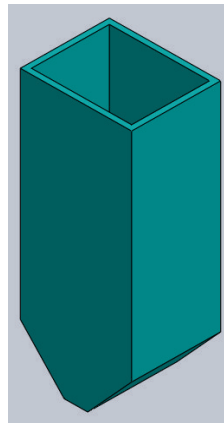
- Material a almacenar
- Capacidad a almacenar

El primer paso para el diseño es la selección de la forma, a continuación se muestra las imágenes de los distintos modelos de tolvas.

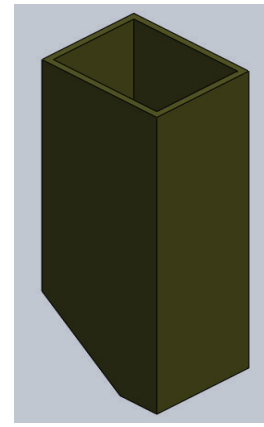
TIPOS DE TOLVAS



Flujo axial simétrico



Flujo en planos
simétricos



Flujo en planos
asimétrico

Figura 2-18 Tipos de Tolvas

Posterior a esto, se procederá a ver la cantidad necesaria de tolvas que se implementará, dependiente del peso que se vaya a almacenar se realizarán los cálculos respectivos para conocer las dimensiones necesarias de la tolva, espesor de la misma y material mas adecuado, considerando el tipo de material a almacenarse.

2.10 MOVIMIENTO VIBRATORIO O VIBRACIÓN

Es la variación o cambio de configuración de un sistema en relación al tiempo, en torno a una posición de equilibrio estable, su característica fundamental es que es periódico, siendo frecuente el movimiento armónico simple, por lo que este movimiento adquiere una singular importancia en los estudios vibratorios.

Los sistemas mecánicos al ser sometidos a la acción de fuerzas variables con el tiempo, principalmente periódicas, responden variando sus estados de equilibrio y, como consecuencia, presentan cambios de configuración que perturban su normal funcionamiento, presentan molestias al personal que los maneja y acortan la vida útil de los mecanismos.

Actualmente, el estudio y análisis de las vibraciones mecánicas ha adquirido gran importancia en la supervisión de los sistemas mecánicos, sobre todo de elementos de tipo rotativo. Independientemente de los planes de mantenimiento correctivo y preventivo, el plan de mantenimiento predictivo se basa, principalmente, en el estudio de las vibraciones mediante la instalación de sensores que permiten detectar vibraciones fuera de rango.

En general, se suponen vibraciones de pequeña amplitud porque fuera de ellas dejan de tener validez la mayoría de las hipótesis que se establecen para su estudio.

2.10.1 CLASIFICACIÓN DE LAS VIBRACIONES.

Existen dos tipos de vibraciones, las cuales se detallan a continuación:

Vibraciones libres.- son cuando no existen fuerzas o acciones exteriores aplicadas directamente al sistema a lo largo del tiempo.

Vibraciones forzadas.- son cuando existen acciones o excitaciones directamente aplicadas al sistema a lo largo del tiempo, además de las fuerzas o momentos internos.

Estos dos tipos de vibraciones pueden subdividirse, dependiendo de la existencia o no de fuerzas resistentes que amortiguan el movimiento vibratorio, en:

Sin amortiguamiento. No existe resistencia pasiva al movimiento del sistema.

Con amortiguamiento. Existen resistencias pasivas al movimiento del sistema, como fuerzas o momentos disipativos que amortiguan el movimiento vibracional.

2.11 MODOS DE VIBRACIÓN

2.11.1 MOTOR CON LEVA

Dependiendo del tipo de seguidor que se utilice para la leva acoplada al motor, podremos tener:

- Seguidores traslacional de cara plana
- Seguidor oscilante de cara plana
- Seguidor traslacional de rodillo excéntrico
- Seguidor oscilante de rodillo

De igual manera, se dispone de distintos tipos de levas que pueden estar acopladas al motor, las cuales son:

- Leva de placa

- Leva de cuña
- Leva cilíndrica o tambor
- Leva lateral o de cara

Dependiendo del seguidor, tendremos los distintos tipos de movimientos posibles, los mismos que de manera general son:

- Movimiento uniforme o en línea recta
- Movimiento armónico simple
- Movimiento cicloidal
- Movimiento parabólico
- Movimiento polinomial

En el comercio, los motores más comunes para la generación de vibraciones son aquellos que disponen de un seguidor traslacional con rodillo excéntrico

2.11.2 GENERADOR DE FRECUENCIAS



Figura 2-19 Generador de Vibraciones¹⁹

El generador de frecuencias es ampliamente utilizado en los feeders vibratorios, en el cual uno puede ajustar la frecuencia de vibración que

¹⁹ **Fuente:** Reo ELEKTRONIK

desea, el mismo que genera vibraciones electrónicas, con rangos de frecuencia desde 5 Hz hasta 300 Hz, con alimentación de 24 Vdc, su salida es una corriente sinusoidal, el mismo puede ser ajustado en rangos de 0.1 Hz. Utiliza núcleos electromagnéticos con dos polos, los mismos que se moverán generando la vibración deseada, de acuerdo a la frecuencia que se realice el movimiento de los polos.

2.11.3 PISTÓN TEMPORIZADO

La vibración generada mediante la vibración de pistones, es debida a la variación del número de veces que se desee que se efectúe la retracción y compresión del vástago del pistón. Esto se logra mediante el control lógico programable, en el cual se podrá realizar un contador de las veces que se desee el ciclo del pistón. Es recomendable que el empleo de una válvula monoestable sea considerado, ya que el retorno será por muelle y no se realizarían cambios abruptos en las señales de ambos solenoides de las válvulas.

2.12 DEFINICIONES GENERALES DE SISTEMAS DE CONTROL

A continuación se define la terminología para describir los sistemas de control.

2.12.1 CONCEPTOS GENERALES DE SISTEMAS DE CONTROL

- **Planta.**-Una planta es un equipo, o simplemente un conjunto de piezas de una máquina funcionando juntas, cuyo objetivo es realizar una operación determinada.
- **Sistema.**-Un sistema es una combinación de elementos que actúan conjuntamente y cumplen determinado objetivo.
- **Perturbación.**-Una perturbación es una señal que tiende a modificar en forma adversa el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se origina dentro del sistema se denomina interna, mientras que una perturbación se denomina externa cuando se origina fuera del sistema y por lo tanto constituye una entrada.
- **Control de realimentación.**-Es una operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida y la entrada de referencia de un sistema y además lo hace sobre la base de esta diferencia.

2.12.2 SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO Y CERRADO.

- Sistema de control de lazo abierto

El sistema de control de lazo abierto es aquel donde la salida ni se mide ni se retroalimenta para compararla con la entrada.

Los sistemas de lazo abierto tienen la ventaja de ser bastante sencillos y en consecuencia de bajo costo, y de una buena confiabilidad, sin embargo, con frecuencia son inexactos, porque no hay corrección de errores.

Se puede considerar que un sistema de lazo abierto está constituido por subsistemas básicos ordenados específicamente, como se muestra en la siguiente Figura.

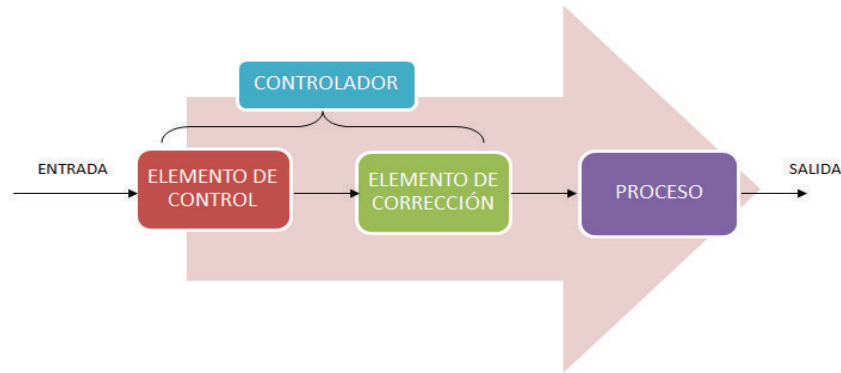


Figura 2-20 Sistema de lazo abierto

Estos elementos pueden ser distintos, equipos separados, pero todas las funciones que cumple cada subsistema se deben preservar. Los subsistemas son:

Elemento de control.-Este elemento determina que acción se va a tomar dada una entrada al sistema de control.

Elemento de corrección.-Este elemento responde a la entrada que viene del elemento de control e inicia la acción para producir el cambio en la variable controlada al valor requerido.

Proceso.-El proceso o planta es el sistema en el que se va a controlar la variable. Los primeros dos subsistemas con frecuencia se unen para dar paso al elemento denominado controlador.

Muchos sistemas de control de lazo abierto utilizan un elemento de control que envía una señal para iniciar la acción después de algún periodo, o una

secuencia de señales para iniciar una secuencia de acciones en tiempos diferentes.

- Sistema de control de lazo cerrado

En este tipo de sistema se tiene una señal de realimentación hacia la entrada desde la salida, la cual se utiliza para modificar la entrada de modo que la salida se mantenga constante a pesar de los cambios en las condiciones de operación.

Un sistema de lazo cerrado consiste en algunos subsistemas básicos ordenados, como se muestra en la siguiente Figura.

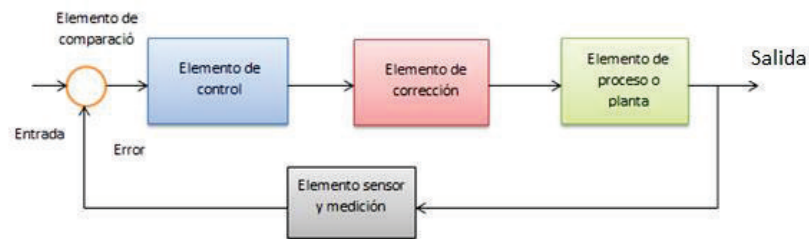


Figura 2-21 Sistema de lazo cerrado²⁰

Estos elementos pueden ser partes distintas o equipos separados, pero todas las funciones de los subsistemas están presentes.

Elemento de comparación.-Compara el valor requerido o de referencia de la variable por controlar con el valor medido de lo que se obtiene a la salida, y produce una señal de error la cual indica la diferencia del valor obtenido a la salida y el valor requerido.

Elemento de control.-Decide que acción tomar cuando recibe una señal de error.

²⁰ **Fuente:** <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2458/1/CD-0169.pdf>

Elemento de corrección.-Se utiliza para producir un cambio en el proceso al eliminar un error.

Elemento proceso.-Es el sistema donde se va a controlar la variable.

Elemento de medición.-Produce una señal relacionada con la condición de la variable controlada, y proporciona la señal de realimentación al elemento de comparación para determinar si existe o no el error.

Los sistemas en lazo cerrado tienen la ventaja de ser capaces de igualar los valores reales a los requeridos. No obstante, si existen retrasos en el sistema pueden surgir problemas. Estos retrasos hacen que la acción correctiva que se requiere llegue demasiado tarde, y como consecuencia, se obtienen oscilaciones en la entrada e inestabilidad. Los sistemas de lazo cerrado son más complicados y más costosos que aquellos en lazo abierto, con una alta posibilidad de descompostura debido a que tienen una gran cantidad de componentes.

2.12.3 CONTROL DISCRETO Y CONTINUO

Control discreto

Un proceso discreto involucra distintas operaciones, cada una de las cuales tiene una condición definida para iniciarse. El control es, entonces, una secuencia de operaciones. Así se podría ejercer el control de modo que inicie la operación 1 y la operación 2 no pueda iniciar hasta que se complete la operación 1, la operación 3 no puede iniciar hasta que se complete la operación 2, etc.; esta secuencia está manejada por eventos. De forma alternativa se puede tener operaciones en secuencia de tiempos

preestablecidos, por ejemplo, la operación 2 inicia 30 segundos después de la operación 1; esta secuencia está manejada por tiempo.

Con el control de procesos discretos, las operaciones se realizan en secuencia de acuerdo con un programa establecido. Una sola operación podría ser un proceso de control en lazo cerrado o uno en lazo abierto controlado por tiempo, con operaciones en una secuencia determinada por condiciones. Un ejemplo sencillo de control de procesos discretos es la lavadora doméstica de ropa.

Control Continuo

Un proceso continuo se caracteriza porque en las relaciones dinámicas se toma el tiempo con una variable continua y las señales de entrada pueden ser definidas sobre el eje del tiempo. En los sistemas en los que la variable puede ser la temperatura, presión, flujo, nivel o PH se los denomina sistemas de control continuo.

Un ejemplo típico de control continuo puede ser un sistema de calefacción para mantener la temperatura constante en una determinada instalación industrial. La variable de entrada es la temperatura que se quiere alcanzar en la instalación, la salida será la temperatura que realmente existe.

2.13 CONTROLADORES INDUSTRIALES

Un controlador de procesos, puede ser definido como un dispositivo que compara el valor de una variable medida (señal de entrada) al valor deseado (set point) para producir una señal de salida que mantenga el valor deseado de la variable y usa esa diferencia para manipular la variable controlada.

2.13.1 CONTROL ON- OFF

En este tipo de control ON-OFF, también llamado todo-nada o abierto-cerrado, es la forma más simple de control por realimentación, es un control de dos posiciones en el que el elemento final de control sólo ocupa una de las dos posibles posiciones, en el cual la salida del controlador va de un extremo a otro cuando el valor de la variable controlada se desvía del valor deseado.

Este método solo acepta dos posiciones para el actuador: encendido (100%) y apagado (0%). La lógica de funcionamiento es tener un punto de referencia, si la variable es mayor el actuador asume una posición, y si la variable es menor el actuador asume la otra posición.

Presenta las siguientes características:

- Variación cíclica continua de la variable controlada.
- El controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia.
- Funcionamiento óptimo en procesos con tiempo de retardo mínimo y velocidad de relación lenta.
- Tiene un simple mecanismo de construcción, por eso este tipo de controladores es de amplio uso, y mayormente son utilizados en sistemas de regulación de temperatura.

VENTAJAS DEL SISTEMA ON-OFF

- Es la forma más simple de control
- Bajo precio de instalación

- Fácil instalación y mantenimiento
- Amplia utilización en procesos de poca precisión.

DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE CONTROL ON-OFF

- Mínima precisión.
- No recomendable para procesos de alto riesgo

2.13.2 CONTROL PROPORCIONAL

En este regulador la señal de accionamiento es proporcional a la señal de error del sistema. Si la señal de error es grande, el valor de la variable regulada es grande y si la señal de error del sistema es pequeña, el valor de la variable regulada es pequeño. Consiste simplemente en amplificar la señal de error antes de aplicarla a la planta o proceso. La función de transferencia de este tipo de control se reduce a una variable real, denominada K_p que determinará el nivel de amplificación del elemento de control.

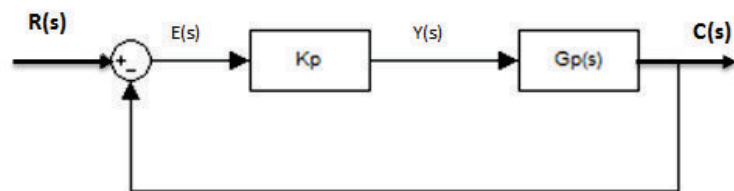


Figura 2-22 Diagrama de bloques Control Proporcional²¹

Teóricamente, en este tipo de controlador, si la señal de error es cero, la salida del controlador también será cero. La respuesta, en teoría es instantánea, con lo cual el tiempo no interviene en el control. Sin embargo,

²¹ Fuente: OGATA Hatsuhiko, *Ingeniería de control moderna, Tercera edición*

en la práctica, esto no es así, de forma que, si la variación de la señal de entrada es muy rápida, el controlador no puede seguir dicha variación y seguirá una trayectoria exponencial hasta alcanzar la salida deseada.

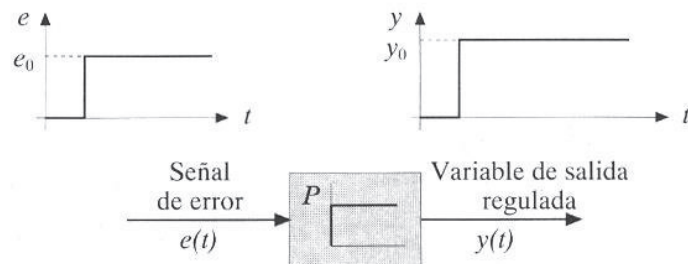


Figura 2-23 Respuesta temporal de un controlador proporcional²²

Si la ganancia proporcional es demasiado elevada el controlador provoca grandes cambios en el elemento actuador frente a ligeras desviaciones de la variable regulada. Si la ganancia proporcional es demasiado pequeña, la respuesta del controlador será demasiado débil y produciría una regulación no satisfactoria. Una propiedad importante del regulador P es que como resultado de la rígida relación entre la señal de error del sistema y la variable regulada siempre queda alguna señal de error del sistema. El controlador P no puede compensar esta señal de error remanente (permanente) del sistema (señal de OFFSET).

2.13.3 CONTROL INTEGRAL

En un controlador integral, la señal de salida del mismo varía en función de la desviación y del tiempo en que se mantiene la misma, o dicho de otra manera, el valor de la acción de control es proporcional a la integral de la señal de error. Esto implica que mientras que en la señal proporcional no

²² Fuente: OGATA Hatsuhiko, *Ingeniería de control moderna, Tercera edición*

inflúa el tiempo, sino que la salida únicamente variaba en función de las modificaciones de la señal de error, en este tipo de control la acción varía según la desviación de la salida y el tiempo durante el que esta desviación se mantiene.

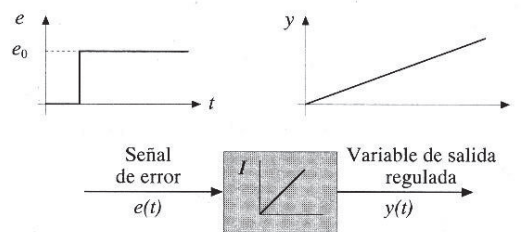


Figura 2-24 Respuesta temporal del controlador integral²³

La pendiente de la rampa de acción integral es K_i , lo que implica que la velocidad de respuesta del sistema de control dependerá del valor de K_i .

El problema principal del controlador integral radica en que la respuesta inicial es muy lenta, y hasta pasado un tiempo, el controlador no empieza a ser efectivo. Sin embargo elimina el error remanente que tenía el controlador proporcional.

2.13.4 CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL

En la práctica no existen controladores que tengan sólo acción integral sino que llevan combinada una acción proporcional. Estas dos acciones se complementan. La primera en actuar es la acción proporcional (instantáneamente) mientras que la integral actúa durante un intervalo de tiempo. Así y por medio de la acción integral se elimina la desviación remanente (proporcional).

²³ Fuente: OGATA Hatsuhiko, *Ingeniería de control moderna*, Tercera edición

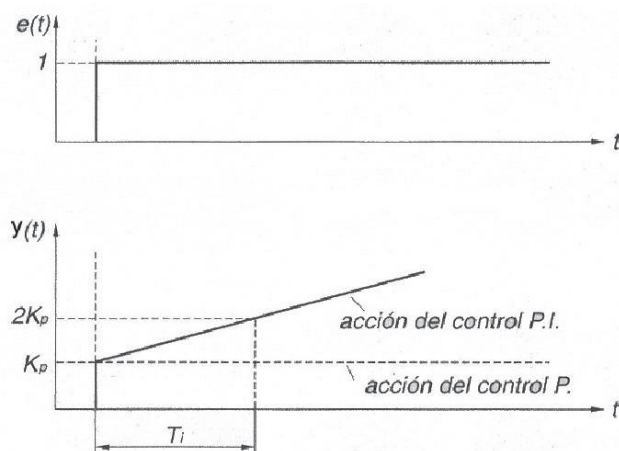


Figura 2-25 Respuesta de un controlador PI²⁴

La respuesta del controlador PI es la suma de las respuestas de un controlador proporcional y un controlador integral lo que proporciona una respuesta instantánea al producirse la correspondiente señal de error provocada por el control proporcional y un posterior control integral que se encargará de extinguir totalmente la señal de error.

2.13.5 CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO

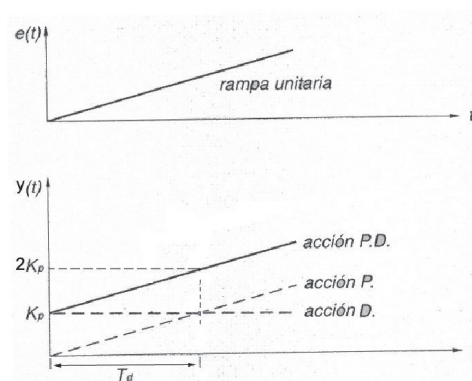


Figura 2-26 Respuesta de un controlador PD²⁵

²⁴ Fuente: OGATA Hatsuhiko, *Ingeniería de control moderna, Tercera edición*

²⁵ Fuente: OGATA Hatsuhiko, *Ingeniería de control moderna, Tercera edición*

En este tipo de controladores, debemos tener en cuenta que la derivada de una constante es cero y, por tanto, en estos casos, el control derivativo no ejerce ningún efecto, siendo únicamente útil en los casos en los que la señal de error varía en el tiempo de forma continua.

Por tanto, el análisis de este controlador ante una señal de error de tipo escalón no tiene sentido y, por ello, se ha representado la salida del controlador en función de una señal de entrada en forma de rampa unitaria.

Al incorporar a un controlador proporcional las características de un controlador derivativo, se mejora sustancialmente la velocidad de respuesta del sistema, a costa de una menor precisión en la salida (durante el intervalo de tiempo en que el control derivativo esté funcionando).

Un exceso en el dimensionado del control derivativo del controlador PD puede ser causa de inestabilidad en el sistema haciendo que la salida, ante variaciones bruscas no sea válida

2.13.6 CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO

Aprovecha las características de los tres reguladores anteriores, de forma, que si la señal de error varía lentamente en el tiempo, predomina la acción proporcional e integral y, si la señal de error varía rápidamente, predomina la acción derivativa. Tiene la ventaja de tener una respuesta más rápida y una inmediata compensación de la señal de error en el caso de cambios o perturbaciones. Tiene como desventaja que el bucle de regulación es más propenso a oscilar y los ajustes son más difíciles de realizar.

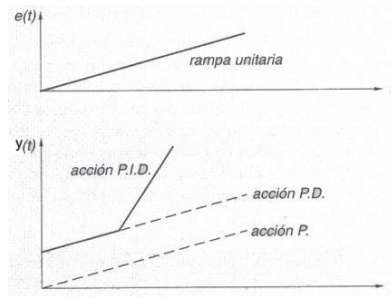


Figura 2-27 Respuesta de un controlador PID²⁶

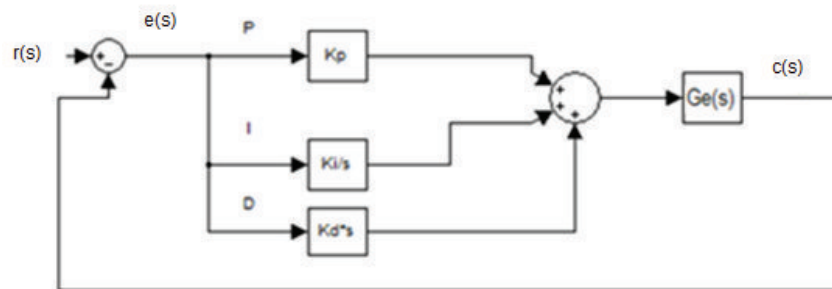


Figura 2-28 Diagrama de bloques controlador PID²⁷

2.14 SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

2.14.1 CARACTERÍSTICAS

La función principal de un sistema de adquisición de datos es transmitir la información obtenida a través de sus canales de entrada, de diferentes señales analógicas y/o discretas las cuales son previamente captadas mediante el uso de diferentes sensores.

2.14.2 INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI)

La interfaz Humano-Máquina, HMI (Human-Machine Interface), es un mecanismo que le permite a un operador humano interactuar con una

²⁶ Fuente: OGATA Hatushiko, *Ingeniería de control moderna, Tercera edición*

²⁷ Fuente: OGATA Hatushiko, *Ingeniería de control moderna, Tercera edición*

máquina o proceso y determinar el estado (prendido/apagado) o magnitud de los dispositivos y/o variables físicas que están presentes en una planta o proceso industrial.

Una HMI puede ser tan simple como un interruptor para encender un motor y una lámpara indicadora del estado del mismo, hasta una o varias pantallas desarrolladas en una computadora que llegan a mostrar en la pantalla del monitor representaciones esquemáticas de todo el proceso bajo supervisión, incluyendo valores en tiempo real de las variables presentes en ese momento en la planta. Un ejemplo conocido de una HMI es el cajero automático que posibilita al usuario ejecutar una serie de transacciones bancarias.

Para manejar un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) generalmente se recurre a un paquete de software especializado que funciona en la computadora central, por medio del cual se desarrolla una o varias “pantallas” que actúan como una interfaz gráfica entre el hombre y la máquina o el proceso. De esta forma es posible supervisar o cambiar puntos de consigna o reconfigurar dispositivos en el proceso supervisado por medio de acciones ingresadas por el operador en la computadora. Además, estos paquetes tienen opciones que permiten proveer a un nivel superior administrativo información selecta que se genere en el proceso productivo.

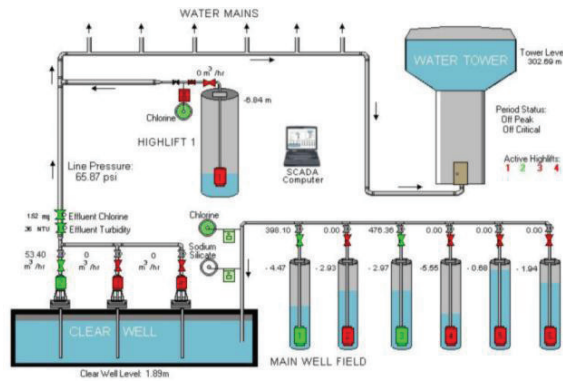


Figura 2-29 Ejemplo de una HMI de un sistema SCADA²⁸

Varios programas constituyen plataformas de desarrollo abiertas que facilitan el diseño de las HMI en las computadoras. Existen también plataformas propietarias como RSview, WinCC, que pertenecen a empresas de gran prestigio, lo que garantiza la solides de estos productos. Algunos de estos paquetes de diseño incluyen muchas herramientas poderosas que permiten el diseño de HMIs.

²⁸ Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>

CAPÍTULO III

3 DISEÑO MECATRÓNICO

3.1 INTRODUCCIÓN

Previo al inicio de este capítulo se realizará una descripción de funcionamiento de los sistemas neumático, mecánico y electrónico, con lo que se pretende identificar los principales inconvenientes que presenta cada uno de estos sistemas antes mencionados para el correcto funcionamiento de la máquina noyera.

Para ello se realizó varias pruebas de funcionamiento para poder determinar el estado actual de la máquina noyera xinxing z400.

Las pruebas que se desarrollaron tenían como objetivos evaluar el funcionamiento de la máquina empleando una mezcla húmeda de arena, resina y endurecedor así como también verificar el funcionamiento de los demás componentes, las pruebas que se realizaron fueron las siguientes.

- Comportamiento de la mezcla de arena en las tolvas.
- Determinar si los bloques de soplado pueden inyectar la mezcla en los moldes.
- Comportamiento de la mezcla de arena en las tolvas.

Como primer paso se procedió a colocar la mezcla en una de las tolvas de almacenamiento.



Figura 3-1 Tolva de almacenamiento²⁹

Posteriormente se colocó la mezcla en la manguera de conexión de las tolvas hacia los bloques de soplado.



Figura 3-2 Manguera de conexión³⁰



Figura 3-3 Cámara de entrada de arena³¹

Determinar si los bloques de soplado pueden inyectar la mezcla en los moldes.

Para poder evaluar el funcionamiento de los bloques de soplado con la mezcla húmeda desmontando la cámara de entrada de arena.

²⁹ **Fuente:** Franz Viegner- Área Andina, sector de fundición

³⁰ **Fuente:** Franz Viegner- Área Andina, sector de fundición

³¹ **Fuente:** Franz Viegner- Área Andina, sector de fundición



Figura 3-4 Ingreso manual de arena al bloque de soplado³²

Una vez lleno el bloque con la mezcla se realizó el soplado de aire a presión y los resultados que se obtuvieron fue que solo una pequeña cantidad de arena llegó al molde.



Figura 3-5 Cantidad de arena en el molde³³








3.1.1 SISTEMA MECÁNICO

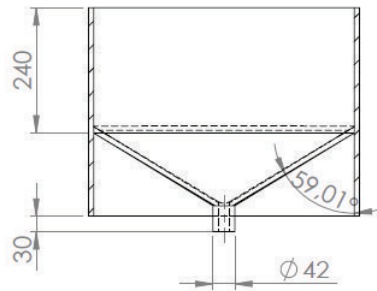
Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento correspondiente al sistema mecánico se pudo determinar qué componentes de dicho sistema presentan problemas en el funcionamiento de la máquina noyera al emplear una mezcla de arena, resinas y endurecedor materia prima con la que cuenta la empresa Franz Viegner, en la siguiente tabla se muestran que partes presenta problemas y una descripción del mismo.

³² **Fuente:** Franz Viegner- Área Andina, sector de fundición

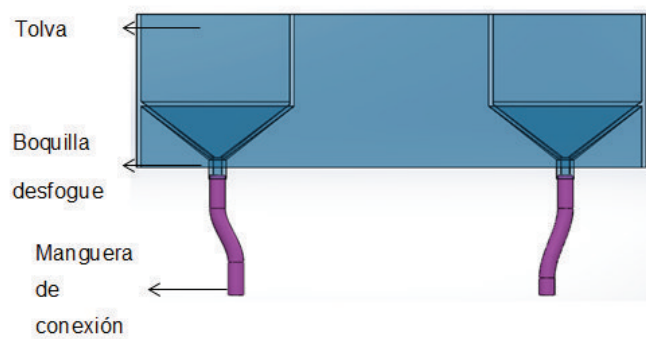
³³ **Fuente:** Franz Viegner- Área Andina, sector de fundición

Tabla 3-1 Descripción de inconvenientes en el sistema mecánico

Componente	Problema	Descripción
Tolvas de almacenamiento de arena	Tolvas estáticas 	Al ser las tolvas estáticas estas no garantizan el flujo de la mezcla de arena hacia los bloques de soplado debido a las características físicas de la mezcla de arena
	Boquilla de desfogue 	El diámetro de 42 mm es muy angosto, ocasionando que la mezcla tape dicha boquilla y corte el flujo de la misma
	Manguera de conexión tolvas-bloques de soplado 	El diámetro de 42 mm de la manguera de conexión no permite el flujo continuo de la mezcla
Bloques de soplado de arena	Diseño 	La geometría del bloque no permite una correcta distribución de la mezcla en el mismo
	Cámara de entrada de arena 	El diámetro de 42 mm del orificio de entrada no permite el flujo continuo de la mezcla
	Orificios de soplado  	La ubicación de los orificios de soplado no distribuye el aire a toda la mezcla dentro del bloque Los orificios de soplado se tapan por el ingreso de arena a los mismos
	Placa de dosificación	No presenta un sistema de refrigeración, por lo que la mezcla tapa los canales de dosificación al endurecerse



a) Tolvas de almacenamiento



b) Tolvas de almacenamiento

Figura 3-6 Esquema actual de las tolvas
a) Vista de corte, b) vista frontal

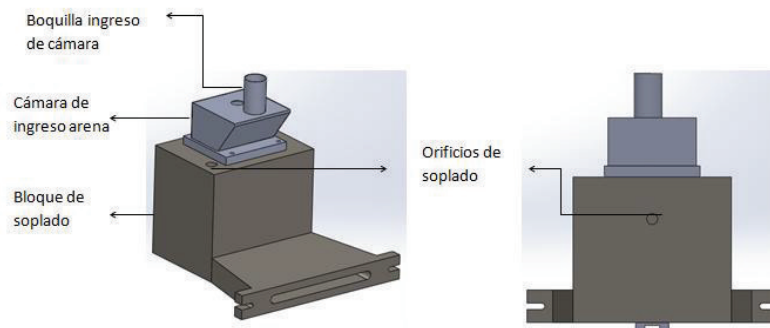


Figura 3-7 Bloques de soplado de arena



Figura 3-8 Placa de dosificación

3.1.2 SISTEMA ELÉCTRICO

Para poder determinar el estado y condiciones actuales del sistema eléctrico de la máquina noyera como primer paso se procedió a obtener los diagramas eléctricos de cada uno de los componentes que este involucra, los cuales se muestran en los Figura 3.9, Figura 3.10 y Figura 3.11.

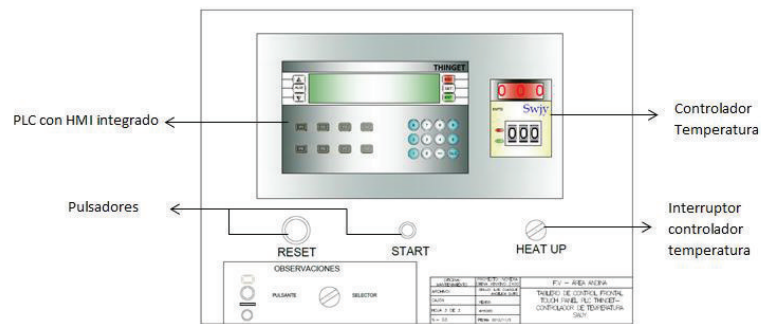


Figura 3-9 Control frontal de la noyera Xinxing Z400

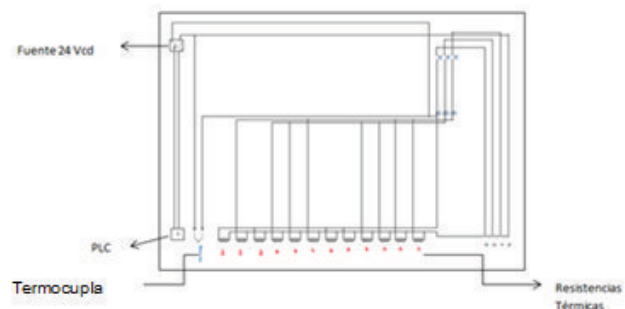


Figura 3-10 Diagrama eléctrico de potencia

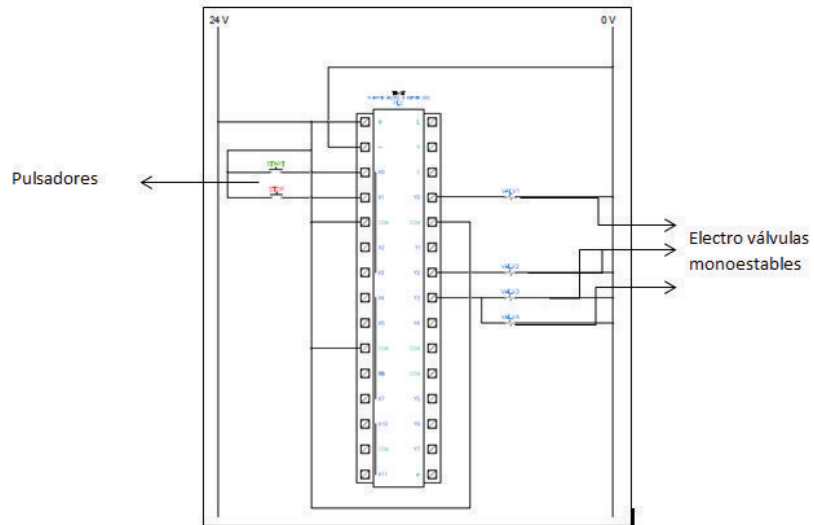


Figura 3-11 Diagrama de conexión del PLC

Una vez recopilada esta información y en base a las pruebas de funcionamiento realizadas descritas anteriormente se pudo determinar que el controlador de temperatura mostrado en la Figura 3.10 permite la activación de las resistencias térmicas pero no realiza ningún control sobre ellas, además la termocupla con la que cuenta la máquina no tiene una ubicación específica para censar la temperatura de la matriz para el conformado de noyos dando como resultado una variación de 100°C entre el dato mostrado en el controlador y el de la temperatura de la matriz inferior del molde; cabe recalcar que solo se cuenta con una termocupla la cual permite determinar el valor de temperatura de la matriz a la vez.

3.1.3 SISTEMA NEUMÁTICO

3.1.3.1 DESCRIPCIÓN PASO A PASO DEL PROCESO EMPLEADO POR LA MÁQUINA NOYERA Z400 XINXING PARA LA FABRICACIÓN DE NOYOS

El proceso para la conformación de noyos consta de las siguientes etapas:

- Cierre del molde (close model)
- Ubicación de los dosificadores hacia el molde y cierre del bloque de soplado (enter box)
- Soplado de arena hacia los moldes (enter sand)
- Regreso de los dosificadores a su posición inicial (Quit box)
- Tiempo de Curado de los noyos en los moldes (Draw core)
- Apertura del molde (Open Model)
- Expulsión de los noyos terminados. (Open model)

Actualmente la máquina cuenta con la programación en el plc en base a tiempos de operación los cuales se indican en la tabla 3.2.

Tabla 3-2 Tiempos de operación de la noyera Xinxing Z400

Operación	Tiempo (segundos)
Close Model	2
Enter box	3
Enter sand	1,5
Quit box	5
DrawCore	15
Potrection	6
Open model	10

3.1.3.2 FUNCIONAMIENTO

La máquina cuenta con dos formas de funcionamiento Manual y Semi-automático, para cualquiera de las dos modalidades de operación de la máquina se mantiene el mismo proceso el cual se detalla a continuación:

El inicio de operación comienza con la selección de cualquier modalidad de funcionamiento, la matriz superior procede a cerrarse para este procedimiento está establecido el empleo de 2 segundos, una vez cumplido este paso los bloques de soplado proceden a colocarse apegados al molde previo al soplado de arena para cumplir esta acción está estipulado un empleo de 3 segundos. El soplado de arena hacia los moldes se lo realiza por un tiempo de 1.5 segundos en el cual debe cubrir toda la cavidad del molde, finalizado la acción de soplado los bloques proceden a regresar a su posición original después de transcurridos 5 segundos.

Para el tiempo de curado de los noyos se ha dispuesto un tiempo de 15 segundos, una vez transcurrido este periodo el programa ofrece 6 segundos de protección y emplea 10 segundos para el levantamiento de la matriz la expulsión del noyo y el comienzo de un nuevo ciclo en el caso de elegirse el modo de operación automático.

Tabla 3-3 Secuencia de trabajo

Secuencias	Cilindro A	Cilindro B	Cilindro C	Cilindro D	Cilindro E	Disp. Soplado Drcho.	Disp. Soplado Izq.
1	Desplazamiento						
2		Desplazamiento	Desplazamiento	Cierre	Cierre		
3						Inicio Soplado	Inicio Soplado
4							
5						Fin Soplado	Fin Soplado
6		Retroceso	Retroceso	Apertura	Apertura		
7	Retroceso						
8							

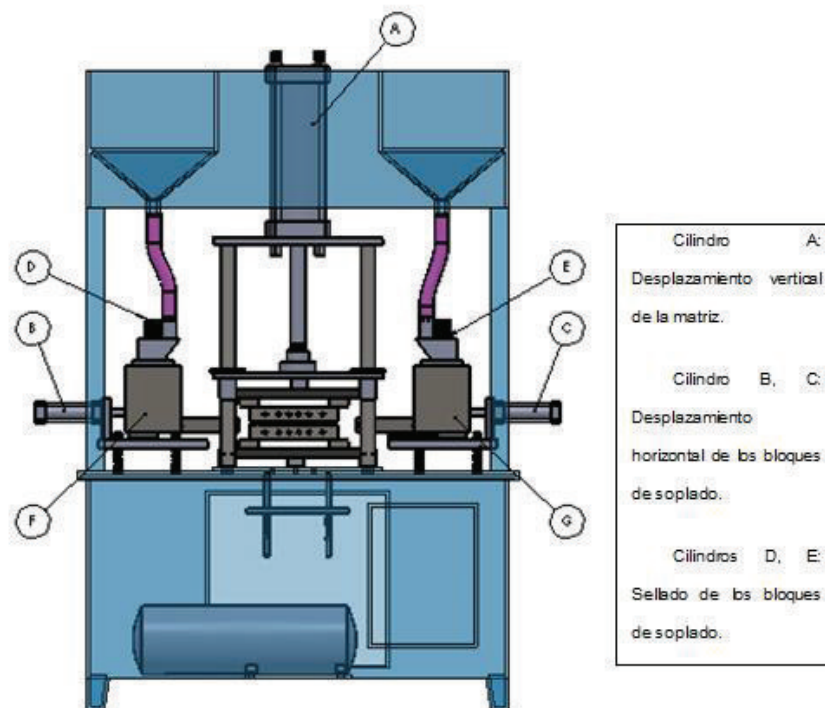


Figura 3-12 Disposición cilindros neumáticos de la noyera Z400

A continuación se presenta el diagrama de fases para cada actuador indicado en la Figura anterior.

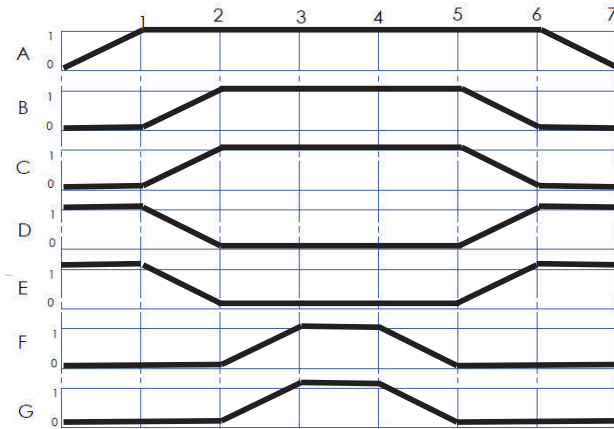


Figura 3-13 Diagrama de Fases del proceso de elaboración de hoyos

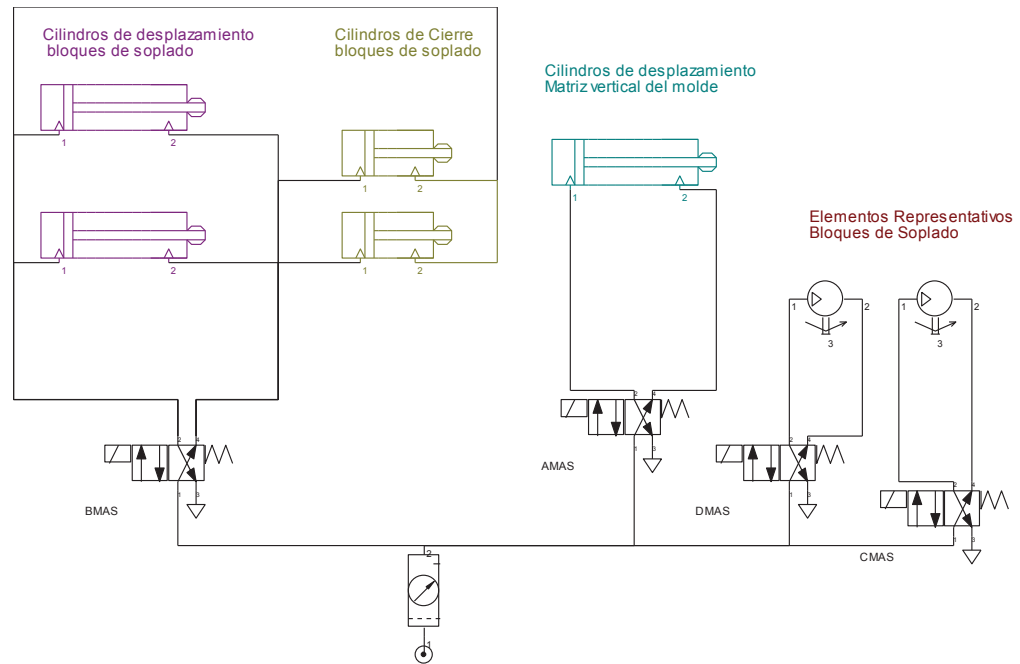


Figura 3-14 Circuito Neumático

3.2 DISEÑO MECÁNICO

3.2.1 SUBSISTEMA DE TOLVAS

Se debe cumplir con las necesidades del paso del material sin atascos hacia el dosificador, para esto se debió realizar el análisis de ciertas alternativas de tolvas que cumplan con dicho requerimiento.

3.2.1.1 ALTERNATIVA 1

En el primer modelo presentado, se cuenta con una estructura, la misma que permitiría la distribución de las vibraciones en las paredes de las tolvas. Se cuenta con un motor que genera vibraciones, el mismo presenta una distribución desde el centro de la placa superior de la estructura. La boquilla de desfogue de arena en las tolvas es de un diámetro de 3", el mismo que ayudará a que no exista acumulación de arena en la tolva y obstrucción al flujo de material.

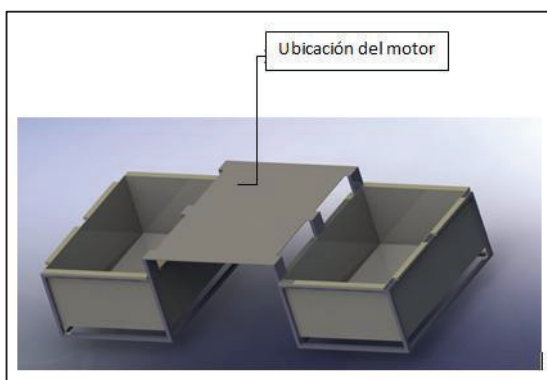


Figura 3-15 Alternativa de tolvas 1

Se deberá considerar las posibilidades de fractura en la estructura y la deformación de la misma.

A continuación se presenta las ventajas y desventajas de dicho modelo.

Ventajas

- Ubicación del motor equitativo para ambas tolvas
- No interfiere en la carrera del cilindro que porta la matriz formadora de hoyos
- Facilidad de mantenimiento de la misma.

Desventajas

- Incrementa las dimensiones físicas de la máquina.
- Posible fractura en la estructura, disminuyendo su vida útil.
- Distribución de las vibraciones inadecuada en las tolvas
- Dificultad de ubicación para el elemento que genere la vibración.

3.2.1.2 ALTERNATIVA 2

Se cuenta con la estructura que en la actualidad posee la noyera, la misma que sería modificada con la ubicación del motor para generar las vibraciones en dicho modelo, las mismas que deben ser distribuidas por cada una de las paredes de las tolvas, evitando que exista adherencia de material y exista un flujo adecuado en el ducto que transportará la arena hacia el dosificador. Se cuenta con una boquilla de desfogue de 3", el mismo que es adecuado para evitar posible obstrucción en la misma. En la parte frontal de la estructura, cuenta con barras que facilitarán el flujo de vibración en la misma. El motor sería ubicado en la parte posterior de las tolvas como se muestra en la Figura 3-16.

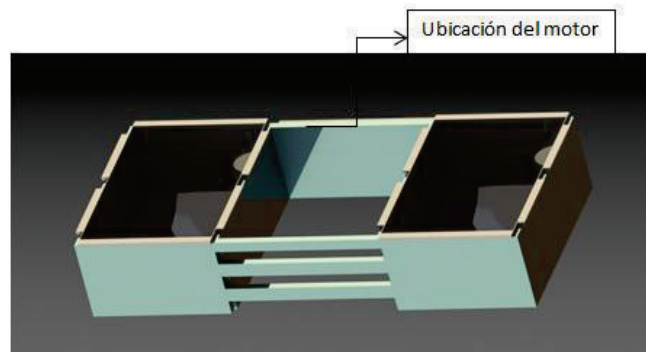


Figura 3-16 Alternativa de tolvas 2

Se debe tomar en consideración la posibilidad de fractura en dichas barras delanteras, las mismas que son elementos críticos del modelo.

Ventajas

- Ubicación de las tolvas en el mismo nivel que se encuentra en la actualidad, sin crear inconvenientes en el trayecto de la arena desde las tolvas hacia la cámara de soplado.
- Transmisión de vibración para ambas tolvas
- Espacio suficiente en el centro para el pistón que porta la matriz de hoyos.

Desventajas

- Posible fractura en elementos que transmitan las vibraciones
- Distribución de las vibraciones inadecuada en las tolvas

3.2.1.3 ALTERNATIVA 3

El tercer diseño propuesto presenta como modificación el elemento que genere las vibraciones, el mismo que ya no es un motor sino pistones, los

mismos que se encontrarán temporizados para que efectúen la vibración necesaria en cada tolva cada cierto periodo de tiempo. Existirá una regulación de la frecuencia del pistón mediante programación. Posee alimentación neumática y control a través de sus respectivas electroválvulas. La boquilla de la tolva tiene un diámetro de 3", pero su disposición no es central, sino delantera para un mejor descenso de la arena y menor acumulación de arena en las paredes.

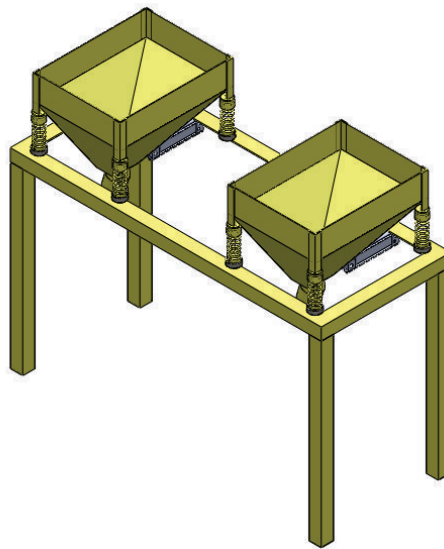


Figura 3-17 Alternativa de tolvas 3

A continuación se presenta las ventajas y desventajas del tercer modelo, para su posterior análisis en la matriz de decisión

Ventajas

- Control vibratorio para ambas tolvas equitativo
- Menor costo al implementar pistones y no motor
- Se conserva el mismo tamaño de la máquina
- Control temporizado e independiente para cada tolva

- Fácil limpieza de las tolvas

Desventajas

- Peligro de transmisión de vibración hacia el resto de la estructura

3.2.1.4 MATRIZ DE DECISIÓN

Posterior a realizar los diseños de las opciones presentadas, se realizará una matriz de decisión para evaluar que alternativa es la más ideal para la máquina.

Se consideraron varios factores como son:

- Factibilidad de construcción
- Distribución de vibraciones
- Limpieza de elementos
- Costo de fabricación
- Flujo de arena
- Acoplamiento con demás elementos de la noyera

A continuación se realizará un análisis de dichos parámetros.

Factibilidad de construcción

Al momento de realizar un diseño, se enfoca principalmente en su efectividad para el proceso, pero se debe tomar en consideración los elementos que forman parte de la alternativa, los materiales utilizados y los procesos de manufactura que engloban dicho diseño. Considerar, de ser posible, su fabricación lo menos complicada y efectiva a la vez, al igual que sus elementos de fácil adquisición, de ser posible dentro del país.

Distribución de vibraciones

Cada alternativa cuenta con un elemento que genere vibración en las tolvas, dicha vibración es generada para que exista la caída de la arena desde las mismas, evitando así que se quede adherido en las paredes de las tolvas. Se debe analizar el método que sea adecuado para la disposición de las tolvas sin dejar de lado los demás componentes que forman la máquina en total.

Limpieza de elementos

En la empresa, al momento de terminar con un turno de trabajo, siempre se debe dejar realizando la limpieza de la máquina utilizada. Se debe considerar que tan fácil llega a ser la limpieza de la misma y la facilidad para realizarlo.

Costo de fabricación

El costo de fabricación debe ser analizado previamente a la realización del mismo, considerando el factor costo- beneficio y saber si la inversión realizada satisface la necesidad del cliente.

Flujo de arena

Se debe analizar en conjunto la distribución de las vibraciones y la geometría de las tolvas, analizando en que opción la caída de la arena será más efectiva sin causar obstrucción en la boquilla de desfogue de la misma ni que exista adherencia de arena en las paredes de la tolva.

Acoplamiento con demás elementos de la noyera

La máquina en total consta con varios elementos, entre ellos el pistón que traslada la matriz de formación de los noyos, el ducto por donde se transportará la arena desde las tolvas hacia los dosificadores, los dosificadores y su sistema de soplado de arena y las boquillas de los mismos, los cuales deben encontrarse en un equilibrio para no causar obstrucción ni dificultad de montaje al momento de contar con el conjunto.

Posterior al análisis realizado en los distintos modelos previamente descritos, se realizó la ponderación de cada uno de los criterios, teniendo un valor total sobre 10 la sumatoria de todas las ponderaciones, obteniendo así la opción más conveniente para el diseño de la tolva.

Tabla 3-4 Matriz de decisión. Subsistema de tolvas

Criterio Opciones	Factibilidad de construcción	Distribución de vibraciones	Limpieza de elementos	Costo de fabricación	Flujo de arena	Acoplamiento con demás elementos de la noyera	TOTAL
		0,20	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
	2,00	2	1	1	2	2	10,00
Opción 1	Valor 6	Valor 3	Valor 5	Valor 7	Valor 4	Valor 7	
	Ponderación 1,2	Ponderación 0,6	Ponderación 0,5	Ponderación 0,7	Ponderación 0,8	Ponderación 1,4	3,8
Opción 2	Valor 8	Valor 5	Valor 5	Valor 6	Valor 4	Valor 7	
	Ponderación 1,6	Ponderación 1	Ponderación 0,5	Ponderación 0,6	Ponderación 0,8	Ponderación 1,4	4,7
Opción 3	Valor 8	Valor 8	Valor 8	Valor 3	Valor 7	Valor 7	
	Ponderación 1,6	Ponderación 1,6	Ponderación 0,8	Ponderación 0,3	Ponderación 1,4	Ponderación 1,4	6,5

Para el criterio de escalas, se tomó como referencia a 10 como el valor mayor y 0 el valor menor en todos los criterios usados en la matriz. El criterio de costo fue restado de la sumatoria del total, ya que resta valor de factibilidad de elección.

3.2.1.5 DISEÑO CAD / TOLVAS DE ALMACENAMIENTO

A continuación se presentará los distintos elementos que se consideran al momento del diseño de las tolvas, entre los cuales destacan:

- Tolva
- Estructura superior

Tolva

La geometría diseñada para la tolva fue realizada posterior al haber visto los problemas con los que cuenta. Se comienza eligiendo el material con el que se va a trabajar, por sus propiedades físicas, facilidad de obtención y bajo costo.

Se realizó una prueba para verificar la inclinación para el diseño de las tolvas. Se pudo verificar que a una inclinación de 30° la arena preparada resbala sin inconvenientes.

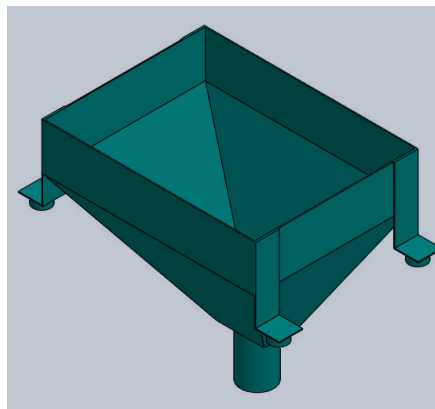


Figura 3-18 Tolva de almacenamiento

Se varió en la disposición de su boquilla por motivos de realizar la vibración de la tolva y para que exista la caída de la arena desde la tolva

hacia el tubo que conduce a la cámara de fluidificación. El diámetro de la boquilla se varió ya que mediante pruebas también se comprobó que el tener un diámetro tan pequeño produce atasco en la manguera, incrementándose así a 3" su diámetro.

En el anexo planos mecánicos se podrá observar los planos de la tolva.

La vibración de la tolva se lo realizará mediante el uso de un pistón, con el sistema que fue elegido entre los diseños previamente analizados, adicional a esto, se utilizarán cauchos y resortes para impedir que exista el contacto directo entre metal al momento de iniciar la vibración, impidiendo así que exista ruido, disminuyendo la transmisión de la vibración hacia el resto de la máquina y asegurando una oscilación óptima para la tolva.

Estructura Superior

La estructura fue diseñada en base de las dimensiones que debe poseer para lograr acoplarse con las tolvas y sin que varíe mucho en la altura que actualmente tiene, evitando así problemas al momento de acoplar con los otros dispositivos como son la manguera y el cabezal de soplado.

Se realizó un análisis con el acero más apropiado para este tipo de construcción, el mismo que es el acero estructural A36, con perfiles en L con espesor de pared de 5 mm.

A continuación se muestra una imagen general de la estructura superior

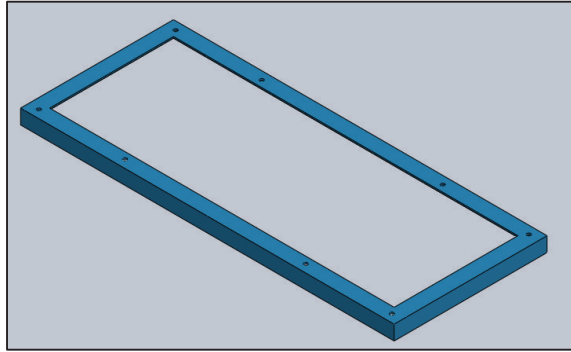


Figura 3-19 Estructura superior

Sobre los apoyos (patas con 1 mm de espesor) será montada dicha estructura, conservando la misma altura que la máquina en un inicio.

En el anexo planos mecánicos se detallan las dimensiones de dicha estructura.

3.2.1.6 DISEÑO CAE/ TOLVAS DE ALMACENAMIENTO

Tolvas

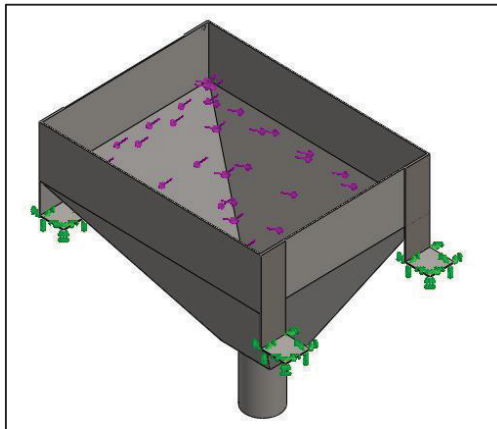


Figura 3-20 Cargas y sujeciones de la tolva

Se aplicó el peso que deberá soportar la tolva que es de 30 Kg de arena por tolva.

A continuación se presenta los resultados obtenidos tomando en consideración la siguiente notación:

- σ máx. → Esfuerzo máximo
- $[\sigma]$ → Esfuerzo admisible
- δ máx. → Deformación máxima
- $[\delta]$ → Deformación admisible
- IC → Índice de carga
- FS → Factor de Seguridad

Las constantes que se utilizarán para los siguientes análisis serán:

- 0.66^{34} : Factor de diseño para obtener el esfuerzo admisible por parte del elemento
- 350^{35} : Constante general para calcular los desplazamientos máximos en elementos en general.
- 800^{36} : Constante específica para calcular los desplazamientos máximos en estructuras.

³⁴ **Fuente:** Notas de clase de la materia CAD/CAM/CAE

³⁵ **Fuente:** Notas de clase de la materia CAD/CAM/CAE

³⁶ **Fuente:** Notas de clase de la materia CAD/CAM/CAE

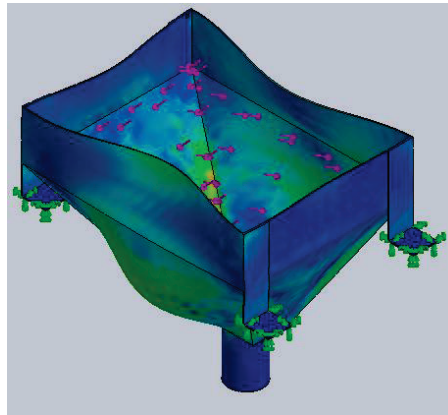


Figura 3-21 Análisis CAE de la tolva en general

Análisis de las tolvas

ESFUERZO

- Límite elástico AISI 1020 = 351 MPa

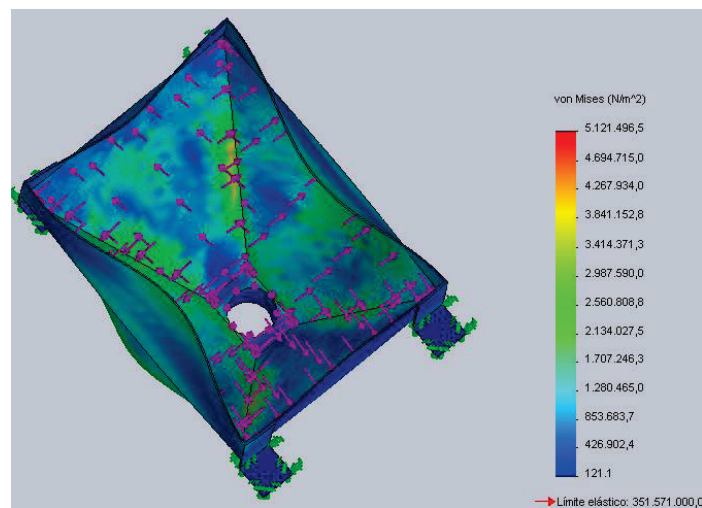


Figura 3-22 Diseño CAE Tolvas- ESFUERZOS

Posterior al análisis de elementos finitos realizado mediante el software SolidWorks, se realiza la interpretación de los resultados obtenidos.

$$\sigma_{\text{máx}} < [\sigma]$$

Ecuación 3-1 Relación entre esfuerzo permisible y esfuerzo máximo³⁷

$$\sigma_{\text{máx}} = 5,121 \text{ MPa}$$

Conociéndose que:

$$[\sigma] = 0,66 * \sigma$$

Ecuación 3-2 Esfuerzo permisible³⁸

Se obtendrá:

$$[\sigma] = 0.66 * 351$$

$$[\sigma] = 231 \text{ MPa}$$

Cumpléndose así con la condición de inicio

$$5,121 \text{ MPa} < 231 \text{ MPa}$$

³⁷ Fuente: Norton, Robert; DISEÑO DE MÁQUINAS, capítulo 4.

³⁸ Fuente: Norton, Robert; DISEÑO DE MÁQUINAS, capítulo 4.

FACTOR DE SEGURIDAD

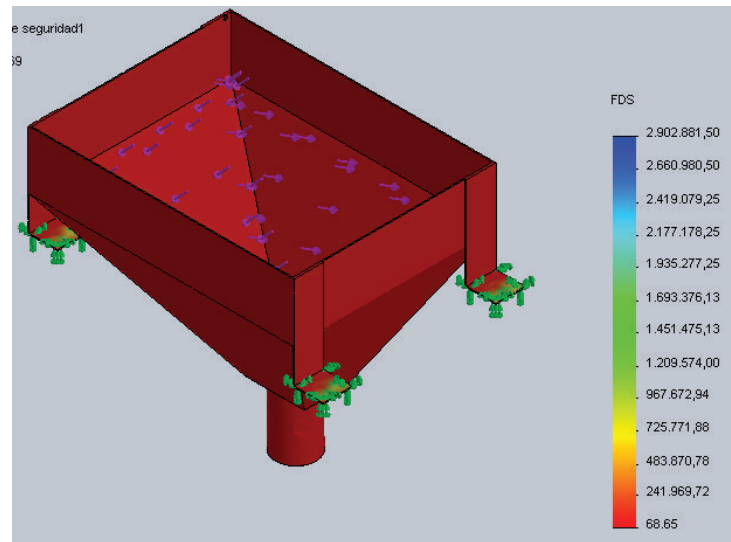


Figura 3-23 Diseño CAE Tolvas- FS

A continuación se realizará el análisis del factor de seguridad en el diseño, el mismo que debe ser mayor de 1 para evitar posibles fallos en las tolvas.

$$FS = \frac{\sigma}{\sigma_{\text{máx}}}$$

Ecuación 3-3 Factor de seguridad³⁹

$$FS = \frac{351}{5,121}$$

$$FS = 28,52$$

³⁹ Fuente: Norton, Robert; DISEÑO DE MÁQUINAS, capítulo 4.

Análisis general de la estructura superior

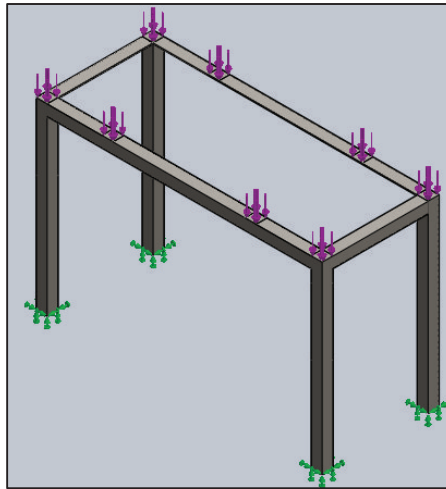


Figura 3-24 Fuerzas y sujeciones en la estructura superior

ESFUERZO

La fuerza que fue aplicada en las áreas indicadas, son las ejercidas debido al peso de la tolva, la arena y al soporte de las tolvas. A continuación se detallan dichas cargas:

$$P_{tolva} = 107,91 \text{ N}$$

$$P_{arena} = 490,1 \text{ N}$$

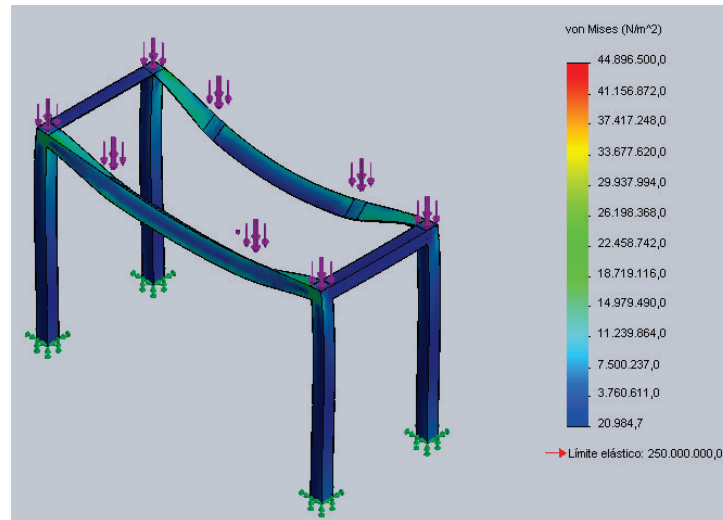


Figura 3-25 Diseño CAE Estructura general- Esfuerzos

- Límite elástico ASTM A36 = 250 MPa

Se debe cumplir que:

$$\sigma_{\text{máx}} < [\sigma]$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 44,896 \text{ MPa}$$

Conociéndose que:

$$[\sigma] = 0,66 * \sigma$$

Se obtendrá:

$$[\sigma] = 0.66 * 250$$

$$[\sigma] = 165 \text{ MPa}$$

Cumpléndose así con la condición de inicio

$$44,896 \text{ MPa} < 165 \text{ MPa}$$

DESPLAZAMIENTO MÁXIMO

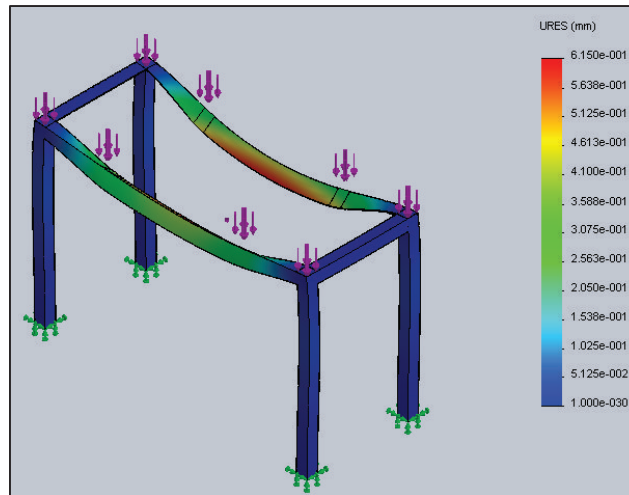


Figura 3-26 Diseño CAE Estructura general- Desplazamiento máximo

Se debe cumplir con:

$$\delta_{\text{máx}} < [\delta]$$

$$\delta_{\text{máx}} = 0.6150\text{mm}$$

Conociendo que:

$$[\delta] = \frac{\text{longitud}}{800}$$

Donde la longitud será toda la distancia que se tenga distribuida nuestra fuerza, siendo esta de 20 mm, tendremos:

$$[\delta] = \frac{820}{800}$$

$$[\delta] = 1,05$$

Cumpléndose así con nuestra condición de inicio.

$$0,6150 \text{ mm} < 1,05 \text{ mm}$$

FACTOR DE SEGURIDAD

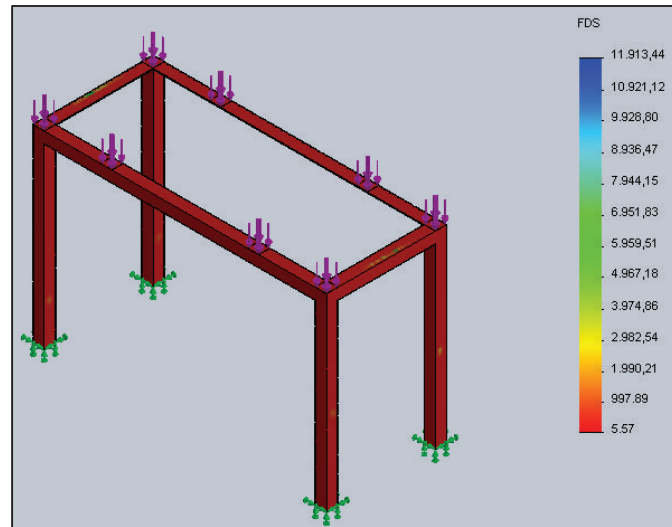


Figura 3-27 Diseño CAE Estructura general- FS

A continuación se realizará el análisis del factor de seguridad en nuestro diseño, el mismo que debe ser mayor de 1 para evitar posibles fallos en la estructura.

$$FS = \frac{\sigma}{\sigma_{\text{máx}}}$$

$$FS = \frac{250}{44,896}$$

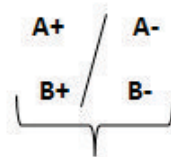
$$FS = 5,568$$

3.2.1.7 VIBRACIÓN DE TOLVAS

La vibración en las tolvas se generará mediante el uso de actuadores neumáticos, los mismos que mediante a un contrapeso ubicado en el vástago del actuador permitirán generar la vibración necesaria para que sea transmitida hacia las tolvas, permitiendo así el fácil descenso de la arena al igual que impedir que la misma se solidifique en las paredes de la tolva.

- Secuencia neumática actuador de vibración

A continuación se mostrará la secuencia neumática que ejercerán ambos actuadores para generar la vibración de las tolvas.



100 VECES

INICIO. a0.b0 = P1

P1= A+

B+

P1.a1.b1= P2

P2= A -

B -

P2.a0.b0 = CONT (100 veces)

- Circuito Neumático

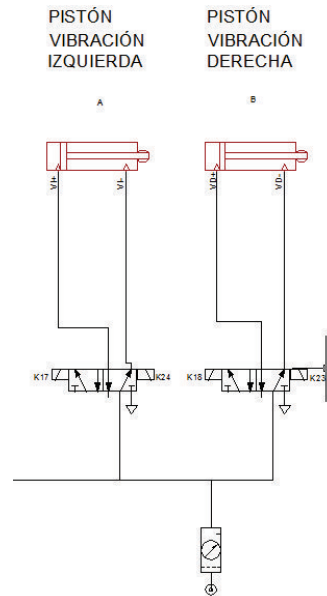


Figura 3-28 Circuito neumático- Vibración

- Análisis Matemático para la vibración de las tolvas

Previo al análisis matemático de la vibración de las tolvas, se debió determinar el tipo de vibración que se va a estudiar. Para esto, se realizó una simulación en el software working model, de esta manera se pudo observar el comportamiento que tendrá las tolvas al generarse la vibración.

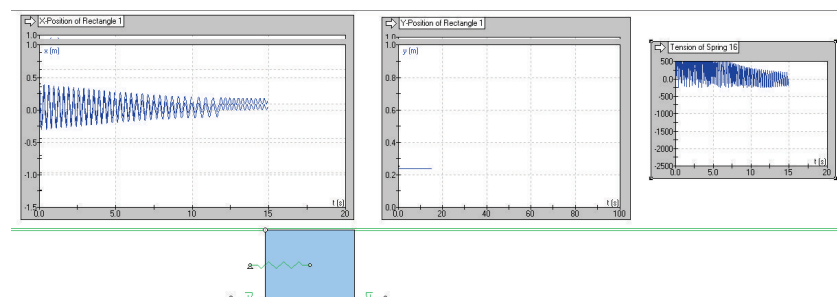


Figura 3-29 Análisis Tolva sin carga

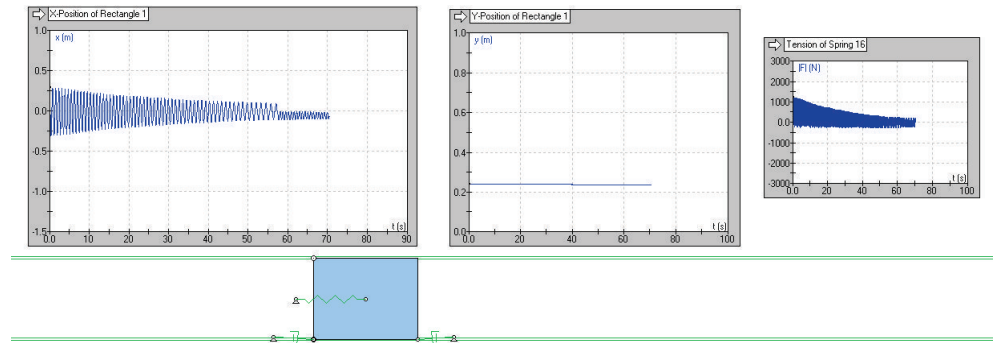


Figura 3-30 Análisis tolva con carga máxima

Posterior a un análisis de la simulación realizada, se llegó a la conclusión de que se tendrá una vibración forzada con amortiguamiento.

Procediendo, así, a determinar sus distintos parámetros.

- Cálculo rigidez de un resorte helicoidal

Módulo de corte:

$$G = 8 * 10^{10} Pa^{40}$$

Diámetro de alambre del resorte

$$d = 4mm$$

Número de espiras

$$n = 8$$

Radio de espiras

$$R = 16mm$$

Calculando la constante del resorte, se tendrá:

⁴⁰ Fuente: Norton, Robert; DISEÑO DE MÁQUINAS, página 994.

$$k = \frac{(G * d^4)}{64(nR^3)}$$

Ecuación 3-4 Constante del resorte⁴¹

$$k = 9766 \frac{kg}{s^2}$$

- Cálculos de la vibración de las tolvas

Teniendo como datos:

- Masa del sistema: $m = 30 \text{ Kg}$
- Constante de amortiguación del caucho: $c = 1340 \text{ kg/s}$ ⁴²

a) Frecuencia Natural

$$\omega n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Ecuación 3-5 Frecuencia natural⁴³

$$\omega n = 18,042 \frac{rad}{s}$$

b) Factor de amortiguación

$$cc = 2m * \omega n$$

Ecuación 3-6 Factor de amortiguación⁴⁴

$$cc = 1083 \frac{kg}{s}$$

⁴¹ Fuente: <http://www.acsesspring.com/constante-de-un-resorte.html>

⁴² Fuente: <http://helid.digicollection.org/es/d/Jm0057s/4.5.8.html>

⁴³ Fuente: Meruane, V; Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile, *Apuntes de vibraciones mecánicas*

⁴⁴ Fuente: Meruane, V; Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile, *Apuntes de vibraciones mecánicas*

$$\zeta = \frac{c * \omega n}{2 * k}$$

$$\zeta = 1.238$$

c) Frecuencia natural amortiguada

$$\omega d = \omega n * \sqrt{1 - \zeta^2}$$

Ecuación 3-7 Frecuencia natural amortiguada⁴⁵

$$\omega d = 13.163i \frac{rad}{s}$$

d) Frecuencia crítica

$$\omega c = \omega n * \sqrt{1 - 2\zeta^2}$$

Ecuación 3-8 Frecuencia crítica⁴⁶

$$\omega c = 25.924i \frac{rad}{s}$$

e) Frecuencia excitadora

$$f_o = \frac{1}{2\pi} * \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Ecuación 3-9 Frecuencia excitadora⁴⁷

$$f_o = 2.872 \text{ Hz}$$

⁴⁵ **Fuente:** Meruane, V; Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile, *Apuntes de vibraciones mecánicas*

⁴⁶ **Fuente:** Meruane, V; Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile, *Apuntes de vibraciones mecánicas*

⁴⁷ **Fuente:** Meruane, V; Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile, *Apuntes de vibraciones mecánicas*

- Cálculo de sobreamortiguamiento

$$\lambda_1 = -\zeta * \omega_n - \omega_n * \sqrt{\zeta^2 - 1}$$

Ecuación 3-10 Factor 1 de sobreamortiguamiento⁴⁸

$$\lambda_1 = -17.049 \text{ Hz}$$

$$\lambda_2 = -\zeta * \omega_n + \omega_n * \sqrt{\zeta^2 - 1}$$

Ecuación 3-11 Factor 2 de sobreamortiguamiento⁴⁹

$$\lambda_1 = -12.729 \text{ Hz}$$

$$v_0 = 0 \text{ m/s}$$

$$x_0 = 160 \text{ mm}$$

$$A = \frac{-v_0 + (-\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1}) * \omega_n * x_0}{2 * \omega_n * \sqrt{\zeta^2 - 1}}$$

Ecuación 3-12 Amplitud de sobreamortiguamiento⁵⁰

$$A = 0.105 \text{ m}$$

3.2.2 SUBSISTEMA DE SOPLADO DE ARENA.

Dicho subsistema debe cumplir con la característica de proporcionar la cantidad de arena necesaria para la conformación de hoyos que cumplan las

⁴⁸ **Fuente:** Meruane, V; Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile, *Apuntes de vibraciones mecánicas*

⁴⁹ **Fuente:** Meruane, V; Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile, *Apuntes de vibraciones mecánicas*

⁵⁰ **Fuente:** Meruane, V; Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile, *Apuntes de vibraciones mecánicas*

especificaciones de la empresa, así como también reducir el desperdicio de materia prima al momento de realizar el soplado.

3.2.2.1 ALTERNATIVA 1. SUBSISTEMA DE SOPLADO DE ARENA CON CABEZAL EN FORMA DE CODO CON CÁMARA DE FLUIDIZACIÓN.

Esta opción de cabezal estará conformada por una cámara de soplado que permitirá distribuir el aire a presión por medio de una placa con orificios hacia toda la mezcla de arena, permitiendo llevar la misma hacia la boquilla de dosificación. La forma del cabezal es en forma de codo con lo que se ofrece un mejor direccionamiento de la mezcla.

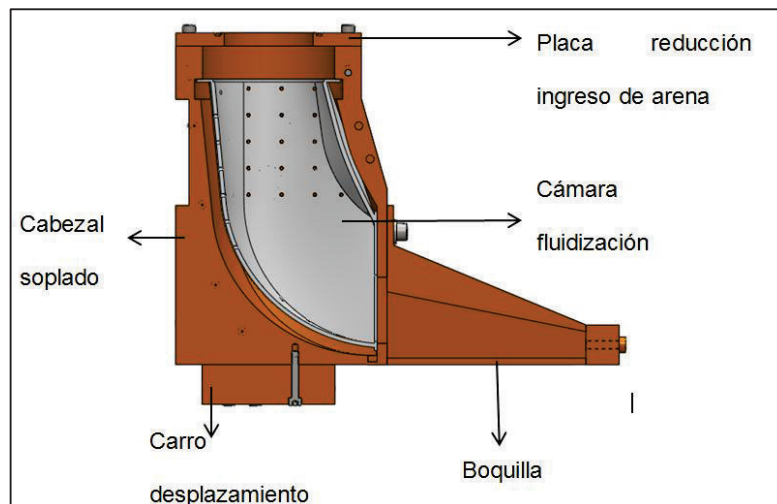


Figura 3-31 Alternativa 1

Ventajas

- Las ventajas que presenta esta alternativa son las siguientes:
- Mejor distribución de aire dentro del cabezal de soplado.
- El tamaño se ha reducido con respecto al cabezal de soplado actual.
- Fácil limpieza y mantenimiento.

- Implementación de una cámara de fluidización.
- Por su geometría presenta un mejor direccionamiento de la mezcla de arena.

Desventajas

Las desventajas que este diseño presenta se detallan a continuación.

- Se necesita de procedimientos especiales para la fabricación.

3.2.2.2 ALTERNATIVA 2. SUBSISTEMA DE SOPLADO DE ARENA CON CABEZAL EN FORMA DE CODO Y UNA ENTRADA DIRECTA DE AIRE.

Para esta alternativa se tiene de igual manera un cabezal en forma de codo similar a la alternativa anterior, lo que le diferencia es que esta propuesta no presenta cámara de fluidificación de la mezcla de arena.

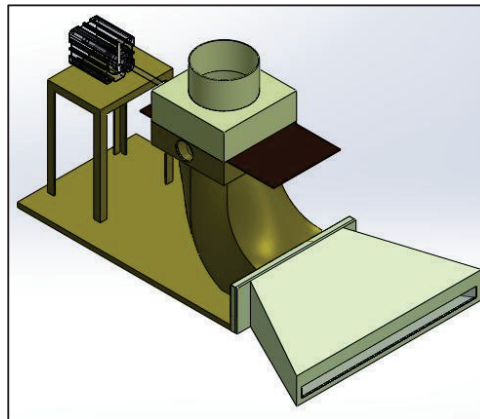
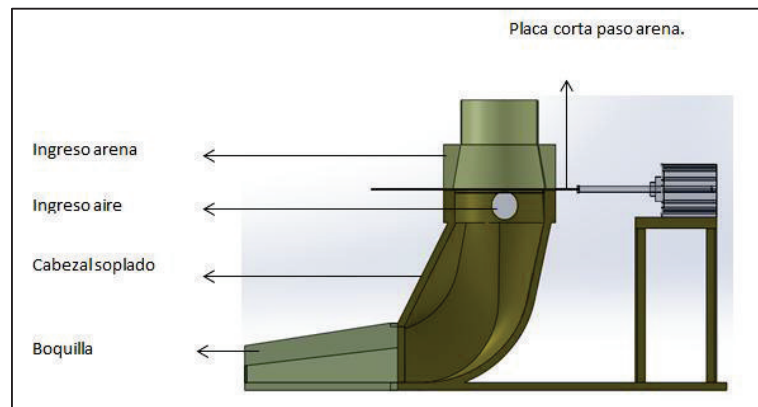


Figura 3-32 Alternativa 2



**Figura 3-33 Alternativa 2. Descripción elementos
Ventajas**

Sus ventajas son:

- Su tamaño se reduce respecto al cabezal actual
- Fácil limpieza y mantenimiento
- Por su geometría permite un mejor direccionamiento de la mezcla de arena

Desventajas

- Se necesita de procedimientos especiales para la fabricación.
- El funcionamiento no se basa en el principio de fluidización de la mezcla.

3.2.2.3 ALTERNATIVA 3. SUBSISTEMA DE SOPLADO DE ARENA CON MODIFICACIÓN DEL CABEZAL ACTUAL.

Este subsistema es una modificación del cabezal de soplado con el que cuenta actualmente la máquina, las cuales cambian el volumen interior del

cabezal el número de boquillas de ingreso de aire así como también su disposición en el mismo.

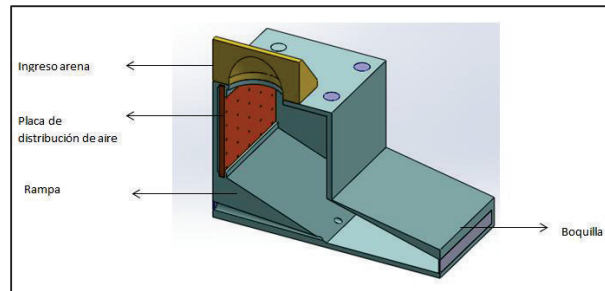


Figura 3-34 Alternativa 3. Primera descripción

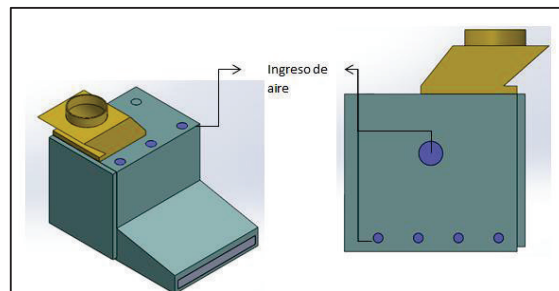


Figura 3-35 Alternativa 3. Descripción ingreso de aire

Ventajas

Las ventajas que esta propuesta presenta son:

- Fácil construcción.
- Fácil limpieza y mantenimiento.
- Mejor direccionamiento interno de la mezcla de arena.

Desventajas

En cuanto a las desventajas se tiene:

- Distribución interna de aire no es uniforme
- Existe mucha turbulencia
- Se incrementa el tamaño del cabezal.

3.2.2.4 MATRIZ DE DECISIÓN

Para la selección de la alternativa del subsistema de soplado de arena se emplea una matriz de decisión con criterios ponderados.

- **Facilidad de construcción.-** Los elementos y componentes seleccionados debe presentar la mayor facilidad de ser elaborados con los recursos que se dispone para ello.
- **Efectividad.-** Este criterio como tal debe ser una característica importante en el subsistema, con lo que se pretende cumplir las necesidades de poder soplar la cantidad de arena necesaria para la conformación de noyos, reduciendo el menor consumo de recursos.
- **Limpieza y mantenimiento.-** El subsistema debe contar con todas las facilidades para poder realizar la limpieza o mantenimiento del equipo sin incurrir en inversión de tiempo y dinero.
- **Instalación.-** Siendo este un componente de la máquina es necesario que el mismo presente características de fácil instalación.
- **Costo.-** Criterio que está presente en la selección de alternativas en todo proyecto, en este caso el sistema de soplado de arena no debe exceder el costo total de todo el proyecto.

Tabla 3-5 Matriz de decisión. Subsistema de soplado de arena

Criterio Opción	Facilidad de Construcción	Efectividad	Limpieza y mantenimiento	Instalación	Costo	Rango
Factor de peso	15	35	15	10	25	100
Alternativa 1	4	18	6	3	8	39
Alternativa 2	4	11	6	3	8	32
Alternativa 3	7	6	3	4	9	29

Tabla 3-6 Escalas usadas para la matriz de decisión

Escalas	Factibilidad	Efectividad	Limpieza	Instalación	Costo
Menor	1	1	1	1	25
Mayor	15	35	15	10	1

3.2.2.5 DISEÑO CAD DEL SUBSISTEMA DE SOPLADO

Una vez realizada la matriz de decisión y obtenida la propuesta de diseño más óptima se procede a realizar el diseño por computadora CAD.

A continuación se presentarán cada una de las partes del subsistema de soplado y sus características más relevantes.

- Cabezal de soplado.

Tomando en cuenta los inconvenientes que presenta la máquina para trabajar con una mezcla húmeda de arena y resinas como se demostró en la sección 3.2.2.1 se propone el diseño de un cabezal que permita un mejor flujo y direccionamiento de la mezcla hacia la boquilla. En la Figura 3-36 se muestra el diseño esquemático de la propuesta.

El cabezal de soplado está diseñado para que se pueda abrir por la mitad y así permitir la colocación de la cámara de fluidización.

El material empleado para la fabricación será hierro fundido el cual es común en este tipo de elementos.

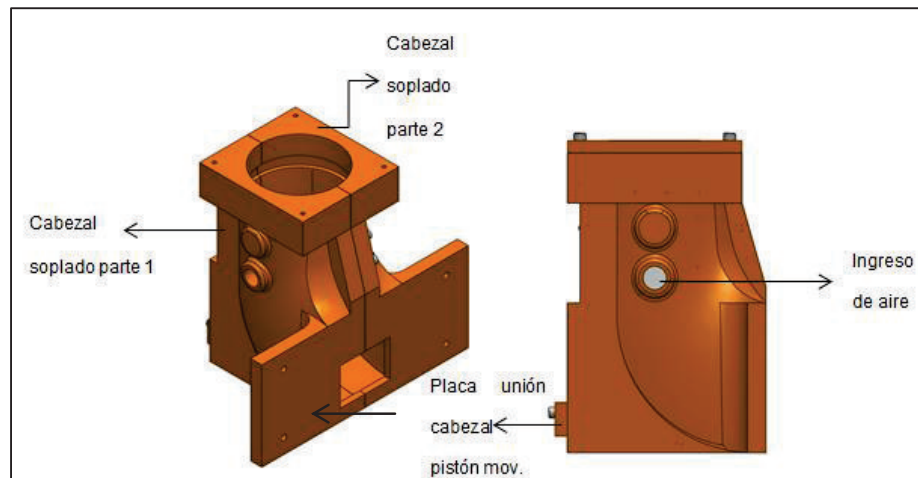


Figura 3-36 Cabezal de Soplado

- Ingreso de arena

El ingreso de la mezcla hacia la cámara de fluidificación se colocará una placa en la cual irá colocado empaque O ring para garantizar el sellado del cabezal de soplado Figura 3-37.

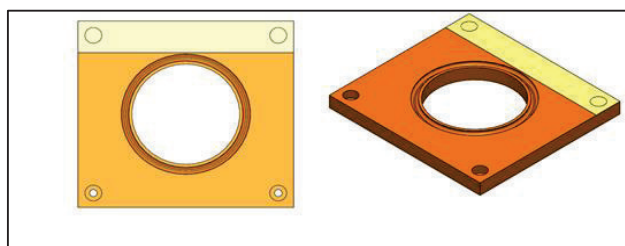


Figura 3-37 Acople de ingreso de arena

El material previsto para fabricar este elemento es el acero AISI 1020

- Cámara de fluidización

Siendo el elemento más importante del subsistema de soplado la cámara de fluidización está diseñada para poder realizar el cambio de fase de un comportamiento como sólido a un comportamiento como líquido de la mezcla húmeda de arena y resinas.

La cámara de fluidización cuenta con una cuadrícula de orificios por los cuales ingresará el aire desde el cabezal de soplado hacia la mezcla como se puede observar en la Figura 3-38.

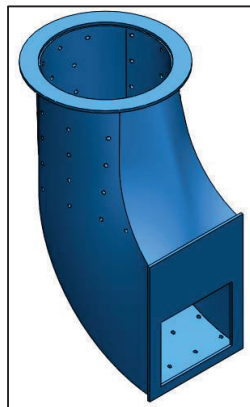


Figura 3-38 Cámara de fluidización.

- Boquilla de dosificación

Para poder ingresar la mezcla desde la cámara de fluidización se cuenta con la boquilla de dosificación y la placa de boquilla las cuales permitirán el paso de la mezcla hacia la caja de noyos.

El material empleado para estos elementos será de igual manera acero AISI 1020

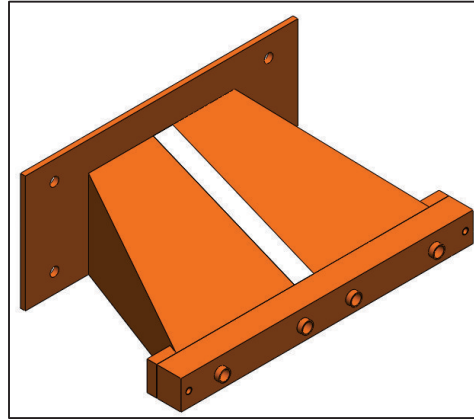


Figura 3-39 Boquilla de dosificación

- Sistema de desplazamiento y fijación

El desplazamiento del cabezal de soplado hacia la matriz de hoyos se realizará empleando dos carrileras y carro de desplazamiento.

También se cuenta con una base en la cual van a estar fijadas las carrileras para el desplazamiento del conjunto.

En la Figura 3-40 se puede observar estos elementos.

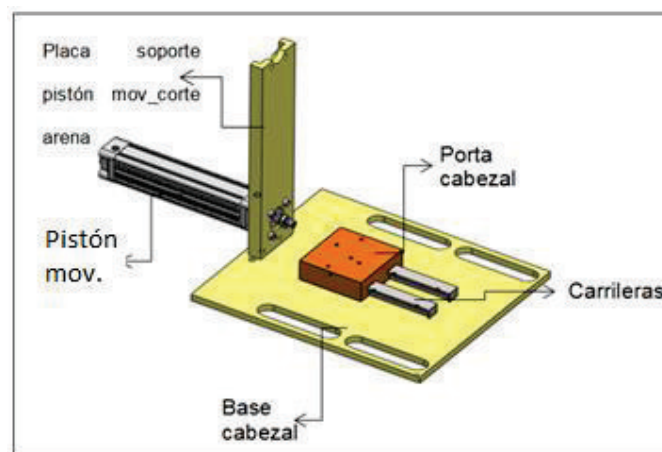


Figura 3-40 Base y sistema desplazamiento de cabezal

- Sistema de acople de manguera conducción y corte de flujo de arena

Para permitir el ingreso de la mezcla de arena desde las tolvas hacia los cabezales se instalará una placa que servirá como acople de la manguera de conducción de arena.

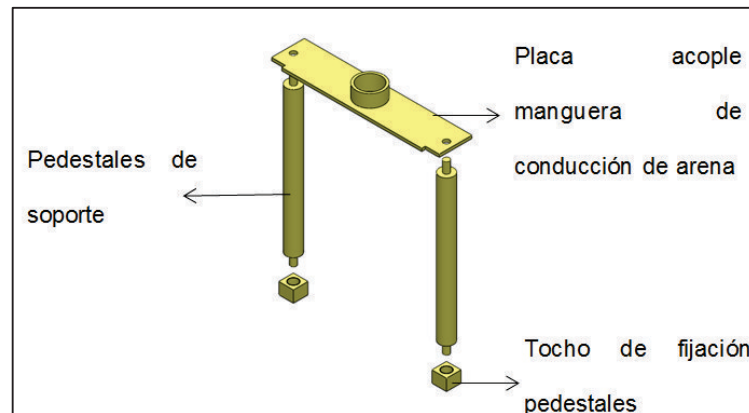


Figura 3-41 Placa acople manguera de conducción de arena

El corte del flujo de arena desde las tolvas hacia el cabezal de soplado se dispone de un pistón el cual al expandirse corta el flujo de la mezcla, adicional cuenta con una cortina de aire lo que limpiará el excedente de arena en el ingreso del cabezal como se muestra en la Figura 3-42.

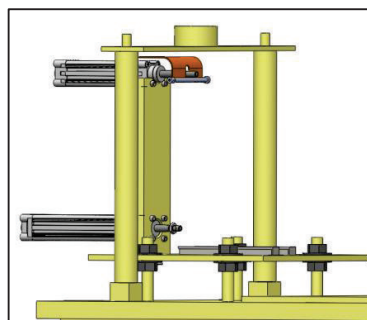


Figura 3-42 Placa acople manguera de conducción de arena

3.2.2.6 SISTEMA DE SELLADO DEL INGRESO DE ARENA AL CABEZAL.

A fin de evitar la salida de arena por la placa de ingreso del cabezal se implementará un sistema de sellado en la Figura 3-43 se muestra el sistema.

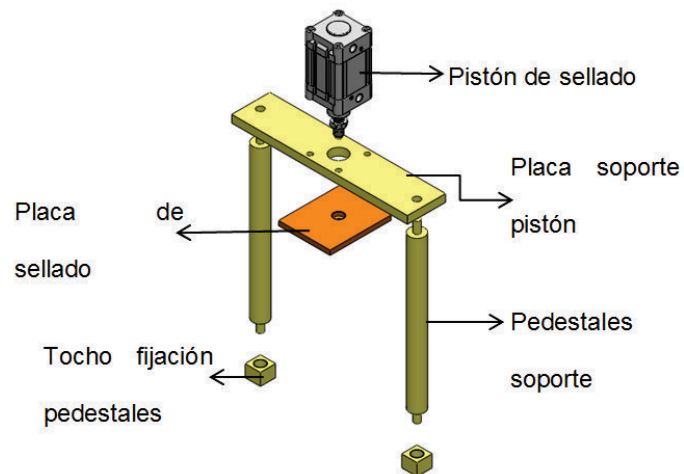


Figura 3-43 Sistema de sellado del ingreso de arena

3.2.2.7 ANÁLISIS MATEMÁTICO DEL SISTEMA DE FLUIDIZACIÓN

Una vez definida la forma de la cámara de fluidización se procede a realizar los cálculos necesarios a fin de cumplir con la fluidización de la mezcla húmeda de arena y resinas.

- Diseño de los agujeros de paso de aire.

Para aumentar el tiempo de residencia del gas (aire) en el lecho es conveniente introducir el mayor número de burbujas de gas como sea posible, para ello se emplean placas de materiales porosos o platos perforados.

En este caso se va a emplear una cámara de fluidización perforada, y como primer paso es necesario definir el número de agujeros por unidad de área N_d mediante la ecuación 3-13.

$$N_d = \frac{\text{número de agujeros}}{\text{área sup.}}$$

Ecuación 3-13 Relación número de agujeros por unidad de área⁵¹

$$N_d = \frac{1}{400\text{mm}^2}$$

$$N_d = 0,0025$$

- Disposición del agujero.

Para aumentar la uniformidad de la fluidización, es común exponer los agujeros en forma triangular o cuadrada como se muestra en la Figura 3-44.

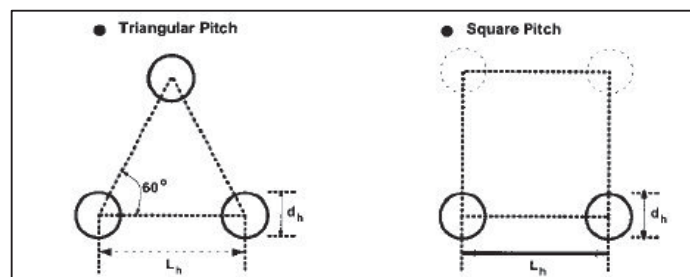


Figura 3-44 Tipos de disposición de agujeros⁵²

En este caso se optará por la disposición triangular de agujeros y se procede a calcular el paso del agujero mediante la ecuación 3-14.

⁵¹ Fuente: Fluidization by Robert P. Hesketh¹ Prepared for the Process Fluid Transport

⁵² Fuente: Teoría para el soplado de noyos y noyerías Departamento de Ingeniería FV Área Andina S.A.

$$L_h = \frac{1}{\sqrt{Nd \cdot \sin \cdot 60^\circ}}$$

Ecuación 3-14 Paso de agujeros⁵³

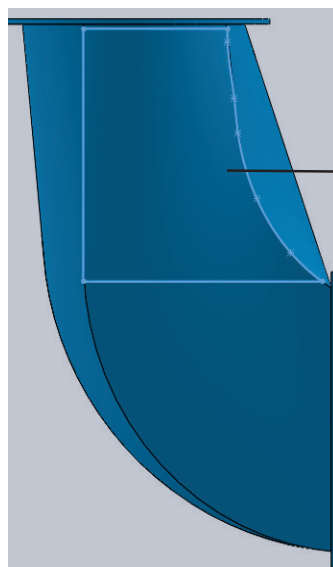
$$L_h = \frac{1}{\sqrt{0,04 \cdot \sin \cdot 60^\circ}}$$

$$L_h = 21mm$$

- Cálculo del número de agujeros en cada cara de la cámara.

Una vez obtenidos los valores de Nd así como el paso del agujero Lh se realiza el cálculo para determinar el número de agujeros por cada cara de la cámara.

Cara lateral.



$$A = 6700 \text{ mm}^2$$

Área a

$$400 \text{ mm}^2 \quad 1$$

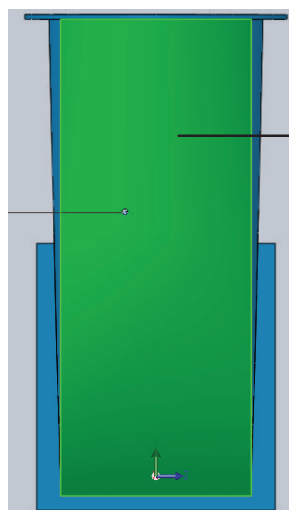
$$6700 \text{ mm}^2 \quad x$$

$$x = 17 \text{ agujeros}$$

Este número de agujeros debe ir tanto en la cara lateral izquierda como en la lateral derecha

⁵³ Fuente: Fluidization by Robert P. Hesketh¹ Prepared for the Process Fluid Transport

Cara Posterior



→ Área a perforar

$$A = 22394 \text{ mm}^2$$

$$400 \text{ mm}^2 \quad 1$$

$$16340 \text{ mm}^2 \quad x$$

$$x = 40 \text{ agujeros}$$

En la Figura 3-45 se muestra el modelo esquemático de la cámara de fluidización.

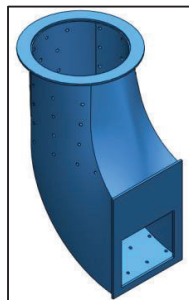


Figura 3-45 Modelo esquemático cámara fluidización.

- Cálculo de la Velocidad Mínima de Fluidización (Umf)

Se entiende como velocidad mínima de fluidización a la velocidad de aire que ocurre por una caída de presión que igual el peso de las partículas de la mezcla.

A fin de lograr la fluidización del lecho es necesario determinar la velocidad mínima necesaria para que esto ocurra, dicha velocidad puede ser predicha por la relación del peso del lecho de sólidos y la fuerza generada por la presión actuante sobre el área transversal.

Por ello se empleará las siguientes ecuaciones las cuales permite predecir el valor de la velocidad mínima de fluidización mediante las siguientes ecuaciones:

$$Re = \sqrt{C_1^2 + C_2 A_r} - C_1 \qquad Re = \frac{U_{mf} D_{sv} \rho}{\mu}$$

Ecuación 3-15 Ecuaciones para el cálculo de Reynolds⁵⁴

Dónde:

Re= Número de Reynolds para fluidos de dos fases

Ar= Número de Arquímedes

C1 y C2= Constantes de cálculo propuestas por varios autores.

Umf= Velocidad mínima de fluidización

$$A_r = \frac{g \rho (\rho_p - \rho) D_{sv}^3}{\mu^2}$$

Ecuación 3-16 Número de Arquímedes para fluidos de dos fases⁵⁵

⁵⁴ Fuente: Fluidization by Robert P. Hesketh1 Prepared for the Process Fluid Transport

$g = \text{Gravedad}$

$\rho = \text{Densidad del gas (aire)}$

$\rho_p = \text{Densidad del lecho sólido}$

$D_{sv} = \text{Diámetro de la partícula por medio de una relación volumen – area}$

$\mu = \text{Viscosidad del gas}$

$$C_1 = \frac{300(1-\varepsilon_{mf})}{7} \quad C_2 = \frac{\varepsilon_{mf}^3}{1,75}$$

Ecuación 3-17 Constantes para determinar el número de Reynolds⁵⁶

$$\varepsilon_{mf} = \text{Relación volumétrica}$$

Para efecto de cálculos se asumirá el valor de relación volumétrica (ε_{mf}) el cual se encuentra el rango de $0,4 < \varepsilon_{mf} < 0,55$, los cuales son valores comunes para el tipo de lecho de sólidos empleado. De igual manera se asumirá el valor del diámetro de la partícula D_{sv} el cual se encuentra en el rango de $0,25 < D_{sv} < 0,5$ mm para una arena de índice AFS # 52.

En la tabla 3-7 se presentan los valores de las constantes empleadas para el cálculo de la velocidad mínima de fluidización.

⁵⁵ **Fuente:** Fluidization by Robert P. Hesketh1 Prepared for the Process Fluid Transport

⁵⁶ **Fuente:** Fluidization by Robert P. Hesketh1 Prepared for the Process Fluid Transport

Tabla 3-7 Valores empleados para el cálculo de la Umf

GRAVEDAD	9,8	m/s
DIAMETRO VOLUMEN/AREA57	0,00025-0,0005	mm
DENSIDAD PARTÍCULA	1600	Kg/m3
DENSIDAD GAS	1,204	kg/m3
VISCOSIDAD DEL GAS	0,0000181	Pa.s
RELACION VOLUMÉTRICA	0,4-0,55	-----

Reemplazando estos valores en la ecuación 3-16 se obtiene el valor del número de Arquímedes:

$$A_r = \frac{9,8 \cdot 1,204 \cdot (1600 - 1,204) \cdot 0,0005^3}{(0,0000181)^2}$$

$$A_r = 7200$$

Con este valor y los de C1 y C2 se calcula el número de Reynolds

$$C_1 = \frac{300(1 - 0,4)}{7}$$

$$C_1 = 25,7$$

$$C_2 = \frac{0,4^3}{1,75}$$

$$C_2 = 0,0366 \quad \therefore$$

$$Re = \sqrt{25,7^2 + 0,0366 \cdot 7200} - 25,7$$

$$Re = 5$$

Una vez determinado el número de Reynolds se despeja de la ecuación 3-18 la velocidad mínima de fluidización Umf.

⁵⁷ Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/762/2/CAPITULO%201.pdf>

$$U_{mf} = \frac{Re \cdot \mu}{D_{sv} \cdot \rho}$$

Ecuación 3-18 Velocidad mínima de fluidización⁵⁸

$$U_{mf} = \frac{5 \cdot 0,0000181}{0,5 \cdot 1600}$$

$$U_{mf} = 0,14 \frac{m}{s} = 14cm/s$$

3.2.2.8 VALIDACIÓN CAE DEL SUBSISTEMA DE SOPLADO

- Simulación de flujo de lecho fluido

Para poder tener una idea del comportamiento de la mezcla dentro de la cámara de fluidización se empleó el software de diseño Solidworks, mediante el paquete de simulación Flow Simulation, como se puede observar en la Figura 3-46. Ésta muestra el flujo del lecho fluido dentro de la cámara de fluidización.

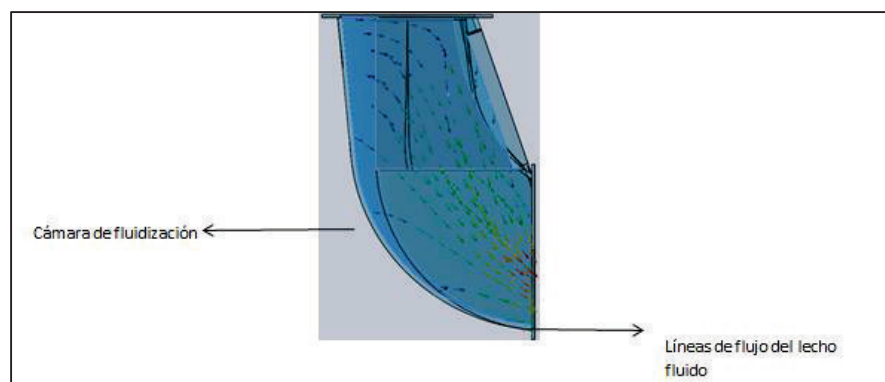


Figura 3-46 Flujo de la mezcla dentro de la cámara

⁵⁸ **Fuente:** Fluidization by Robert P. Hesketh1 Prepared for the Process Fluid Transport

- Análisis de sellado del cabezal

Como se indicó con la Figura 3-43 el sistema de sellado del cabezal se emplearán los componentes descritos a continuación:

- Placa soporte pistón de sellado
- Pedestales de soporte
- Placa de sellado del cabezal

A continuación se realizará la simulación de resistencia de la placa de sellado ya que es el componente el cual va estar afectado por la fuerza generada por el pistón de sellado y la presión generada en el cabezal de sellado.

Placa de sellado

Los datos a emplear para realizar la simulación CAE de este componente son los siguientes:

- Material placa: Acero AISI 1020
- Espesor : 12 mm
- Fuerza ejercida por el pistón: 3016 N
- Presión ejercida por el cabezal de soplado: 6 bar

En la Figura 3-47 se muestran los datos obtenidos una vez realizada la simulación.

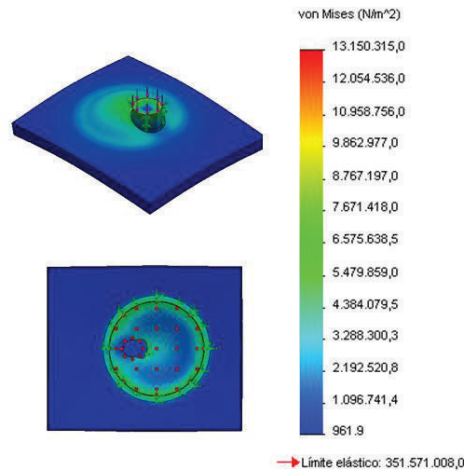


Figura 3-47 Análisis CAE placa de sellado

Cálculo del índice de carga

Como se puede apreciar en la Figura 3-47 el valor máximo de presión es de $13150315 \frac{N}{m^2}$ y el límite elástico del material es de $351571000 \frac{N}{m^2}$ con estos valores se obtiene el índice de carga donde

$$i = \frac{\sigma_{max}}{\sigma}$$

$$\sigma_{max} < \sigma$$

$$\sigma = 0.66 \cdot S_y$$

$$S_y = 351571000 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma = 0.66 (351571000)$$

$$\sigma = 232036860$$

$$i = \frac{13150315}{232036860}$$

$$i = 0,05$$

En base a esto y con la simulación realizada se puede concluir que la placa de sellado soportará la fuerza ejercida por el pistón de sellado y por la presión generada en el cabezal de soplado.

- Análisis cabezal soplado

Material: Hierro fundido

Realizado el estudio con una presión interna de 6 MPa

$$i = \frac{\sigma_{max}}{\sigma}$$

$$\sigma_{max} < \sigma$$

$$\sigma = 0.66 \cdot S_y$$

$$S_y = 351571000 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma = 0.66 (351571000)$$

$$\sigma = 232036860$$

$$i = \frac{32598570}{232036860}$$

$$i = 0,14$$

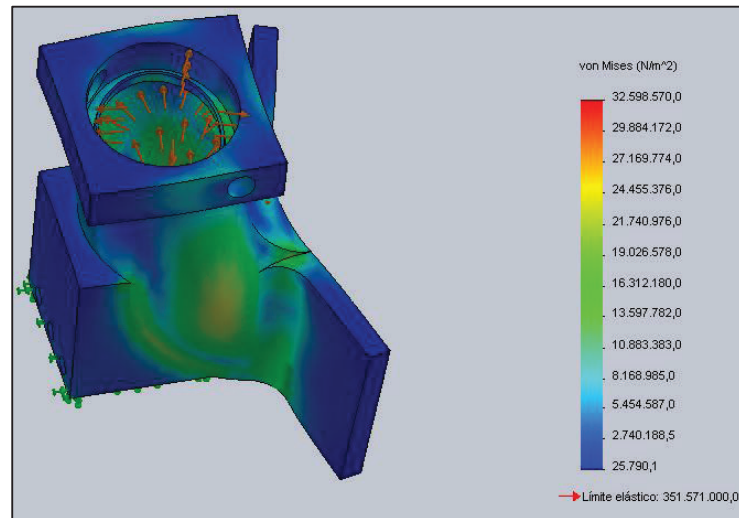


Figura 3-48 Análisis CAE del cabezal de soplado

Como se puede observar según el índice de carga y de la Figura 3-48 el cabezal de soplado soporta sin mayor dificultad la presión interna de 6 bares.

3.2.3 MODIFICACIÓN DEL BASTIDOR DE LA NOYERA

En cuanto al bastidor de la máquina se han realizado modificaciones en su estructura, esto con el fin de poder brindar más seguridades a los operarios.

La modificación que se ha realizado es la elaboración de una estructura la cual permitirá dotar con puertas posteriores a la máquina, esto es para prevenir accidentes en caso de intervención humana por la parte posterior de la máquina cuando esta se encuentra operando, adicional a esto se ha colocado planchas de tool en los costados con el mismo propósito.

Esta estructura también cumple la función de estilizar, ya que oculta algunas partes de la maquinaria que quedaría expuesta.

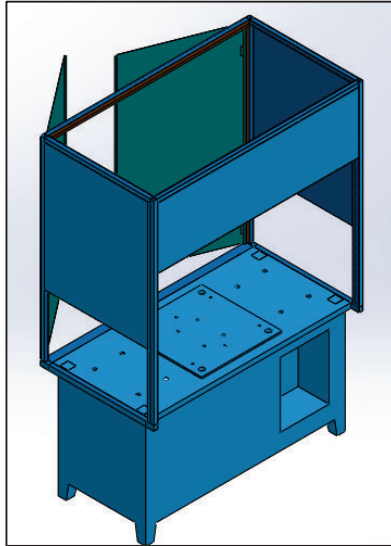


Figura 3-49 Bastidor de la noyera

3.3 DISEÑO NEUMÁTICO

Los elementos neumáticos fueron elegidos de acuerdo a cada aplicación que deba desempeñar. Existen elementos neumáticos para el desplazamiento de los cabezales de soplado, el movimiento de la matriz, el corte de arena de las tolvas, generación de vibración de tolvas y el hermetizado de ambos cabezales de soplado.

3.3.1 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

Los pistones utilizados para la vibración deberán mover la tolva de almacenamiento de arena, con la condición más crítica, es decir cuando esté completamente llena.

- *Peso tolva: 10 kg*
- *Peso máximo arena: 30 Kg*

Peso total: 40 Kg

$$F_{\text{pistón}} > F_{\text{total}}$$

$$F_{\text{total}} = 40\text{Kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{\text{total}} = 392\text{ N}$$

Se eligió actuadores neumáticos de doble efecto, los mismos que tendrán la finalidad de provocar la vibración de las tolvas, con un vástago de 100 mm de largo y 50 mm de diámetro.

Cilindros normalizados DNC según ISO 6431 y VDMA 24 562

FESTO

Cuadro general de productos


Función	Ejecución	Tipo	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Detección de posiciones A	Antigiro Q	Tipo de vástago S2/S20	Rosca exterior prolongada K2	Rosca interior K3	Rosca especial K5
Doble efecto		Cilindro base DNC	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125	25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500	10 ... 2 000	■	■	■	■	■

Figura 3-50 Selección actuador para tolvas

Los actuadores elegidos tienen una fuerza de 1178 N, cumpliendo así:

$$F_{\text{pistón}} > F_{\text{total}}$$

$$1178\text{ N} > 392\text{ N}$$

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]	32	40	50	63	80	100	125
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Fuerza teórica con 6 bar en avance	483	754	1 178	1 870	3 016	4 712	7 363
S2/S20	415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
S2/S20	415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
Energía máx. de impacto en las posiciones finales ¹⁾	0,1	0,2	0,2	0,5	0,9	1,2	5

Figura 3-51 Fuerza teórica pistón de vibración

Las electroválvulas 5/2 que permitirán el control de los actuadores deben ser biestables, con bobinas activadas a 24 V.









Función	Ejecución	Tipo	Tamaño ISO	Caudal nominal [l/min]	Utilización neumática en la placa base	Tensión de funcionamiento					
						[V DC]	[V AC]				
Válvulas monoestables de 5/2 vías	Electroválvula										
		MN1H	1	1 200	G3/4	24	110, 230				
			2	2 300	G3/8						
			3	4 500	G1/2						
		M1H	1	1 200	G3/4	12, 24, 42	24, 42, 48, 110, 230, 240				
			2	2 300	G3/8						
			3	4 500	G1/2						
		MDH	4	6 000	G3/4	24	42, 110, 230				
			Electroválvula con conector central tipo clavija M12x1								
				MEBH...ZSR	1			1 200	G3/4	24	-
	2	2 300			G3/8						
	3	4 500			G1/2						
Terminal de válvulas con conector individual tipo clavija M12x1, ocupación de contactos según VDMA o Desina											
	MDH	1	1 200	G3/4	24	-					
		2	2 300	G3/8							
		3	4 500	G1/2							
Válvulas bistables de 5/2 vías	Electroválvula bistable										
		JMN 1H	1	1 200	G3/4	24	110, 230				
			2	2 300	G3/8						
			3	4 500	G1/2						
	Electroválvula con señal prioritaria en 14										
		JMN 10H	1	1 200	G3/4	24	110, 230				
			2	2 300	G3/8						
			3	4 500	G1/2						
	Electroválvula bistable										
		JMFH	1	1 200	G3/4	12, 24, 42	24, 42, 48, 110, 230, 240				
			2	2 300	G3/8						
			3	4 500	G1/2						

Figura 3-52 Selección electroválvula para actuador de tolvas

El pistón de sellado del cabezal fue seleccionado con el fin de evitar el escape de arena por la parte superior del cabezal al momento de realizarse el soplado de la mezcla de arena.


El diámetro mínimo que debe tener el émbolo del pistón para esta función debe ser de 100 mm en el caso que el sellado del cabezal se lo realice de forma directa. Por motivos de disponibilidad de dicho actuador en el mercado nacional se debió adaptar una placa reductora de diámetro de ingreso de arena hacia el cabezal, siendo la misma de 60 mm, con la finalidad de poder utilizar el pistón de émbolo más grande que se encuentra en el mercado nacional, siendo el mismo de 80 mm.

Tomando en consideración la presión de trabajo a la que se encontrará funcionando se elige el siguiente actuador:

Cilindros normalizados DNC según ISO 6431 y VDMA 24 562

Cuadro general de productos

FESTO

Función	Ejecución	Tipo	Díámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Detección de posiciones A	Antigiro Q	Tipo de vástago S2/S20	Rosca exterior prolongada K2	Rosca interior K3	Rosca especial K5
Doble efecto	Cilindro base 	DNC	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125	35, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500	10 ... 2 000	■	■	■	■	■

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]								
Díámetro del émbolo		32	40	50	63	80	100	125
Fuerza teórica con 6 bar en avance	S2/S20	483	754	1 178	1 870	3 016	4 712	7 363
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	S2/S20	415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
Energía máx. de impacto en las posiciones finales ¹⁾		0,1	0,2	0,2	0,5	0,9	1,2	5

Figura 3-53 Selección de actuador para sellado de cámaras

Los pistones utilizados para el desplazamiento de los cabezales fueron elegidos mediante la consideración de dos parámetros importantes:

- Carrera mínima requerida de 150 mm
- Peso del cabezal: 50 Kg

Tomando en consideración que:

$$F_{\text{cabezal}} = 50 \text{ Kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,15$$

$$F_{\text{cabezal}} = 73,575 \text{ N}$$

Los pistones que desplazarán los cabezales deben poseer una fuerza de avance mayor a la necesaria para movilizar el cabezal. El pistón utilizado es el siguiente:

Cilindros normalizados DNC según ISO 6431 y VDMA 24 562

Cuadro general de productos

FESTO


Función	Ejecución	Tipo	Díametro del émbolo	Carrera	Detección de posiciones	Antigiro	Tipo de vástago	Rosca exterior prolongada	Rosca interior	Rosca especial
			[mm]	[mm]	A	Q	S2/S20	K2	K3	K5
Doble efecto		DNC	32, 40,	25, 40, 50, 80,	10 ... 2 000	■	■	■	■	■
			50, 63, 80, 100, 125	100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500						

Figura 3-54 Pistón elegido para los cabezales. Carrera y émbolo

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]							
Díametro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Fuerza teórica con 6 bar en avance	483	754	1 178	1 870	3 016	4 712	7 363
	S2/S20	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
	S2/S20	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
Energía máx. de impacto en las posiciones finales ¹⁾	0,1	0,2	0,2	0,5	0,9	1,2	5

Figura 3-55 Fuerza teórica de avance, pistón de cabezales

Los pistones utilizados para el corte de arena solo desempeñarán la función de evitar el flujo de la arena hacia el cabezal cuando este no sea necesario, por lo mismo se eligió con la única característica de cubrir una carrera mínima de 100 mm, por lo que se optó por pistones de diámetro de émbolo 32 mm y carrera de 100 mm.

Cilindros normalizados DNC según ISO 6431 y VDMA 24 562

Cuadro general de productos

FESTO


Función	Ejecución	Tipo	Díametro del émbolo	Carrera	Detección de posiciones	Antigiro	Tipo de vástago	Rosca exterior prolongada	Rosca interior	Rosca especial
			[mm]	[mm]	A	Q	S2/S20	K2	K3	K5
Doble efecto		DNC	32, 40,	25, 40, 50, 80,	10 ... 2 000	■	■	■	■	■
			50, 63, 80, 100, 125	100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500						

Figura 3-56 Pistón corte de arena

En el caso de los pistones de corte de arena y desplazamiento de cabezales, fueron modificados pistones reciclados que se encontraban disponibles en la fábrica, reduciendo así el costo total del proyecto.

El pistón que desplaza la matriz de la máquina será el mismo que originalmente poseía la noyera, siendo un pistón neumático de diámetro de émbolo de 125 mm y carrera de 320 mm

Las electroválvulas utilizadas para el desplazamiento de la matriz, movimiento de cabezales, hermetizado de cabezales y corte de arena fueron reutilizadas de la máquina, las mismas que poseen un ingreso de 1/8" y distribución a 1/8".

Las electroválvulas para el soplado de cada cabezal fueron elegidas por el ingreso de aire que permita, siendo este necesario de 1/2" para cada cabezal, cada electroválvula contará con sus solenoides de control a 24 V.

La electroválvula para la cortina de aire de limpieza fue elegida tomando en consideración su entrada y distribución de aire, siendo ésta de 1/4", además dicha electroválvula fue reutilizada de otra máquina, contando con un solenoide a 24 V.

3.3.2 SECUENCIA NEUMÁTICA DE LA NOYERA

A continuación se describe la secuencia neumática de la máquina.

H+	A+	A-	J+	J-	PAUSA 5 SEG	C+	D+	PAUSA 5 SEG	F+	PAUSA 5 SEG	L	PAUSA 2 SEG	F-	PAUSA 5 SEG	D-	FINALIZA TIEMPO CURADO	C-
H+	B+	B-	K+	K-			E+		G+		M		G-		E-		
	100 VECES										TIEMPO DE SOPLADO CABEZALES: 1 SEG					TIEMPO DE CURADO : 30 SEG	

Figura 3-57 Secuencia neumática noyera modificada

- Actuator vibración tolva izquierda → A
- Actuator vibración tolva derecha → B
- Actuator matriz → C
- Actuator desplazamiento de cabezal derecho → D
- Actuator desplazamiento de cabezal izquierdo → E

- Actuador hermetizado cabezal derecho → F
- Actuador hermetizado cabezal izquierdo → G
- Actuador corte de arena lado derecho → H
- Actuador corte de arena lado izquierdo → I
- Cortina de aire lado derecho → J
- Cortina de aire lado izquierdo → K
- Soplado de cabezal izquierdo → L
- Soplado de cabezal derecho → M

Cumpliendo así con la secuencia de trabajo necesaria para la formación de noyos, se desarrolló la programación del PLC como se mostrará en la sección de automatización

3.3.3 CIRCUITO NEUMÁTICO DE LA NOYERA

A continuación se presenta el circuito neumático de los actuadores de la noyera.

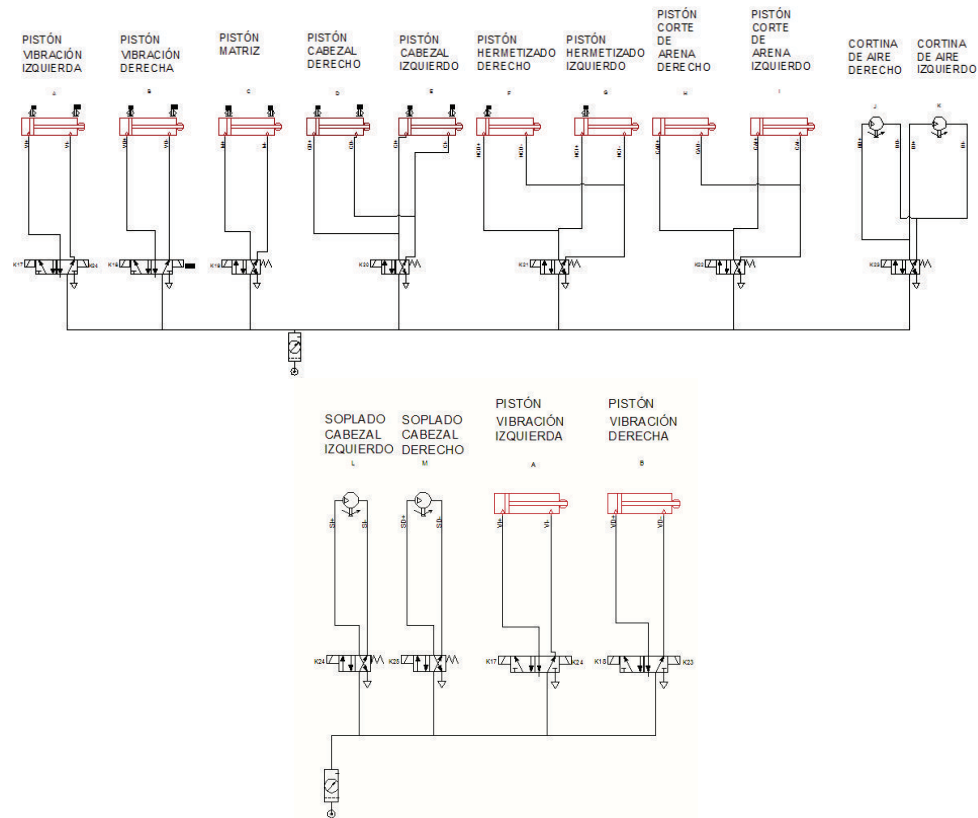


Figura 3-58 Circuito neumático- Noyera

En la Figura 3-58 se puede observar la disposición de los actuadores neumáticos necesarios para el funcionamiento de la máquina, con mayor detalle se podrá observar en los anexos, el plano neumático.

En la alimentación neumática, la noyera se encontrará separada en dos grupos, el grupo A comprende todos los actuadores neumáticos, excepto los pistones que generan la vibración, y la cortina de aire dispuesto para la limpieza superior del cabezal, ya que al momento de realizar la carga de arena en los cabezales o al momento de generarse la vibración de las tolvas

existirá cierta cantidad de arena que pueda obstruir el hermetizado de los cabezales, en el caso de quedar residuos de arena posterior a la cortina de aire el operario de la máquina deberá limpiar de forma manual o con la pistola de aire dispuesta en la noyera, reduciendo al máximo las posibilidades de existir problemas al momento del hermetizado de los cabezales.

El grupo B comprende al soplado de ambos cabezales, soplado necesario para la fluidización de la arena y correcta compactación de los noyos dentro de la matriz. Además de los pistones que generan la vibración en las tolvas.

Se optó por esta disposición ya que en el área donde se encuentra actualmente la máquina se posee una toma de $\frac{3}{4}$ " para el aire, misma toma que no puede abastecer a todo el consumo de la máquina.

A continuación se detalla el consumo de aire de cada elemento.

- Cámara de fluidización

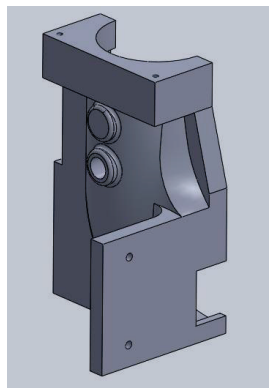


Figura 3-59 Cabezal de soplado

El caudal necesario para realizar la fluidización viene dada por la toma de aire con la que se ingresa al mismo, sabiendo que la toma es de $\frac{1}{2}$ " y la

velocidad en tomas de aire comprimido es de 20 m/s se obtiene el caudal necesario para cada cabezal

$$Q_{cabezal}: \pi * r^2 * V$$

$$Q_{cabezal} = 0,001188 \frac{m^3}{s}$$

Al trabajar ambos cabezales a la vez, se necesitará al menos tener un caudal de:

$$Q_{total\,cabezales}: 0,007 \frac{m^3}{s}$$

Convirtiendo las unidades a litros/min, se tendrá:

$$Q_{total\,cabezales}: 420 \frac{litros}{minuto}$$

Para el cálculo de los actuadores neumáticos, se utiliza la herramienta Air Consumption⁵⁹, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3-8 Consumo de aire por ciclo de los actuadores neumáticos⁶⁰

Tamaño	Carrera	do de Operac	Presión	Ciclos	Consumo de Aire por Ciclo
32 mm	150 mm	doble	6,00 bar	1,00/min	1,57 l
32 mm	100 mm	doble	6,00 bar	1,00/min	1,05 l
50 mm	100 mm	doble	6,00 bar	1,00/min	2,53 l
125 mm	320 mm	doble	6,00 bar	1,00/min	53,18 l
10 mm	150 mm	tubo simple	6,00 bar	1,00/min	0,07 l
80 mm	20 mm	doble	6,00 bar	1,00/min	1,34 l
Consumo de aire por ciclo					59,74 l

⁵⁹ Software de dimensionamiento. FESTO

⁶⁰ Fuente: AirConsumption- FESTO

Por lo tanto, el consumo total de la máquina al momento de efectuarse la fluidización es de:

$$QTNoyera(\text{por ciclo}) = 420 \frac{l}{\text{min}} + 59,74 \frac{l}{\text{min}}$$

$$QTNoyera(\text{por ciclo}) = 479,74 \frac{l}{\text{min}}$$

El caudal con el que se cuenta en la toma de aire es de:

$$Qtoma = \pi * r^2 * V$$

$$Qtoma = 0,0035 \frac{m^3}{s}$$

Convirtiendo las unidades a litros/min, se tendrá:

$$Qtoma = 210 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}}$$

Por lo cual, se necesitaría una tubería con mayor diámetro. La máquina no funcionará en el lugar donde se encuentra en la actualidad, y el realizar un cambio de toda la tubería de aire comprimido en el sector resultaría en vano, por lo que se optó realizar dos tomas distintas, una en el lugar donde se encuentra la máquina para la alimentación de aire de los cabezales y la otra toma desde otro reservorio de la sección de fundición, en donde la tubería de alimentación neumática es de 3".

Sin embargo, al realizar el soplado de ambos cabezales con esta modificación de tomas de aire, no se produce un llenado correcto de arena en el molde, por lo que el funcionamiento de la máquina se la realiza de manera independiente el lado derecho y el lado izquierdo, pudiendo

funcionar ambos lados a la vez al momento de realizarse la alimentación del aire comprimido con una tubería mínima de 1”.

3.4 DISEÑO ELÉCTRICO/ ELECTRÓNICO

3.4.1 DISTRIBUCIÓN DE RED ELÉCTRICA

Se tendrá distribuida la red trifásica en tres partes, las mismas que se encontrarán separadas por protección a los equipos y a las personas que operen la maquinaria, a continuación se describe cada una de sus partes.

3.4.1.1 PARTE 1. ENCENDIDO GENERAL DE LA MÁQUINA

Se tendrá el encendido general de la máquina por un interruptor trifásico, el mismo que deberá poseer los elementos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3-9 Elementos para el switch trifásico

Braker termomagnético 3VT1	
Accionamiento giratorio	
Mecanismo de acoplamiento	
Manija para puerta	
Barra de extensión	

Estos elementos serán de utilidad al momento de realizar el encendido y apagado de la máquina, al igual que brindará la protección necesaria para todo el sistema de distribución de energía.

A continuación se detalla en la siguiente tabla el consumo que tendrán los elementos más críticos de la noyera.

Tabla 3-10 Carga eléctrica de la noyera

N.	Elemento	Voltaje	Corriente	Cantidad de elementos
1	Resistencias térmicas	220 Vac	3.2 A	12 u
2	Electroválvulas	24 Vdc	101 mA	8 u

Obteniendo así un consumo máximo de 40,52 A, motivo por el cual se eligió un braker termomagnético el mismo que servirá para protecciones contra cortocircuitos y sobrecargas que se tenga en el sistema, además de poseer la capacidad de realizar un elevado número de activaciones y desactivaciones sin que exista daño en el mismo. El braker debe estar dentro del rango del consumo que se tenga debido a la carga, a continuación se indica el braker seleccionado:

Tabla 3-11 Braker Termomagnético usado para el encendido

Nombre	Braker termomagnético 3VT1
Marca:	SIEMENS
Corriente nominal (A):	63
Tensión de empleo (V):	Alterna: hasta 690 Vac
	Continua: hasta 440 Vdc
Capacidad de interrupción:	240 Vac 40 Amp.
	a 440 Vac 25 Amp.
	a 690 Vac 6 Amp.



3.4.1.2 PARTE 2. ALIMENTACIÓN DE RESISTENCIAS

Se tendrán dispuestas 12 resistencias en el interior de los moldes, las mismas que tienen como finalidad realizar el calentamiento de éstos, sin superar la temperatura ingresada por el operador, para dicho control se dispone de 6 relés de estado sólido que permitirán la activación / desactivación de las resistencias mediante el controlador PID que se programa en el PLC, por la forma de disposición de las resistencias se realizó la agrupación en 3 secciones, a la izquierda del molde, derecha y en el centro, dicha agrupación se detallará en el ítem correspondiente a desarrollo del controlador de temperatura

Las resistencias estarán conectadas entre una fase y el neutro del sistema (conexión estrella). Cada una de las fases que se utilicen para la energización de las resistencias contará con breakers para su protección, el mismo que servirá para protección de sobrecargas y cortocircuitos, además de poder realizar un elevado número de maniobras sin que exista daño en el mismo.

Se contará con un contactor el mismo que permitirá la alimentación de toda la sección de las resistencias, el control del contactor se lo realizará mediante lógica de programación asegurando que exista una activación correcta y segura de las resistencias.

3.4.1.3 PARTE 3. CONTROL DE LA MÁQUINA

Para el control de la máquina se emplea un Controlador Lógico Programable (PLC), el mismo que contiene toda la lógica de funcionamiento de la máquina tanto en los modos manual y semiautomático que ésta posee.

El PLC será alimentado por una fuente, con entrada de 220 V AC y entregará 24 VDC para la alimentación del controlador y los módulos necesarios en el control de la máquina.

Con mayor detalle se podrá observar en el plano de diagrama de fuerza que contiene las 3 partes anteriormente descritas, en el anexo de planos eléctricos

3.4.2 SENSORES

3.4.2.1 SELECCIÓN DE SENSORES

Previo al inicio de la selección de sensores y elementos que servirán para identificar el estado de proceso de la máquina es necesario definir los lugares donde sería necesario el empleo de dichos elementos, por consiguiente se procede a realizar esta identificación

El proceso de la fabricación de noyos consta de los siguientes subprocesos:

- Vibración de las tolvas de almacenamiento
- Corte de flujo de arena hacia el cabezal
- Activación cortina de aire
- Cerrado - Apertura de la matriz de noyos
- Posicionamiento de los cabezales de soplado
- Sellado ingreso de arena a los cabezales
- Soplado de arena
- Curado del noyo.

Los subprocesos que necesitarán de sensores como finales de carrera son:

- Cerrado y apertura de la matriz
- Posicionamiento de los cabezales
- Sellado ingreso de arena a los cabezales

Adicionalmente se dotará a la maquina con una cortina de seguridad y un interruptor de seguridad para la puerta posterior, los cuales servirán como seguridades para el operador.

Una vez definido los subprocesos que necesitan el empleo de sensores se procede a realizar la selección de catálogos.

3.4.2.2 SELECCIÓN FINAL DE CARRERA ACTUADORES DE CABEZALES Y MATRIZ

Actualmente la máquina cuenta con un funcionamiento temporizado el cual simula finales de carrera para el subproceso de cerrado y apertura de la matriz de noyos así como para el posicionamiento de los cabezales de soplado, en dichos subprocesos es necesario el empleo de sensores que permitan determinar la posición en la que se encuentren los cabezales y la matriz móvil.

Previo a la selección de sensor es necesario determinar ciertos parámetros que se deben cumplir los cuales son:

- Montaje.- Los sensores seleccionados no deben presentar un montaje complicado en la máquina, es decir que no se complique la estructura de la misma, y tampoco interfiera con las partes móviles del proceso.

- Resistencia a las condiciones de trabajo.- Deben presentar las mejores características para trabajar en un ambiente abrasivo.
- Tipo de sensado.- En cuanto a la forma de sensar esta no se debe ver afectada por partículas de arena que existirán en el ambiente.

Tomando en cuenta estos parámetros los sensores que se han elegido como finales de carrera son sensores inductivos de 3 hilos del catálogo de Pepperl and Fuchs

Los sensores como finales de carrera de los pistones que ejecutarán el sellado de los cabezales de soplado serán detectores electromagnéticos seleccionados del catálogo de FESTO.

3.4.2.3 SELECCIÓN DE LA CORTINA Y EL INTERRUPTOR DE SEGURIDAD

El interruptor de seguridad debe cumplir con la función de dar la señal al momento de encontrarse abierta la puerta con la que cuenta la noyera.

Se elige el interruptor que tenga dos contactos, 1 NC (normalmente cerrado) y 1 NO (normalmente abierto), ya que serán necesarios al momento de utilizarlos en la programación de la máquina.

Debido a la forma que está dispuesta la puerta de la máquina, se ha elegido el interruptor de la serie LSR...TKG, a continuación se presentan sus características técnicas.

INTERRUPTORES DE POSICIÓN DE SEGURIDAD EN CAJA AISLANTE						
Interruptor de seguridad para tapa						
IP65						
	Contactos Auxiliares *		Unidad embalaje	Referencia	Código	PVP €
	NC	NA				
	1	1 ⊕	1	LSR-S11-1-0TKG	106847	31,94
	-	2 ⊕	1	LSR-S02-1-0TKG	106848	31,94

Figura 3-60 Interruptor de seguridad serie LS4

La cortina de seguridad brindará seguridades al operario, de tal manera que no pueda intervenir en el proceso del conformado de noyas a no ser en el momento que la noyera los expulse.

Se realizó la reutilización de la cortina de seguridad banner, serie LX12, la misma que consta de dos partes, el emisor y el receptor.



Figura 3-61 Cortina de seguridad

Con una longitud de 295 mm, se cubre el área de riesgo por aplastamiento, protegiendo así al operario del mismo.

3.4.3 SISTEMA DE CONTROL

Parámetros de control

Como se ha establecido en la sección 1.3.3 (ver Figura1-5) la máquina contará con dos tipos de funcionamiento los cuales son manual y semiautomático, cada uno de estos modos dispondrán de un sistema de control on-off y otro de lazo cerrado respectivamente.

Sistema de control On-Off

Este sistema de control funcionará en los dos modos de operación de la máquina noyera, está encargado del manejo de los actuadores neumáticos que intervienen en el proceso de conformación de noyos. Los subprocesos que serán gobernados por este tipo de controlador son:

- Vibración de las tolvas de almacenamiento.
- Corte de flujo de arena hacia los cabezales
- Activación cortina de aire
- Cerrado - Apertura de la matriz de noyos.
- Posicionamiento de los cabezales de soplado.
- Sellado de ingreso de arena a los cabezales
- Soplado de arena.

Sistema de control de Lazo Cerrado

El proceso de calentamiento de las matrices de noyos necesita de un controlador de lazo cerrado debido a que se necesita una retroalimentación de la temperatura a la caja de noyos

El controlador será uno PID el cual nos pueda garantizar un mínimo error entre el valor de temperatura deseado y el obtenido así como también una rápida respuesta.

El subproceso que será gobernado por este controlador es el de curado de noyo.

3.4.3.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS.

Para la implementación de los dos sistemas de control anteriormente definidos se emplearán los elementos que se describen a continuación:

Control on-off

El control on-off se permitirá el manejo de los actuadores tanto en el modo manual como semiautomático, toda la programación para que dicho controlador trabaje de la manera deseada se la realizará en el PLC.

Tabla 3-12 Pulsadores y selectores elegidos

Elemento	Cantidad	Acción
Pulsador	2	Cerrado matriz
	1	Apertura Matriz
	1	Vibración tolva izq.
	1	Vibración tolva der.
	1	Soplado izquierdo
	1	Soplado derecho
	1	Salida cabezales
	1	Sellado cabezales activado
	1	Sellado cabezales desactivado
	1	Retorno cabezales
Pulsador tipo hongo	1	Paro de emergencia
Selector 3 posiciones	1	Modos funcionamiento
Selector 2 posiciones	1	Control de temperatura

Tabla 3-13 Señales de entrada al PLC

DESCRIPCIÓN	VARIABLE
Botón de energizado	START1
Botón de emergencia	STOP
Reinicio del sistema	RESET
Encendido de resistencias	ONTEMP
Selector semiautomático	SAUT
Selector manual	SMAN
Apertura de molde	OPMOL
Cerrado de molde	CLMOL
Soplado Derecho	BLR
Soplado izquierdo	BLL
Vibración tolva derecha	VTR
Vibración tolva izquierda	VTL
Salida cabezales soplado	OCB
Retorno cabezales soplado	RCB
Hermetizado cabezales	BHC
Fin Hermetizado cabezales	FHC
Sensores	SMC
	SME
	SCIE
	SCIC
	SCDE
	SCDC
	SHCD
	SHCI
Sensor de puerta	SP
Sensor de presencia operario	SPOP

Tabla 3-14 Señales de salida del PLC

DESCRIPCIÓN	VARIABLE
Electroválvulas	ECB
	EM
	EBR
	EBL
	EVR
	EVL
	EVR2
	EVL2
	CAR
	HC
	LC
	RCI

	RLI
Relés de estado sólido	RRI
	RCS
	RLS
	RRS
	LEN
Luz piloto control de temperatura	
Luz piloto de paro	LP
Luz piloto de marcha	LM
Activación contactor	ACC

De la tabla anterior se concluye que es necesario un PLC con al menos 26 entradas y 21 salidas digitales. Tomando en cuenta este requerimiento los componentes del PLC son los siguientes:

Tabla 3-15 Componentes del PLC

PLC y módulos.	Digital	
	Entradas	Salidas
CPU	14	10
Módulo de señales salidas/entradas digitales	16	16

Las características del CPU escogido se presentan a continuación:

	1212C	1214C	1214C
CPU	1212C	1214C	1214C
Versión	AC/DC/Relé	DC/DC/DC	AC/DC/Relé
Alimentación	110/220VAC	24VDC	110/220VAC
Memoria de trabajo	25 KB	50 KB	50 KB
Memoria de carga	1 MB	2 MB	2 MB
Memoria remanente	2 KB	2 KB	2 KB
ENTRADAS / SALIDAS INTEGRADAS			
Entradas digitales (DI)	8DI a 24 VDC	14DI a 24 VDC	14DI a 24 VDC
Salidas digitales (DO)	6DO tipo relé	10DO tipo transistor 24 VDC	10DO tipo relé
Entradas analógicas (AI)	2AI (voltaje)	2AI (voltaje)	2AI (voltaje)
CAPACIDAD DE AMPLIACIÓN (MÁX.)			
Signal Board	1	1	1
Módulos de señal	2	8	8
Módulos de comunicación	3	3	3
CONTADORES RÁPIDOS INTEGRADOS			
Fase simple	3@100KHz y 1@30KHz	3@100KHz y 3@30KHz	3@100KHz y 3@30KHz
Fase doble	3@80KHz y 1@30KHz	3@80KHz y 1@30KHz	3@80KHz y 1@30KHz
Salida de pulsos	2@1Hz	2@100KHz	2@1Hz
FUNCIONALIDAD			
Lazos PID	16	16	16
Datalogging	Si ¹⁾	Si ¹⁾	Si ¹⁾
COMUNICACIÓN			
Comunicación	16 conexiones en total		
Profinet / Industrial	Integrado		
Ethernet	Profinet Controller: Hasta 8 dispositivos Profinet ¹⁾		
Profibus DP	Maestro mediante CM 1243-5: Hasta 16 esclavos DP ¹⁾		
RS485	Esclavo mediante CM 1242-5		
RS232	Mediante CM 1241 (RS485): Soporta protocolos USS, Modbus; RTU Maestro/Esclavo		
AS-interface (AS-i)	Maestro mediante CM 1243-2: Soporta hasta 62 esclavos AS-i		

Figura 3-62 Selección del CPU para el PLC S7-1200

Se optó por un CPU 1214C por su modo de alimentación y las salidas que se tendrán, en el caso de ser necesario se utilizarán relés para protección de las salidas del CPU.

Adicional a esto, por la cantidad de entradas digitales que se debe manejar, se ha optado por un módulo de entrada y salidas digitales, que abastezca los requerimientos y existan entradas y salidas libres para posteriores adecuaciones que puedan hacer a la máquina.

	Módulos de señal: entradas / salidas digitales	
100025518	6ES7223-1BL30-0XB0	SM1223 Módulo de señal de 16DI a 24VDC / 16DO a 24VDC
100025529	6ES7223-1PL30-0XB0	SM1223 Módulo de señal de 16DI a 24VDC / 16DO tipo relé
100175406	6ES7223-1QH30-0XB0 ²⁾	SM1223 Módulo de señal de 8DI a 110 ó 220VAC / 8DO tipo relé

Figura 3-63 Selección módulo entradas/salidas digitales

Se empleará una fuente de 220VAC a 24 VDC

La fuente ha sido elegida por la carga que va a manejar el PLC, misma que es abastecida con la fuente de 5 A.

Control PID lazo cerrado

Al igual que el controlador on-off, este controlador será desarrollado en el PLC. Para ello, éste debe contar con un módulo de entradas análogas según el tipo de sensor que se empleará. El módulo se ha elegido según el catálogo de Siemens, el mismo que costa de 8 entradas análogas tipo termocuplas.

En la tabla 3-16 se detalla dichas entradas y sus variables a utilizar en la programación del PLC.

Tabla 3-16 Entradas análogas

Descripción	Variable	Entrada Análoga
TERMOCUPLAS	TCI	✓
	TLI	✓
	TRI	✓
	TCS	✓
	TLS	✓
	TRS	✓

Se debe emplear un módulo que brinde como mínimo 6 entradas tipo termocupla, eligiendo así el siguiente módulo de termocuplas para el PLC

Módulos de señal de temperatura		
100026092	6ES7 231-5PD30-0XB0	SM1231 Módulo de señal de 4 entradas analógicas para sensores tipo RTD
100175408	6ES7231-5PF30-0XB0 ²⁾	SM1231 Módulo de señal de 8 entradas analógicas para sensores tipo RTD
100026091	6ES7 231-5OD30-0XB0	SM1231 Módulo de señal de 4 entradas analógicas para sensores tipo Termocupla
100175410	6ES7231-5QF30-0XB0 ²⁾	SM1231 Módulo de señal de 8 entradas analógicas para sensores tipo Termocupla

Figura 3-64 Selección módulo termocuplas

Al no contar con un módulo de 6 entradas tipo termocuplas, se emplea el módulo con 8 entradas tipo termocuplas, sobrando así dos entradas para posteriores ampliaciones.

3.4.4 AUTOMATIZACIÓN

3.4.4.1 PROGRAMACIÓN

Toda la programación del PLC S7-1200 ha sido realizada en el portal TIA (Totally Integrated Automation)

Para el control de toda la máquina se contarán con dos tipos de modos de operación, ya sea el modo manual o el modo semiautomático, del modo semiautomático se tendrá dividido en semiautomático derecho y semiautomático izquierdo, adicional a esto constará con el control de temperatura para el conformado de los noyos y la configuración de los parámetros para su control mediante el HMI, a continuación se mostrará la pantalla principal de programación para la noyera, la misma que consta de 5 bloques de función y un bloque de interrupción cíclica para la operación de los controladores PID.

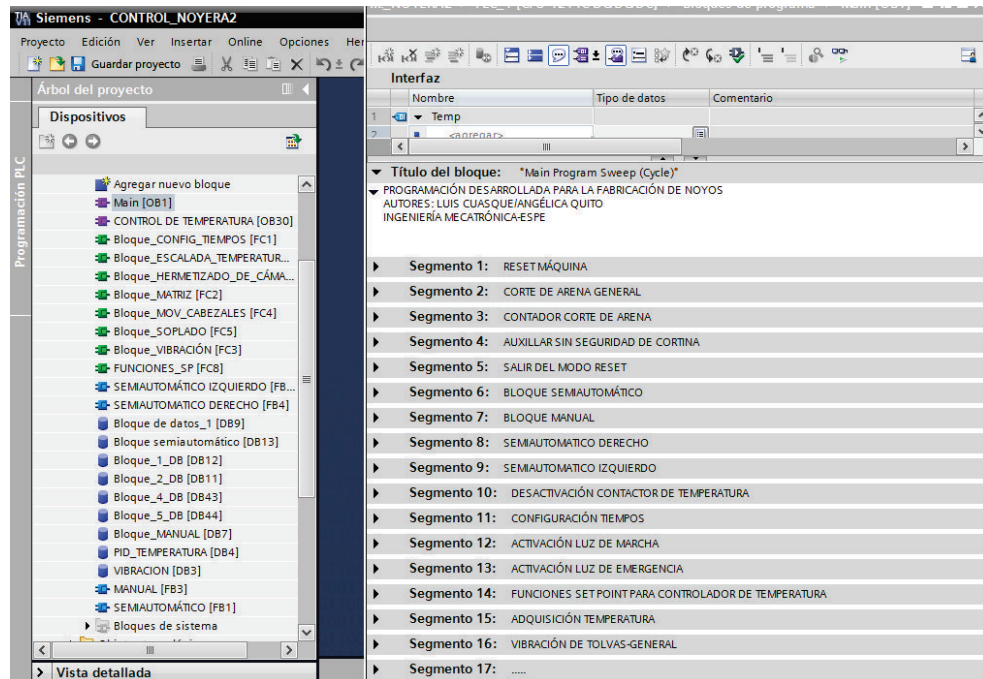


Figura 3-65 Bloque principal de programación

Se posee distintas subrutinas como se observa en la Figura 3- 65, entre las cuales se puede resaltar las principales que son:

- Bloque manual
- Bloque semiautomático
- Bloque semiautomático derecho
- Bloque semiautomático izquierdo

Un bloque de gran importancia que se utiliza en el programa es para el control de temperatura, el mismo que es una interrupción cíclica.

Adicional a esto se utilizan instrucciones que se ejecutarán independientemente del modo en que se esté usando la máquina, como son:

- Reset de la máquina.
- Seguridad por temperatura

- Configuración de tiempos
- Activación luz de marcha
- Activación luz de emergencia
- Funciones set point
- Corte de arena general
- Auxiliar seguridad sin cortina
- Adquisición de temperatura
- Vibración de tolvas

Modo Manual.

Este modo de funcionamiento está diseñado de tal manera que permite la operación independiente de cualquier subproceso del conformado de noyos, es decir que no es necesario seguir la secuencia de trabajo de la máquina.

El desarrollo de este modo de operación se lo realizó con el fin de poder comprobar el estado de cada uno de los subprocesos por separado y así poder identificar con mayor facilidad el lugar donde se encuentren posibles problemas.

Como se había explicado anteriormente en la sección 3.4.3.1, el control de este tipo de funcionamiento se lo realizará por medio de la programación del PLC, en la Figura 3-66 se presenta el bloque principal de programa para la activación del modo manual.

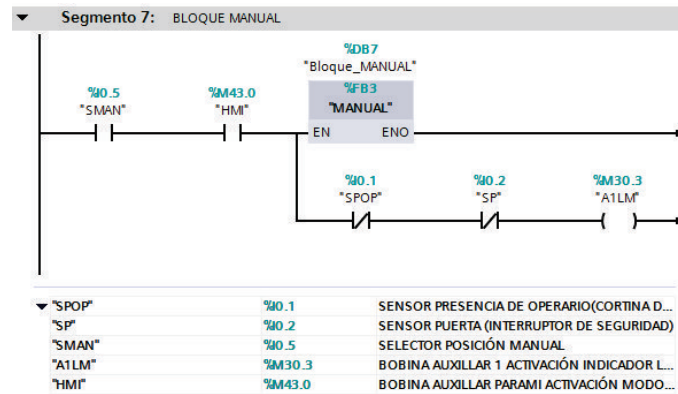


Figura 3-66 Bloque Manual

En la Figura anterior se muestra cuáles son las condiciones para que se active el modo manual, teniendo así:

- SMAN: selector manual.
- HMIM: selección de modo manual en el HMI

En caso de que alguna de estas condiciones no se cumpla la máquina no operará en este modo.

El programa para el modo manual está desarrollado en un bloque de función (FB), este bloque de función a su vez contiene llamadas de función o FC por sus siglas en inglés las cuales controlan cada uno de los subprocesos de la máquina noyera en modo manual. En la Figura 3-67 se muestra como está constituido el bloque de función (FB) del modo manual.

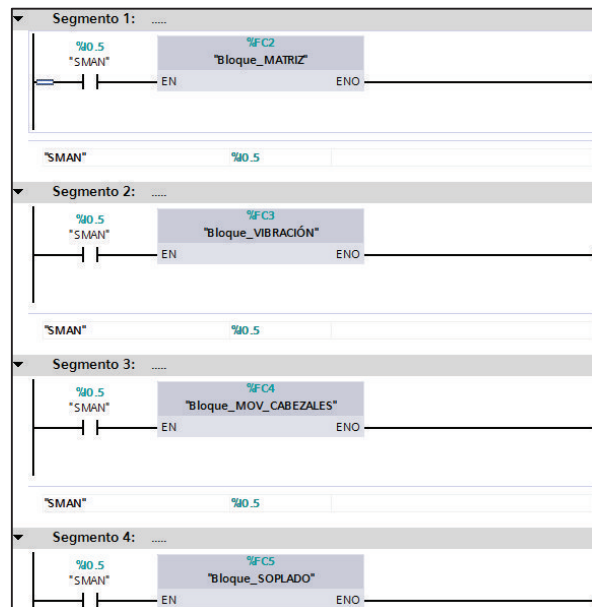


Figura 3-67 Llamadas de función- Modo manual

Como se puede observar en la Figura anterior todas las funciones de llamada (FC) controlan un subproceso en específico y todas estas son activadas al seleccionar el modo manual desde el tablero de control.

A continuación se explicará el funcionamiento del modo manual mediante el siguiente diagrama de flujo

Modo Semiautomático

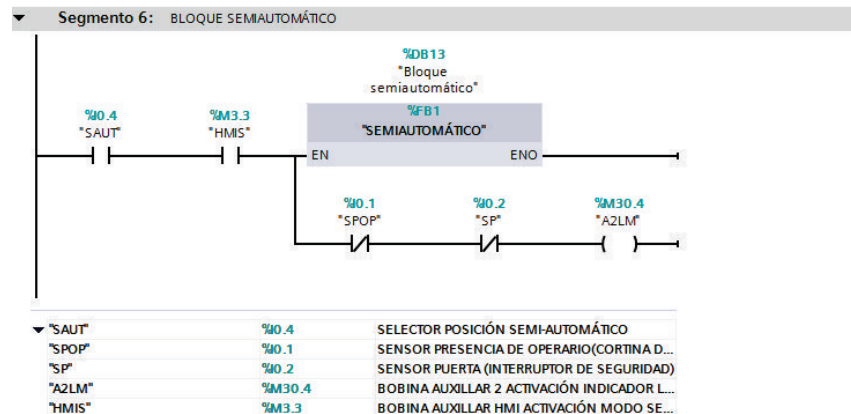


Figura 3-69 Bloque semiautomático

En la activación del bloque semiautomático se debe tener presente las siguientes consideraciones:

- Debe estar el selector de modo de operación en la posición para modo semiautomático
- Debe estar seleccionado el modo semiautomático desde la pantalla del HMI
- En el instante de existir algún tipo de interferencia con los sensores ubicados para seguridad o en el caso de presionar el pulsador de reset se corta la señal eléctrica para el bloque semiautomático, retornando así todos los actuadores a su posición de reposo.

▼ Título del bloque:	CICLO SEMIAUTOMÁTICO
▼	BLOQUE DE PROGRAMACIÓN SEMIAUTOMÁTICA PARA LA NOYERA CHINA Z400 DEL ÁREA DE FUNDICIÓN, FV ÁREA ANDINA
▶	Segmento 1: PARADA DE EMERGENCIA "STOP"
▶	Segmento 2: LUZ PILOTO DE EMERGENCIA
▶	Segmento 3: TEMPORIZADO PULSADOR 1 PARA INICIO DEL PROGRAMA SEMIAUTOMÁTICO
▶	Segmento 4: TEMPORIZADO PULSADOR 2 PARA INICIO DEL PROGRAMA SEMIAUTOMÁTICO
▶	Segmento 5: COMPARACIÓN DE TIEMPO DE PULSADO ENTRE PULSADOR 1 Y PULSADOR 2
▶	Segmento 6: CORTE DE ARENA INICIO DE VIBRACIÓN
▶	Segmento 7: INICIO VIBRACIÓN DE LAS TOLVAS
▶	Segmento 8: CORTE DE ARENA POSTERIOR A LA VIBRACIÓN
▶	Segmento 9: AUXILLAR FINAL CORTE DE ARENA
▶	Segmento 10: CORTINA DE AIRE
▶	Segmento 11: ACTIVACIÓN BOBINAS DE ELECTROVÁLVULAS DE CADA ACTUADOR
▶	Segmento 12: ACTIVACIÓN BOBINAS AUXILLARES COMO FINALES DE CARRERA A1 Y B1
▶	Segmento 13: INICIO RETORNO DE ACTUADORES DE VIBRACIÓN
▶	Segmento 14: ACTIVACIÓN BOBINA AUXILLAR INDICANDO FINAL DE VIBRACIÓN
▶	Segmento 15: INICIO SECUENCIA MATRIZ, CABEZALES Y SOPLADO
▶	Segmento 16: ACTIVACIÓN ELECTROVÁLVULA MOLDE
▶	Segmento 17: ACTIVACIÓN ELECTROVÁLVULA DE CABEZAL DERECHO E IZQUIERDO
▶	Segmento 18: PISTÓN DE HERMETIZADO
▶	Segmento 19: ACTIVACIÓN TIMERS SOPLADO DE CABEZALES DERECHO E IZQUIERDO, ACTIVACIÓN AUXILLARES PARA BOBINAS
▶	Segmento 20: ACTIVACIÓN BOBINAS DE SOPLADO
▶	Segmento 21: AUXILLAR FIN DE SOPLADO
▶	Segmento 22: INICIO CURADO DE NOYOS
▶	Segmento 23: AUXILLAR STOP RETORNO MATRIZ
▶	Segmento 24: ACTIVACIÓN SEGUNDO GRUPO (RETORNO DE ACTUADORES)
▶	Segmento 25: RETORNO PISTÓN HERMETIZADO
▶	Segmento 26: BOBINA AUXILLAR PARA RETORNO DE LOS CABEZALES CON RETARDO DE 1 SEGUNDO POSTERIOR AL ACABAR EL
▶	Segmento 27: BOBINA AUXILLAR RETORNO DE MATRIZ
▶	Segmento 28: CONTADOR PARA LA SEGUNDA PARTE DEL PROGRAMA, POSTERIOR A 4 CICLOS RETORNARÁ A LA VIBRACIÓN
▶	Segmento 29: CONTEO DE CICLOS

Figura 3-70 Programación semiautomática

El programa consta de 29 segmentos de programación para realizar los distintos trabajos de la noyera, a continuación se explicará la programación del bloque semiautomático con un diagrama de flujo.

En el diagrama de flujo se observará que el programa consta de dos subrutinas que dependiendo los ingresos que se den desde el tablero de control se ejecutarán como es el caso del inicio del ciclo y el paro de emergencia.

Para empezar con el ciclo semiautomático se deberá presionar los botones cerrado 1 molde y cerrado 2 molde, realizando esta disposición por seguridades de la persona que opere la máquina.

Adicional a esto, se posee un botón con retención, el mismo que será utilizado en caso de emergencia, al presionar dicho botón se iniciará la subrutina de paro de emergencia o STOP, en donde permitirá que la máquina mantenga su última acción realizada y retome el programa al momento de poner el botón de paro de emergencia en su posición original (OFF). Para dar mayor detalle al modo de programación del bloque semiautomático se desarrolló un diagrama de flujo general que se presenta a continuación.

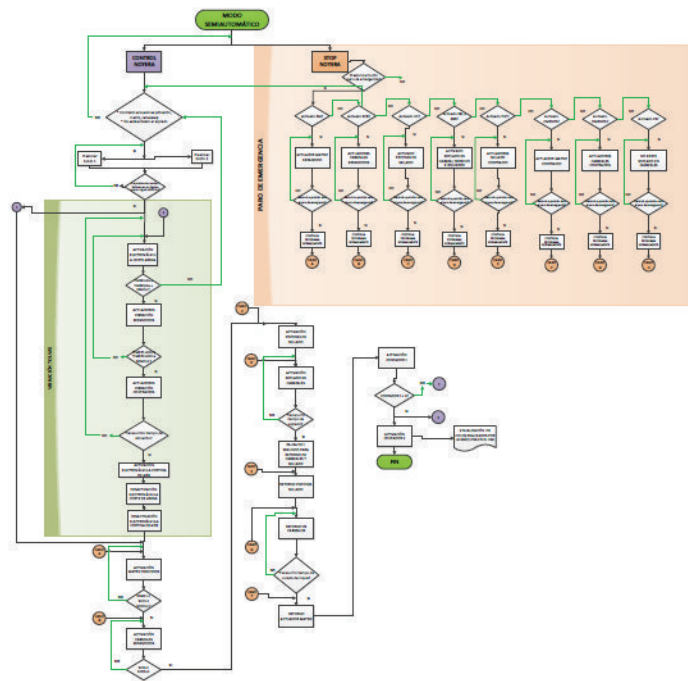


Figura 3-71 Diagrama de flujo general- Modo semiautomático

La subrutina de stop utilizada se debió programar realizando distintos tipos de casos, analizando las posibilidades en las que los actuadores se encuentren activados para detener la secuencia de la máquina. Esta programación se la realizó debido al tipo de válvulas con las que se trabaja.

Para observar el detalle completo del diagrama de flujo, revisar en anexos diagramas de flujo programación.

Controlador de temperatura

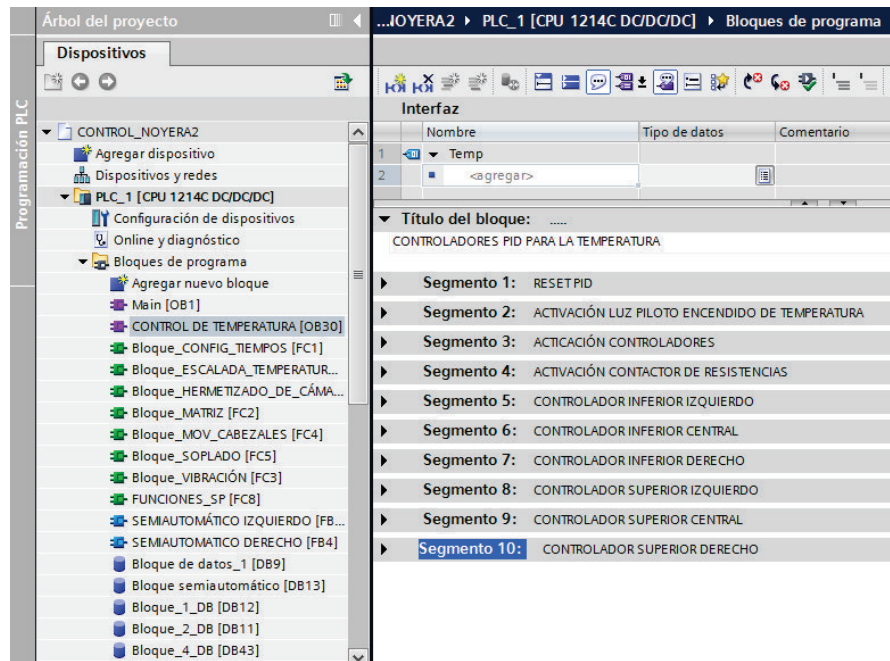


Figura 3-72 Bloque control de temperatura

Para iniciar con la programación del control de temperatura de la noyera, se debe tener en consideración lo siguiente:

- Seleccionar la posición 2 (ON) del encendido de temperatura en el panel frontal.
- Encontrarse activados los controladores ya sintonizados.

Al tener activado desde el panel frontal la parte de temperatura de la máquina, existirá la activación de la bobina ACC, la misma que activará al contactor en la parte de fuerza y de esta manera poder empezar con el calentamiento de los moldes y el control del mismo.

Se ha optado por un controlador PID, ya que se tendrá una respuesta más rápida a las variaciones que existan en el sistema, con más detalle se lo explicará en el Desarrollo del controlador de temperatura.

La desactivación del contactor de las resistencias se lo realizará al momento de tener el selector de encendido de temperatura en la posición 1 (OFF) o en el caso de existir alguna temperatura censada mayor al 10% de la temperatura que se desea obtener. A continuación se presenta el diagrama de bloques que explica de forma general el control de temperatura.

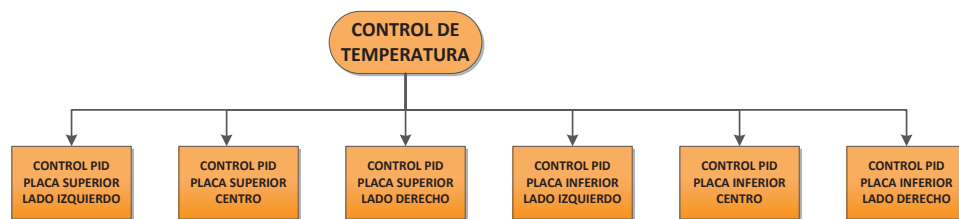


Figura 3-73 Diagrama de bloques general control de temperatura Configuración De Parámetros HMI

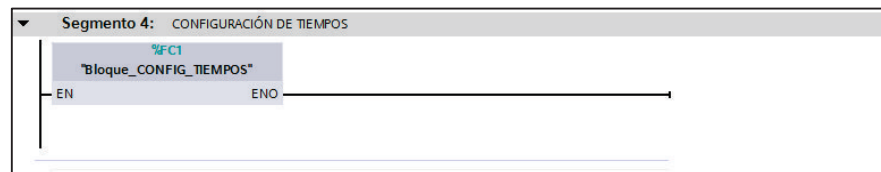


Figura 3-74 Llamada de función- Configuración parámetros HMI

Con respecto a la función “CONFIG_TIEMPOS”, en esta se encuentran las conversiones necesarias para el ingreso de los datos de tiempos de operación tanto para el tiempo de soplado de arena como para el tiempo de curado del noyo desde el HMI hacia el PLC.

Esto se lo realiza debido a que los tiempos ingresados para los temporizadores deben ser en formato de entero, y desde el HMI se puedan ingresar valores enteros y decimales.

En la 3-75 se puede apreciar la conversión que se realiza para poder realizar el ingreso de números enteros y decimales.

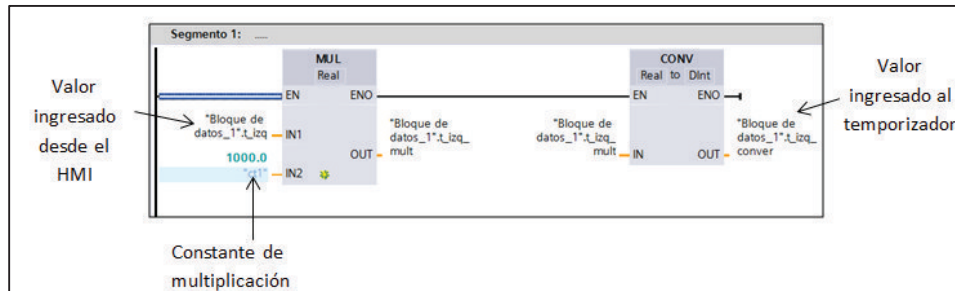


Figura 3-75 Configuración de tiempos- HMI

3.4.4.2 DESARROLLO DEL CONTROLADOR DE TEMPERATURA

Para activar/ desactivar el controlador de temperatura, se deberá cambiar de modo OFF a modo ON el selector de dos posiciones dispuesto en el tablero de control.

Previo al desarrollo del controlador de temperatura para la noyera, se realizaron pruebas con la planta en su estado actual y ver el comportamiento de la misma para decidir la manera de realizar el control, a continuación se detallaran los parámetros analizados y el resultado del controlador que registrará en la noyera para la temperatura.

Planta a controlar

En la noyera se cuenta con 2 placas que forman la matriz para la creación de los noyos como se muestra en la siguiente Figura.

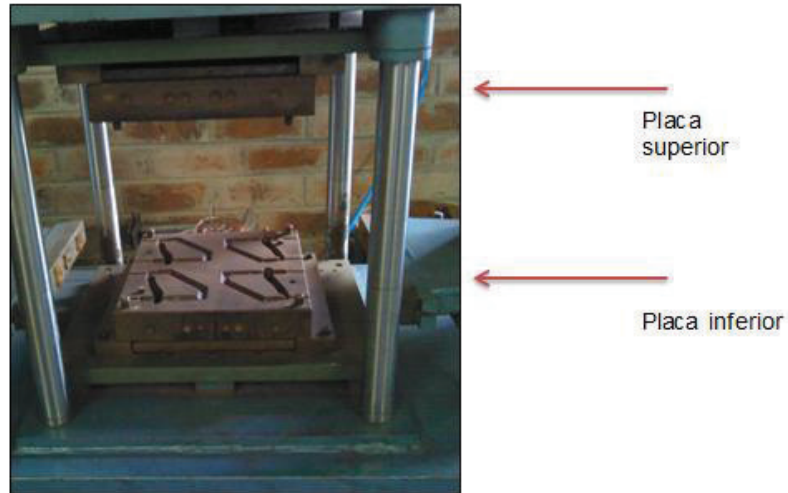


Figura 3-76 Matriz de noyos

Como se observa, cada placa cuenta con 6 agujeros, en los mismos que van dispuestas las resistencias con las que se realiza el calentamiento de las placas.

Por su manera de disposición, no se tendrá un calentamiento homogéneo en toda la placa, teniendo ciertas regiones en donde se presentará mayor calentamiento que otras.

Las resistencias con las que se realiza el calentamiento de los moldes consumen una potencia 700 watts.

Como se puede observar, al momento de estar en operación la temperatura en la noyera se debe tener bastante cuidado por existir la posibilidad de quemaduras.

Distribución calorífica de la matriz

Se realizó la captura de la distribución calorífica de la matriz mediante el uso de la cámara termográfica proporcionada por la empresa, a continuación

se podrá observar la distribución de la temperatura en distintas tomas realizadas.

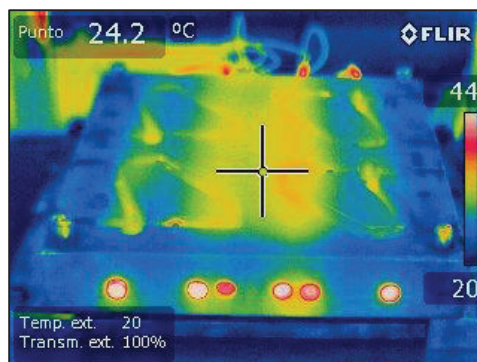


Figura 3-77 Distribución de temperatura, toma 1, 24,2°C

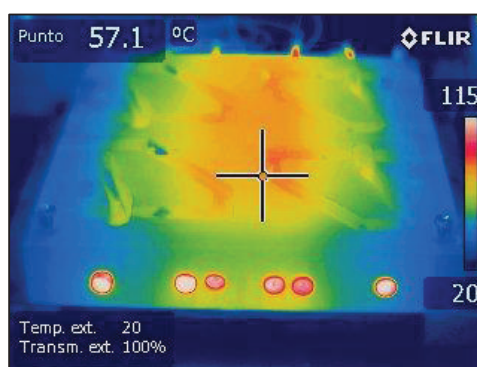


Figura 3-78 Distribución de temperatura, toma 2, 57,1°C

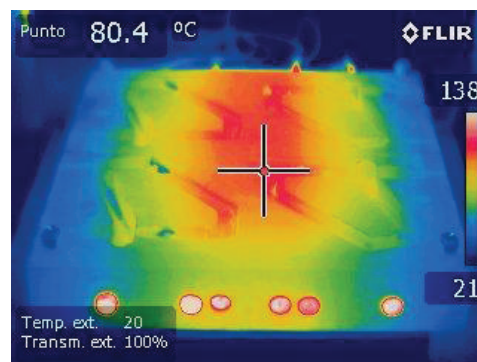


Figura 3-79 Distribución de temperatura, toma 3, 80,4°C

En las imágenes se puede observar que existe una concentración del calor en la parte central de la placa, debido al agrupamiento de las 4 resistencias en dicha región. La temperatura será menor en las regiones laterales de la matriz, encapsulando así el calor en la matriz. Debido a dicha distribución de temperatura se llegó a la primera conclusión para realizar el controlador de temperatura, la misma que deberá tener un control independiente para cada una de las regiones de la placa, en este caso dividir en 3 regiones distintas a la placa y poder realizar los distintos lazos de control, dando como resultado 6 lazos de control a realizarse en la matriz de conformado de noyos.

Definición de regiones de calentamiento

Después del análisis de las distintas regiones en las que se verá dividida cada placa, se puede observar que la diferencia existente entre los lados izquierdos y derechos no son muy altos, pudiendo agruparse como un solo lazo de control ambos lados, sin embargo al desearse un control independiente de cada lado de la noyera no se podrá realizar esta agrupación, además de que no existiría un control lo suficientemente exacto como el necesario para la formación de noyos.

De tal forma, la matriz se verá dividida en las regiones izquierda (1 resistencia de calentamiento), centro (4 resistencias de calentamiento) y derecha (1 resistencia de calentamiento), pudiendo así tener distintos grupos de activación o desactivación al momento de realizar el control PID desde el PLC previamente programado.

En el PLC se contará con 6 lazos de control PID programados, los mismos que enviarán una señal de PWM (Modulación de ancho de pulso) a los relés de estado sólido para que exista la activación y desactivación de las resistencias en la matriz.

De esta forma se tendrá 6 relés de estado sólido en su total, 4 de ellos controlarán 1 resistencia cada uno y los otros 2 controlarán a 4 resistencias cada uno, correspondiente a las resistencias centrales de cada placa.

Muestra de datos obtenidos en las regiones de la planta

Posterior al análisis realizado de las imágenes obtenidas con la cámara termográfica se tomaron los datos de la temperatura que existía en cada región, a continuación se muestran los datos obtenidos para las 3 regiones de la placa inferior de la matriz de noyos.

Tabla 3-17 Toma de datos de temperatura, placa inferior

PLACA INFERIOR			
TIEMPO[s]	Temperatura Izquierda (°C)	Temperatura Centro (°C)	Temperatura Derecha(°C)
0	29	29	29,2
20	28,7	33	29,2
40	28,9	33	29,6
60	30,6	38,1	32,8
80	32,3	43,1	35,3
100	34,6	50,2	38,8
120	37,2	56,2	41,6
140	40,3	64,4	45,7
160	43,1	70,7	49
180	46,7	78,2	53
200	50,6	86	57,3
220	54,2	92,7	61,2
240	58	99,9	65,4
260	62,1	106,8	69,9
280	66,1	114	74,3
300	70,3	120	78,2
320	74,4	126,4	82,8
340	78,4	132,8	87,5

360	82,7	139	91,5
380	86,7	144,6	95,7
400	91,3	151	100,7
420	95,1	156	104,4
440	99,2	161,6	109
460	103,3	167	113
480	107,2	172,7	117,4
500	111,3	177,9	121,4
520	115	182,1	124,6
540	118,8	186,1	128,8
560	122,9	191,6	132,7
580	127	197	136,5
600	130,2	200,9	140,3
620	133,7	205,8	144,3
640	137,3	210	148
660	141	214	151,4
680	144,5	218,8	155,3
700	148	222,7	158,8
720	151,4	226,5	161,8
740	154,6	230,5	165,1
760	158	234,2	168,3
780	161,1	238,4	172
800	164,5	241,8	175,6

Tabla 3-18 Toma de datos de temperatura, placa superior

PLACA SUPERIOR			
TIEMPO[s]	Temperatura Izquierda (°C)	Temperatura Centro (°C)	Temperatura Derecha(°C)
0	16,3	16	16,4
20	16,4	16,7	15,9
40	17,4	19	16,5
60	19,3	23,1	17,6
80	22,9	29	20,1
100	27,4	36	23,5
120	32,6	43,8	28,1
140	38,4	61,6	32,5
160	44,4	63,3	37,5
180	50,8	68,1	43,8
200	57,5	76	49,3
220	64,1	84,2	55,8
240	70,7	92	61,1
260	77,4	99,8	67,7
280	83,7	106,6	73,5
300	90,1	113,9	79,5
320	96,1	120,8	85,1
340	101,9	128	91,1
360	108,1	134,5	97
380	113,9	140,8	102,3

400	119,6	147,9	108,6
420	125,3	153,4	113,5
440	130,8	159,1	119
460	136,3	165,7	125
480	141,8	171,6	129,7
500	146,8	176,6	135,2
520	151,9	181,9	139,5
540	157,1	187,7	145,1
560	161,8	192,5	149,7
580	166,4	197,2	153,8
600	171,3	202,3	158,2
620	175,9	207,2	162,9
640	180,6	212,1	167,8
660	184,9	217,1	172,1
680	189,5	221,5	176,5
700	193,8	225,9	180,6
720	197,9	233	187,2
740	206,1	238,7	193,1
760	210,4	243,6	197,5
780	214,4	246,8	201,2
800	218,1	250,5	204,6

Posterior a la toma de datos, se pudo corroborar las distintas variaciones de temperatura existentes en cada región de cada placa.

Parámetros para el control de temperatura en el lazo PID

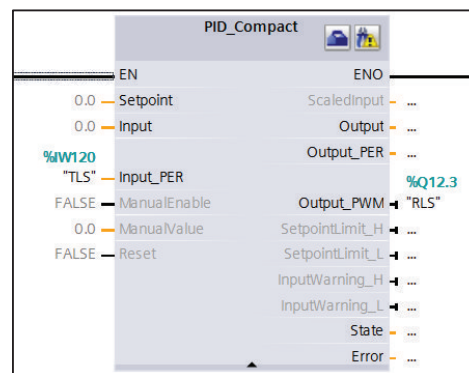


Figura 3-80 Bloque de control PID

Los distintos parámetros que se deben tomar en consideración en el bloque PID para su programación son los siguientes:

- Set point o valor referencial de temperatura
- Input PER o señal de entrada receptada por la termocupla
- Output PWM o señal de salida enviada a los relés de estado sólido

Al momento de ingresar la temperatura de referencia, sólo se ingresará las temperaturas respectivas para la placa superior e inferior, datos que corresponderán a los setpoint de los lazos PID central superior e inferior, en base a este valor ingresado se obtendrá el valor de set point correspondiente para los lazos de control derecho e izquierdo. Esta asignación de setpoint para los lazos de control derecho e izquierdo en el caso de cada placa se lo realizará mediante el modelo matemático de comportamiento que se tiene en la planta.

Modelo matemático región izquierda y derecha, placa inferior y superior

Posterior a la toma de datos realizada, se pudo obtener el modelo matemático, el mismo que fue sacado dependiendo a la curva de tendencia que tendrán en ambos casos.

Región Izquierda, placa inferior y superior

Se presenta la gráfica obtenida de los datos tomados

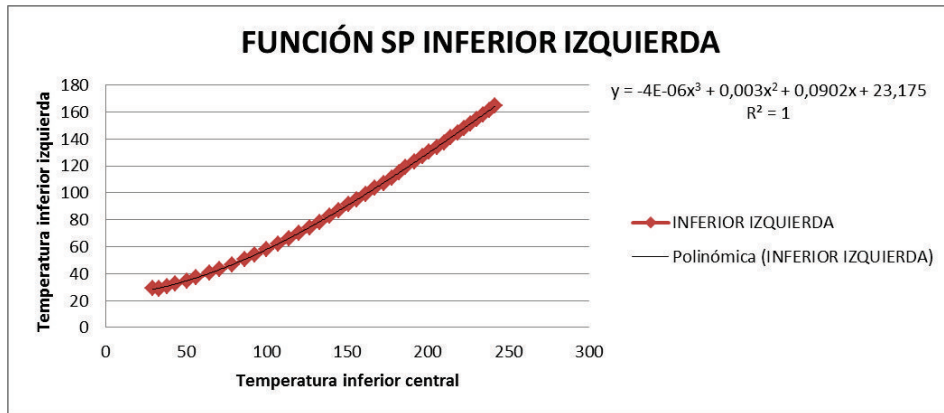


Figura 3-81 Gráfica temperatura placa inferior- lado izquierdo

Al realizar la curva de tendencia de los datos obtenidos, se tiene:

$$SPII = -0,000004SPIC^3 + 0,003SPIC^2 + 0,0902SPIC + 23,175$$

Ecuación 3-19 Modelo matemático comportamiento temperatura lado izquierdo, matriz inferior

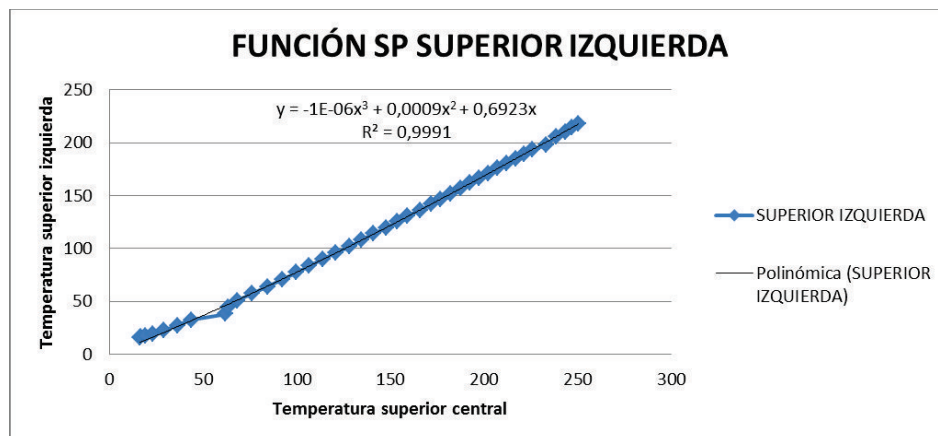


Figura 3-82 Gráfica temperatura placa superior- lado izquierdo

Al realizar la curva de tendencia de los datos obtenidos, se tiene:

$$SPIS = -0,000004SPCS^3 + 0,0025SPCS^2 + 0,4999SPCS + 6,4599$$

Ecuación 3-20 Modelo matemático comportamiento temperatura lado izquierdo, matriz superior

Teniendo así, el comportamiento de la temperatura en el lado izquierdo de la placa inferior y superior de la matriz, pudiendo así programar el modelo matemático para direccionar el setpoint respectivo al bloque PID del lado izquierdo, al momento de ingresar la temperatura de setpoint mediante el HMI para la placa superior e inferior.

Región Derecha placa inferior y superior

Se presenta la gráfica obtenida de los datos tomados

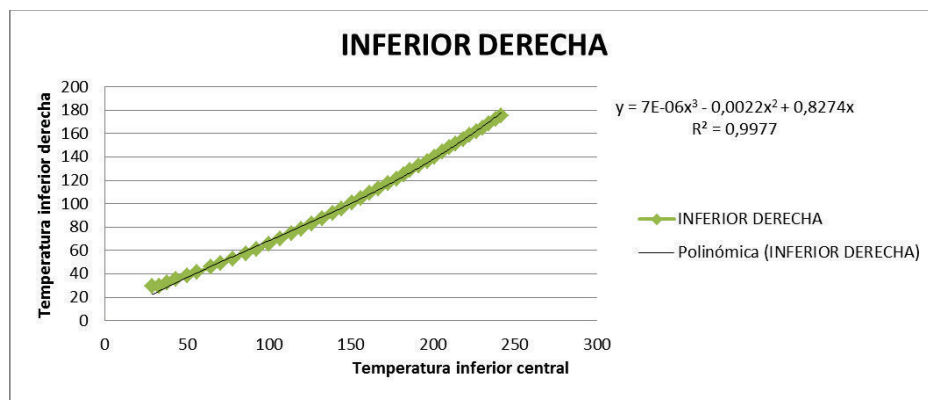


Figura 3-83 Gráfica temperatura placa inferior- lado derecho

Al realizar la curva de tendencia de los datos obtenidos, se tiene:

$$SPDI = -0,000002SPCI^3 + 0,0019SPCI^2 + 0,3043SPCI + 18,405$$

Ecuación 3-21 Modelo matemático comportamiento temperatura lado derecho, matriz inferior

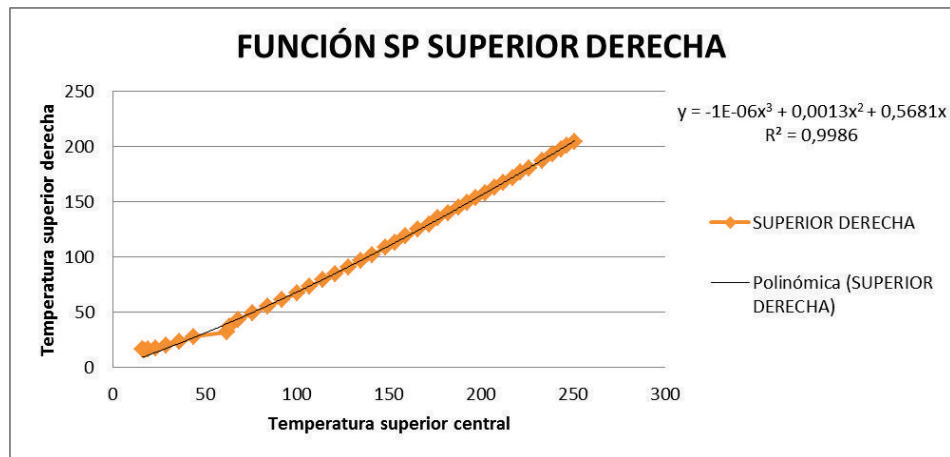


Figura 3-84 Gráfica temperatura placa superior- lado derecho

Al realizar la curva de tendencia de los datos obtenidos, se tiene:

$$SPDS = -0,006SPCS^3 + 0,0034SPCS^2 + 0,2972SPCS + 9,0922$$

Ecuación 3-22 Modelo matemático comportamiento temperatura lado derecho, matriz superior

Teniendo así, el comportamiento de la temperatura en el lado derecho de la placa inferior y superior de la matriz, pudiendo así programar el modelo matemático para direccionar el setpoint respectivo al bloque PID del lado derecho, al momento de ingresar la temperatura de setpoint mediante el HMI para la placa inferior y superior.

Análisis de resultados obtenidos

Posterior al análisis realizado en ambos casos para la placa inferior, se toma la consideración de analizar la planta una vez montadas las termocuplas en cada una de las regiones, para evitar tener el menor número de errores por medición, teniendo así un mejor control de la temperatura en la noyera.

Se recomienda, igualmente, obtener las constantes del controlador PID mediante uno de los métodos clásicos de control, para tener una referencia de los rangos en los cuales se encontrarán dichas constantes, las mismas que pueden ser ingresadas manualmente en el bloque PID o son calculadas mediante la sintonización automática de la misma.

En la siguiente tabla se detallan los parámetros necesarios para la sintonización de cada controlador PID programado

Tabla 3-19 Parámetros PID

PARÁMETROS PID								
PLACAS		GANANCIA PROPORCIONAL	TIEMPO DE INTEGRACIÓN	TIEMPO DERIVATIVO	COEFICIENTE RETARDO DERIVATIVO	PONDERACIÓN DE LA ACCIÓN P	PONDERACIÓN DE LA ACCIÓN D	TIEMPO DE MUESTREO DE ALGORITMO
PLACA SUPERIOR	IZQUIERDA	7,980883	258,6317	65,56037	0,1	0,253793	0	5,699952
	DERECHA	13,06277	193,9649	48,92111	0,1	0,2636026	0	4,600041
	CENTRO	4,429716	138,1352	24,17366	0,1	0,8	0	2,799616
PLACA INFERIOR	IZQUIERDA	21,81857	112,7557	28,4909	0,1	0,259904	0	2,599926
	DERECHA	9,732.226	165,6827	37,18593	0,1	0,5777791	0	2,69993
	CENTRO	6,341745	134,1995	33,94642	0,1	0,2579051	0	2,999996

3.4.4.3 INTERFAZ HUMANO MÁQUINA- HMI

Para el control y supervisión del proceso de conformación de noyos, la máquina cuenta con un HMI el cual permitirá al operador visualizar la parte del proceso se encuentra, así como también le permitirá la configuración de tiempos de operación y el ingreso de valores de operación para la temperatura.

Esta interfaz contará con las siguientes ventanas:

- Principal
- Menú
- Configuración de parámetros
- Parámetros

- Modo de operación Manual
- Modo de operación Semiautomático izquierda
- Modo de operación Semiautomático derecha
- Modo de operación Semiautomático ambos lados
- Mantenimiento
- Información del sistema
- Ayuda

Ventana Principal

Esta ventana cuenta con los ícono para acceder al menú principal o para poder operar la máquina sin los sensores de seguridad, el acceso a esta ventana está restringido únicamente al personal de mantenimiento o de supervisores.

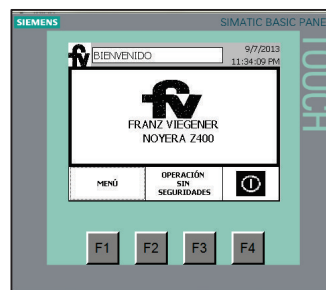


Figura 3-85 HMI Noyera

Las claves de acceso así como los diferentes tipos de usuarios y el nivel de acceso con el que cuentan se detallará en el manual de usuario.

Venta Menú

En esta ventana se mostrarán los íconos de acceso para los distintos modos de funcionamiento de la máquina así como los de configuración,

visualización de parámetros y una ventana para el mantenimiento de la misma

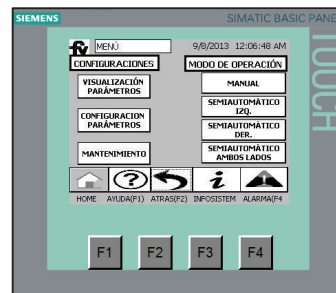


Figura 3-86 HMI Noyera

Ventana de Configuración

En esta ventana se podrá configurar los tiempos para el soplado de arena, para el curado del noyo y el tiempo de vibración de las tolvas, de igual manera se podrá ingresar el valor de la temperatura tanto para la matriz móvil como para fija.

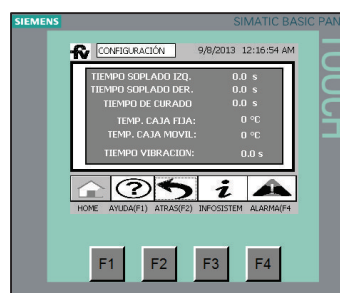


Figura 3-87 Ventana configuración parámetros HMI

Ventana de Parámetros

En esta ventana el operador podrá visualizar los parámetros que ingreso anteriormente, esta actuará como un verificador, una vez que el operador confirme que los parámetros que ingreso son los adecuados, este procederá a seleccionar uno de los dos modos de operación MANUAL o SEMIAUTOMÁTICO.

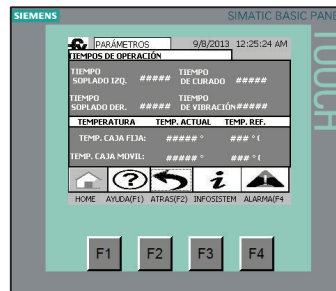


Figura 3-88 Visualización de parámetros

Ventanas de Operación: Manual, Semiautomático.

En estas dos ventanas se podrá observar cual es la parte del proceso que está activa, así como también el número de ciclos, la temperatura ingresada y la medida.

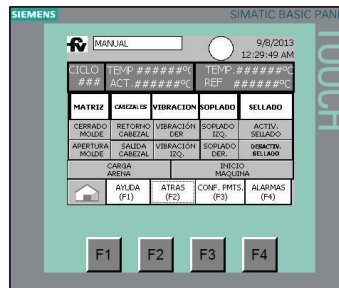


Figura 3-89 Modo de operación Manual

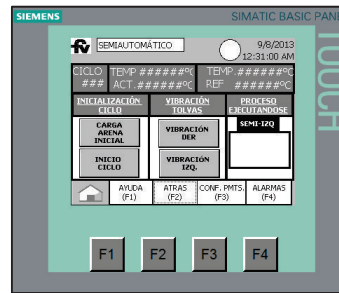


Figura 3-90 Modo de operación Semiautomático

Las ventanas de modo de operación Semiautomático izquierda, derecha y ambos lados difieren en que en cada una se indicará el tipo de funcionamiento de la máquina, es decir si funciona solo el lado izquierdo, derecho o ambos lados.

Cada pantalla de modo de funcionamiento cuenta con un ícono de acceso directo a la ventana de configuración de parámetros.

Ventana de Mantenimiento

Esta ventana cuenta con un acceso exclusivo para el personal de mantenimiento, en esta ventana se encuentran íconos de acceso para las ventanas de:

- Administración de usuarios
- Visualización PID
- Comprobación de sensores

Administración de usuarios

La ventana de administración de usuarios permitirá editar los diferentes niveles de acceso a cada uno de los usuarios de la máquina, gestionar las claves de acceso y crear o modificar usuarios.

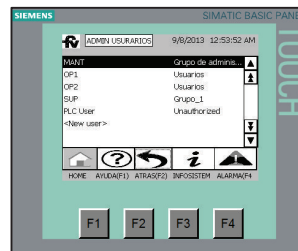


Figura 3-91 Administración de usuarios

Visualización PID

En esta ventana el personal de mantenimiento podrá verificar el estado de los controladores PID para el calentamiento de las matrices de noyos, así como también podrá reiniciar cada controlador en el caso de que se encuentran inactivos, es decir con un valor indicativo de 0.

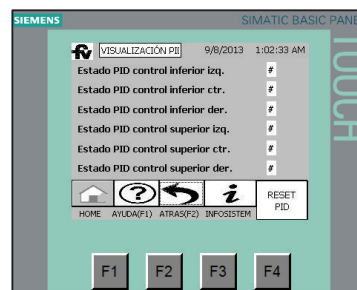


Figura 3-92 Visualización PID

Comprobación de sensores

Esta ventana permite visualizar la activación de cada uno de los sensores de presencia instalados en la máquina, con esto el personal de mantenimiento podrá verificar si dichos sensores se encuentran operativos.

Al acceder a la ventana de comprobación de sensores se muestra cada una de las operaciones de funcionamiento de la máquina como se muestra en Figura 3-93

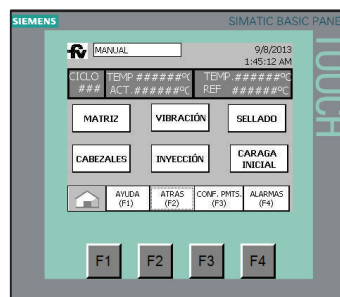
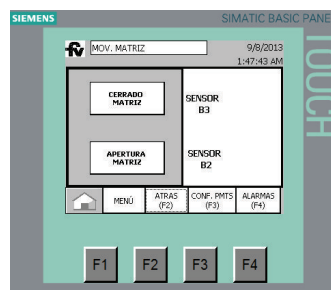
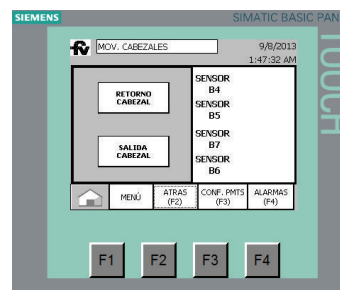


Figura 3-93 Comprobación de sensores

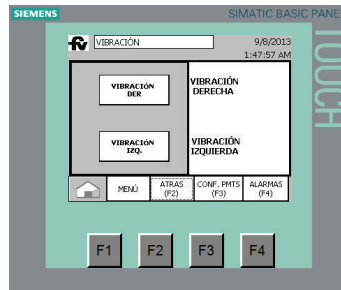
A continuación se presenta cada una de las ventanas de las distintas operaciones de funcionamiento de la máquina.



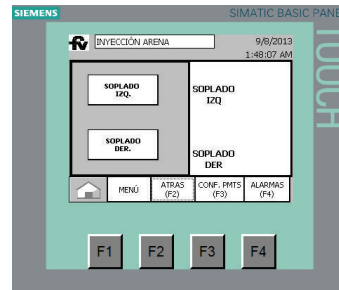
a)



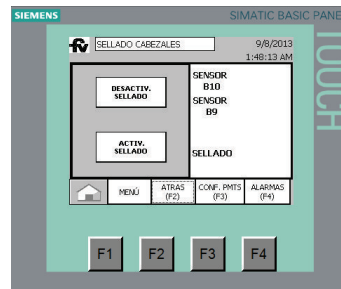
b)



c)



d)



e)

Figura 3-94 Pantallas de comprobación de sensores y operaciones

a) Operación movimiento matriz, b) Operación movimiento cabezales, c) Operación vibración, d) Operación Inyección de arena, e) Operación sellado cabezales.

Ventana de Sistema

En esta ventana se mostrará información general del programa.

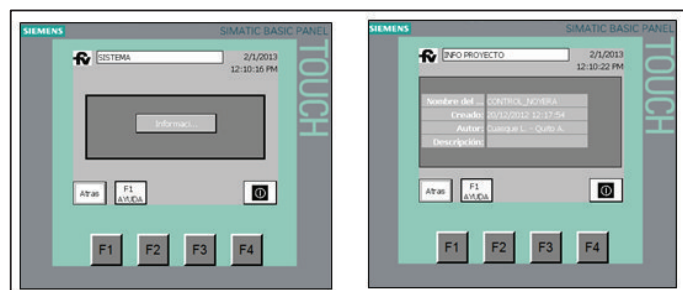


Figura 3-95 Información general del sistema

3.4.5 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Se ha realizado esquemas en los cuales se podrá observar:

- Cableado del PLC
- Cableado interno tablero de control
- Disposición luces y pulsadores en el tablero de control

3.4.5.1 CABLEADO DEL PLC

Al PLC llegarán todas las siguientes señales:

- Pulsadores
- Sensores Inductivos
- Sensores magnéticos
- Sensor foto-eleléctrico
- Interruptor de seguridad
- Cortina de seguridad
- Termocuplas.

Siendo correspondiente a todas las entradas con las que se realizará la programación de la máquina. Las salidas que tendrá el PLC corresponde a:

- Activación/ Desactivación de electroválvulas
- Encendido luces piloto
- Activación/ Desactivación relés de estado sólido
- Activación/ Desactivación contactor de temperatura.

Para la activación de las electroválvulas se empleará relés, por motivos de seguridad para el PLC, de esta manera en el caso de existir algún

inconveniente con las bobinas de las electroválvulas, no se verán afectadas las salidas del PLC.

Para observar con mayor detalle el cableado del PLC, ver planos eléctricos/ electrónicos

3.4.5.2 CABLEADO TABLERO DE CONTROL

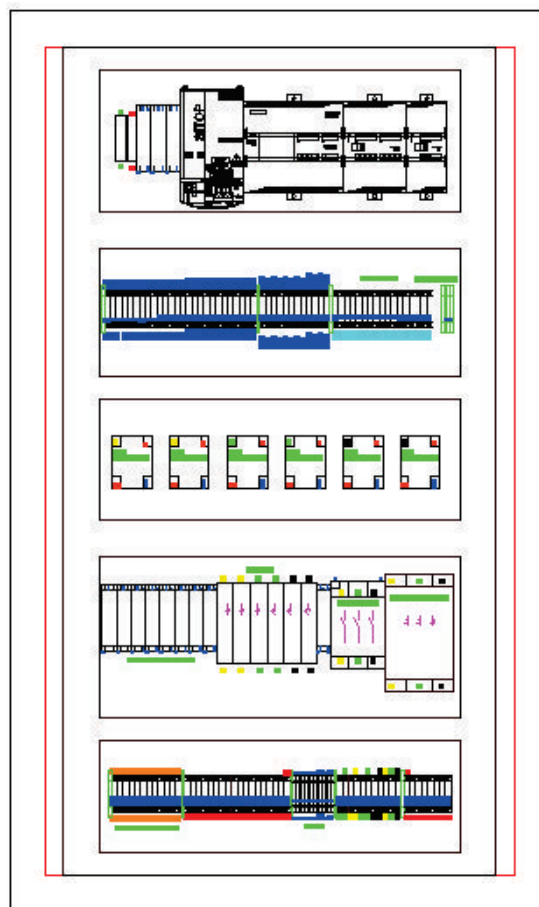


Figura 3-96 Tablero de control interno

Para el diseño de los tableros de control, se debe tomar las siguientes consideraciones:

- Los conductores a utilizar en el cableado interno serán de cobre con aislación de PVC VN2000 antillama deslizante

- Para los circuitos con intensidades de hasta 15 A se utilizarán conductores de sección 2.5 mm²
- Para los circuitos de comando y señalización se emplearán conductores con 1,5 mm² de sección.
- Todos los conductores estarán individualizados por un mismo número colocado en ambos extremos mediante anillos numerados indelebles. Esta numeración corresponderá con la indicada en los respectivos esquemas funcionales.
- Todas las conexiones a borneras de comando, se realizarán mediante terminales de tipo a compresión aislados.
- Todas las conexiones de entrada y/o salida del tablero, se harán a través de borneras componibles de poliamida montadas sobre rieles DIN.
- Las conexiones que vinculan elementos del interior del tablero con elementos de la puerta deberán pasar por una bornera de puerta.
- Se empleará canaletas para el cableado interno del tablero, de tipo ranurado.

Posterior a tener en cuenta los parámetros anteriormente señalados, se procedió a realizar el diseño del tablero.

Para el cableado del tablero de control, se debió tomar en cuenta todos los dispositivos eléctrico/ electrónicos necesarios para el funcionamiento de la máquina, a continuación se detalla todos los elementos con los que contará el panel y su función en el mismo.

Tabla 3-20 Elementos del tablero de control

N.- de artículo	Dispositivo	Cantidad	Función
1	Braker termomagnético	1	Alimentación eléctrica a la máquina, acoplado con el interruptor trifásico del panel frontal
2	Contactador NO	1	Conexión o desconexión de la parte de temperatura (Resistencias y Relés de estado sólido)
3	Relés de estado sólido	6	Activarán las resistencias dependiendo del controlador PID programado en el PLC
4	Brakers	6	Protección de los relés de estado sólido en el caso de existir alguna falla por sobrecarga o cortocircuito
5	Fuente SITOP (220 Vac: 24 Vdc)	1	Alimentación eléctrica al PLC
6	CPU 1214C DC/DC/DC Siemens	1	Utilizado para la programación de todo el trabajo de la noyera
7	SM 1223 16 DI a 24 Vdc/ 16 DO a 24 Vdc	1	Módulo para las señales de entrada y salidas que se añadieron al CPU.
8	SM 1231 Módulo termocupla 8 I	1	Módulo utilizado para el censado de temperatura de las placas.
9	Relés	11	Activación/ desactivación de las bobinas de las electroválvulas
10	Borneras de 2,5 mm ²	150	Entradas- Salidas digitales

Todos los elementos anteriormente mencionado, serán montados en rieles DIN, a excepción de los relés de estado sólido y el interruptor trifásico, los mismos que van directamente atornillados en el tablero.

El tablero de control ha sido distribuido en 5 niveles como se detallará a continuación.

Nivel 1. Control de la máquina.

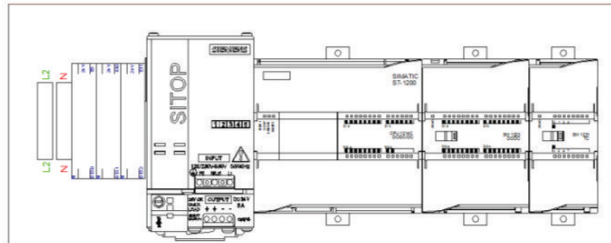


Figura 3-97 Nivel 1. Tablero de control interno

En este nivel se contará con la ubicación de la fuente SITOP del PLC, el CPU, el módulo entradas y salidas digitales y el módulo de entradas analógicas tipo termocuplas, porta fusibles de protección para la fuente SITOP y relés de activación para electroválvulas de corte de arena, sellado de los cabezales y cortina de aire.

Nivel 2. Entradas digitales/ analógicas

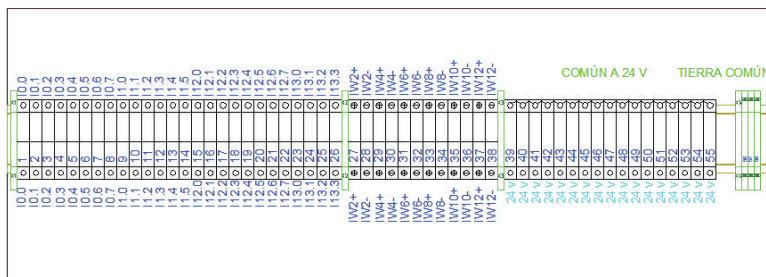


Figura 3-98 Nivel 2. Tablero de control

En este nivel se ubicarán todas las borneras que se utilizarán para las señales de las entradas digitales (sensores y pulsadores), entradas analógicas

correspondientes a termocuplas, borneras común a 24 V dc, y borneras común a tierra.

Nivel 3. Control a resistencias

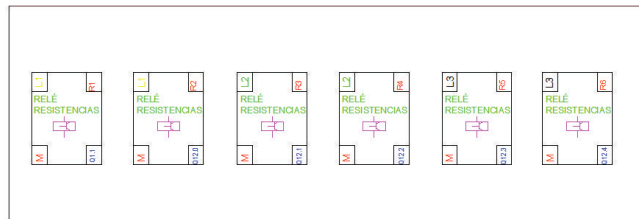


Figura 3-99 Nivel 3. Tablero de control

En este nivel se contará con la disposición de los relés de estado sólido. Los relés de estado sólido no cuentan con adaptadores para rieles DIN, por lo que se realizará su montaje directo en el tablero de control interno.

Nivel 4. Energización de la máquina / Protecciones eléctricas

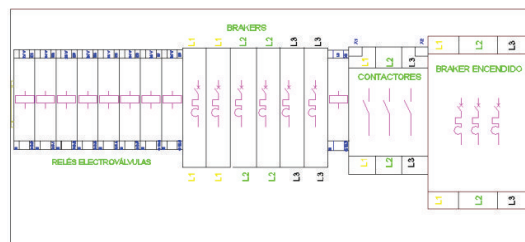


Figura 3-100 Nivel 4. Tablero de control

En este nivel se hará el montaje de Braker termomagnético para el encendido de la máquina, contactores para la alimentación del circuito derivado de temperatura, braker de protección a cada grupo de los relés de estado sólido y resistencias. Adicional a esto se tendrá relés de protección para el control de las electroválvulas, la protección se brindará para las salidas del PLC.

Nivel 5. Borneras de salida digitales-análogas, entradas de líneas de alimentación trifásica y borneras de 0 VDC

- Este es el último nivel del tablero de control, el cual está dividido en:
- Grupos de borneras para salidas digitales
- Grupo de borneras para salidas análogas
- Grupo de borneras para 0VDC
- Grupo de borneras para el ingreso de las líneas de alimentación trifásica
- Grupo de borneras de Neutro

En este nivel del tablero de control se conectarán todos los hilos de los diferentes cables sucre proveniente de las cajas de paso.

En cada caja de paso se contará con prensa estopas para la recepción de las distintas señales de los sensores, de igual manera servirán para el envío de señales hacia las electroválvulas, de esta manera se podrá evitar la posibilidad de desconexión de las señales en el tablero de control interno.

Para la distribución en los distintos niveles, se debió dejar el espacio necesario, entre dispositivo y canaleta, para poder realizar posteriores manipulaciones en los elementos instalados.

Posterior a realizar el diseño del tablero se eligió el panel que se podrá utilizar, siendo este de un tamaño estándar, sus dimensiones son de 800 x 600 x 250 mm, a continuación se indicará la forma que poseerá el gabinete de control.

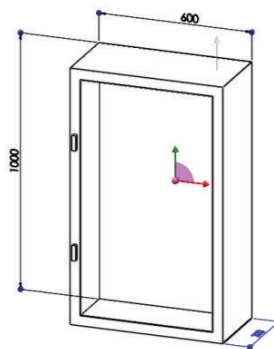


Figura 3-101 Tablero de control. Estructura metálica

Disposición luces, pulsadores y selectores en el tablero de control

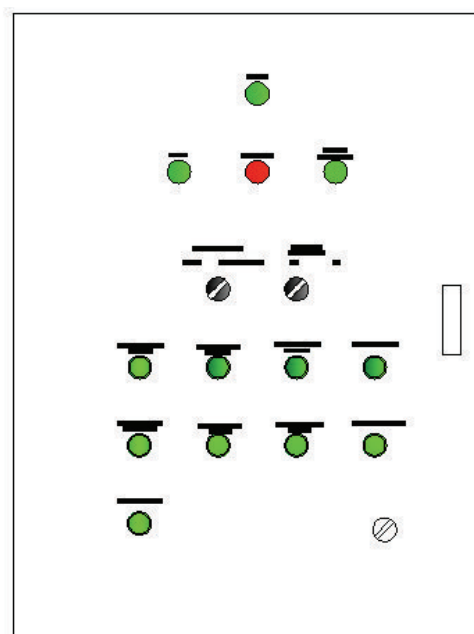


Figura 3-102 Tablero de control. Distribución externa

En la distribución de los dispositivos en el panel de control frontal, se tiene en el nivel superior una luz piloto que indica el energizado a 220 V ac, en el segundo nivel se contará con luces piloto indicando el energizado a 24 V dc, emergencia y encendido del controlador de temperatura. El tercer nivel contará con dos selectores para la activación/ desactivación de los modos de operación manual/ semiautomático y del controlador de temperatura. En el

cuarto quinto y sexto nivel se contará con pulsadores para la activación manual de las funciones que desempeña la máquina como son:

- Vibración de las tolvas
- Soplado de los cabezales
- Desplazamiento/ retorno de cabezales
- Hermetizado/sellado de cabezales
- Apertura del molde

Adicional a esto, se tendrá el mecanismo para la activación del switch trifásico, que permitirá el energizado de toda la máquina

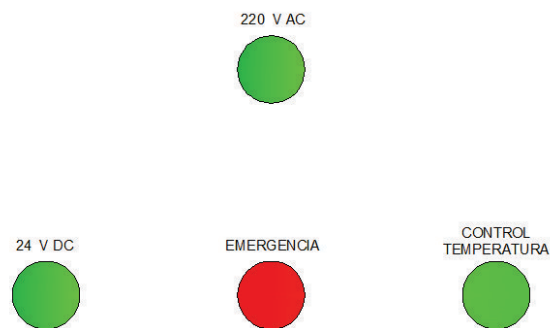


Figura 3-103 Luces piloto



Figura 3-104 Selectores

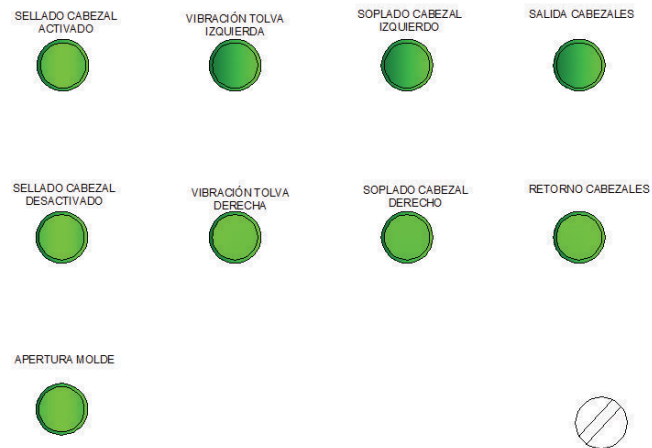


Figura 3-105 Pulsadores y switch trifásico

Han sido ubicados en la máquina las opciones de reset (pulsador de color amarillo), el paro de emergencia (pulsador tipo hongo con retención color rojo), el touch panel perteneciente al HMI de la máquina y la opción de cerrado del molde, que también servirá para el inicio en el ciclo semiautomático (2 pulsadores de color verde).

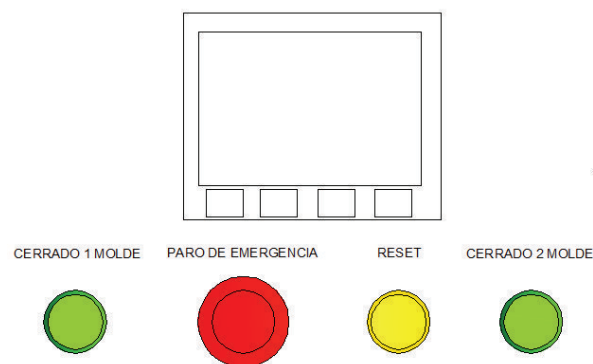


Figura 3-106 Pulsadores y HMI

La disposición de los colores se siguió mediante la Norma IEC 60204- 1, que presenta el código de colores para los avisos luminosos.

3.4.6 SEGURIDADES

Mediante el análisis de los procesos que realizará la noyera, se ha optado por brindar seguridades al operario. A continuación se detallan las medidas de seguridad que se han tomado en consideración, mediante el uso de seguridades físicas y seguridades en la programación del PLC.

3.4.6.1 SEGURIDADES FÍSICAS

Tabla 3-21 Riesgos físicos de la máquina

RIESGO	SOLUCIÓN	NOTA	INDICADOR
Riesgo de aplastamiento de manos al introducir las en el descenso de la matriz móvil	Cortina de seguridad en la parte frontal de la noyera, que dará una señal para la activación del reset de la máquina	La condición de reset no será activada con la señal de la cortina de seguridad al momento de ya haberse activado el retorno de la matriz a su posición superior, debido a que el operario deberá ingresar en el espacio de desplazamiento de la matriz una bandeja recolectora para los noyos que se han acabado de formar.	
	Interruptor de seguridad en la parte posterior de la máquina, el mismo que enviará una señal para la activación del reset al momento de abrirse la puerta.		
	Dos botones para realizar el cerrado de la matriz de noyos, evitando así la posibilidad de ingresar la mano.	Estos botones deben presionarse al mismo tiempo, con un lapso menor a 500 ms. También serán utilizados al momento de iniciar el ciclo semiautomático.	

Se Debe tener en consideración que para iniciar las operaciones que presenten riesgos para el operario, como el hermetizado de los cabezales y

cerrado del molde, no debe existir interrupción de ningún tipo en la cortina de seguridad.

3.4.6.2 SEGURIDADES MEDIANTE PROGRAMACIÓN DEL PLC.

Reset de la máquina



Figura 3-107 Pulsadores de seguridad

Esta señal será activada por motivos en los que la operación de la máquina requiera el retorno de los actuadores a su posición inicial. En la noyera se deberá contar con un pulsador que da la señal al PLC como se observa en la Figura 3-107, mismo pulsador deberá ser utilizado en el caso de existir algún inconveniente durante el proceso de fabricación de noyos, con precaución de que no corran riesgo la o las personas que se encuentren operando la máquina. En el caso de estar la puerta posterior de la máquina abierta también se dará la señal de reset, ya que se corre el riesgo de aplastamiento, de igual manera al momento de ingresar las manos por la parte frontal de la máquina. A continuación se presenta la lógica de programación para el activado del reset.

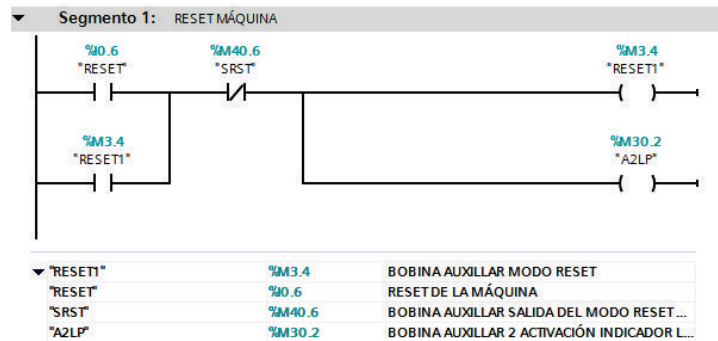


Figura 3-108 Programación reset de la máquina

Al momento de haberse activado la bobina de reset, ésta quedará enclavada desactivándose únicamente al volver a dar la señal de inicio (START).

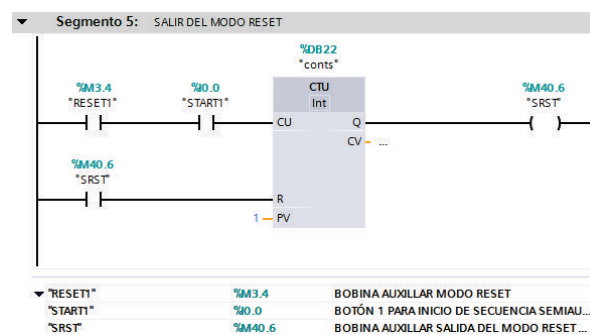


Figura 3-109 Programación salida modo RESET

Paro de emergencia

El paro de emergencia detendrá a la máquina en la actividad que ésta se encuentre realizando, se cuenta con un pulsador tipo hongo, con retención, el mismo que al ser pulsado iniciará la comparación de los distintos casos a los que pueda estar expuesta la máquina, como son:

- Descenso del actuador matriz móvil
- Expansión actuadores cabezales de soplado

- Expansión actuadores sellado de cabezal
- Activación de las electroválvulas que controlarán el soplado en los cabezales
- Desactivación de las electroválvulas que controlan el soplado en los cabezales
- Contracción actuadores cabezales de soplado
- Ascenso actuadores hermetizado
- Ascenso del actuador matriz móvil

Al momento de la desactivación del pulsador de paro de emergencia, la máquina debe continuar con su secuencia normal, es decir, retomar la programación en la parte que haya detenido su ejecución.

Desactivación del contactor para la temperatura.



Figura 3-110 Selector de activación- temperatura

Al momento de realizarse el encendido de la temperatura desde el tablero de control, se enviará una señal de activación del contactor que permite el paso de la corriente a las resistencias usadas para el calentamiento.

En el caso de existir un calentamiento mayor al 10% de la temperatura deseada en cualquiera de las regiones censadas de las placas, se dará la señal de desactivación del contactor, interrumpiendo el energizado de las

resistencias. Ésta consideración se la realiza debido a la posibilidad de existir algún corto circuito en los relés de estado sólido, siendo así un peligro para el operador de la máquina.

A continuación se presenta la lógica de programación utilizada para el caso de la desactivación del contactor.

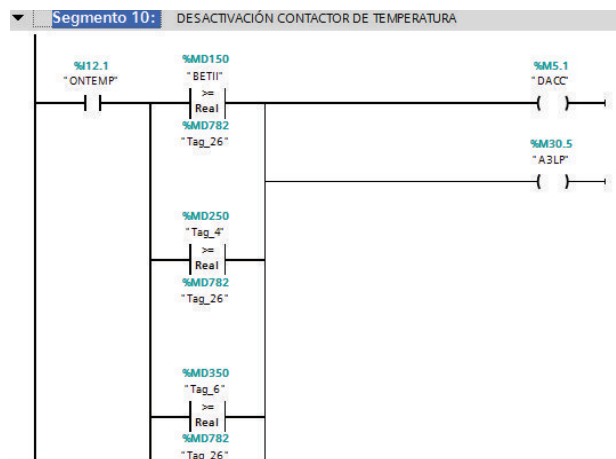


Figura 3-111 Programación desactivación contactor de temperatura

Teniendo así la comparación de la temperatura censada en las 6 regiones de interés y poder dar la señal, en el caso de ser necesario, para la desactivación de las resistencias.

CAPÍTULO IV

4 FABRICACIÓN INSTALACIÓN Y PRUEBAS

4.1 INTRODUCCIÓN

Una vez finalizado el diseño mecánico y electrónico de los distintos subsistemas que intervienen en el proceso de conformado de noyos de la máquina noyera, se procede a la fabricación e instalación de los mismo.

En el presente capítulo se describe de manera general el proceso que se empleó para la construcción y ensamblaje de la máquina noyera.

4.2 FABRICACIÓN

4.2.1 TOLVAS DE ALMACENAMIENTO

Las tolvas de almacenamiento de arena de la máquina se la realizó con placas de acero AISI 1020 de 2 mm de espesor, soldadas mediante suelda eléctrica con electrodos 611 de 1/8 de diámetro.

En la Figura 4-1 se presenta como ser realizó los corte de las distintas placas que conforman las tolvas.



Figura 4-1 Caras tolvas de almacenamiento

Una vez cortadas las caras de la tolva se procede a soldarlas y dar la forma de que se había establecido, en la Figura 4-2 se observa el proceso de ensamble de la tolva.



Figura 4-2 Montaje tolva de almacenamiento

Posteriormente se procede a limar los cordones de suelda y dar un acabado final a este proceso, ver Figura 4-3.



Figura 4-3 Tolva de almacenamiento finalizada

La ubicación de las tolvas en la máquina básicamente es en el mismo lugar que ocupaban las tolvas anteriores, para esto se ha dotado a la estructura de la noyera de una viga de soporte la cual servirá de base para sujetar las tolvas.

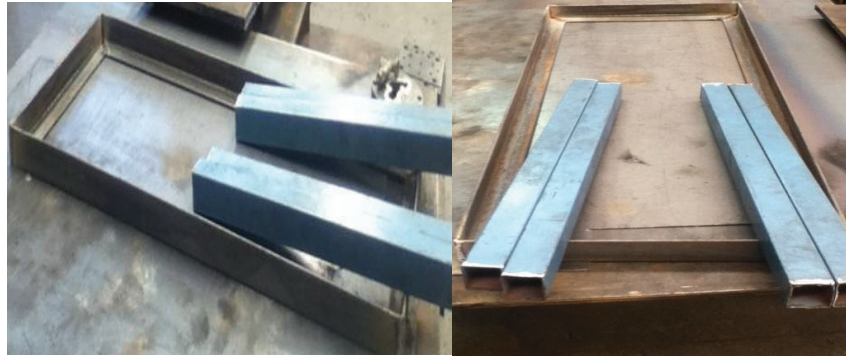


Figura 4-4 Pedestales de soporte para las tolvas

Para la sujeción de las tolvas en la estructura de la máquina se empleó un sistema de soporte por resorte como se muestra en la Figura 4-5.

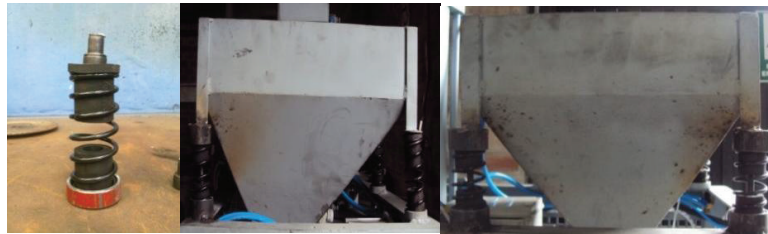


Figura 4-5 Montaje tolvas con cauchos y resortes

Se ha elegido este sistema para así magnificar el efecto de vibración.

4.2.2 ESTRUCTURA

Fue necesario realizar modificaciones a la estructura de la máquina a fin de poder implementar los cambios realizados en los subsistemas de tolvas y de soplado de arena.

La principal modificación que se le realizó fue la incorporación de una viga de soporte en los pedestales que soportaban las tolvas, ver Figura 4-6.



Figura 4-6 Incorporación viga para soportar las tolvas



Figura 4-7 Estructura de la máquina modificada

Otra modificación que se realizó fue el corte de la parte posterior de las planchas que cubrían las tolvas para con ello permitir colocar un par de puertas de seguridad Figura 4-8.



Figura 4-8 Puertas de la máquina

Para la instalación de la cortina de seguridad se adecuó en los pedestales frontales de soporte de las tolvas bases de fijación (platinas) de acero de 2 mm de espesor, el material de estos perfiles es de acero AISI 1020 Figura 4-9



Figura 4-9 Soporte cortina de seguridad

Como parte de la estructura de la máquina se ha añadido el sistema de sellado del cabezal e ingreso de arena, para lo que se empleó tubos de hierro negro reforzado, de diámetro de $\frac{3}{4}$ " y 3 mm de espesor.



Figura 4-10 Tubos de soporte para pistón de sellado y carga de arena

Adicional a estos soportes, se ubicaron tochos de acero 1020, con medidas de 40x40x32 mm, los mismos que cuentan con roscado interno para la sujeción de los tubos de soporte.

4.2.3 CABEZALES DE SOPLADO.

Los cabezales de soplado fueron elaborados mediante la fundición gris ASTM A-48 class 40 por la empresa FUNDI RECICLAR, a la cual se le entregó los planos correspondientes.

El espesor de cada parte que conforman el cabezal es de 7 mm, en la Figura 4-11 se muestra las dos partes constituyentes del cabezal de soplado.

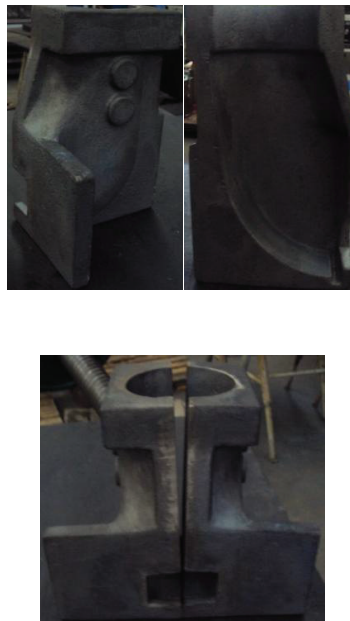


Figura 4-11 Cabezal de soplado- fundición

Posteriormente a la fundición se mecanizó cada parte del cabezal a fin de que estas puedan alojar dentro de si la cámara de fluidización.

Todos los procesos de mecanizado se realizaron en la fresadora CNC Mazav VTC-16B de tres ejes y fresadora universal deckel y estos fueron:

- Perforación de agujeros para que por medio de pernos M6X40, las dos mitades puedan unirse como se muestra en la Figura 4-12.

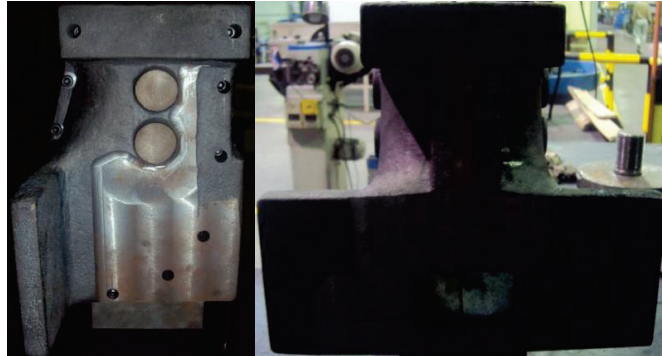


Figura 4-12 Mecanizado exterior del cabezal de soplado

- Apertura del diámetro interno del cabezal a fin de permitir el ingreso de la cámara de fluidización y la colocación de empaque. Figura 4-13

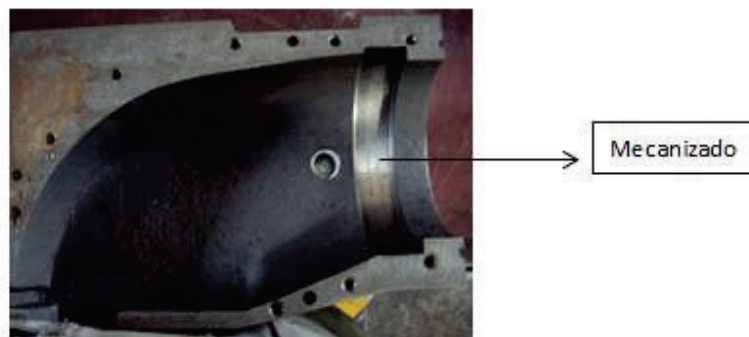


Figura 4-13 Mecanizado interior del cabezal de soplado

Elaboración del canal para empaque O'ring de diámetro interno de 108 mm y 2.5 mm de profundidad, ver Figura 4-14

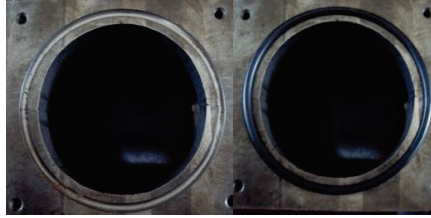


Figura 4-14 canal O´ring cabezales de soplado

- Rectificado de la cara frontal donde irá colocada la boquilla de soplado, se rectificó 2mm de espesor. ver Figura 4-15

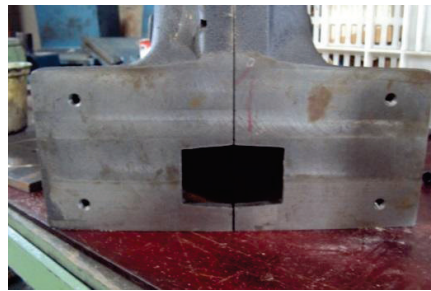


Figura 4-15 Rectificado de caras del cabezal

- Perforación de los agujeros para rosca de gas de $\frac{1}{2}$ " para el ingreso de aire en los cabezales., tal como se muestra en la Figura 4-16

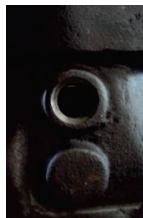


Figura 4-16 Roscado para racor del cabezal

A fin de poder generar la fluidización del lecho de arena es necesario evitar las fugas de aire del cabezal, así como también concentrar el aire a presión alrededor de la cámara de fluidización. Para esto se fabricaron los

empaques necesarios a fin de evitar dichas fugas, en la Figura 4-17 se puede observar la ubicación de cada empaque elaborado.



Figura 4-17 Empaque interno del cabezal

De igual manera que los cabezales, la cámara de fluidización fue realizada mediante fundición de aluminio, en la Figura 4-18 se muestra la fundición terminada con un espesor 6mm.



Figura 4-18 Cámara de fluidización

El mecanizado que se dio a esta pieza fue el de perforación con un patrón de agujeros tal como se muestra en la Figura 4-18, dichos agujeros servirán para poder generar el efecto de fluidización. Para este proceso de mecanizado se empleó el taladro de banco.

En la fabricación de la boquilla de soplado se empleó planchas de acero AISI 1020 de 5 mm de espesor a excepción de la placa que irá en contacto con el cabezal de soplado, esta será de 12mm de espesor debido a que

tiene que soportar la presión ejercida sobre ella tanto por el aire y arena que sale del cabezal así como también por los pernos de sujeción, en la Figura 4-19 se muestra la boquilla ensamblada.



Figura 4-19 Montaje boquilla de soplado

Para el desplazamiento de los cabezales de soplado se fabricó un sistema de carrilera y carro de acero AISI 1020, en su elaboración se empleó una fresadora semiautomática y una cortadora de hilo, en la Figura 4-20 se muestra el proceso de elaboración de dichas piezas.

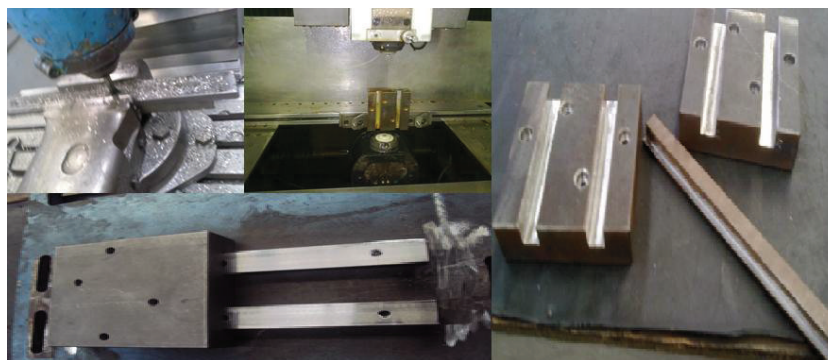


Figura 4-20 Rieles y carro de desplazamiento

Para realizar el sellado del cabezal se debió fabricar placas reductoras, con el fin de evitar problemas con el pistón de sellado seleccionado, dichas placas poseen un diámetro de 60 mm y con el mecanizado de los pernos para ser montada en el cabezal de soplado y canal de o´ring de 79 mm de diámetro y canal de 5 mm con profundidad de 2.5 mm.

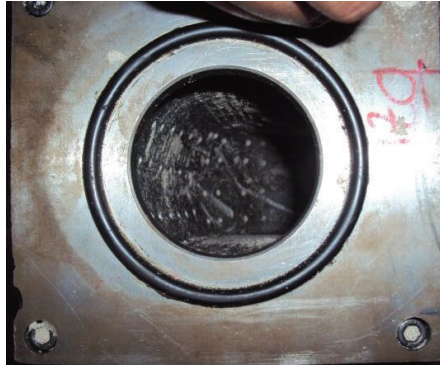


Figura 4-21 Placa reductora

4.3 INSTALACIÓN

4.3.1 INSTALACIÓN MECÁNICA

4.3.1.1 MONTAJE DE TOLVAS DE ALMACENAMIENTO



Figura 4-22 Tolva de almacenamiento

Las tolvas de almacenamiento con vibración constan de las siguientes partes como se indica en la tabla 4-1.

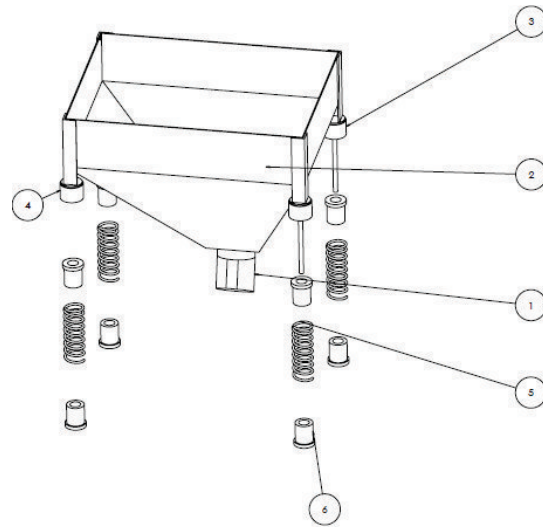


Figura 4-23 Vista explosionada- Tolvas de almacenamiento

Tabla 4-1 Partes de la tolva de almacenamiento

ITEM NO.	PIEZA	CANTIDAD
1	Boquilla de tolva	1
2	Tolva	1
3	Resortes	4
4	Refuerzo tolvas	2
5	Refuerzo tolvas con pernos guía	2
6	Cauchos de amortiguación	8

Para ser ubicada en la máquina las tolvas previamente deben ser ensambladas, ubicando cada parte de la siguiente manera:

- Poner a los extremos de cada resorte los cauchos amortiguadores.

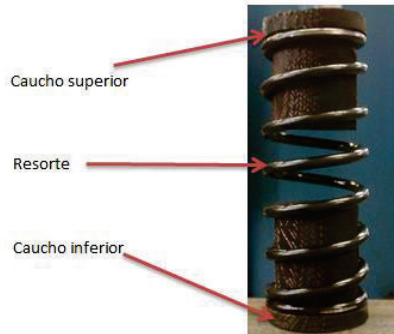


Figura 4-24 Montaje cauchos y resorte de las tolvas de almacenamiento

- Ubicar los resortes con los cauchos amortiguadores en cada pata de la tolva.



Figura 4-25 Montaje completo de la tolva de almacenamiento

4.3.1.2 MONTAJE DE TOLVAS EN LA MÁQUINA.

Al momento de montar las tolvas en la estructura de la máquina, se debe tomar en consideración la orientación de la boquilla. La tolva debe ser ubicada con las patas que poseen los pernos guía soldados hacia la parte frontal de la máquina.

Una vez ya ubicada la tolva en la máquina se procede a ubicar el pistón de vibración, el mismo que debe estar perpendicular a la tolva de almacenamiento en su posición diseñada en la máquina.

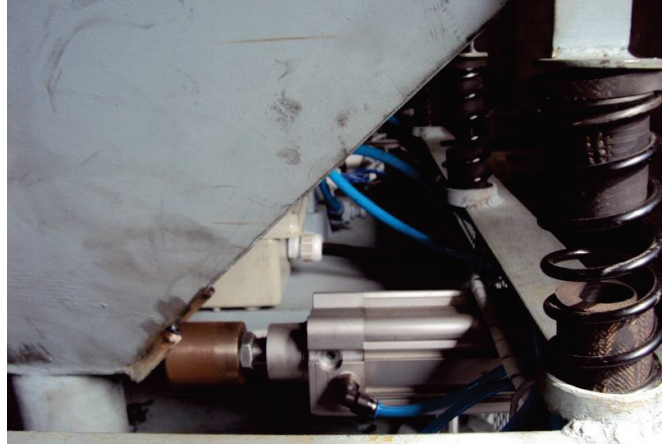


Figura 4-26 Ubicación del pistón generador de vibración

El pistón que genere la vibración de cada tolva contará con un tocho de acero, peso muerto utilizado para la vibración requerida de cada tolva.

4.3.1.3 MONTAJE SUBSISTEMA DE SOPLADO.

El subsistema de soplado está conformado por las siguientes partes:

- Cámara de Fluidización
- Cabezal parte 1
- Cabezal parte 2
- Carro de desplazamiento
- Boquilla soplado
- Placa de boquilla
- Acople de sujeción para el pistón de desplazamiento.
- Placa ingreso de arena
- Placa de corte flujo de arena
- Rieles de desplazamiento
- Base soporte

- Placa de soporte pistones de desplazamiento y corte de arena
- Placa de sujeción de manguera
- Placa de soporte de pistón de sellado
- Pedestales de sellado y sujeción manguera

A continuación se realizará una descripción del ensamblaje secuencial del sistema de soplado izquierdo, los cuales serán los mismos a seguir para el sistema de soplado derecho.

Cabezal de soplado.

- El cabezal de soplado está conformado por:
- Cámara de Fluidización
- Cabezal pieza 1
- Cabezal pieza 2
- Carro de desplazamiento
- Boquilla soplado
- Placa de boquilla
- Placa ingreso de arena

Para un correcto ensamblaje del cabezal de soplado se debe seguir los siguientes pasos:

Colocar la cámara de fluidización en la parte 2 del cabezal, una vez colocada aplicar el sellante loctite 515 en el contorno, hecho eso colocar la otra parte del cabezal de esta manera la cámara queda dentro de estas dos piezas. La unión se realizará mediante pernos M6.

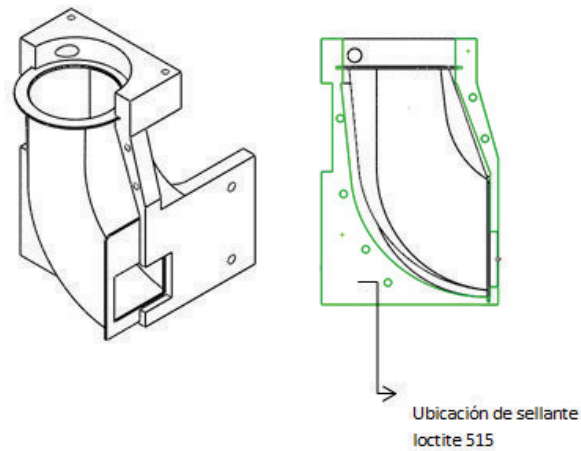


Figura 4-27 Unión caras cabezal de soplado

- Ensamblar la placa de inyección con la boquilla de soplado, estas quedarán unidas mediante pernos allen M6, es indispensable colocar empaques entra estas dos piezas para evitar fugas de aire.

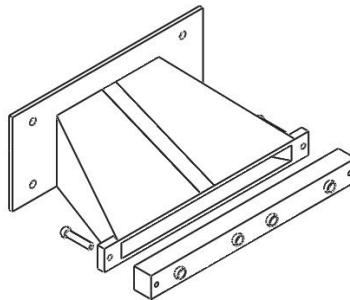


Figura 4-28 Ensamble boquilla de cabezal con placa de inyección

Previo a unir la boquilla de soplado con el cabezal de soplado es necesario colocar sellante loctite 515 entre estos dos elementos asegurando la hermeticidad del sistema. Una vez hecho esto unir la boquilla al cabezal mediante pernos allen M8 (cada perno cuenta con arandelas de presión).

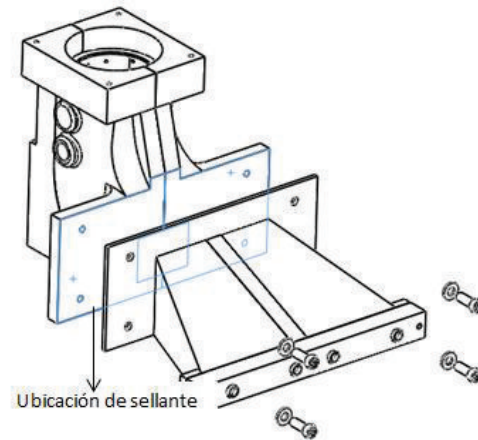


Figura 4-29 Ensamble boquilla y cabezal de soplado

Instalar el carro de desplazamiento y la placa de ingreso de arena en la parte inferior y superior respectivamente mediante pernos de unión M6 como se muestra en la Figura 4-30.

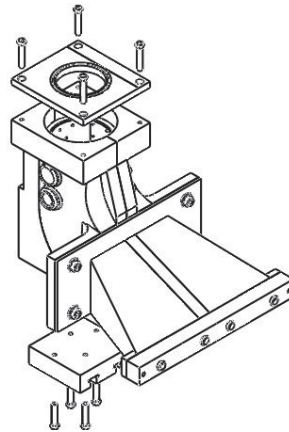


Figura 4-30 Ensamble de placa de ingreso de arena y carro de desplazamiento

En la Figura 4-31 se muestra un esquema de despiece del ensamblaje del cabezal de soplado.

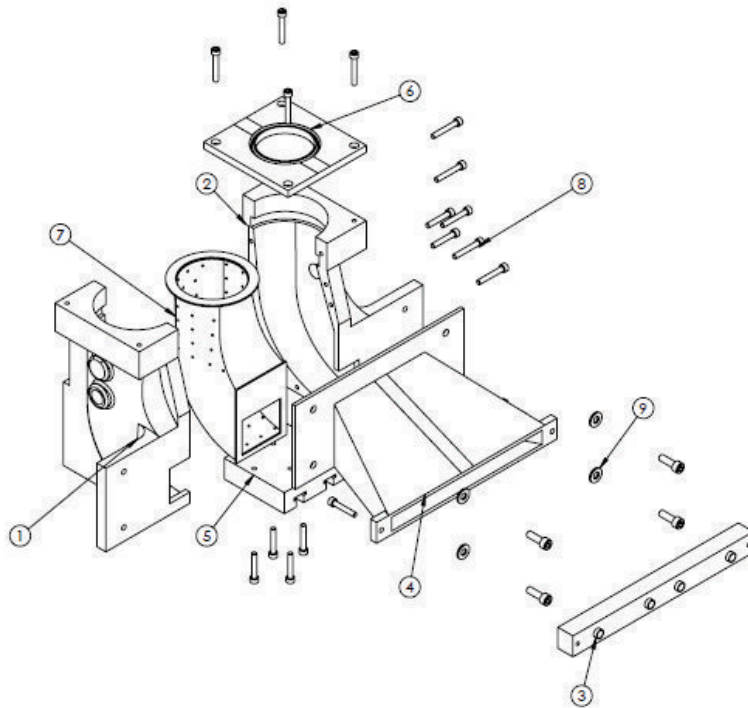


Figura 4-31 Cabezal de soplado

Tabla 4-2 Partes del cabezal de soplado

ITEM NO.	PIEZA	CANTIDAD
1	Cabezal parte 1	1
2	Cabezal parte 2	1
3	Placa boquilla de soplado	1
4	Boquilla de soplado	1
5	Carro de desplazamiento	1
6	Placa reducción ingreso de arena	1
7	Cámara de fluidización	1
8	Pernos M6	21
9	Pernos M8	4

Desplazamiento del cabezal.

Para permitir el movimiento del cabezal de soplado hacia la matriz de hoyos se debe ensamblar la base de soporte la cual está conformada por

una placa base y dos rieles guías para el desplazamiento, en la Figura 4-32 se muestra el despiece del conjunto.

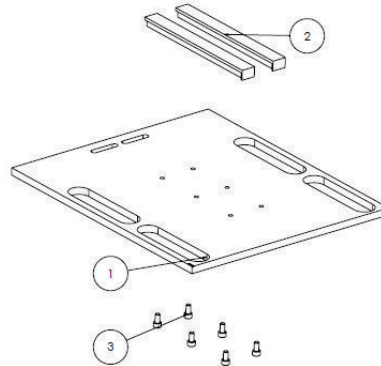


Figura 4-32 Base para el desplazamiento del cabezal

Tabla 4-3 Partes de la base para el desplazamiento del cabezal

ITEM NO.	PIEZA	CANTIDAD
1	Base soporte	1
2	Rieles de desplazamiento	2
3	Pernos de sujeción M6x35	6

Movimiento cabezal- corte de arena.

Este conjunto está conformado por:

- Placa de soporte
- Pistón de desplazamiento
- Pistón de corte de flujo de arena
- Placa de corte
- Aspersor de aire

En la Figura 4-33 se muestra el despiece del conjunto y las partes constituyentes del mismo.

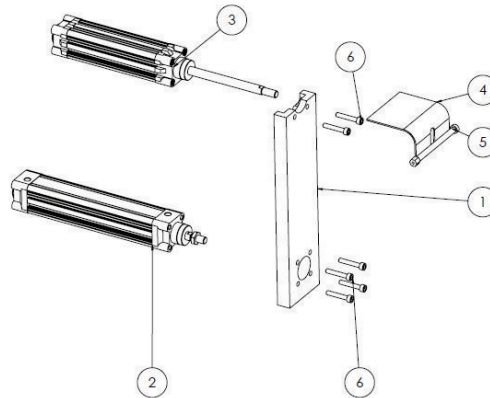


Figura 4-33 Movimiento de cabezal- corte de arena

Tabla 4-4 Partes del movimiento de cabezal- corte de arena

ITEM NO.	PIEZA	CANTIDAD
1	Placa de soporte pistones mov. Corte arena	1
2	Pistón doble efecto 32 -160	1
3	Pistón doble efecto 32 -100	1
4	Placa de corte de arena	1
5	Aspersor de aire	1
6	Pernos de sujeción M6x40	4

Importante: Al momento de colocar el pistón de corte de arena debe cerciorarse de que la orientación de las conexiones de aire estén hacia abajo paralelas a la placa de soporte.

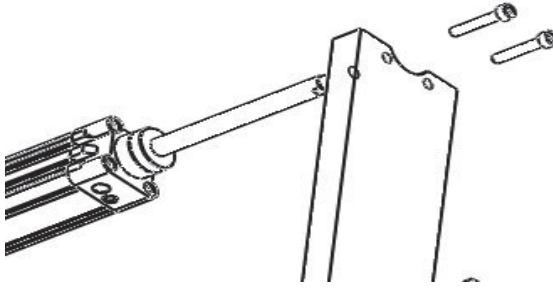


Figura 4-34 Pistón corte de arena

Montaje en máquina

Una vez armado cada conjunto anteriormente descritos se procede a montarlos en el armazón principal de la máquina.

Montaje base-soporte.

Como primer paso se coloca la base de soporte, en la Figura 4-35 se muestra la manera correcta de hacerlo. En la tabla 4-5 se indica detalle de cada componente

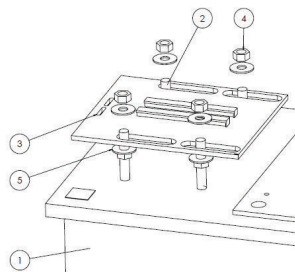
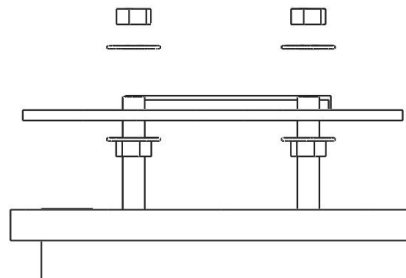


Figura 4-35 Montaje base- soporte en la máquina

Tabla 4-5 Piezas para el montaje de la base- soporte a la máquina

ITEM NO.	PIEZA	CANTIDAD
1	Armazón principal	1
2	Pernos de soporte	4
3	Conjunto desplazamiento	1
4	Tuerca de sujeción 1/2 "	8
5	Arandela de sujeción 1/2"	8

**Figura 4-36 Ubicación de tuercas para la base- soporte máquina**

Importante: La distancia entre la mesa del armazón y las arandelas inferiores de soporte debe ser de 80 mm, asegurando el mismo nivel de la boquilla del cabezal y el ingreso de arena de la matriz

Montaje Cabezal

Instalada la base-soporte en la máquina se procede a colocar el cabezal de soplado, haciendo coincidir los rieles de la base soporte con las guías del carro de desplazamiento del cabezal. La Figura 4-37 muestra el procedimiento a seguir.

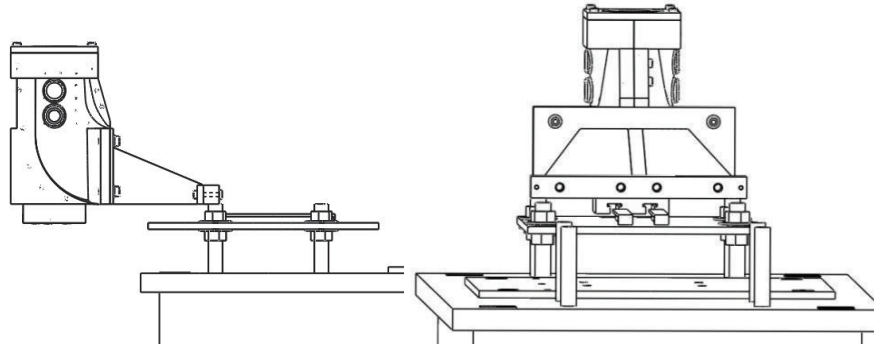


Figura 4-37 Montaje cabezal en la máquina

Montaje Placa de movimiento de cabezal y corte de arena.

Después de haber colocado el cabezal de soplado en la base-soporte se ubica la placa de movimiento del cabezal y corte de arena.

Está quedara sujeta a la base soporte mediante pernos M8 como se muestra en la Figura 4-38.

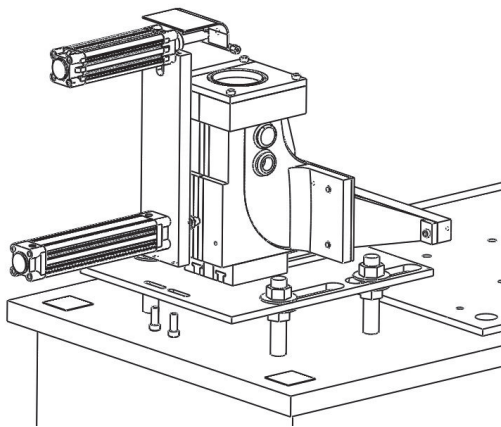


Figura 4-38 Montaje placa de movimiento y corte de arena.

Montaje Placa de sujeción de manguera-sellado cabezal

Como último paso se ubica las placas para la sujeción de la manguera que transportará la arena desde las tolva hacia el cabezal y la placa de sellado del ingreso de arena.

En la Figura 4-39 y Figura 4-40 se muestra el procedimiento a seguir.

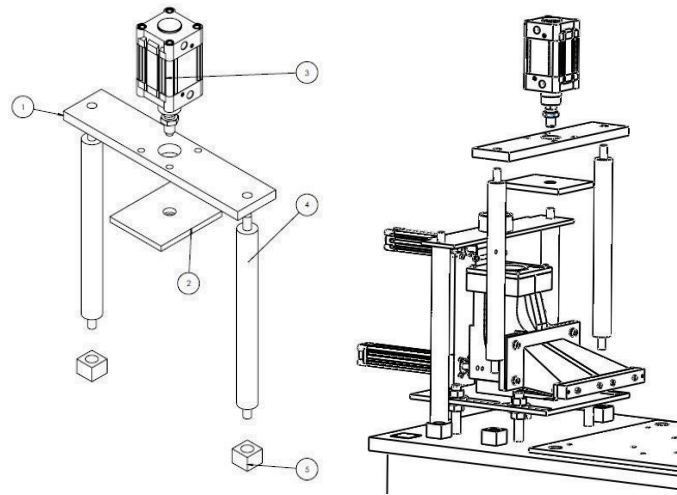


Figura 4-39 Montaje placa de sellado del cabezal.

Tabla 4- Elementos utilizados en el montaje de la placa sellado de cabezal

ITEM NO.	PIEZA	CANTIDAD
1	Placa soporte pistón de sellado	1
2	Placa de sellado	1
3	Pistón sellado 80-20mm	1
4	Pedestal soporte	2
5	Tocho de fijación rosca interna M16	2

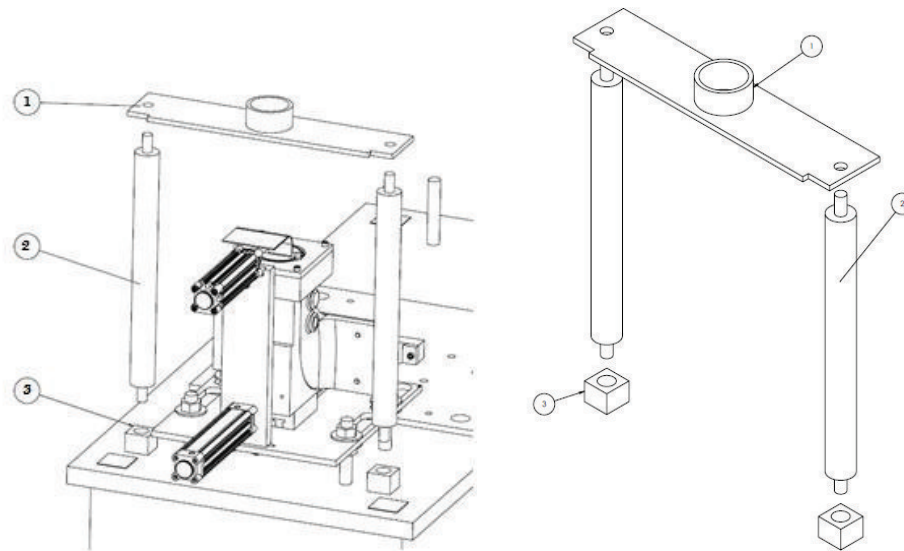


Figura 4-40 Montaje Placa sujeción de manguera

Tabla 4-6 Elementos ensamble placa sujeción de manguera

ITEM NO.	PIEZA	CANTIDAD
1	Placa sujeción manguera	1
2	Pedestal soporte	2
3	Tocho de fijación rosca interna M16	2

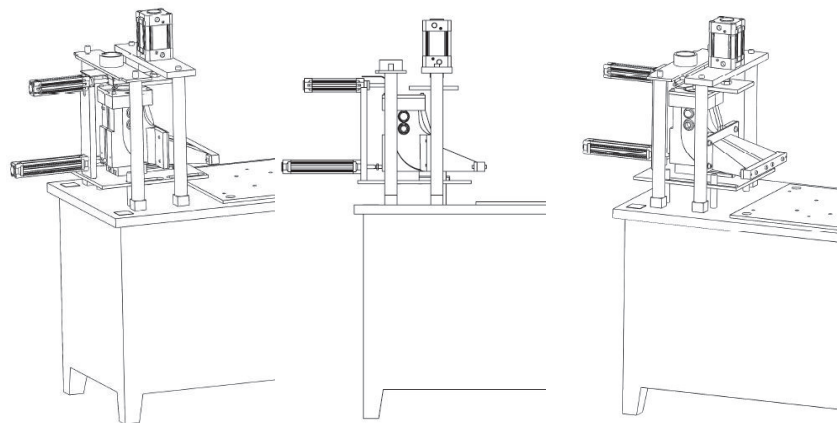


Figura 4-41 Ensamble subsistema de soplado

4.3.2 INSTALACIÓN NEUMÁTICA

Para la instalación neumática de los actuadores que intervienen en el funcionamiento de la máquina se realizó una selección previa como fue presentada en el capítulo 3.

Tomando en consideración el espacio en la máquina se procedió con el montaje de actuadores y electroválvulas.

4.3.2.1 MONTAJE ACTUADORES

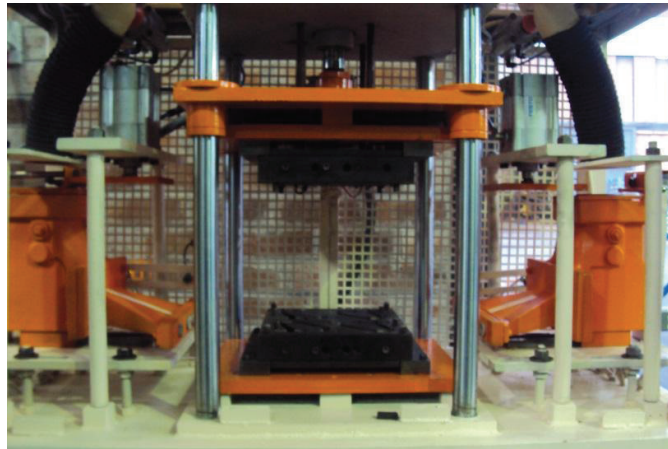


Figura 4-42 Montaje actuadores neumáticos en la máquina

A continuación se describe el montaje de todos los actuadores necesarios para generar el funcionamiento de la máquina.

Vibración de las tolvas

Los actuadores que generarán la vibración de las tolvas son pistones de 50 mm de diámetro de émbolo y 100 mm de carrera, deberán ser ubicados en la estructura superior para que golpee la tolva y se genere la vibración, en la siguiente Figura se indica la ubicación exacta de los pistones.

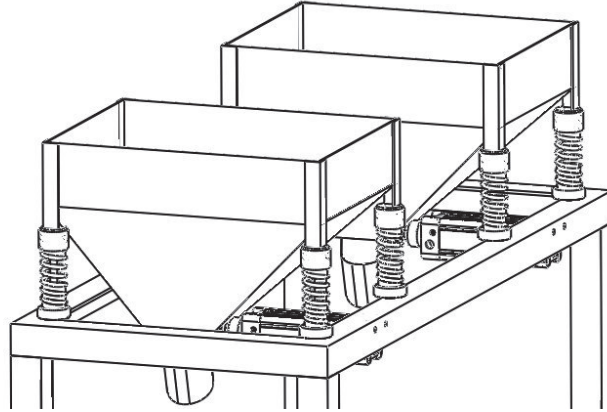


Figura 4-43 Ubicación de los pistones de vibración

Cabezales de soplado

En los cabezales de soplado se necesitan 2 actuadores lineales tanto para el corte de la arena como para el desplazamiento de los cabezales de soplado como se observa en la Figura 4-44

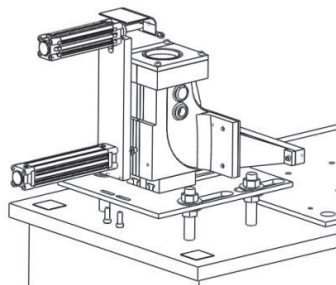


Figura 4-44 Pistones para el corte de la arena y desplazamiento

Adicional a estos actuadores, se cuenta con un pequeño tubo de cobre, el mismo que posee agujeros pequeños, los mismos que permitirán la salida de aire para la limpieza de la arena que exista sobre el cabezal.

Matriz de noyos

Para el movimiento de la matriz se posee un pistón de diámetro de émbolo de 125 mm y 500 mm de carrera. En la Figura 4-45 se puede observar la ubicación del actuador.

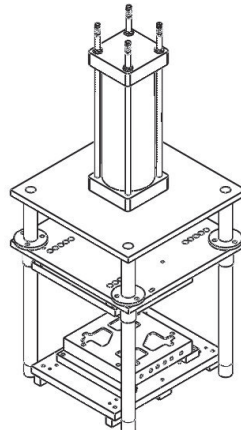


Figura 4-45 Actuador para la apertura de la matriz

Sellado de cabezales

Para el sellado de los cabezales se emplean pistones de 80 mm de diámetro y 20 mm de carrera. Serán posicionados en la parte superior del cabezal para evitar posibles fugas de aire que afecten a la fluidización de la cámara. En la Figura 4-46 se observa la ubicación exacta de los pistones

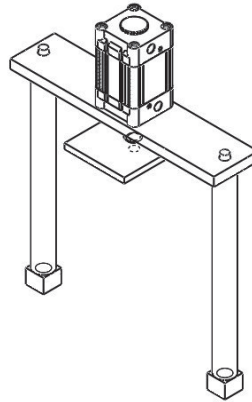


Figura 4-46 Actuator para el sellado de los cabezales

4.3.2.2 MONTAJE ELECTROVÁLVULAS

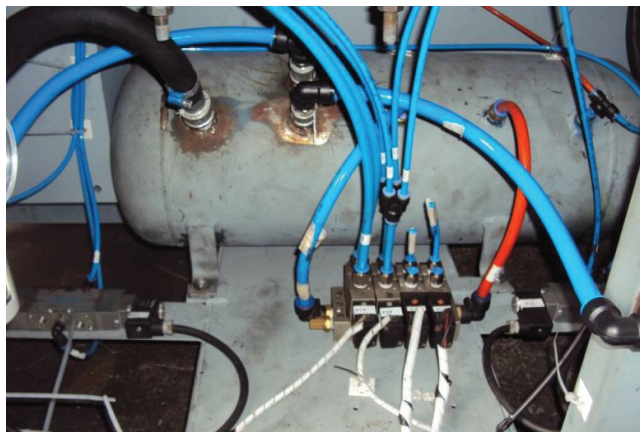


Figura 4-47 Instalación de electroválvulas

Para todos los actuadores que se detallaron en la sección 4.3.2.1 se necesitarán electroválvulas, adicional de los actuadores también se requieren para el soplado de los cabezales y para el tubo que realizará la limpieza de la parte superior del cabezal, en la tabla 4-8 se detalla el tipo de electroválvulas que se emplearán en cada caso

Tabla 4-7 Electroválvulas instaladas en la noyera

ELECTROVÁLVULAS UTILIZADAS EN LOS DISTINTOS PROCESOS			
FUNCIÓN	CANTIDAD	TIPO DE ELECTROVÁLVULA	
Vibración de las tolvas	2	5X3 BIESTABLE	
Desplazamiento de matriz	1	5X3 MONOESTABLE	
Desplazamiento de cabezales	1	5X3 MONOESTABLE	
Corte de arena	1	3X2 MONOESTABLE	
Soplado de cabezales	2	3X2 MONOESTABLE	
Soplado limpieza de cabezal	1	3X2 MONOESTABLE	
Sellado de cabezales	1	5x3 MONOESTABLE	

4.3.3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA/ ELECTRÓNICA



Figura 4-48 Instalaciones eléctricas y electrónicas de la máquina

A continuación se detallarán los distintos tipos de instalaciones realizadas para cubrir los requerimientos de la máquina.

4.3.3.1 MONTAJE TABLERO DE CONTROL

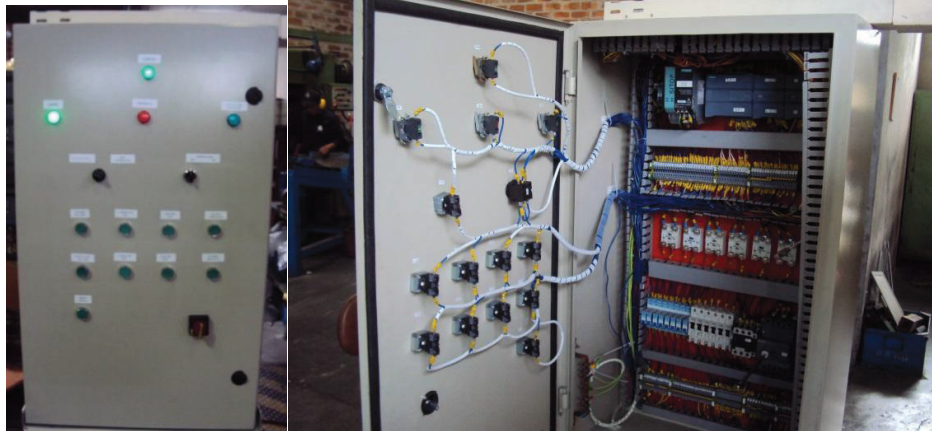


Figura 4-49 Tablero de control interno y externo

Montaje tablero de control interno

Siguiendo los planos eléctricos (ver anexos) se inició con el montaje del tablero interno, primero se procedió a la ubicación de las canaletas para direccionar todos los conductores eléctricos como se observa en la Figura 4-50



Figura 4-50 Montaje canaletas en tablero

Posterior a esto se procedió al montaje de las rieles DIN, en las mismas se ubicarán los elementos descritos en la sección de diseño eléctrico/ electrónico



Figura 4-51 Rieles DIN, montaje de elementos

Existen ciertos elementos que no poseen sujeción para riel DIN como el switch trifásico y los relés de estado sólido, los mismos han sido montados directamente en la placa de fondo del tablero de control.

Los elementos que si poseen sujeción a riel DIN fueron montados en sus respectivos niveles como se muestra en la Figura 4-52



Figura 4-52 Montaje de elementos en el tablero de control

Posterior al montaje de todos los elementos se procedió al cableado y etiquetado de los conductores en el tablero, respetando la distribución diseñada en los planos eléctricos y tomando en consideración el calibre de los conductores para cada aplicación. En el caso de trabajar con corriente alterna para el manejo de las resistencias y energizado del tablero de control se usa alambre antiflama color negro de calibre 12 AWG, en el caso de señales de corriente continua se utiliza cable antiflama color azul calibre 18 AWG, para las señales de las termocuplas se emplea cable rojo y blanco antiflama calibre 18 AWG para identificar los terminales positivos y negativos de las termocuplas.



Figura 4-53 Borneras de entradas digitales al PLC



Figura 4-54 Borneras de entradas análogas del PLC



Figura 4-55 Energizado al tablero de control de la máquina

Cada conductor eléctrico deberá encontrarse debidamente etiquetado al inicio y al final del mismo, adicional a esto cada terminal deberá encontrarse ponchado con terminales ferrul para asegurar la correcta conexión de todos los elementos entre sí.

Posterior al cableado total del tablero interno, se procedió con el montaje de los elementos necesarios en la parte frontal del tablero



Figura 4-56 Cableado interno del tablero de control

Una vez cableado todo el tablero de control se procedió al etiquetado de los elementos y numeración de las borneras para poder ser ubicados fácilmente en los planos eléctricos.

Montaje tablero de control externo

Para el montaje de los elementos que se encuentran en la parte externa del tablero de control se debieron tomar las medidas exactas de la distancia

entre cada elemento y su correcta ubicación para posterior a esto realizar los cortes necesarios mediante el uso de saca bocados de ½”.

4.3.3.2 MONTAJE PULSADORES Y TOUCH PANEL EN LA MÁQUINA



Figura 4-57 Touch panel y pulsadores- Máquina

Para realizar el descenso de la matriz o el inicio del ciclo semiautomático (izquierdo- derecho o ambos) se deberá presionar ambos pulsadores verdes, los mismos que fueron ubicados a una distancia adecuada para que el operario ocupe ambas manos a la vez.

Se dispuso del touch panel para realizar el manejo manual o semiautomático de la máquina desde el mismo, a la vez que para la configuración de parámetros que pueden ser variables como el tiempo de curado de los noyos, tiempo de vibración de las tolvas, tiempos de soplado de los cabezales y temperatura a la que se desea tener la planta.

Se poseen los pulsadores de seguridad tanto el paro de emergencia como el reset de la máquina.

El cableado se lo realizó con cable antifiama color azul antifiama de calibre 18 AWG ya que todas las señales aquí empleadas son de corriente continua.

El etiquetado y ponchado de los cables es el mismo que se realizó en el tablero de control, respetando siempre las señales que tendrán los conductores y las etiquetas de los elementos.

Estas señales para ser enviadas al tablero de control primero pasan a las cajas de paso que cuentan con borneras para su posterior envío de señales al tablero de control.

4.3.3.3 MONTAJE DE SENSORES

En el montaje de los sensores de la máquina se debe guiar de los planos eléctricos de la misma, ya que una mala ubicación de los sensores puede ocasionar que los modos de operación de la máquina no sean los deseados.

- Conexión sensores inductivos



Figura 4-58 Sensor inductivo

Los sensores inductivos presentan en sus terminales 3 terminales de colores café, negro y azul, cada uno teniendo un respectivo propósito como se muestra a continuación:

Tabla 4-8 Terminales sensor inductivo

SENSOR INDUCTIVO NBB5-186M50-E2	
COLOR	FUNCIÓN
Negro	Señal de control
Café	Conexión a alimentación 24V
Azul	Conexión a 0V

Conecte los terminales como se indican en los planos eléctricos, caso contrario el sensor no cumplirá su propósito, ocasionando así un fallo en el funcionamiento del programa de la máquina o un daño permanente en el sensor.

En la máquina se encuentran dispuestos para detectar las posiciones de los actuadores neumáticos como se muestra en la Figura 4-59

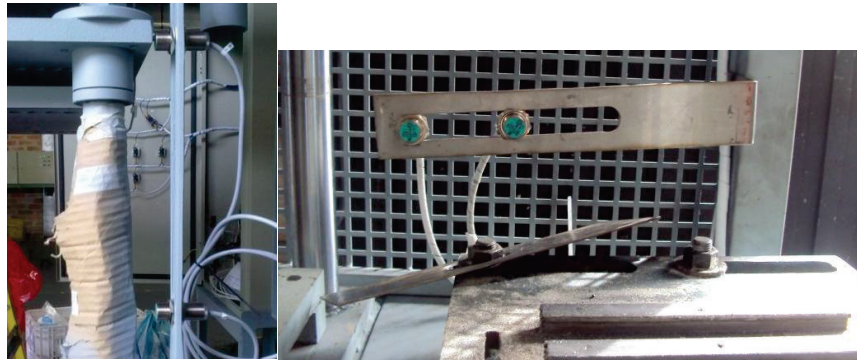


Figura 4-59 Ubicación sensores inductivos

- Conexión sensores magnéticos



Figura 4-60 Sensor magnético

Al igual que los sensores inductivos, los sensores finales de carrera de tipo magnético presentan 3 terminales azul, negro y café que se conectan de la siguiente manera.

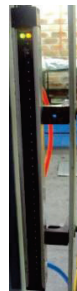
Tabla 4-9 Terminales sensor magnético

SENSOR MAGNÉTICO SME-8-K-LED-24V	
COLOR	FUNCIÓN
Negro	Señal de control
Café	Conexión a alimentación 24V
Azul	Conexión a 0V

Los sensores magnéticos han sido ubicados en los pistones de sellado del cabezal para detectar cuando los mismos se encuentren en su posición contraída.

- Conexión cortina de seguridad fotoeléctrica

La cortina de seguridad utilizada para proteger a la persona que opere la máquina de riesgos como aplastamiento por la matriz o por los pistones de hermetizado. Posee dos partes, el emisor y el receptor mismos que poseen su respetiva distribución

**Figura 4-61 Montaje cortina de seguridad**

Para observar a detalle la conexión de la cortina de seguridad, ver planos eléctricos (Anexo C) .

- Conexión interruptor de seguridad

El interruptor de seguridad es utilizado en la puerta posterior que posee la máquina, el mismo que impedirá el funcionamiento de la máquina en el caso de detectarse abierta la puerta. Su conexión es de dos terminales debidamente etiquetados, mismos que se conectan de la siguiente manera:

Tabla 4-10 Conexiones interruptor de seguridad

INTERRUPTOR DE SEGURIDAD LSR-S11-1-I/TKG	
ETIQUETA	FUNCIÓN
I02	Señal de control
24V	Conexión a alimentación 24V

- Termocuplas

Las termocuplas utilizadas como sensor de temperatura para la matriz, son distribuidas en distintas regiones de la misma. Son termocuplas tipo J, poseen dos terminales uno de color rojo y otro blanco, con su respectiva polaridad:

Tabla 4-11 Polaridad terminales termocupla

TERMOCUPLAS TIPO J 30CJFFF078A	
COLOR	FUNCIÓN
Blanco	Polaridad positiva
Roja	Polaridad negativa

Conecte los terminales como se indican en los planos eléctricos, respetando la polaridad de cada terminal, caso contrario se puede ocasionar

una señal incorrecta de la temperatura que se desee obtener, provocando que el controlador de temperatura no cumpla su propósito.

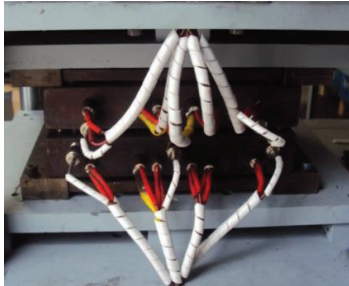


Figura 4-62 Ubicación de termocuplas y resistencias eléctricas

MONTAJE CAJAS DE PASO



Figura 4-63 Montaje cajas de paso

En las cajas de paso se encuentran ubicados los sensores inductivos utilizados como finales de carrera del movimiento de la matriz, los cabezales y pistones de hermetizado, sensores magnéticos como finales de carrera para los pistones de hermetizado, interruptor de seguridad para detección de la puerta abierta y cortina fotoeléctrica para la detección de presencia de operario u objeto que impidan los movimientos de la matriz y de los pistones de hermetizado como seguridad para el operario.

Tabla 4-12 Caja de paso 1- Grupo de borneras X5

CAJA DE PASO 1- GRUPO DE BORNERAS X5		
ELEMENTO	ETIQUETADO	BORNE
SEÑAL DE CONTROL HACIA BOBINA DE ELECTROVÁLVULA DE CORTINA DE AIRE	E11	59
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	60
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	61
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24 V	62
SEÑAL DE CONTROL DESDE SENSOR PISTON HERMETIZADO DERECHO	I130	63
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24 V	64
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	65
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	66
SEÑAL DE CONTROL DESDE SENSOR PRESENCIA DE OPERARIO	I01	67
TIERRA	GND	68
TIERRA	GND	69
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24V	70

Tabla 4-13 Caja de paso 2- Grupo de borneras X6

CAJA DE PASO 2- GRUPO DE BORNERAS X6		
ELEMENTO	ETIQUETADO	BORNE
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	71
TIERRA	GND	72
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24V	73
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24V	74
SEÑAL DE CONTROL DE BOTÓN 1 PARA CERRADO DE MOLDE O INICIO DE CICLO SEMIAUTOMÁTICO	I120	75
SEÑAL DE CONTROL DE BOTÓN DE PARO DE EMERGENCIA	I14	76
SEÑAL DE CONTROL DE BOTÓN RESET	I06	77

SEÑAL DE CONTROL DE BOTÓN 2 PARA CERRADO DE MOLDE O INICIO DE CICLO SEMIAUTOMÁTICO	I00	78
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24V	79
SEÑAL DE CONTROL DESDE INTERRUPTOR DE SEGURIDAD DE LA PUERTA	I02	80
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	81
SEÑAL DE CONTROL DESDE SENSOR PISTON HERMETIZADO IZQUIERDO	I131	82
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24V	83
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24V	84
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	85
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	86
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24V	87
SEÑAL DE CONTROL DESDE SENSOR DE POSICIÓN CONTRAIDA DE LA MATRIZ	I03	88
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	89
SEÑAL DE CONTROL HACIA BOBINA DE ELECTROVÁLVULA DE CORTE DE ARENA	E10	90
SEÑAL DE CONTROL HACIA BOBINA DE ELECTROVÁLVULA DE HERMETIZADO	E9	91

Tabla 4-14 Caja de paso 3- Grupo de borneras X7

CAJA DE PASO 3- GRUPO DE BORNERAS X7		
ELEMENTO	ETIQUETADO	BORNE
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24 V	92
SEÑAL DE CONTROL DESDE SENSOR DE POSICIÓN CONTRAIDA DEL CABEZAL DERECHO	I11	93
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	94
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	95

SEÑAL DE CONTROL DESDE SENSOR DE POSICIÓN EXPANDIDA DEL CABEZAL DERECHO	I13	96
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24 V	97
SEÑAL DE CONTROL HACIA BOBINA 1 DE ELECTROVÁLVULA DE VIBRACIÓN DERECHA	E2	98
TIERRA	GND	99
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	100
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	101
SEÑAL DE CONTROL HACIA BOBINA DE ELECTROVÁLVULA DE LA MATRIZ	E3	102
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	103
TIERRA	GND	104
SEÑAL DE CONTROL HACIA BOBINA 2 DE ELECTROVÁLVULA DE VIBRACIÓN DERECHA	E7	105

Tabla 4-15 Caja de paso 4- Grupo de borneras X8

CAJA DE PASO 4- GRUPO DE BORNERAS X8		
ELEMENTO	ETIQUETADO	BORNE
SEÑAL DE CONTROL DESDE SENSOR DE POSICIÓN EXPANDIDA DE LA MATRIZ	I07	106
SEÑAL DE CONTROL DESDE SENSOR DE POSICIÓN CONTRAIDA DEL CABEZAL IZQUIERDO	I10	107
SEÑAL DE CONTROL DESDE SENSOR DE POSICIÓN EXPANDIDA DEL CABEZAL IZQUIERDO	I12	108
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24 V	109
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24 V	110
VOLTAJE 24 V A ELEMENTO DC	24 V	111
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	112
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	113
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	114
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	115

SEÑAL DE CONTROL HACIA BOBINA DE ELECTROVÁLVULA DE LOS CABEZALES	E4	116
SEÑAL DE CONTROL HACIA BOBINA 2 DE ELECTROVÁLVULA DE VIBRACIÓN IZQUIERDA	E8	117
SEÑAL DE CONTROL HACIA BOBINA 1 DE ELECTROVÁLVULA DE VIBRACIÓN IZQUIERDA	E1	118
TIERRA	GND	119
TIERRA	GND	120
TIERRA	GND	121
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	122
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	123
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	124
VOLTAJE 0 V A ELEMENTO DC	M	125
SEÑAL DE CONTROL HACIA BOBINA DE ELECTROVÁLVULA DE SOPLADO DERECHO	E5	126
SEÑAL DE CONTROL HACIA BOBINA DE ELECTROVÁLVULA DE SOPLADO IZQUIERDO	E6	127

Además se tienen dispuestas las borneras para las señales de control de las electroválvulas, señales comunes a 24 V dc y 0 V. De cada caja de paso saldrán cables sucre de 25 hilos calibre 16 AWG, los mismos que ingresarán al tablero de control para conectarse tanto a los bornes de entrada como de salida dispuestos en el nivel 2 y nivel 5



Figura 4-64 Caja de paso con salida de cable sucre 25x16

4.3.3.4 MONTAJE DE CLAVIJAS



Figura 4-65 Clavija

En las clavijas se encuentran dispuestas las termocuplas, con su respectiva polaridad y ubicación para cada región destinada, al igual que la conexión de las resistencias eléctricas empleadas para el calentamiento de las placas de la matriz. A continuación se detalla la ubicación de cada elemento en sus respectivos bornes

Tabla 4-16 Clavija inferior

CLAVIJA INFERIOR (CLI)		
ELEMENTO	ETIQUETADO	BORNE
TERMOCUPLA INFERIOR IZQUIERDA (TLI)	IW2+	1
	IW2-	2
TERMOCUPLA INFERIOR CENTRAL (TCI)	IW4+	3
	IW4-	4
TERMOCUPLA INFERIOR DERECHA (TRI)	IW6+	5
	IW6-	6
RESISTENCIA INFERIOR IZQUIERDA (RLI)	R1	7
RESISTENCIAS INFERIORES CENTRALES (RCI)	R2	8
	R2	9
	R2	10
	R2	11
RESISTENCIA INFERIOR DERECHA (RRI)	R3	12
NEUTROS DE LAS RESISTENCIAS	N	13
	N	14
	N	15
	N	16

Tabla 4-17 Clavija superior

CLAVIJA SUPERIOR (CSI)		
ELEMENTO	ETIQUETADO	BORNE
TERMOCUPLA SUPERIOR IZQUIERDA (TLS)	IW8+	1
TERMOCUPLA SUPERIOR CENTRAL (TCS)	IW8-	7
TERMOCUPLA SUPERIOR DERECHA (TRS)	IW10+	3
RESISTENCIA SUPERIOR IZQUIERDA (RLS)	IW10-	4
RESISTENCIAS SUPERIOR CENTRALES (RCS)	IW12+	5
RESISTENCIA SUPERIOR DERECHA (RRS)	IW12-	6
RESISTENCIAS SUPERIOR CENTRALES (RCS)	R4	2
RESISTENCIAS SUPERIOR CENTRALES (RCS)	R5	8
RESISTENCIAS SUPERIOR CENTRALES (RCS)	R5	9
RESISTENCIAS SUPERIOR CENTRALES (RCS)	R5	10
RESISTENCIAS SUPERIOR CENTRALES (RCS)	R5	11
RESISTENCIA SUPERIOR DERECHA (RRS)	R6	12
NEUTROS DE LAS RESISTENCIAS	N	13
NEUTROS DE LAS RESISTENCIAS	N	14
NEUTROS DE LAS RESISTENCIAS	N	15
NEUTROS DE LAS RESISTENCIAS	N	16

4.4 PRUEBAS Y RESULTADOS

Posterior al montaje mecánico, neumático, eléctrico y electrónico se procedió a las pruebas de la máquina para obtener los parámetros necesarios para la correcta formación de noyos.

Los parámetros a determinarse serán:

- Tiempo de vibración de las tolvas
- Tiempo de curado de noyos
- Tiempo de soplado de los cabezales
- Temperatura idónea para el curado de los noyos

4.4.1 PRUEBAS PARA DETERMINAR LA FRECUENCIA DE VIBRACIÓN.

Tabla 4-18 Pruebas para el tiempo de vibración

N. de prueba	Cantidad arena en tolva (Kg)	Peso neto arena en recipiente (Kg)	Cantidad arena descendiente (Kg)	Cantidad arena no descendiente (Kg)	Tiempo
1	12,67	13,06	12,35	0,32	30s
2	12,35	12,79	12,08	0,27	25s
3	12,08	12,35	11,64	0,44	20s
4	11,64	11,85	11,14	0,5	15s
5	11,14	7,3	6,59	4,55	10s
6	6,59	3,95	3,24	3,35	5s
7	3,24	3	2,29	0,95	4s
8	2,29	2,25	1,54	0,75	3s
9	1,54	1,5	0,79	0,75	2s

Posterior a la toma de datos, se pudo comprobar que el tiempo necesario para la oscilación de las tolvas varía de 2 a 3 segundos, tiempo necesario para poder llenar de arena la cámara de fluidización y se pueda realizar la inyección de arena hacia los moldes.

Para efectos de realizar la carga de arena de manera precisa y con la menor cantidad de desperdicios, se dispuso el dejar ésta opción como manera de operación manual para cualquiera de los modos e ingreso del tiempo de vibración mediante el HMI, de esta manera al momento de existir requerimiento de mayor cantidad de tiempo para la vibración de las tolvas, el operario podrá ingresar el mismo mediante el HMI anteriormente descrita.

Los tiempos para la vibración de las tolvas deben ser mayores a 1 segundo por efectos de pausa en la programación.

Tabla 4-19 Pruebas para la frecuencia de vibración.

N. de prueba	Cantidad arena en tolva (Kg)	Cantidad arena descendiente (Kg)	Cantidad arena no descendiente (Kg)	Tiempo entrada/salida del pistón (ms)	Tiempo de ciclo de vibración (s)
1	4	0,6500	3,3500	1000	3
2	4	0,9050	3,0950	900	3
3	4	1,4770	2,5230	800	3
4	4	1,9530	2,0470	700	3
5	4	2,4590	1,5410	600	3
6	4	2,9500	1,0500	500	3
7	4	3,4820	0,5180	400	3
8	4	3,8800	0,1200	300	3

Mediante las pruebas realizadas, se fue observando el temporizado que debe tener el actuador que genera la vibración. El temporizado ideal para la correcta vibración de las tolvas es de 300 ms, esto implica que el actuador permanecerá 300 ms en su posición contraída y 300 ms en posición expandida, generando así 100 veces la entrada y salida del actuador en un tiempo de 3 segundos, obteniendo así:

$$Frecuencia\ tolvas = \frac{100\ veces}{3\ seg}$$

$$Frecuencia\ tolvas = 33,33\ Hz$$

4.4.2 PRUEBAS PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE CONTROL.

En las presentes pruebas se determinarán los parámetros necesarios para el control de la formación de noyos, los mismos son:

- Temperatura de curado
- Tiempo de soplado
- Tiempo de curado

4.4.2.1 PRUEBA 1

Tabla 4-20 Parámetros prueba 1

DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE CURADO Y SOPLADO DE NOYOS- TEMPERATURA DE CURADO/ PRUEBA 1	
PARÁMETROS	VALORES
TEMPERATURA	250° C
TIEMPO DE SOPLADO	0.5 seg
TIEMPO DE CURADO	15-20 seg
TIEMPO DE VIBRACIÓN	2-3 seg
MODO DE OPERACIÓN	MANUAL
CABEZAL PROBADO	IZQUIERDO
NOYOS ESPERADOS	30 UNIDADES
NOYOS CONDICIONES ÓPTIMAS	7 UNIDADES
NOYOS MALOS	23 UNIDADES



Figura 4-66 Noyos prueba 1

Los noyos obtenidos en la primera prueba, formados por completo, presentaban un aspecto compacto, demostrando que la fluidización se estaba realizando bien, pero no presentaban una suficiente resistencia a la manipulación, ya que eran frágiles a la manipulación. Al tener la mayoría de noyos incompletos se pudo concluir que se debía incrementar el tiempo de soplado. La temperatura para este tipo de mezcla presentó buenos resultados y el tiempo de vibración permitió que se llene por completo el cabezal, definiendo así que el mismo debía mantenerse para evitar el llenado excesivo del cabezal. Se observó que los noyos al momento de salir de la matriz se rompían en el mismo lugar siempre, analizando que existía un problema con la matriz por la falta de uno de los expulsores de la misma, por lo que se tuvo que implementar uno nuevo. Adicional a esto se observó que se necesitaba tener salidas de aire en la matriz para un mejor llenado de los noyos.



Figura 4-67 Noyos sin llenado completo



Figura 4-68 Noyos con rompimiento debido a falta de expulsor.

4.4.2.2 PRUEBA 2

Tabla 4-21 Parámetros prueba 2

DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE CURADO Y SOPLADO DE NOYOS- TEMPERATURA DE CURADO/ PRUEBA 2	
PARÁMETROS	VALORES
TEMPERATURA	180°C
TIEMPO DE SOPLADO	1.5 seg
TIEMPO DE CURADO	20 seg
TIEMPO DE VIBRACIÓN	2-3 seg
MODO DE OPERACIÓN	MANUAL
CABEZAL PROBADO	IZQUIERDO
NOYOS ESPERADOS	34 UNIDADES
NOYOS CONDICIONES ÓPTIMAS	19 UNIDADES
NOYOS MALOS	15 UNIDADES



Figura 4-69 Noyo prueba 2

Se obtuvieron mejores resultados al corregir los errores de la matriz. De igual forma hubo cambio en el tipo de mezcla que se utilizó, ya que se comenzó a trabajar con la mezcla de arena que normalmente utilizan en la empresa, con distintos porcentajes de resina, endurecedor y arena, como se indicó en la sección 2.4, por lo que de igual manera se debió reducir la temperatura con la que se estaba trabajando. Para que exista un mejor

curado de los noyos, se determinó incrementar el tiempo de permanencia en la matriz.

4.4.2.3 PRUEBA 3

Tabla 4-22 Parámetros prueba 3

DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE CURADO Y SOPLADO DE NOYOS- TEMPERATURA DE CURADO/ PRUEBA 3		
PARÁMETROS	VALORES	
TEMPERATURA	220° C	
TIEMPO DE SOPLADO	1.1 seg	
TIEMPO DE CURADO	25 seg	
TIEMPO DE VIBRACIÓN	3 seg	
MODO DE OPERACIÓN	MANUAL	
CABEZAL PROBADO	IZQUIERDO DERECHO	Y
NOYOS ESPERADOS	30 UNIDADES	
NOYOS ÓPTIMAS	CONDICIONES	5 UNIDADES
NOYOS MALOS	25 UNIDADES	

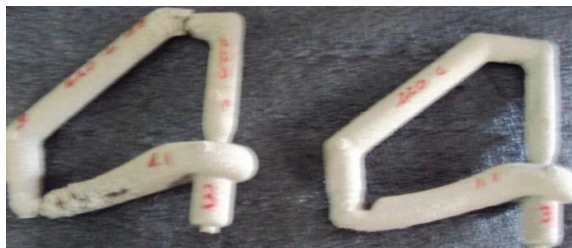


Figura 4-70 Noyos prueba 3

En las pruebas anteriormente realizadas, únicamente se había realizado pruebas con un cabezal a la vez. En la prueba 3 se realizaron las pruebas haciendo trabajar ambos cabezales a la vez, pero se presenció que por la toma de aire que se posee no se lo lograría. Sin embargo se obtuvieron ciertos noyos que lograron formarse a pesar de no poseer el caudal necesario para realizarse la fluidización.

4.4.2.4 PRUEBA 4

Tabla 4-23 Parámetros prueba 4

DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE CURADO Y SOPLADO DE NOYOS- TEMPERATURA DE CURADO/ PRUEBA 4	
PARÁMETROS	VALORES
TEMPERATURA	230° C
TIEMPO DE SOPLADO	1.5 seg
TIEMPO DE CURADO	25 seg
TIEMPO DE VIBRACIÓN	2.3 seg
MODO DE OPERACIÓN	MANUAL
CABEZAL PROBADO	IZQUIERDO
NOYOS ESPERADOS	40 UNIDADES
NOYOS CONDICIONES ÓPTIMAS	10 UNIDADES
NOYOS MALOS	30 UNIDADES



Figura 4-71 Noyo prueba 4

Debido al tiempo de soplado, se observó muchas rebabas, teniendo así que disminuir el tiempo de soplado a 1 segundo.

4.4.2.5 PRUEBA 5

Tabla 4-24 Parámetros prueba 5

DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE CURADO Y SOPLADO DE NOYOS- TEMPERATURA DE CURADO/ PRUEBA 5	
PARÁMETROS	VALORES
TEMPERATURA	230° C
TIEMPO DE SOPLADO	1 seg
TIEMPO DE CURADO	30 seg
TIEMPO DE VIBRACIÓN	2.3 seg
MODO DE OPERACIÓN	MANUAL
CABEZAL PROBADO	DERECHO
NOYOS ESPERADOS	75 UNIDADES
NOYOS CONDICIONES ÓPTIMAS	40 UNIDADES
NOYOS MALOS	35 UNIDADES



Figura 4-72 Noyo prueba 5

Se observó disminución de las rebabas en los noyos, es decir menor cantidad de arena desperdiciada. El tiempo de curado, tiempo de soplado se mantienen constantes para la siguiente prueba. Se decide incrementar un poco más la temperatura.

4.4.2.6 PRUEBA 6

Tabla 4-25 Parámetros prueba 6

DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE CURADO Y SOPLADO DE NOYOS- TEMPERATURA DE CURADO/ PRUEBA 6	
PARÁMETROS	VALORES
TEMPERATURA	235° C
TIEMPO DE SOPLADO	1 seg
TIEMPO DE CURADO	30 seg
TIEMPO DE VIBRACIÓN	2.3 seg
MODO DE OPERACIÓN	MANUAL
CABEZAL PROBADO	IZQUIERDO
NOYOS ESPERADOS	20 UNIDADES
NOYOS CONDICIONES ÓPTIMAS	12 UNIDADES
NOYOS MALOS	8 UNIDADES



Figura 4-73 Noyos prueba 6

Se obtuvieron resultados mejores que en las anteriores pruebas, estableciendo así los parámetros de tiempo de curado, tiempo de soplado y temperatura de curado.

4.4.2.7 PRUEBA 7

Tabla 4-26 Parámetros prueba 7

DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE CURADO Y SOPLADO DE NOYOS- TEMPERATURA DE CURADO/ PRUEBA 7	
PARÁMETROS	VALORES
TEMPERATURA	235° C
TIEMPO DE SOPLADO	1 seg
TIEMPO DE CURADO	30 seg
TIEMPO DE VIBRACIÓN	2.3 seg
MODO DE OPERACIÓN	MANUAL
CABEZAL PROBADO	IZQUIERDO
NOYOS ESPERADOS	122 UNIDADES
NOYOS CONDICIONES ÓPTIMAS	109 UNIDADES
NOYOS MALOS	13 UNIDADES



Figura 4-74 Noyos prueba 7

Como prueba final se utilizaron 15 Kg para obtener mayor cantidad de noyos y observar la eficiencia de la máquina con los parámetros previamente analizados. Obteniendo así 109 noyos en perfectas condiciones para su posterior proceso en el horno de baja presión.

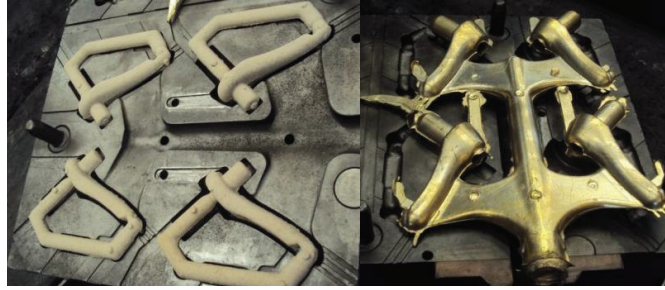


Figura 4-75 Proceso posterior a la formación de noyos
La eficiencia de la máquina será:

$$eficiencia = \frac{109 * 100}{122}$$

$$eficiencia = 89,3\%$$

De esta manera se pudo comprobar que la máquina es eficiente, pudiendo entrar a producción de noyos cuando la empresa lo requiera.

4.4.3 RESULTADOS

Posterior a las pruebas realizadas, la máquina es operativa, cumpliendo así con las expectativas de la empresa Franz Viegner Área Andina S.A., ya que la máquina en un inicio tenía una producción nula de noyos.

CAPÍTULO V

5 PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

En el presente capítulo se realizará un análisis del costo total del proyecto, tomando en consideración que varias partes de la máquina que fue implementada han sido recicladas de otras máquinas que han salido de operación en la fábrica, presentando así un ahorro para la empresa.

5.1 COSTO DE LA MÁQUINA

A continuación se presenta en detalle los gastos necesarios para la total construcción de la máquina y el costo real que tuvo la empresa en la inversión del proyecto.

Tabla 5-1 Costos directos

COSTOS DIRECTOS				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD NECESARIA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	INVERSIÓN EMPRESA
ACCIONAMIENTO GIRATORIO GRIS PARA BRAKER 3VT9100-3HA20 MARCA SIEMENS	1	14,4	14,4	14,4
ADAPTADOR BAYOTENA PARA TERMOCUPLA TH295-1	6	7,26	43,56	43,56
ARANDELAS	50	0,1	5	5
BARRA DE EXTENSIÓN DE 350 MM DE LONGITUD 3VT9100-3HJ10 MARCA SIEMENS	1	3,4	3,4	3,4
BORNERAS SIEMENS HASTA CABLE 12 AWG	200	1,22	244	244

BRAKER 1 POLO 16 AMP PARA RIEL DIN	2	5,31	10,62	10,62
BRAKER 1 POLO 6 A PARA RIEL DIN	4	7,72	30,88	30,88
BRAKER FIJO 3VT1706-2DA36-0AA0 MARCA SIEMENS	1	47,98	47,98	47,98
CABLE SUCRE 25X16 AWG	20	7	140	140
CABLE SUCRE 3X16 AWG	10	3	30	30
CABLE SUCRE 12X18 AWG	10	2,78	27,8	27,8
CAJAS DE PASO	4	7	28	28
CAJA DE ENCHUFE PARA BOBINA DE ELECTROVÁLVULA MSSD-F MARCA FESTO	6	4,05	24,3	24,3
CANALETAS DE 30 MM	3	18	54	54
CAUCHOS AMORTIGUADORES	16	0,75	12	12
CILINDRO DOBLE EFECTO DNCB-50-50- PPV-A MARCA FESTO	2	175,52	351,04	351,04
CLAVIJAS DE 16 ENTRADAS	2	300	600	0
CPU 1214C, 6ES7214- 1AE30-0XB0, 24 VDC, 14DI/10DO PLC S7- 1200 MARCA SIEMENS	1	468,95	468,95	468,95
ELECTROVÁLVULA BIESTABLE JMFH-5- 1/8-B MARCA FESTO	2	207,42	414,84	414,84
FUENTE SITOP SIEMENS 5 AMP 120/230 v, 24 VDC	1	214,14	214,14	214,14
FUNDICIÓN CABZAL DERECHO	4	125	500	500
FUNDICIÓN CÁMARA DE FLUIDIZACIÓN	2	200	400	400

INDUCTOR DE BOBINA PARA ELECTROVÁLVULA A 24 V MSFG-24-OD MARCA FESTO	4	20,93	83,72	83,72
INTERRUPTOR DE SEGURIDAD REF. LSR-S11-1-I/TKG COD. 106847 MARCA EATON MOELLER	1	73,18	73,18	73,18
LUZ PILOTO AZUL TIPO LED A 24 VDC	1	10,8	10,8	10,8
LUZ PILOTO ROJA TIPO LED A 24 VDC	1	10,8	10,8	10,8
LUZ PILOTO VERDE TIPO LED A 24 VDC	1	10,8	10,8	10,8
MANGUERA DE 3 IN DE DIÁMETRO	10	2	20	20
MANGUERA DE POLIURETANO PUN-16X1BL	5	8,9	44,5	44,5
MANGUERA DE POLIURETANO PUN-12X1BL	5	5,78	28,9	28,9
MANGUERA DE POLIURETANO PUN-10X1BL	5	3,85	19,25	19,25
MANGUERA DE POLIURETANO PUN-8X1BL	5	1,78	8,9	8,9
MANGUERA DE POLIURETANO PUN-6X1BL	10	1,21	12,1	12,1
MANIJA ROJA, POSIBILIDAD DE BLOQUEO CON CANDADO 3VT9100-3HE20 MARCA SIEMENS	1	3,94	3,94	3,94
MARCADOR ANILLO PARA CABLE AWG 12 -18	10	15	150	150
MECANISMO DE ACOPLAMIENTO NEGRO PARA MONTAJE EN PUERTA 3VT9100-3H620 MARCA SIEMENS	1	6,8	6,8	6,8
METROS DE CABLE ANTIFLAMA 18 AWG AZUL	200	0,229	45,8	45,8
METROS DE CABLE ANTIFLAMA 18 AWG ROJO	200	0,229	45,8	45,8

METROS DE CABLE ANTIFLAMA 4MM ² NEGRO	100	0,76	76	76
MÓDULO SM1223, 16 DI/16DO, 24VDC 6ES7223-1BL30 MARCA SIEMENS	1	332	332	332
PANTALLA SIMATIC KTP400 PN, 6AV6647- 0AA11-3AX0 MARCA SIEMENS	1	394	394	394
PAQUETE FERRUL 12AWG	1	5	5	5
PAQUETE FERRUL 18 AWG	3	1,7	5,1	5,1
PERNOS	100	0,25	25	0
PISTOLA DE AIRE LBP-1/4 MARCA FESTO	1	26,23	26,23	26,23
PLANCHA DE TOL DE 2MM DE ESPESOR	1	60	60	0
PRENSA ESTOPA pg16-pg21	20	0,35	7	7
PULSADOR AMARILLO 1NA	2	11	22	22
PULSADOR DE EMERGENCIA	1	19,76	19,76	19,76
PULSADORES SIEMENS COLOR VERDE	13	10,8	140,4	140,4
RACOR L ORIENTABLE QSL-1/4- 6 MARCA FESTO	10	3,01	30,1	30,1
RACOR L ORIENTABLE QSL-1/8- 6 MARCA FESTO	10	2,73	27,3	27,3
REGULADOR DE CAUDAL GRE-1/8	4	18,7	74,8	74,8
RELE DE ESTADO SÓLIDO 10 A 24 VDC OUT 90-264 VAC	4	28,05	112,2	112,2
RELE DE ESTADO SÓLIDO 20 A 24 VDC OUT 90-264 VAC	2	30,6	61,2	61,2
RESORTES	8	6	48	48

SELECTOR SIEMENS 3 POSICIONES	1	11,52	11,52	11,52
SELECTOR SIEMENS DE 2 POSICIONES	2	18,81	37,62	37,62
SENSOR MAGNETICO PARA CILINDROS SME-8-K-LED-24V MARCA FESTO	4	51,84	207,36	207,36
SENSORES INDUCTIVOS NBB5- 186M50-E2	6	70,2	421,2	421,2
SM 1231 MÓDULO 8 IN ANÁLOGAS TIPO TK 6ES723-5QF30-0XB0	1	566	566	566
TABLERO METÁLICO CHAPA DE 1,5 MM DE ESPESOR DE 1000*600*300	1	160	160	160
TERMOCUPLA TIPO J 30CJFF078A MARCA WATLOW	6	50,49	302,94	302,94
TUERCAS	100	0,13	13	0
ACERO ESTRUCTURAL PERFILES EN L	13	1,04	13,52	0
TUBO DE HIERRO NEGRO 1"	2	5,4	10,8	0
PLANCHA DE ACERO 1/2"	5	10,185	50,925	0
FORMADOR DE EMPAQUES	1	8	8	8
EMPAQUE NEGRO	1	2,3	2,3	0
PINTURA MÁQUINA	2	14,84	29,68	29,68
FONDO MÁQUINA	1	21,67	21,67	21,67
ETIQUETAS TABLERO	30	1	30	30
RACOR 1/2"	4	16,57	66,28	66,28

UNIDAD DE MANTENIMIENTO 3/4"	1	158,94	158,94	158,94
TAPON 1/2 tipo macho	5	0,75	3,75	0
UNION 1/2 "	5	0,88	4,4	0
BUSHING 1/2 -3/4"	5	1,5	7,5	0
NEPLO 1/2"	5	1,03	5,15	0
MANGUERA NEGRA	1	14,1	14,1	0
FERRUL #16	300	0,01	3	3
BOBINAS PARA VÁLVULAS ODE	3	21,59	64,77	0
RELÉS 24 V dc- 220 V ac	12	10	120	0
CANALETA METÁLICA	2	18,7	37,4	0
CONTACTOR TRIFÁSICO	1	40	40	0
CABLE UTP	5	1,5	7,5	0
ELECTROVÁLVULAS ODE	3	50	150	0
TAPAS CIEGAS	3	0,1	0,3	0
PISTÓN NEUMÁTICO DNC 80*20	2	260	520	520
PISTÓN NEUMÁTICO DNC 32*100	2	95	190	0
PISTÓN NEUMÁTICO DNC 32*150	2	110	220	0

PISTÓN NEUMÁTICO DNC 125*500	1	650	650	0
CORTINA DE SEGURIDAD	1	300	300	0
RESISTENCIAS ELECTRICAS A 220 V	12	100	1200	0
BLOQUE DE ELECTROVÁLVULAS (4 VÁLVULAS 5/2 MONOESTABLES)	1	400	400	0
ESTRUCTURA MÁQUINA	1	500	500	0
INVERSIÓN TOTAL			12255 ,9	7565,5

Tabla 5-2 Mano de obra

MANO DE OBRA			
DESCRIPCIÓN	TIEMPO (HRS)	VALOR/HR	VALOR TOTAL
TESISTAS	3520	1,91	6710,00
MECÁNICO SOLDADOR	140	3,13	437,50
MECÁNICO FRESA	112	3,13	350,00
MECÁNICO TORNO	50	3,13	156,25
MECÁNICO CNC	20	5,63	112,50
TOTAL MANO DE OBRA			\$ 7.766,25

5.2 INVERSIÓN TOTAL DE LA EMPRESA

Mediante el análisis a detalle del costo de los elementos adquiridos y el costo de mano de obra, se obtendrá la inversión total de la empresa para el presente proyecto.

Tabla 5-3 Detalle inversión final de la empresa

	INVERSIÓN REAL	INVERSIÓN NECESARIA
ITEMS	COSTOS	COSTOS
GASTOS DIRECTOS	7565,5	12255,915
SUELDOS	7766,25	7766,25
TOTAL	15331,75	20022,165
AHORRO A LA EMPRESA		4690,415
TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO : 11 MESES		

Se puede observar que al haber reutilizado ciertos materiales que fueron reciclados de máquinas antiguas de la empresa se generó un ahorro de 4690, 415 dólares, teniendo así una inversión neta de la máquina de 15331,75 dólares, misma inversión que está muy por debajo del precio real de una máquina de similares características que se cotiza en el mercado por más de 40000 dólares.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La máquina Noyera Xinxing Z400 se encuentra en total capacidad para la fabricación de noyos, empleando para ello la mezcla de arena, endurecedor, resina y desmoldante predefinida por la empresa F.V. Franz Viegner S.A. Área Andina.
- La implementación del sistema de vibración para las tolvas de almacenamiento mediante la acción de un actuador neumático permite el flujo de la mezcla de arena desde dichas tolvas hacia los cabezales de soplado.
- La frecuencia de vibración que garantiza el flujo de arena desde las tolvas hacia los cabezales es de aproximadamente 33 Hz, un valor menor de frecuencia no permitiría el descenso de la mezcla de arena.
- El control de la cantidad de arena que ingresa a los cabezales de soplado se lo realiza mediante el tiempo de vibración de las tolvas, determinándose que este tiempo debe estar comprendido de 2 a 3 segundos para poder llenar en un 90% la cámara de fluidización, con un mayor tiempo de vibración se tendría un excedente de la mezcla de arena y desperdicio de la misma, por otro lado con un valor menor a 2 segundos no se garantiza que la cantidad de arena ingresada al cabezal sea suficiente para producir noyos en óptimas condiciones

- El rediseño de los cabezales de soplado empleando el principio físico de fluidización cumple a satisfacción la función de llenar la matriz de noyos, generando un desperdicio de arena al momento del soplado menor a 20 gr.
- Para poder generar la fluidización de la mezcla de arena es necesario evitar las fugas de aire en el cabezal, por lo que es indispensable el empleo de formador de empaque en las uniones de los distintos componentes del cabezal de soplado.
- La distancia entre los agujeros de ingreso de aire de la cámara de fluidización debe ser 20 mm, con esto se garantiza la distribución del aire alrededor de toda la cámara y con esto la fluidización de la mezcla de arena.
- El diámetro de los agujeros de la cámara de fluidización puede estar comprendido entre 2mm y 3mm, con un diámetro superior a este rango habrá más cantidad de arena residual dentro del cabezal.
- Previo al soplado de la mezcla hacia la matriz de noyos es necesario limpiar los residuos de arena que hayan quedado en la placa de ingreso del cabezal a fin de garantizar el sellado del mismo y evitar fugas de aire.
- Los residuos de la mezcla de arena dentro del cabezal de soplado después de una jornada de trabajo es de aproximadamente 500 gr lo cual es el 0.005% de la cantidad de la mezcla de arena utilizada en las pruebas realizadas.

- El tiempo necesario de soplado para que la mezcla de arena llene por completo la matriz de noyos es de 1 segundo, con un tiempo mayor o menor a este no se garantiza la correcta formación del noyo.
- Para garantizar el sellado de los cabezales en el momento de la inyección de la mezcla de arena es necesario que el pistón que realiza esta operación sea capaz de soportar la fuerza ejercida por la presión formada dentro del cabezal.
- En cuanto al sistema eléctrico-electrónico se instalaron relés externos a las salidas digitales y análogas del PLC, debido a que resultaría más económico el remplazo de uno de estos relés que el de un módulo del PLC.
- El control de temperatura por zonas para el calentamiento de la matriz de noyos tanto superior como inferior cumple de manera muy eficiente su función, ya que la diferencia entre el valor ingresado y el valor medido por las termocuplas es de apenas 1 °C lo que significa que el error es menor al 0.5 %
- Mediante las pruebas descritas en el capítulo 4 se determinó que el tiempo de curado de los noyos debe ser de 30 segundos a fin de garantizar que estos tengan una buena resistencia a la manipulación.
- De acuerdo a las pruebas realizadas se concluye que la temperatura de la matriz de noyos debe estar comprendida entre 230 y 235 °C.
- Debido a que no se cuenta con un reservorio y toma de aire que pueda solventar el consumo de aire al momento del soplado de los cabezales se ha independizado las tomas de aire para el soplado y para las electroválvulas del sistema.

6.2 RECOMENDACIONES

- Seguir el procedimiento descrito en el capítulo 4 con el fin de garantizar la seguridad del operario y el funcionamiento idóneo del equipo.
- Se recomienda que la cantidad de la mezcla de arena ingresada en las tolvas de almacenamiento no sea mayor a 15 Kg a fin de evitar obstrucciones de las boquillas de las tolvas.
- A fin de evitar los residuos de arena en la placa de ingreso del cabezal se recomienda el cambio del pistón de sellado por un pistón compacto de diámetro de émbolo de 125 mm, con esto se retiraría la placa de reducción y se emplearía la entrada de arena original del cabezal.
- Para evitar el taponamiento de los agujeros de la placa de boquilla del cabezal se recomienda implementar un sistema de refrigeración con agua.
- Solventar el inconveniente de las tomas de aire tanto para el soplado como para las electroválvulas del sistema,
- Previo a cada inicio de ciclo de la máquina es necesario limpiar los residuos de arena en la matriz, eliminar las rebabas en los agujeros de ingreso de arena de la matriz y abrir los agujeros de la placa de la boquilla de soplado.

BIBLIOGRAFÍA

- AFS (American Foundrymen's Society, I. (1973). Shell Process Foundry Practice. USA: cast Metal Institute.
- AFS (American Foundrymen's Society, I. (1976). Fundamental Core Technology. USA: Cast metal Institute.
- Ancholuisa, M., & serrano, J. (2012). Determinación de proceso de producción por fundición de antenas alimentadoras para el sistema integrado trolebus en la ciudad de Quito. Quito: Tesis, Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional.
- Arellano, J. (2011). Automatización de máquina cortadora de latón para forja utilizando un PLC para la fábrica esacontrol. Quito: Tesis, Tecnología en electromecánica, Escuela Politécnica Nacional.
- Balakumar, E. (2006). Vibraciones. Thomson.
- Capello, E. (2001). Tecnología de la fundición. Madrid: Gustavo Gili.
- Corrales, L. (10 de Diciembre de 2012). Sistemas de control. Conceptos generales. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>
- Criollo, E. (2010). Desarrollo e implementación de un sistema automático para una máquina inyectora de PVC de la empresa Plasticaucho Industrial S.A-Ambato. Ambato: Tesis, Ingeniería de Mantenimeinto, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Foundrymen, I. o. (1957). Fluidization. The Bithish Foundrymen, 43-50.

- Helketh, R., & Davidson, J. (1991). The effect of volatiles on the combustion of char in a fluidised bed. Londres : Paper, Department of Chemical Engineering, University of Cambridge.
- Illescas, D. (2007). Diseño y construcción de una tamizadora de arenas para moldes de fundición. Quito: Tesis Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana.
- Lozada, J., & Preciado, D. (2008). Construcción de una cabina para limpieza superficial de probetas de soldadura mediante chorro de arena. Quito: Tesis, Tecnología en Mantenimiento Industrial, Escuela Politécnica Nacional.
- Ogata, H. (2003). Ingeniería de control moderna. Pearson.
- Reiege, H. (2008). Wiring Manual. Automation and power Distribution . Moeller GmbH Bonn.

ANEXOS

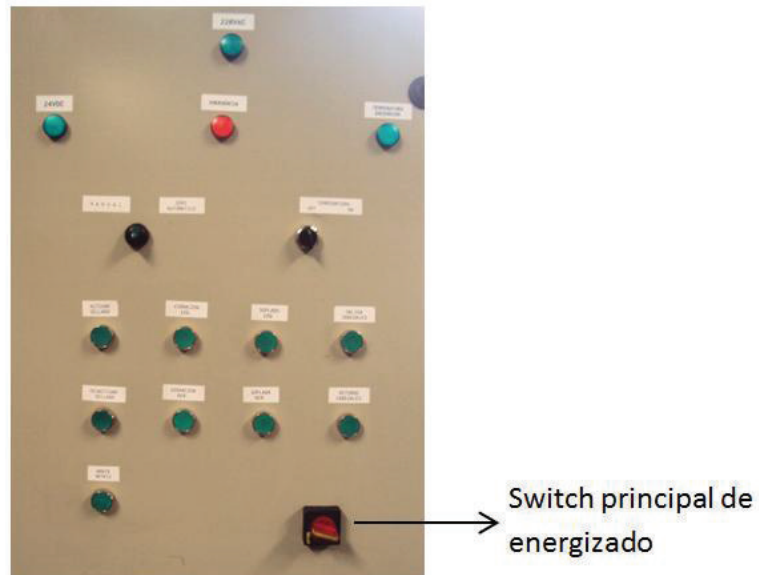
- Anexo A: Manual de usuario
- Anexo B: Planos Mecánicos
- Anexo C: Planos Eléctricos/ Electrónicos
- Anexo D: Plano Neumático
- Anexo E: Diagramas de flujo de programación
- Anexo F: Carta de aprobación de la empresa

MANUAL DE USUARIO

El manual de usuario como tal es el que permite al operario inicializar y manejar el sistema, por lo que es primordial definir dicho manual.

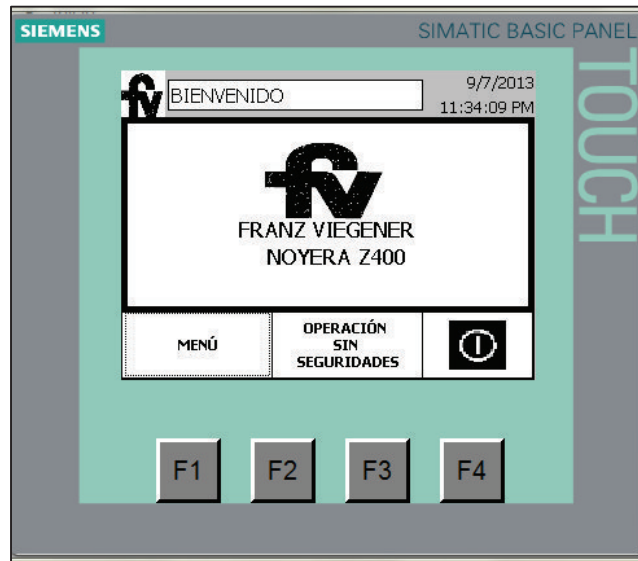
INICIALIZACIÓN

Para iniciar la máquina noyera es necesario suministrar de aire al reservorio y las electroválvulas de la misma, una vez hecho esto conmutar el switch principal de apagado a encendido.



Ubicación switch de energizado.

Una vez energizada la máquina en la pantalla de la máquina se muestra una ventana de inicio principal, en la Figura 4-77 se muestra la ventana principal del HMI.









Pantalla inicial HMI.

Esta ventana cuenta con los ícono para acceder al menú principal o para poder operar la máquina sin los sensores de seguridad, el acceso a esta ventana está restringido únicamente al personal de mantenimiento o de supervisores.

Se han definido diferentes tipos de usuarios para la operación de la máquina noyera, así como también los diferentes tipos de accesos que cada uno de estos tendrán.

Los grupos de usuarios que se han definido se muestran en la Figura 4-78 así como los niveles de accesibilidad que cada uno de esos tendrán.

Grupos			
	Nombre	Número	Nombre de visualización
	MANTENIMIENTO	1	Grupo de administradores
	OPERARIOS	2	Usuarios
	SUPERVISIÓN FUNDICIÓN	3	Grupo_1
	<Agregar>		

Autorizaciones			
	Activo	Nombre	Nombre de visualización
	<input checked="" type="checkbox"/>	Administración de usuari...	Administración de usuarios
	<input checked="" type="checkbox"/>	Monitorización	Monitorización
	<input checked="" type="checkbox"/>	Operación	Operación
		<Agregar>	

Grupos de usuarios.

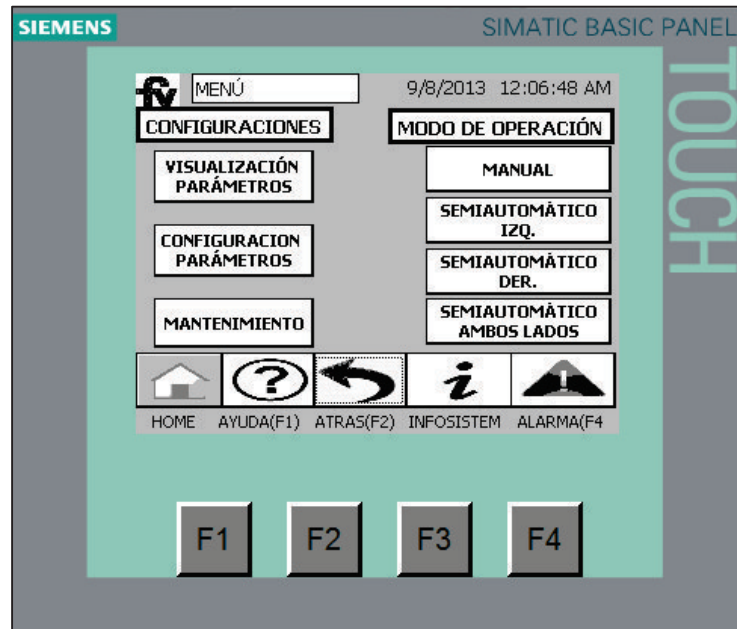
A continuación se detalla el número de usuarios que tiene cada grupo, así como sus claves y niveles de acceso.

Tabla 6-1 Detalle usuarios máquina noyera.

USUARIOS MÁQUINA NOYERA			
Grupo	Usuarios	Clave	Nivel de acceso
Mantenimiento	MANT	AD12	Administración de usuarios
Supervisión	SUP	SUP12	Monitorización
Operarios	OP1 OP2	OP1 OP2	Operación

MENÚ

En esta ventana se mostrarán los íconos de acceso para los distintos modos de funcionamiento de la máquina así como los de configuración, visualización de parámetros y una ventana para el mantenimiento de la misma



Menú

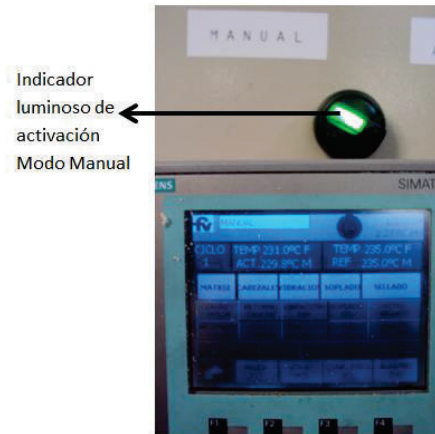
MODO DE OPERACIÓN MANUAL.

Para la activación del modo de operación manual es necesario seguir los siguientes pasos:

- Ubicar el selector de modo de operación en la posición indicada para Manual en el tablero de control.
- Seleccionar de la pantalla Menú la opción de operación Manual.

Una vez realizado estas dos operaciones se podrá operar la máquina en modo manual tanto desde el HMI como desde el tablero de control.

De no haber seguido los pasos anteriores el indicador luminoso de activación del modo de operación no se encenderá y la máquina no realizará ninguna acción a pesar de presionar los botones del tablero o del HMI.



Activación Modo Manual.

En este modo de operación se controlará independientemente las funciones indicadas a continuación:

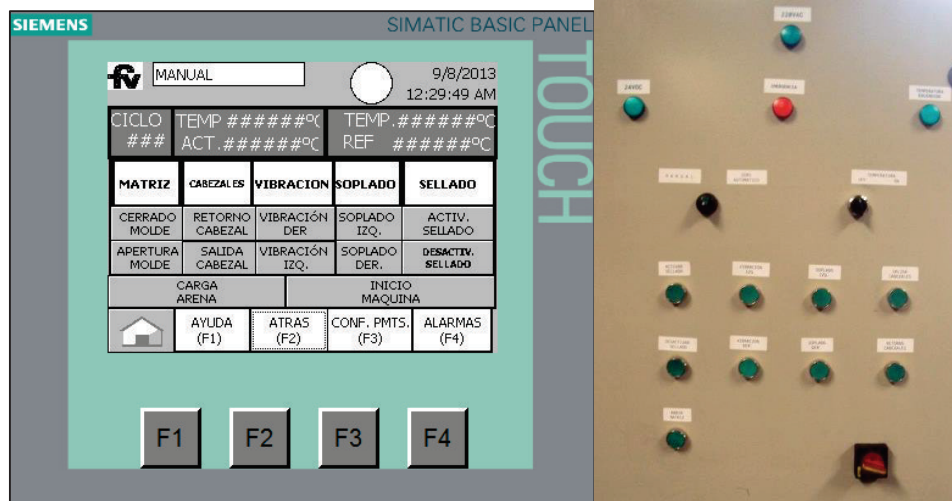
- Cerrado-Apertura de la matriz
- Salida-Retorno cabezales de soplado

Las operaciones que mantiene una relación de dependencia son:

- Vibración de tolvas
- Sellado de cabezales
- Soplado de arena

Todas estas operaciones mantienen la dependencia de la posición de los cabezales. La vibración solo se ejecutará si los cabezales se encuentran en su posición inicial (pistón de movimiento contraído), mientras que las operaciones de sellado y soplado se ejecutarán únicamente si los cabezales están apegados a la matriz.

El control puede realizarse desde la venta que se despliega en el HMI como desde el tablero de control.



Control de modo manual.

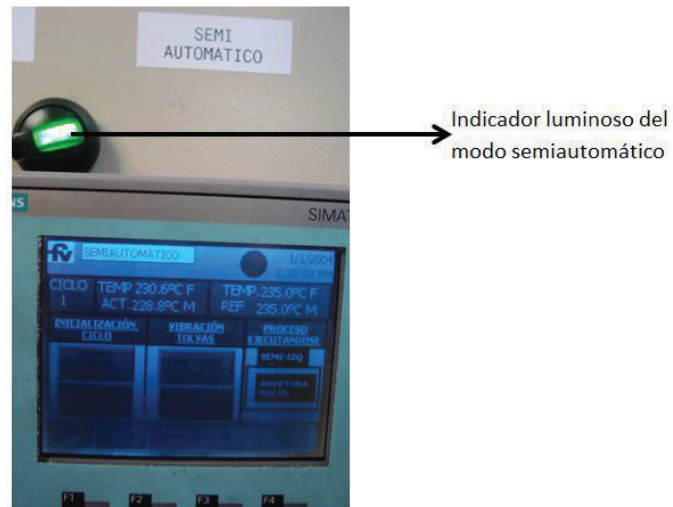
MODO DE OPERACIÓN SEMIAUTOMÁTICO.

Al igual que el modo de manual para la activación de este modo de operación es necesario seguir los siguientes pasos:

- Ubicar el selector de modo de operación en la posición indicada para semiautomático en el tablero de control.
- Seleccionar de la pantalla Menú una de las opciones de operación para Semiautomático (izquierdo, derecho o ambos lados).

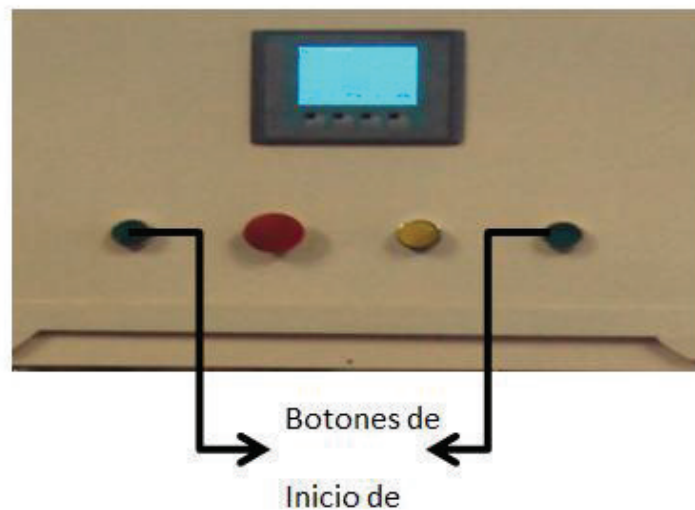
Una vez hechos estos pasos la máquina podrá operar en modo semiautomático.

De no haber seguido los pasos anteriores el indicador luminoso de activación del modo de operación no se encenderá y la máquina no en modo semiautomático.



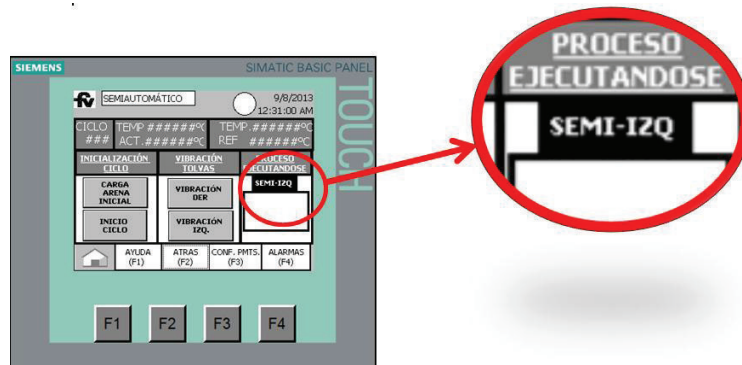
Activación Modo Semiautomático.

El inicio de ciclo semiautomático comenzará al pulsar los botones de inicio ubicadas en la carcasa que cubre las tolvas de almacenamiento.



Ubicación de botones de inicio de ciclo.

La diferenciación del tipo de modo semiautomático en el que se encuentre se mostrará en la venta del modo de operación seleccionado.



Indicación del tipo de modo semiautomático activo.

En la ventana de semiautomático se encuentran botones cuyas funciones se detallaran a continuación:

Descripción botones ciclo semiautomático.

BOTONES VENTANA SEMIAUTOMÁTICO	
Botón	Descripción
Carga arena inicial	Es necesario activarlo antes del ingreso de arena en las tolvas para que esta pueda ingresar directamente en los cabezales
Inicio ciclo	Una vez colocada la arena en la máquina para poder iniciar el ciclo de la máquina es necesario presionar este botón que cortará el flujo de arena.
Vibración tolvas Izq.-der.	Estos botones servirán para efectuar la vibración y permitir llenar los cabezales de soplado.

VENTANA DE CONFIGURACIÓN

En esta ventana se podrá configurar los tiempos para el soplado de arena, para el curado del noyo y el tiempo de vibración de las tolvas, de igual manera se podrá ingresar el valor de la temperatura tanto para la matriz móvil como para fija.

El acceso a esta venta se puede realizar desde el menú principal o desde las ventanas de los distintos modos de operación.

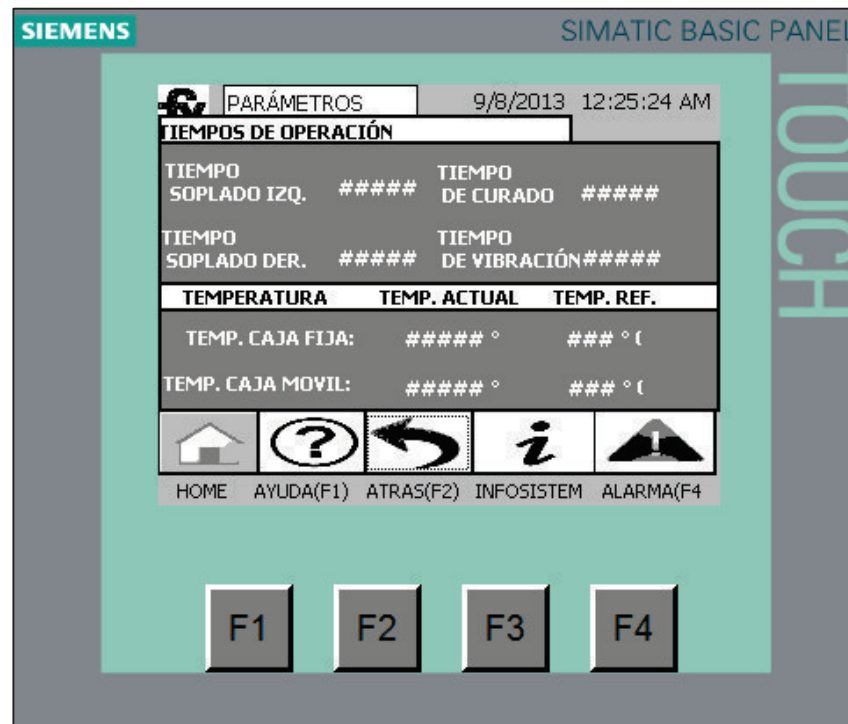
Esta ventana cuenta con restricción de acceso, permitiendo el ingreso solo al personal autorizado.



Ventana configuración parámetros HMI

VENTANA DE PARÁMETROS

En esta ventana el operador podrá visualizar los parámetros que se ingresó anteriormente, esta actuará como un verificador, una vez que el operador confirme que los parámetros que ingresó son los adecuados, este procederá a seleccionar uno de los dos modos de operación MANUAL o SEMIAUTOMÁTICO.



Visualización de parámetros

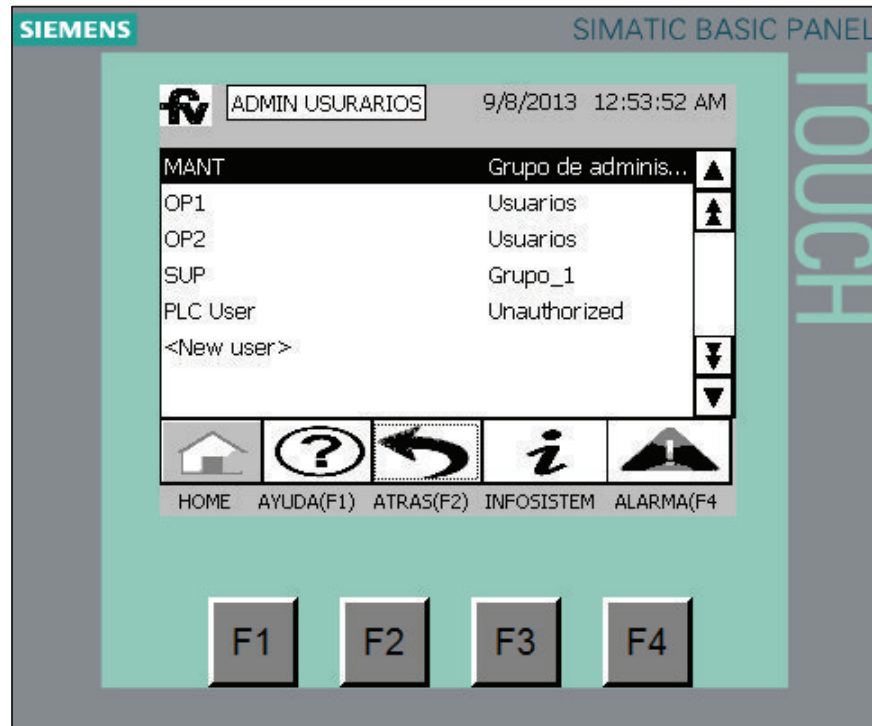
VENTANA DE MANTENIMIENTO

Esta ventana cuenta con un acceso exclusivo para el personal de mantenimiento, en esta ventana se encuentran íconos de acceso para las ventanas de:

- Administración de usuarios
- Visualización PID
- Comprobación de sensores

ADMINISTRACIÓN DE USUARIOS

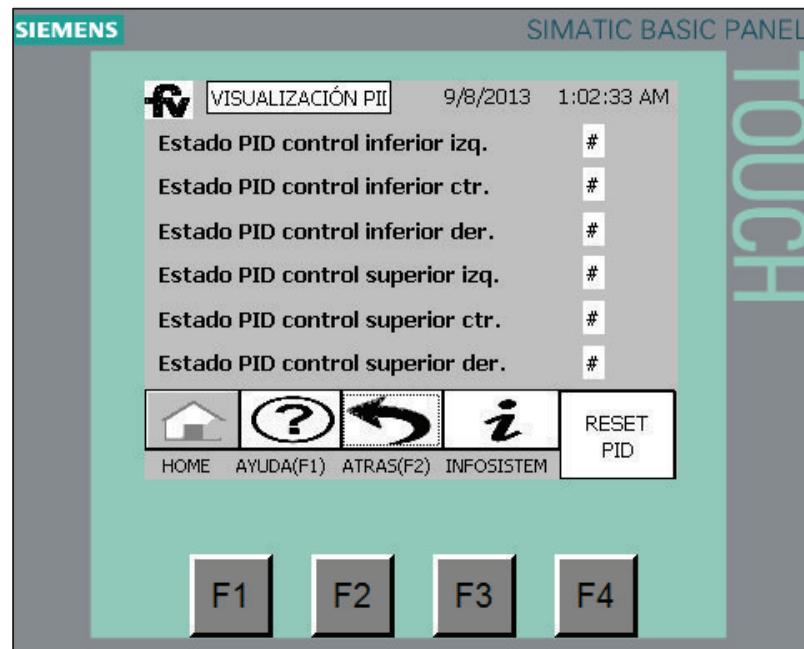
La ventana de administración de usuarios permitirá editar los diferentes niveles de acceso a cada uno de los usuarios de la máquina, gestionar las claves de acceso y crear o modificar usuarios.



Administración de usuarios

VISUALIZACIÓN PID

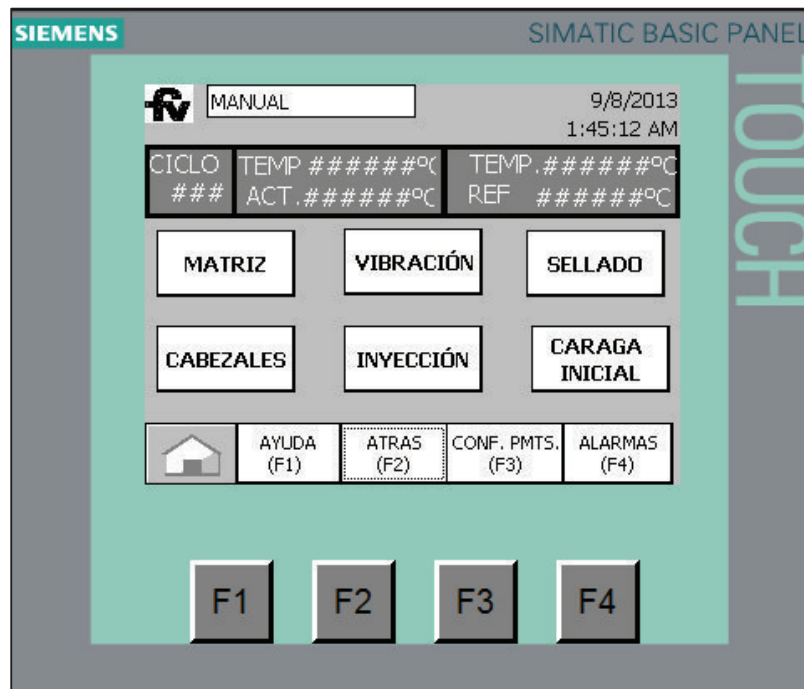
En esta ventana el personal de mantenimiento podrá verificar el estado de los controladores PID para el calentamiento de las matrices de noyos, así como también podrá reiniciar cada controlador si estos se encuentran inactivos, es decir con un valor indicativo de 0.



Visualización PID COMPROBACIÓN DE SENSORES

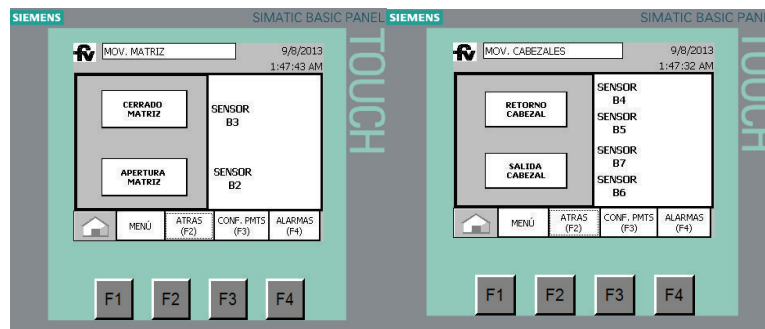
Esta ventana permite visualizar la activación de cada uno de los sensores de presencia instalados en la máquina, con esto el personal de mantenimiento podrá verificar si dichos sensores se encuentran operativos.

Al acceder a la ventana de comprobación de sensores se muestra cada una de las operaciones de funcionamiento de la máquina



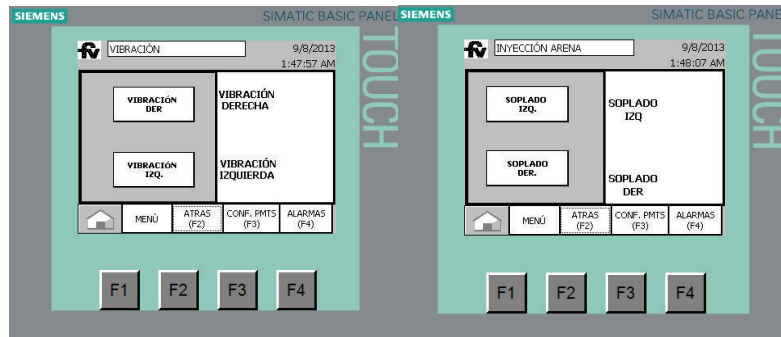
Comprobación de sensores

A continuación se presenta cada una de las ventanas de las distintas operaciones de funcionamiento de la máquina.



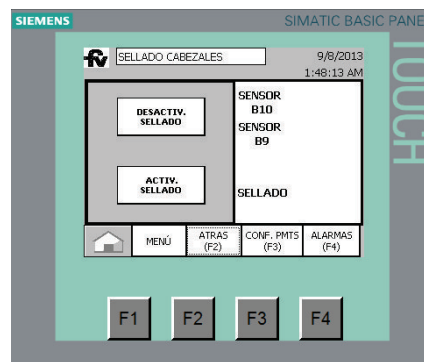
a)

b)



c)

d)



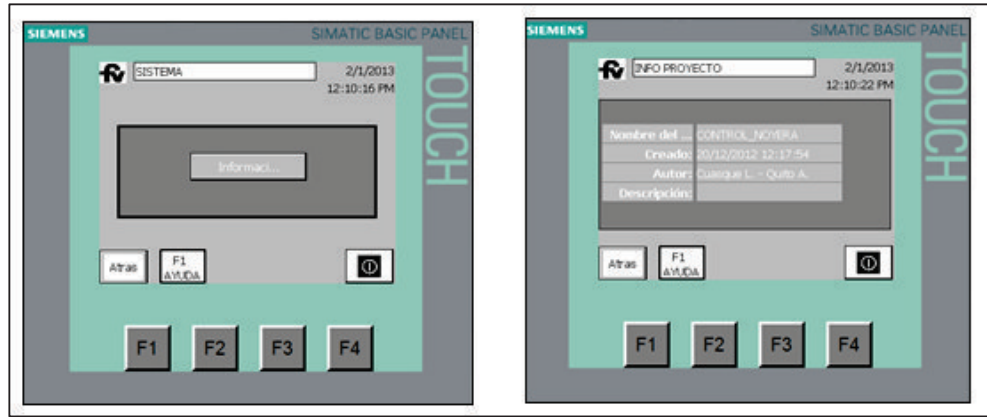
e)

Pantallas de comprobación de sensores y operaciones

- a) Operación movimiento matriz, b) Operación movimiento cabezales,
 c) Operación vibración, d) Operación Inyección de arena, e) Operación sellado cabezales.

VENTANA DE SISTEMA

En esta venta se mostrará información general del programa.



Información general del sistema

RECOMENDACIONES DE OPERACIÓN

Como recomendaciones principales se tiene:

- Se recomienda que la cantidad de la mezcla de arena ingresada en las tolvas de almacenamiento no sea mayor a 15 Kg a fin de evitar obstrucciones de las boquillas de las tolvas.
- A fin de evitar los residuos de arena en la placa de ingreso del cabezal se recomienda el cambio del pistón de sellado por un pistón compacto de diámetro de émbolo de 125 mm, con esto se retiraría la placa de reducción y se emplearía la entrada de arena original del cabezal.
- Para evitar el taponamiento de los agujeros de la placa de boquilla del cabezal se recomienda implementar un sistema de refrigeración con agua.

- Solventar el inconveniente de las tomas de aire tanto para el soplado como para las electroválvulas del sistema,
- Previo a cada inicio de ciclo de la máquina es necesario limpiar los residuos de arena en la matriz, eliminar las rebabas en los agujeros de ingreso de arena de la matriz y abrir los agujeros de la placa de la boquilla de soplado.