

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A	
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(170)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	AVIMILED MANOSALVA RINCÓN WILLIAM HERRERA ALVAREZ		
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERIAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA MECÁNICA		
DIRECTOR	Esp. JUAN GUILLERMO BONET SOLANO		
TÍTULO DE LA PASANTIA	DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL ACCIONAMIENTO DEL HORNO DE CRISOL Y COLADO CENTRIFUGO VERTICAL PARA EL TALLER DE FUNDICIÓN DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		
RESUMEN			
<p>PROYECTO DE GRADO CONSISTENTE EN EL DISEÑO UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL ACCIONAMIENTO DEL HORNO DE CRISOL Y COLADO CENTRIFUGO VERTICAL PARA EL TALLER DE FUNDICIÓN DE LA UFPS OCAÑA, EN PRO DE MEJORAR LA INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO DE FUNDICIÓN Y FACILITAR LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA TÉCNICA DE COLADO CON LA QUE SE MEJORE LA CALIDAD DE LAS PIEZAS DE FUNDICIÓN FABRICADAS POR LOS ESTUDIANTES. SE PRESENTA EL DISEÑO MECÁNICO DE UNA MÁQUINA DE COLADO CENTRIFUGO VERTICAL Y LA LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO DEL CONJUNTO HORNO DE CRISOL- MÁQUINA DE COLADO CENTRIFUGO VERTICAL, DE ACUERDO AL CUAL SE DISEÑÓ LA INTERFAZ DE USUARIO REQUERIDA, Y SE REALIZÓ LA SELECCIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA AUTOMATIZAR EL SISTEMA; ELABORANDO FINALMENTE EL DISEÑO ELÉCTRICO, DE SEÑALES Y COMUNICACIONES, Y EL SE DETERMINÓ EL COSTO DE LOS SUMINISTROS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO EN LA UFPS OCAÑA</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 164	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL ACCIONAMIENTO DEL
HORNO DE CRISOL Y COLADO CENTRIFUGO VERTICAL PARA EL TALLER DE
FUNDICIÓN DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

AUTORES

AVIMILED MANOSALVA RINCÓN

WILLIAM HERRERA ALVAREZ

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de especialista en
automatización industrial**

Director

Esp. JUAN GUILLERMO BONET SOLANO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECÁNICA

Ocaña, Colombia

Junio de 2016

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
FORMATO ACTA DE SUSTENTACIÓN	F-AC-SAC-030	20-05-2016	A	
SUBDIRECCIÓN ACADEMICA	Dependencia	Aprobado	Pág.	
	SUBDIRECTOR ACADEMICO	1(1)		

ACTA DE SUSTENTACIÓN No.0001

MODALIDAD: TRABAJO DE GRADO

FACULTAD: INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS: ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

LUGAR: SALA DE JUNTA DE POSGRADOS

FECHA: 29 DE JUNIO DE 2017

HORA: 4:00 PM

TÍTULO: "DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL ACCIONAMIENTO DEL HORNO DE CRISOL Y COLADO CENTRIFUGO VERTICAL PARA EL TALLER DE FUNDICIÓN DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA"

DIRECTOR: Esp. Juan Guillermo Bonet Solano **CODIGO: 03529**

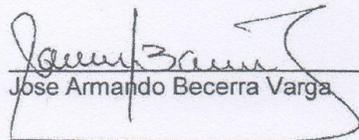
JURADOS:

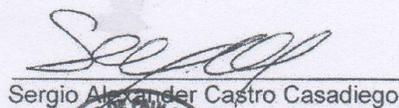
NOMBRE	CÓDIGO	TIPO	ENTIDAD
JOSÉ ARMANDO BECERRA VARGAS	02145	CIENTÍFICO	UFPSO-OCAÑA
SERGIO ALEXANDER CASTRO CASADIEGO	02623	CIENTÍFICO	UFPSO-OCAÑA

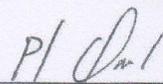
ESTUDIANTE (S):

NOMBRE	CÓDIGO	CALIFICACIÓN				
		NÚMERO	LETRAS	(A)	(M)	(L)
AVIMILED MANOSALVA RINCÓN	880003	4,4	Cuatro, cuatro	X		
WILLIAM HERRERA ALVAREZ	880008	4,4	Cuatro, cuatro	X		

FIRMA DE LOS JURADOS:


 Jose Armando Becerra Varga


 Sergio Alexander Castro Casadiego


 Vo.Bo. Coordinador Comité Curricular



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpsu.edu.co - www.ufpsu.edu.co



Universidad
Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia

NIT. 800 163 130 - 0

ACTA DE ENTREGA DE DERECHOS DE AUTOR

Yo **AVIMILED MANOSALVA RINCON**, manifiesto en este documento mi voluntad de ceder a la **UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**, todos los derechos patrimoniales actuales, a futuro y todas sus formas de explotación hasta después de 50 años de la entrega del documento y en todo el territorio Internacional, derivados del proyecto de grado denominado **DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL ACCIONAMIENTO DEL HORNO DE CRISOL Y COLADO CENTRIFUGO VERTICAL PARA EL TALLER DE FUNDICIÓN DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA** Producto de mi actividad académica para optar por el título de **ESPECIALISTA EN AUTOMATIZACION INDUSTRIAL** en la **UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**.

LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA, como institución académica, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y publicación y los derechos morales que se deriven de dicho Trabajo de Grado.. En concordancia suscribo este documento en el momento mismo que hago entrega del trabajo final a la Biblioteca Argemiro Bayona Portillo.

El autor(es), manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizo sin usurpar o violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y tiene la titularidad sobre la misma.

Para constancia se firma el presente documento en 1 CD, en Ocaña, Norte de Santander, a los 11 días del mes Agosto de 2017.

NOMBRE	CEDULA	FIRMA
AVIMILED MANOSALVA RINCON	18903995	
WILLIAM DE JESUS HERRERA ALVAREZ	18904038	
-	-	-
-	-	-



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co

Índice

Capítulo 1: Diseño de un sistema automático para el accionamiento del horno de crisol y colado centrifugo vertical para el taller de fundición de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Formulación del problema	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5. Justificación.....	4
1.6. Delimitaciones.....	5
1.6.1. Geográficas.....	5
1.6.2. Temporales.	5
1.6.3. Conceptuales.....	5
1.6.4. Operacional.....	6
1.7. Marco referencial	7
1.7.1. Marco histórico.....	7
1.7.2. Marco contextual	10
1.7.3. Marco conceptual	12
1.7.4. Marco Teórico	14
1.8. Diseño Metodológico	21
1.8.1. Tipo de investigación.....	21
1.8.2. Población y muestra.....	21
1.8.3. Recolección de información	21
1.8.4. Análisis de información.....	22
Capitulo 2: Implementación del colado centrifugo vertical en la UFPSO.....	24
2.1. Sistema actual de colado en la UFPSO	24
2.2. Parámetros de diseño del sistema de colado centrifugo vertical	26
2.2.1. Limitantes para la máquina de colado centrifugo vertical.....	26
2.2.2. Variables de operación de colada	27
2.2.3. Defectos de las fundiciones	29
2.2.4. Seguridad industrial.....	30
2.2.5. Modelo de máquina de colado centrifugo vertical	31
2.3. Cambios estructurales en el taller de fundición	33
Capitulo 3: Accionamiento y control del horno de crisol y colado centrifugo vertical	34
3.1. Filosofías de control	34
3.2. Diagrama de bloques general	35
3.3. Diagrama de tubería e instrumentos (P&ID).....	35
3.4. Selección de equipos e instrumentos.....	39
3.4.1. Definición de criterios de selección de equipos e instrumentos.....	40
3.4.2. Comparación de equipos e instrumentos	42

3.4.3. Matriz de selección de equipos e instrumentos	54
3.4.4. Selección de equipos e instrumentos misceláneos	59
3.5. Narrativa de control.....	62
3.6. Interfaz de usuario para el control del sistema.....	64
3.6.1. Interfaz para manejo y control del horno de crisol.....	65
3.6.2. Interfaz para fundición centrifuga vertical	68
3.6.3. Interfaz para fundición semicentrifuga y centrifugado.....	72
3.7. Programación para manejo y control del sistema.....	76
3.8. Funciones para control de equipos e instrumentos.....	80
3.8.1. Temperatura de la cámara de combustión	80
3.8.2. Basculamiento del horno	83
3.8.3. Velocidad de la maquina centrifuga	84
Capitulo 4: Diseños mecánicos, eléctricos, y de señales y comunicaciones	85
4.1. Arquitectura de la máquina de colado centrifugo vertical	85
4.2. Diseño eléctrico.....	89
4.3. Señales y comunicaciones.....	90
4.3.1. Señales.....	91
4.3.2. Arquitectura de red.....	91
4.3.3.Arquitectura de circuitos	93
4.4. Lineamientos para la construcción y montaje	94
4.4.1. Máquina de colado centrifugo vertical	95
4.4.2. Montaje eléctrico	95
4.4.3. Montaje del sistema de control.....	95
5. Presupuesto	97
6. Conclusiones.....	104
7. Recomendaciones	106
Referencias.....	107
Apendices.....	¡Error! Marcador no definido.

Lista de figuras

Figura 1. Tipos de fundición centrífuga	16
Figura 2. Fachada e interior del taller de fundición de la UFPSO	25
Figura 3. Piezas fundidas por colada estática en el taller de la UFPSO (escala en cm).....	26
Figura 4. Instalación típica de una máquina de fundición centrífuga vertical.....	33
Figura 5. Diagrama de bloques general.....	35
Figura 6. P&ID del proceso.....	38
Figura 7. Interfaz para manejo y control del horno de crisol	66
Figura 8. Interfaz para fundición centrífuga vertical.....	69
Figura 9. Interfaz para fundición semicentrífuga y centrifugado	73
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso (a).....	77
Figura 11. Diagrama de flujo del proceso (b).....	78
Figura 12. Diagrama Grafcet.....	79
Figura 13. Apertura de válvula proporcional	81
Figura 14. Control en lazo abierto del arranque del horno.....	81
Figura 15. Control en lazo cerrado de la temperatura de la C.C. del horno de crisol	82
Figura 16. Arquitectura propuesta para la máquina de fundición centrífuga vertical	85
Figura 17. Modelo de tornamesa	86
Figura 18. Diagrama unifilar	90
Figura 19. Arquitectura de red de comunicaciones-1.....	92
Figura 20. Arquitectura de red de comunicaciones-2.....	93
Figura 21. Arquitectura general de circuitos	94

Lista de Tablas

Tabla 1. Trabajos de investigación previos sobre fundición centrífuga	8
Tabla 2. Características generales de los procesos de fundición	12
Tabla 3. Lazos de control del sistema automático	35
Tabla 4. Listado de entradas y salidas	39
Tabla 5 <i>Criterios de selección de equipos</i>	40
Tabla 6. <i>Criterios de selección de instrumentos</i>	41
Tabla 7. <i>Comparación de equipos – PLC</i>	43
Tabla 8. <i>Comparación de equipos – HMI</i>	45
Tabla 9. <i>Comparación de equipos – Variador de velocidad del soplador</i>	47
Tabla 10. Comparación de equipos – Variador de velocidad del soplador.....	48
Tabla 11. Comparación de instrumentos – Válvula proporcional	49
Tabla 12. Comparación de instrumentos – Sensor y transmisor de temperatura C.C.	51
Tabla 13. Comparación de instrumentos – Sensor y transmisor de temperatura Metal	52
Tabla 14. <i>Escala de preferencias</i>	54
Tabla 15. Matriz de selección de equipos.....	56
Tabla 16. Matriz de selección de instrumentos.....	57
Tabla 17. Selección de equipos misceláneos	59
Tabla 18. Selección de instrumentos misceláneos	60
Tabla 19. Narrativa de control del proceso.....	62
Tabla 20. Elementos de la interfaz de usuario para manejo y control del horno de crisol	66
Tabla 21. Elementos de la vista de la interfaz de usuario para fundición centrífuga vertical	69
Tabla 22. Elementos de la vista de la interfaz de usuario para fundición semicentrífuga y centrifugado	73
Tabla 23. Valores límites de señal piloto para control del soplador	83

Tabla 24. Resumen de materiales para la máquina de colado centrifugo vertical	88
Tabla 25. Alimentación eléctrica de equipos	89
Tabla 26. Señales del sistema	91
Tabla 27.	92
Tabla 28. Costo de suministro de equipos y materiales.....	100

Lista de apéndices

Apendice 1. PLC Allen Bradley: 2080-LC20-20QBB	110
Apendice 2. PLC Siemens S7 1200 (a).....	111
Apendice 3. PLC Siemens S7 1200 (b)	112
Apendice 4. PLC Schneider, Modicon 221 (a).....	113
Apendice 5. HMI Allen Bradley, Panel View 800	114
Apendice 6. HMI Siemens, KTP1200	115
Apendice 7. HMI Siemens, Magelis	116
Apendice 8. VFD-1 Allen Bradley, Power Flex 527	118
Apendice 9. VFD-1 Siemens, Micromaster 440.....	119
Apendice 10. VFD-1 Schneider, Altivar 61.....	120
Apendice 11. VFD-2 Allen Bradley, Power Flex 527	121
Apendice 12. VFD-2 Siemens, Micromaster 440.....	122
Apendice 13. VFD-2 Schneider, Altivar 61.....	123
Apendice 14. Válvula proporcional Asco (a), Posiflow 202	124
Apendice 15. Válvula proporcional Asco (b), Posiflow 202	125
Apendice 16. Válvula proporcional Omega, FSV-11	126
Apendice 17. Válvula proporcional Danfoss, EV260B	127
Apendice 18. Sensores de temperatura para la C.C. Wika TC760 (a).....	128
Apendice 19. Sensores de temperatura para la C.C. Wika TC760 (b).....	129
Apendice 20. Sensores de temperatura para la C.C. Omega, NB5 (a)	130
Apendice 21. Sensores de temperatura para la C.C. Omega (b).....	131
Apendice 22. Transmisor de temperatura para la C.C. Omega TX-M12TC (a).....	133

Apendice 23. Transmisor de temperatura para la C.C. Omega TX-M12TC (b)	134
Apendice 24. Sensores de temperatura para la C.C. Siemens, 7MC1000	135
Apendice 25. Transmisor de temperatura para la C.C. Siemes, Sitrans TH200	136
Apendice 26. Transmisor de temperatura para el metal fundido ifm, TW2001 (a).....	137
Apendice 27. Transmisor de temperatura para el metal fundido ifm, TW2001 (b).....	138
Apendice 28. Transmisor de temperatura para el metal fundido Omega, OS38	139
Apendice 29. Transmisor de temperatura para el metal fundido Process Sensors, Sirius SI16 (a)	140
Apendice 30. Transmisor de temperatura para el metal fundido Process Sensors, Sirius SI16(b)	141
Apendice 31. Encendedor eléctrico encendedor Selcon (a).....	141
Apendice 32. Encendedor eléctrico encendedor Selcon (b)	143
Apendice 33. Switch Ethernet Allen Bradley	144
Apendice 34. Indicador visual Beacons.....	145
Apendice 35. Alarma visual y auditiva Clifford & Snell (a)	147
Apendice 36. Alarma visual y auditiva Clifford & Snell (b).....	148
Apendice 37. Final de carrera Allen Bradley.....	149
Apendice 38. Parada de emergencia EBCHQ.....	149
Apendice 39. Especificaciones técnicas del combustible diésel.....	150
Apendice 40. Listado de precios (\$USD) de productos de marca Allen Bradley.....	151
Apendice 41. Precios (\$) de productos de marca Siemens (a).....	153
Apendice 42. Precios (\$) de productos de marca Siemens (b)	154
Apendice 43. Precios (\$USD) de productos de marca Omega (a).....	155

Apendice 44. Precios (£) de señales luminosas	156
Apendice 45. Precios (£) la señal combinada de seguridad.....	157
Apendice 46. Precios (\$USD) de válvulas Posiflow	157
Apendice 47. Cotización motorreductor	158
Apendice 48. Cotización encendedor eléctrico.....	158

Capítulo 1: Título

Diseño de un sistema automático para el accionamiento del horno de crisol y colado centrifugo vertical para el taller de fundición de la Universidad

Francisco de Paula Santander Ocaña

1.1. Introducción

La fundición es el proceso mediante el cual se funde metal y se vierte en la cavidad de un molde obteniendo piezas a conformidad después de su solidificación, es un método milenario que se mantiene vivo hasta hoy, y lejos de prescindir de este, se avanza en día a día en su mejoramiento

Las ventajas de la fundición radican en el poco requerimiento de infraestructura para su implementación, en que puede ser trabajado por personal empírico y en la facilidad para moldear casi cualquier tipo de pieza que pueda ser representada en un modelo, con el cual se elabora un molde ya sea desechable o permanente.

Existen varios métodos de moldeo, el más común es el moldeo por gravedad para el cual solo se requiere verter el metal fundido en el molde estático previamente elaborado y esperar su solidificación. Existen otros métodos de colado como la fundición centrifuga, dentro de la cual se encuentra la fundición realmente centrifuga (horizontal y vertical), y la fundición por semicentrifugado y centrifugado en los cuales el colado se realiza con moldes en rotación para obtener piezas con mejores propiedades mecánicas al eliminar algunas desventajas del método por gravedad como lo es la porosidad de las piezas, inclusiones, entre otras.

La implementación de los métodos de colado centrifugo vertical, semicentrifugo y centrifugo en el taller de fundición de la UFPSO son el objeto de este proyecto, en el que se definirá la viabilidad de implementar estos métodos alternativos de moldeo desde el punto de

vista técnico y económico, realizando el planteamiento arquitectónico del sistema de colado y la automatización del proceso para el manejo del metal fundido y su posterior vertimiento en moldes en rotación.

1.2. Planteamiento del problema

La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO) cuenta con un taller de fundición en el cual los estudiantes desarrollan sus prácticas académicas correspondientes a la asignatura de procesos de manufactura. El proceso actual consiste en fundir el metal (normalmente aluminio) en un horno de crisol basculante para la fabricación de piezas en moldes de arena. Este proceso se realiza manualmente y actualmente solo se emplea la técnica de colado por gravedad o estática. En el proceso mencionado los estudiantes manipulan los equipos, realizando las siguientes labores: encendido del horno, retiro de escoria, inclinación del horno de crisol, traspaso del metal fundido a la cuchara de colada, transporte y colado del metal fundido en los moldes correspondientes; labores que depende de la pericia de los operarios (que en este caso son los mismos estudiantes) para realizar el proceso de forma óptima y segura.

En la asignatura de procesos de manufactura se tratan diferentes contenidos teóricos, que finalmente no son experimentados por los estudiantes debido a que aún no se cuenta con facilidades para su desarrollo en los laboratorios, tal es el caso del colado centrifugo vertical, semicentrifugo y centrifugado, el cual debería ser trabajado por los estudiantes para que puedan obtener productos con mejores propiedades mecánicas (dureza y resistencia). Utilizando la ventaja sobresaliente creada por la fuerza centrífuga de los moldes giratorios con la cual se logra el llenado completo de las cavidades del mismo, se pueden producir piezas moldeadas de alta calidad e integridad debido a su alta densidad, libres de vacíos, porosidad, óxidos, gases y otras inclusiones no metálicas, además de lograr producir secciones de colada más delgadas y con

acabado superficial de mayor calidad que el método de colado estático.

Es importante que los estudiantes puedan contar con un taller de fundición tecnificado y automatizado para el desarrollo de sus proyectos institucionales, de tal forma que les permita familiarizarse con procesos industriales, además de familiarizarse con el nivel tecnológico de la industria nacional.

1.3. Formulación del problema

¿Qué base documental se requiere para implementar un sistema automático para el accionamiento del horno de crisol y colado centrifugo vertical en el taller de fundición de la UFPSO?

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo General. Diseñar un sistema automático para el accionamiento del horno de crisol y colado centrifugo vertical para el taller de fundición de la UFPSO

1.4.2 Objetivos Específicos

Proponer un sistema de colado centrifugo vertical en el taller de fundición de la UFPSO

Describir el funcionamiento y manejo actual del taller de fundición de la UFPSO

Identificar los requerimientos de diseño del sistema de colado centrifugo vertical

Definir la arquitectura del sistema de colado centrifugo vertical

Definir los cambios estructurales requeridos en el taller de fundición de la UFPSO para la aplicación del proyecto

Presentar la lógica de funcionamiento del sistema de accionamiento del horno de crisol y colado centrifugo vertical

Definir las filosofías de control

Elaborar los planos arquitectónicos, eléctricos y de comunicaciones

Proponer lineamientos para la construcción y ensamble

Idear el sistema de control para el sistema de accionamiento del horno de crisol y colado centrifugo vertical

Realizar la narrativa de control del sistema

Seleccionar los equipos e instrumentos para el control del sistema

Diseñar la interfaz de usuario que permita el control del sistema

Programar el manejo y control del sistema

Elaborar un presupuesto para la ejecución del proyecto por parte de la UFPSO

1.5. Justificación

La fundición es un proceso común en la industria metalúrgica, empleándose para obtener gran variedad de piezas y elementos de máquinas mediante el uso de moldes, permitiendo así la obtención de piezas de forma compleja.

La facultad de ingeniería mecánica de la UFPSO requiere de máquinas, equipos y herramientas para que sus estudiantes puedan desarrollar proyectos de aplicación de manufactura e ingeniería, así como para su formación respecto a su uso y manejo, para ello se cuenta entre otros con el taller de fundición, con el cual es posible hasta ahora realizar manualmente el colado por gravedad o estático para la fabricación de piezas metálicas de bronce y aluminio

Para que la UFPSO ofrezca la oportunidad a sus estudiantes de experimentar otras técnicas de fundición mediante un laboratorio más completo y versátil para que se pueda sacar más provecho del mismo y montar mayor cantidad de proyectos institucionales, hace falta automatizar el accionamiento del horno de crisol y ofrecer otras técnicas de colado utilizadas en la industria como lo son el colado centrifugo (vertical, semicentrifugo y centrifugado), y así poder estudiar sus características y aprovechar sus bondades en sus proyectos.

Con este proyecto se pretende desarrollar la ingeniería de control automático para el accionamiento del horno de crisol, y la ingeniería de control automático en pro de la implementación del proceso de colado centrifugo vertical, para que posteriormente la UFPSO ofrezca la oportunidad de su construcción y montaje a sus estudiantes a través proyectos institucionales. Al diseñar y construir un sistema automático se podrán controlar las principales variables del proceso, cómo lo son temperatura y nivel (cantidad), disminuyendo así el riesgo físico de incidentes en los estudiantes.

La automatización industrial de los procesos de manufactura incide notablemente en el aumento de la productividad, rapidez, precisión, reducción de costos de producción y altos estándares de calidad, así como en la disminución de riesgos hacia los operarios al reducir notoriamente el contacto hombre máquina.

1.6. Delimitaciones

1.6.1. Geográficas.

Este proyecto se desarrollará en las instalaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

1.6.2. Temporales.

Este proyecto se desarrollará en un periodo de cuatro (4) meses durante el cual se trabajará para conseguir el objetivo general del proyecto.

1.6.3. Conceptuales.

Este proyecto está delimitado por los conocimientos adquiridos en el desarrollo de los módulos de la especialización en automatización industrial de la UFPSO, en libros, sitios web, experiencia propia y consultoría a los docentes de la UFPSO.

1.6.4. Operacional.

Debido a que con este proyecto se pretende obtener el diseño del control automático del accionamiento del horno de crisol y colado del metal fundido en una máquina de colado centrífugo vertical, no se realizarán cálculos para el diseño de los componentes mecánicos requeridos por el sistema. Es decir en este proyecto se presentará la lógica de funcionamiento y la arquitectura de los mismos. Corresponderá a etapas posteriores como lo es la fase de construcción realizar la verificación y completamiento del diseño de los componentes mecánicos.

El diseño de automatización propuesto requerirá de intervención manual, consistente en el monitoreo y operación de la HMI, manejo de la cuchara de moldeo para su posicionamiento en la labor de llenado, y su posterior transporte y vaciado en el molde en rotación sobre la máquina de colado centrífugo vertical. De esta manera se logra que los estudiantes sigan estando “inmersos” en el proceso de fundición, monitoreando y analizando variables, y realizando acciones de acuerdo a las mismas.

El diseño no contempla la medición ni control del nivel de combustible en el tanque de almacenamiento diésel por considerar que esta variable no representa relevancia en el proceso, ya que puede asegurarse visualmente y de forma rápida por un operador previo al inicio de las actividades

El diseño no contempla medición de nivel del metal fundido en el crisol del horno, por considerar que no es una variable influyente en el proceso de colado centrífugo vertical, ya que puede ser premeditada pesando el material disponible para la fundición o mediante cálculos matemáticos para cálculo del volumen mínimo deseado

El diseño no contempla el monitoreo de gases producto de la combustión, debido a que su objeto es cumplir con la reglamentación de emisión de gases y no con el proceso de fundición en

sí.

El diseño del sistema contemplará tamaños de molde hasta de 60 cm x 60 cm, ya que son los tamaños usualmente trabajados en el taller de fundición de la UFPSO.

Los diseños no contemplarán cambios en la subestación eléctrica, es decir que se parte de la premisa de que la carga eléctrica instalada actualmente en el taller de fundición es suficiente para accionar los nuevos equipos a que hubiese lugar, haciendo uso de las instalaciones eléctricas existentes en el taller de fundición

Los diseños no contemplarán las obras civiles a que hubiese lugar

El presupuesto a elaborar se realizará con precios consultados en bases de datos, ofertas en tiendas de páginas web, entre otras fuentes confiables. No se realizarán cotizaciones para determinar los precios de los insumos del proyecto, por lo tanto es posible que no se pueda conocer con certeza los precios de algunos artículos requeridos

1.7. Marco referencial

1.7.1. Marco histórico

La manufactura es el proceso de convertir la materia en productos, incluyendo su diseño, la selección de materia prima y la secuencia de los procesos a través de los cuales será manufacturado (Kalpakjian, 2008). Dentro de los procesos de manufactura se encuentra la metalurgia, haciendo parte de esta la fundición de piezas metálicas, técnica que data desde mediados del III milenio antes de cristo, donde se utilizaron las técnicas de fundición con moldes, bien sea de piedra o de arcilla, alcanzado un alto grado de perfeccionamiento en Asia (civilización Sumerio – Acadia) y Egipto.

A lo largo de la historia la fundición se ha utilizado para producir piezas de orfebrería, joyería, vasijas, armas, herramientas y piezas y elementos de máquinas en diversos metales,

como oro, cobre, bronce, hierro, aluminio, entre otros.

Que se refiere al vertido de metal fundido en un molde metálico de rotación rápida, fue desarrollado por AG Eckhardt de Soho, Inglaterra, en 1809. El método fue pronto adoptado por las fundiciones de tubos y fue utilizado por primera vez en Baltimore, Maryland, en 1848. Sir Henry Bessemer, famoso por su convertidor, utilizó la fundición centrífuga para eliminar gases y fue el primero en verter dos o más metales en un único molde rotatorio.

El proceso de fundición centrífuga fue sugerido y patentado por Antonio G Eckhardt de Soho, Inglaterra, en 1809, un método que como su nombre lo indica, utiliza las fuerzas de inercia (causadas por la rotación) para distribuir el metal fundido en las cavidades del molde en rotación rápida pero la insuficiencia técnica de las maquinas frenaba su aplicación práctica. En el año 1848 fue otorgada la primera patente en Estados Unidos a T.G. Lavegrove, de Baltimore, iniciándose así el uso industrial del proceso para producir fundiciones de tubos de hierro. La fundición centrífuga de acero se intentó por primera vez en 1898 en la planta de la American Steel Foundries en St. Louis, Missouri. Las ruedas de los vagones de ferrocarril se hicieron girar en 1901 a una velocidad de rotación de 620 rpm (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992).

En la etapa exploratoria se encontraron diversos documentos y trabajos de grado que tratan sobre fundición centrífuga, lo que demuestra el interés por el desarrollo y aplicación de la técnica. Dentro de ellos rescatamos los mostrados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

Tabla 1.

Trabajos de investigación previos sobre fundición centrífuga

Nombre	Institución	Año	Automatizad
			o

Diseño, calculo y construcción de una máquina de fundición semicentrífuga y centrifugado de piezas y elementos de maquinas	UFPS, Cúcuta Colombia	Mayo 2004	NO
Construcción de una Máquina de Fundición Centrífuga	UCA San Salvador El Salvador	Mayo 2005	NO
Diseño de una máquina didáctica para fundición centrífuga vertical	Universidad Guanajuato México	Septiembre 2012	NO
Construcción e implementación de un prototipo de una máquina centrifugadora para la obtención de cilindros huecos sin costura de aluminio en el taller de fundición de la facultad de mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	E.S.P.C Riobamba Ecuador	2013	NO
Construcción e implementación de un prototipo de una maquina centrifugadora vertical para la obtención de ejes cilindricos de aluminio en el taller de fundición de la facultad de mecánica de la ESPOCH	E.S.P.C Riobamba Ecuador	2014	NO
Construcción y puesta en marcha de centrifugadora vertical de metales	Escuela superior politécnica del litoral México	2014	NO
Diseño y construcción de un equipo de laboratorio para colado centrifugo vertical	Escuela politécnica Nacional Quito Ecuador	Agosto 2009	No

Fuente. Autores del proyecto

1.7.2. Marco contextual

La fundición es un proceso de solidificación mediante el cual se vacía metal fundido dentro de un molde y se deja enfriar. El metal puede fluir a través de una variedad de pasajes (copas de vaciado, bebederos, canales de alimentación, mazarotas y compuertas) antes de alcanzar la cavidad final del molde (Kalpakjian, 2008).

Mediante la técnica de fundición es posible fundir una amplia variedad de productos y producir formas intrincadas de una sola pieza, incluyendo las que tienen cavidades internas, como los monobloques de motores. Se puede producir formas complejas con cavidades internas o secciones huecas, se pueden producir partes grandes de una sola pieza, la fundición puede utilizar materiales cuyo proceso por otros medios es difícil o no económico, finalmente el proceso de fundición es competitivo frente a otros procesos de manufactura (Kalpakjian, 2008).

Casi todos los metales se pueden fundir en la forma final deseada (o muy cerca de ella), a menudo con operaciones menores de acabado. Esta capacidad coloca a la fundición entre las tecnologías más importantes de la manufactura de forma neta. Con la ayuda de técnicas modernas de procesamiento y el control de la composición química, las propiedades mecánicas de las fundiciones pueden igualar las de otros procesos de manufactura (Kalpakjian, 2008).

Existen diversas técnicas de fundición para la fabricación de piezas metálicas. A continuación se enuncian las más comunes con sus ventajas y desventajas (Kalpakjian, 2008):

Molde en arena. Se puede trabajar con cualquier metal fundido, no hay límite de tamaño, forma o peso de las piezas y el costo del herramental es bajo. Sin embargo deben manejar tolerancias amplias y se requiere un acabado superficial posterior al proceso

Molde en cascara. Se obtiene buena precisión dimensional, acabado superficial, y alta capacidad de producción. Hay limitaciones en el tamaño de las piezas y los modelos y equipos son costosos

Modelo evaporativo. Se puede trabajar con la mayoría de metales fundidos, sin límite de tamaño y forma. Los modelos presentan baja resistencia y pueden ser costosos para pequeñas cantidades

Molde de yeso. Se pueden elaborar partes de formas intrincadas, se obtiene buena tolerancia dimensional, buen acabado superficial y baja porosidad. Apto para metales no ferrosos, se tiene límite de tamaño de la pieza y volumen de producción, el tiempo de obtención del molde es relativamente alto

Molde cerámico. Se pueden elaborar partes de formas intrincadas y tolerancias cerradas, obteniendo buen acabado superficial, sin embargo se limita el tamaño de las piezas

Por revestimiento. Se puede trabajar casi cualquier metal fundido, y elaborar partes de formas intrincadas con excelente acabado superficial y precisión. El tamaño de la pieza es limitado; los modelos, moldes y mano de obra es costosos

Molde permanente. Se obtiene buen acabado superficial y tolerancia dimensional, baja porosidad y se puede obtener un alto nivel de producción. Sin embargo los moldes son costosos, los tamaños y complejidad de las piezas son limitados.

A presión en matriz. Se obtiene excelente precisión dimensional, acabado superficial y alta capacidad de producción. Los costos de la matriz son costosos, limitado por los tamaños de las piezas y a metales no ferrosos

Centrifuga. Grandes partes cilíndricas o tubulares con buena calidad, buen acabado superficial, eliminación de la porosidad y alta capacidad de producción. Equipos costosos y

partes de forma limitada

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta un resumen de las características generales de los procesos de fundición. En la que se observa entre otras que la fundición centrífuga es apta para todos los metales comúnmente fundidos, se pueden trabajar piezas de hasta 5000 kg con un alto acabado superficial de hasta (2 μm) (Schey J. , 2000)

Tabla 2.
Características generales de los procesos de fundición

	Arena	Cáscara	Modelo evaporativo	Yeso	Revestimiento	Molde permanente	Matriz a presión	Centrífuga
Materiales fundidos comúnmente	Todos	Todos	Todos	No ferrosos (Al, Mg, Zn, Cu)	Todos	Todos	No ferrosos (Al, Mg, Zn, Cu)	Todos
Peso (kg):								
Mínimo	0.01	0.01	0.01	0.01	0.001	0.1	<0.01	0.01
Máximo	s/lím.	100+	100+	50+	100+	300	50	5000+
Tipo de acabado superficial (R_a en μm)	5-25	1-3	5-25	1-2	0.3-2	2-6	1-2	2-10
Porosidad ¹	3-5	4-5	3-5	4-5	5	2-3	1-3	1-2
Complejidad de forma ¹	1-2	2-3	1-2	1-2	1	2-3	3-4	3-4
Precisión dimensional ¹	3	2	3	2	1	1	1	3
Espesor sección (mm):								
Mínimo	3	2	2	1	1	2	0.5	2
Máximo	s/lím.	—	—	—	75	50	12	100
Tipo de tolerancia dimensional (mm/mm)	1.6-4 mm	± 0.003		$\pm 0.005-0.010$	± 0.005	± 0.015	$\pm 0.001-0.005$	0.015
Costo ^{1,2}	(0.25 mm para partes pequeñas)							
Equipo	3-5	3	2-3	3-5	3-5	2	1	1
Modelo/matriz	3-5	2-3	2-3	3-5	2-3	2	1	1
Mano de obra	1-3	3	3	1-2	1-2	3	5	5
Tiempo típico de entrega ²	Días	Semanas	Semanas	Días	Semanas	Semanas	Semanas-meses	Meses
Capacidad típica de producción ² (partes/molde-hora)	1-20	5-50	1-20	1-10	1-1000	5-50	2-200	1-1000
Cantidad mínima ²	1	100	500	10	10	1000	10,000	10-10,000

Notas: 1. Clasificación relativa, de 1 (mejor) a 5 (peor). Por ejemplo, la fundición a presión en matriz tiene una porosidad relativamente baja, complejidad de la forma de media a baja, alta precisión dimensional, altos costos de equipo y matrices y bajos costos de mano de obra. Estas clasificaciones sólo son generales; pueden ocurrir variaciones significativas, dependiendo de los métodos de manufactura empleados.

2. Valores aproximados sin el uso de tecnologías de elaboración rápida de prototipos.

Fuente. (Schey J. , 2000)

1.7.3. Marco conceptual

El siguiente listado de palabras hace referencia a la propuesta “Diseño de un sistema automático para el accionamiento del horno de crisol y colado centrífugo vertical para el taller de fundición de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña”, el cual nos permite tener una concepción más amplia y completa a cerca del presente proyecto:

BEBEDERO. Sección vertical en el molde de fundición que hace parte del sistema de paso por la que el metal fundido ingresa por un vaciadero que conduce a la cavidad principal

CAD: Diseño asistido por computador, es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y diseñadores.

CAM. (computer-aided manufacturing) Fabricación asistida por computador que implica el uso de computadores y tecnología de cómputo para ayudar en la fase directa de manufactura de un producto, es un puente entre el diseño asistido por computadora CAD y el lenguaje de programación de las máquinas herramientas.

CANALES DE ALIMENTACIÓN. Sistema de paso o red de canales en un molde de fundición, por los que fluye el metal derretido desde el exterior hacia la cavidad

C.C. Cámara de combustión

COPA DE VACIADO. Embudo de vertido ubicado en la parte superior del bebedero para evitar pérdidas y salpicaduras de metal fundido

CONTROLADOR / PLC. Controlador Lógico Programable, es una computadora utilizada en la automatización industrial de procesos electromecánicos.

CRISOL. Tipo de horno con una cavidad para fundir el metal sin que tenga contacto directo con una mezcla combustible. Puede ser móvil, estacionario o basculante

FUNDICIÓN. Proceso también conocido como esmelter para fabricación de piezas metálicas, mediante el cual se vierte metal en forma líquida o se le fuerza para que fluya en una cavidad llamada molde, donde se enfría hasta la solidificación, con lo que adopta la forma del molde

GRAFCET. Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition

HMI. Interfaz de usuario por sus siglas en idioma inglés, (Human Machine Interface) que se usa para referirse a la interacción entre humanos y máquinas; Aplicable a sistemas de Automatización de procesos.

LADDER. Lenguaje de contactos o diagrama en escalera

MAZAROTA. Es un almacenamiento en el molde que sirve como fuente de metal líquido para que el fundido compense la contracción durante la solidificación

M.C.C.V: Maquina de colado centrifugo vertical

MODELO. Representación de la pieza a fundir hecha de madera, metal, plástico u otro material

NA. No aplica

PLC. Controlador Lógico Programable, es una computadora utilizada en la automatización industrial de procesos electromecánicos.

SOLIDWORKS. Es un software CAD para modelado mecánico en 3D.

SET POINT. Punto de ajuste o de control de alguna variable de un sistema de control automático.

VFD. Variador de frecuencia

1.7.4. Marco Teórico

Cuando un molde se pone a girar durante el vaciado, la fusión es arrojada hacia afuera por la fuerza centrífuga con la presión suficiente para asegurar un mejor llenado de la matriz forzando así al metal en el molde. La fuerza centrífuga simula la gravedad y puede causar cambios de composición entre las partes interna y externa de la pieza colada (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992). La solidificación progresa de la superficie exterior hacia adentro; de esta forma, la porosidad se reduce enormemente, y como las inclusiones tienden a una densidad más baja, se segregan hacia el centro (el que se maquina piezas con simetría axial de cualquier forma). El movimiento forzado obtenido al esforzar la fusión al cortante resulta en un refinamiento del grano. La centrifugación se puede aplicar a

todos los procesos de fundición si el molde es suficientemente fuerte para soportar la rotación.

Todos los metales que se pueden fundir mediante fundición estática pueden fundirse mediante el proceso de fundición centrífuga, incluyendo aceros al carbono y aleados, aceros de alta aleación resistentes a la corrosión y al calor, hierro gris, hierro dúctil y nodular, hierros de alta aleación, aceros inoxidable, aceros de níquel, aleaciones de aluminio, aleaciones de cobre, aleaciones de magnesio, aleaciones de níquel y cobalto y aleaciones de titanio. Los metales no metálicos también pueden ser fundidos mediante fundición centrífuga, incluyendo cerámicas, cristales, plásticos y virtualmente cualquier material que pueda ser hecho líquido o vertible (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992).

El sistema de alimentación de las fundiciones centrífugas emplea generalmente un solo bebedero, que combina la función del bebedero y respiradero. La fuerza centrífuga aumenta enormemente la acción de alimentación de la columna ascendente y produce una mayor densidad de metal en la colada.

La fuerza centrífuga que actúa sobre el metal fundido proporcionará una mejor acción de alimentación que una cabeza fundida estática; Por lo tanto, es posible alimentar el metal fundido a través de secciones de molde más ligeras y más delgadas en secciones de molde más pesadas mucho más fácilmente que en la fundición estática.

Existen esencialmente dos tipos básicos de máquinas de colada centrífuga: el tipo horizontal, que gira alrededor de un eje horizontal, y el tipo vertical, que gira alrededor de un eje vertical. Las máquinas de colada centrífuga horizontal se usan generalmente para fabricar tuberías, tubos, casquillos, manguitos de cilindro (forros) y piezas fundidas cilíndricas o tubulares de forma simple. El rango de aplicación de las máquinas de colada centrífuga vertical es considerablemente más amplio. Las piezas fundidas que no son cilíndricas, ni siquiera

simétricas, pueden fabricarse utilizando fundición centrífuga vertical.

El proceso de fundición centrífuga utiliza moldes rotativos para alimentar el metal fundido uniformemente en la cavidad del molde. La solidificación direccional proporciona piezas fundidas limpias y densas con propiedades físicas que a menudo son superiores a las de los procesos de fundición estática (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992). Se distinguen así tres procesos de acuerdo con la forma del molde (i) la fundición realmente centrífuga, (ii) la fundición semicentrífuga, y (iii) el centrifugado (ver Figura 1), los cuales se describen a continuación:

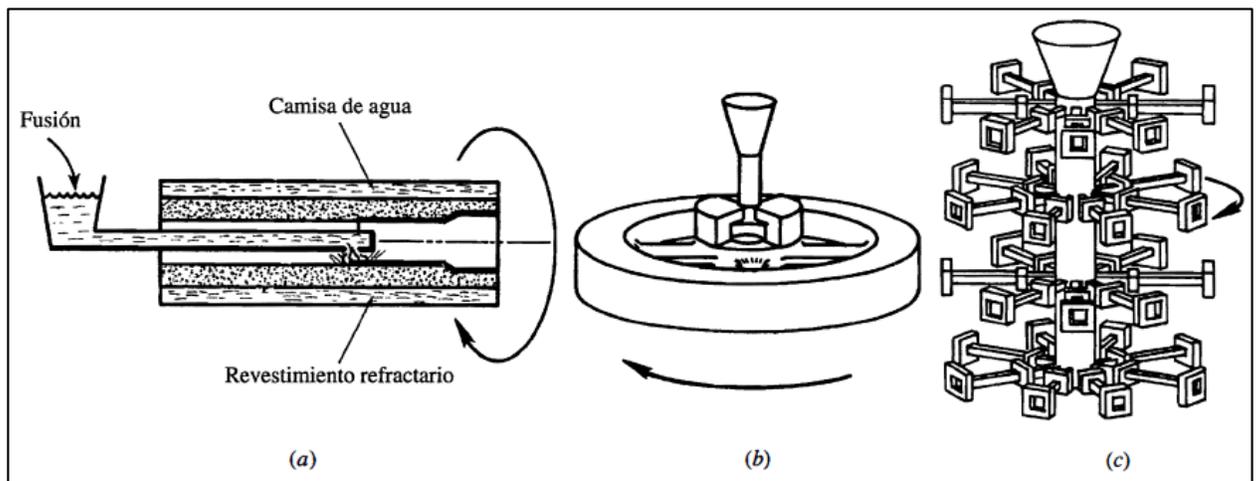


Figura 1. Tipos de fundición centrífuga

Fuente. (Massachusetts Institute of Technology)

Fundición realmente centrífuga. Se emplean moldes de simetría rotacional, esencialmente tubos, hechos de acero (protegidos con un recubrimiento refractario o incluso con un recubrimiento de arena verde o seca) o de grafito. La fusión se vacía mientras el molde gira, resultando en un producto hueco como un tubo o un anillo (Figura 1-a). Controlando las velocidades del flujo y moviendo el orificio de vaciado a lo largo del eje, se pueden fundir tubos grandes y largos de calidad y con espesor de pared muy uniformes. Si se desea, se puede variar el

contorno externo de la fundición, mientras el interior permanece cilíndrico. La calidad superficial es buena en el exterior pero puede ser pobre en el interior (Schey J. A., 2002). Este método puede trabajarse de dos formas conocidas como: (i) fundición centrífuga horizontal y (ii) fundición centrífuga vertical. Este procedimiento se emplea en la producción de fundiciones cilíndricas o tubulares, como la fabricación de tubos sin costura, camisas y objetos simétricos (E.P.N., 2009)

Fundición semicentrífuga. Se puede aplicar a todos los moldes desechables y permanentes. Cuando sólo se funde una pieza con simetría casi rotacional (por ejemplo, engranajes en bruto, ruedas, poleas, impulsores, rotores), (Figura 1-b). Los moldes se diseñan con mazarotas en el centro a fin de suministrar metal. La densidad del metal en el fundido final es mayor en las secciones exteriores que en el centro de la rotación. El proceso se emplea con frecuencia para piezas en las que el centro de la fundición se máquina, lo que elimina la porción donde la calidad es más baja (Groover).

Fundición por centrifugado. Cuando se colocan piezas con forma irregular (cuerpos de válvulas y caperuzas, tapones, elementos de eslingado, soportes y una amplia variedad de diversas fundiciones industriales) alrededor de un bebedero central en una manera equilibrada (por ejemplo, por moldeo de revestimiento) (Figura 1-c). La fuerza centrífuga transfiere la fusión y asegura un buen llenado del molde; el molde está diseñado con las cavidades de la pieza localizada hacia afuera del eje de rotación, de modo que el metal vertido en el molde se distribuya hacia ellas por medio de la fuerza centrífuga. El proceso se emplea para piezas pequeñas y no es un requerimiento la simetría radial de la pieza, como sí lo es para los otros dos métodos de fundición centrífuga (Groover)

Velocidad de rotación

La velocidad ideal de rotación provoca una adhesión rápida del metal fundido a la pared del molde con una vibración mínima. Tales condiciones tienden a dar lugar a una colada con una estructura uniforme (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992). A continuación se presenta el cálculo de cuán rápido debe girar el molde en una fundición centrífuga (fundición centrífuga horizontal), a fin de que el proceso tenga éxito. La fuerza centrífuga está definida por la siguiente ecuación de física:

$$F_c = \frac{m * v^2}{R}$$

Donde,

$F_c = \text{fuerza centripeta (N, lb)}$

$m = \text{masa (kg, lbm)}$

$v = \text{velocidad tangencial (m/s, ft/s)}$

$R = \text{radio (m, ft)}$

Definiendo un valor GF como la razón de la fuerza centrípeta dividida en el peso, la velocidad de rotación como N y el uso del diámetro D de la pieza a fundir en vez del radio en la ecuación anterior, se tiene la siguiente ecuación para el cálculo de la velocidad de rotación del molde:

$$N = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2 * g * GF}{D}}$$

Donde,

$N = \text{Velocidad rotacional, rpm}$

$g = \text{aceleración de la gravedad, } \frac{m}{s^2}, \frac{ft}{s^2}$

$D = \text{diámetro interior de la pieza a fundir, m/ft}$

$GF = \text{factor de fuerza centripeta, adimensional}$

Con una base empírica (Groover), se ha encontrado que para la fundición centrífuga horizontal son apropiados valores de GF de 60 a 80, aunque esto depende hasta cierto punto del metal que se funde. Valores por debajo de 60 pueden causar que el metal “llueva” dentro del molde.

Para el cálculo de la velocidad óptima de rotación, para la fundición semicentrífuga y centrifugado se adopta la misma fórmula desarrollada para la fundición centrífuga horizontal, estableciéndola de tal modo que se obtenga un valor de GF de alrededor de 15 (Groover)

En el caso de fundición centrífuga vertical la ecuación para cálculo de la velocidad es la siguiente (Groover)

$$N = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2 * g * L}{(R_t^2 - R_b^2)}}$$

$L = \text{longitud o altura de la pieza (m, ft)}$

$R_t = \text{Radio de la parte interna superior, (m, ft)}$

$R_b = \text{Radio de la parte interna inferior, (m, ft)}$

Como algo práctico, las longitudes de las piezas que se fabrican con fundición centrífuga vertical por lo general no son más del doble que sus diámetros, además su aplicación abarca piezas donde no se requiera que los radios internos superior e inferior sean iguales o en los que posteriormente se requiere un mecanizado, ya que si estos se establecen como iguales en la ecuación anterior, la velocidad requerida sería infinita

Una velocidad de rotación demasiado baja puede causar deslizamiento y resultar en un acabado superficial pobre. Una velocidad de rotación demasiado alta puede generar vibraciones, lo que puede dar lugar a una segregación circunferencial. Velocidades de rotación muy altas

pueden dar lugar a tensiones circunferenciales lo suficientemente altas como para causar hendidura radial o grietas circulares cuando el metal se encoge durante la solidificación (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992).

Tipos de molde para fundición centrífuga

Para la fundición centrífuga de aluminio se utilizan moldes y núcleos de acero, arena al horno, yeso, fundición o grafito. Las matrices o moldes metálicos proporcionan un enfriamiento rápido, lo que da como resultado un nivel de solidez y propiedades mecánicas comparables o superiores a las de las fundiciones de molde permanente vertidas por gravedad. Los moldes de arena y yeso al horno se usan comúnmente para la fundición por centrifugación debido a que se pueden disponer fácilmente múltiples cavidades de moldeo alrededor de un canal de colada central. El grafito tiene dos grandes ventajas como material de molde: su alta conductividad térmica proporciona un rápido enfriamiento del metal fundido, y su baja gravedad específica, en comparación con los materiales del molde ferroso, reduce la potencia requerida para alcanzar las velocidades deseadas (ASM, Properties and selection: Nonferrous alloys and special-purpose materials, 1992).

Se pueden utilizar moldes de arena, moldes semipermanentes y moldes permanentes para el proceso de colada centrífuga. La selección del tipo de molde se determina por la forma de la colada, el grado de calidad necesario y la producción (número de piezas fundidas) requerida (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992).

Moldes de Arena. Cuando se utilizan moldes de arena, normalmente es necesario comenzar a verter el metal fundido a una velocidad de rotación lenta del molde. Cuando el molde se vierte total o parcialmente, la velocidad de rotación se incrementa a la requerida para prevenir

o reducir la erosión de las cavidades del molde por parte del metal fundido. Los moldes deben casi siempre ser vertidos mientras giran, incluso si la velocidad de rotación es de sólo 5 rpm. Esto asegura la correcta distribución del metal caliente y frío en el molde para una acción de alimentación óptima (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992).

Moldes Permanentes. Se utilizan dos tipos básicos de moldes permanentes: moldes metálicos y moldes de grafito o carbono. Debido a la extracción más rápida del calor de los moldes permanentes, generalmente hay un aumento en la calidad (especialmente propiedades) de las piezas fundidas producidas en este tipo de molde. Los moldes de acero se recomiendan para la fundición centrífuga

1.8. Diseño Metodológico

1.8.1. Tipo de investigación

La propuesta “diseño de un sistema automático para el accionamiento del horno de crisol y colado centrifugo vertical para el taller de fundición de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña”, se realizara mediante una investigación descriptiva, con un esquema cualitativo, en donde se presentan, describen, analizan y se materializan los requerimientos ingenieriles óptimos que conlleven al cumplimiento del objeto del proyecto.

1.8.2. Población y muestra

En este proyecto no aplica la población ni el muestreo ya que como resultado final se entregará el diseño de un sistema automático para el accionamiento del horno de crisol y colado centrifugo vertical para el taller de fundición de la UFPSO a partir de toda la información primaria y secundaria que se pueda recolectar y estudiar.

1.8.3. Recolección de información

Las fuentes primarias y secundarias son el medio de recolección de información a emplear

en el desarrollo del presente proyecto:

Conocimientos y experiencia propia de los autores del proyecto

Consultoría a profesionales

Libros y publicaciones

Proyectos similares

Sitios Web

Hojas de datos de equipos

1.8.4. Análisis de información

Para el análisis de la información, inicialmente se revisarán y analizarán proyectos similares con el objeto de abstraer la mayor cantidad de ideas respecto al diseño de máquinas para fundición centrífuga. Se revisarán libros especializados en fundición o procesos de manufactura y se determinará así la arquitectura de la máquina de eje vertical más adecuada para realizar fundición centrífuga vertical, semicentrífuga y centrifugado.

Una vez se defina la arquitectura de la máquina de fundición centrífuga, se realizará un diseño arquitectónico del tal forma que quede integrada a la infraestructura existente en el laboratorio de fundición, se usará para ello el software de diseño mecánico SolidWorks perteneciente a la UFPSO,

Para poder controlar la maquina se diseñará una interfaz de usuario que permita visualizar y controlar las variables del proceso, así como el manejo a distancia de los equipos y componentes del proceso.

Finalmente se elaborarán planos arquitectónicos de la máquina de fundición centrífuga de eje vertical, se definirán los protocolos de construcción y ensamble de la misma y se elaborará el presupuesto estimado clase II (clasificación de acuerdo al Project Management Institute)

respectivo para poder materializar el proyecto por parte de la UFPSO

Capítulo 2: Implementación del colado centrifugo vertical en la UFPSO

2.1 Sistema actual de colado en la UFPSO

La UFPSO cuenta con un taller de fundición cuyas dimensiones son: 12 m de ancho, 4.0 m de largo y ~3.0 m de altura (ver Figura 2), en el cual se cuenta con los siguientes equipos:

Horno crisol: El horno de la UFPSO es el resultado del proyecto de grado titulado “IMPLEMENTAR UN HORNO DE CRISOL BASCULANTE PARA EL LABORATORIO DE FUNDICIÓN DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA” construido por los estudiantes Fornaris Vargas Sepúlveda y Juan Rodrigo Mora Peñaranda en el año 2014. Este horno es de tipo basculante movido con una volante de diámetro 55 cm, su capacidad es de 7.037 litros o 19 kg de aluminio, la temperatura optima estipulada para colado estática fue de 760 °C (Mora Peñaranda y Vargas Sepúlveda, 2014)

Cuchara de moldeo. La capacidad de la cuchara de moldeo es de 20 kg de aluminio 7.41 litros

Compresor. Motor de 1/2 hp, tanque de 40 litros, presión de trabajo 125 psi, y flujo de 2 pcm @ 90psi

Tanque diésel. El combustible utilizado es diésel (ACPM), el cual se almacena en un tanque metálico de 16 galones ubicado sobre una viga en concreto a 2.38 m de altura, desde este se conduce por gravedad hasta el soplador, controlando su flujo mediante una válvula de bola manual de ½” de diámetro

Soplador. Para poder lograr la temperatura de 760 °C en el metal fundido se inyecta una mezcla de aire combustible mediante un soplador centrifugo impulsado por un motor eléctrico bifásico de 2 hp x 3490 rpm, inyectando un caudal de 15.002 kg aire/kg combustible. (Mora Peñaranda y Vargas Sepúlveda, 2014)



Figura 2. Fachada e interior del taller de fundición de la UFPSO

Fuente. Autores del proyecto

El método de colado usado en la UFPSO es el tradicional de colado estático por gravedad en molde de arena, el cual consiste en preparar un molde manualmente y verter el metal fundido mediante una cuchara de moldeo para llenar la cavidad del molde, y se espera su solidificación para posteriormente ser retiradas destruyendo el molde

A las piezas de fundición obtenidas en el taller de fundición no se le han estudiado sus propiedades mecánicas, como dureza o resistencia, sin embargo se evidencia porosidad e inclusiones en las piezas mediante una leve inspección visual como se muestra en la Figura 3, por lo que puede afirmarse que las piezas obtenidas son de baja calidad. Con la implementación del equipo de colado centrifugo vertical, los estudiantes podrán realizar estos análisis y corroborar así las ventajas de la fundición centrifuga en cuanto a la calidad de las piezas obtenidas



Figura 3. Piezas fundidas por colada estática en el taller de la UFPSO (escala en cm)

Fuentes: Autores del proyecto

2.2 Parámetros de diseño del sistema de colado centrifugo vertical

2.2.1 Limitantes para la máquina de colado centrifugo vertical

Como limitantes para el diseño de la máquina de colado centrifugo vertical se tienen:

Tamaño de piezas a fundir: el tamaño de piezas a fundir mediante el sistema de colado centrifugo será limitado, debido a que se usará para desarrollar prácticas académicas.

Dependiendo de la técnica de colado a utilizar se tienen las siguientes limitantes en el tamaño.

Fundición por centrifugado: Para piezas con tamaño largo ancho de 17 cm x 15 cm y altura de hasta 20 cm. Estos tamaños corresponden a la media de tamaños de los modelos disponibles en el taller de fundición.

Fundición centrifuga real - vertical: Para piezas con máximo de 50 cm de diámetro y una altura máxima de 80 cm, y de mínimo de 8 cm de diámetro x 16 cm de altura. El tamaño mínimo se debe a que tamaños menores pueden construirse por centrifugado

Fundición semicentrifuga: Para piezas con diámetro máximo de 50 cm y una altura máxima de 25 cm y diámetros mínimos de 8 cm x 8 cm de altura. El tamaño mínimo se debe a que tamaños menores pueden construirse por centrifugado

Metales a fundir: El metal de trabajo será el aluminio cuya temperatura de fusión y densidad es de $660\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 2.7 g/cm^3 respectivamente, esto debido a que es el metal usualmente trabajado en el taller de fundición de la UFPSO y para el cual se diseñó su horno de Crisol (Mora Peñaranda y Vargas Sepúlveda, 2014).

Espacio en el taller: Por las condiciones limitadas de espacio en el taller y debido a que la máquina tendrá fines académicos se construirá una tornamesa de diámetro 70 cm, donde se puedan instalar moldes de hasta 60 cm de diámetro.

2.2.2 Variables de operación de colada

Velocidad de rotación: La velocidad de rotación está dada de acuerdo a la geometría de las piezas a fundir y de la técnica de colado. La técnica de colado que demanda mayor velocidad es la de colado centrifugo vertical, la cual es inversamente proporcional al diámetro de las piezas a fundir. Así para la pieza de producción más pequeña de 8 cm de diámetro x 16 cm de altura y un espesor de 3 cm, se requiere una velocidad mínima de rotación de 2307 rpm. Por tanto será la referencia de la máxima velocidad que podrá suministrar la máquina de colado centrifugo vertical. La velocidad mínima será de 211 rpm correspondiente a una pieza de 60 cm de diámetro fundida por el método de fundición semicentrífuga.

Velocidad de vertido: Las velocidades de vertido requeridas para el moldeo centrífugo son bastante altas en comparación con las de la fundición estática en moldes de arena. Es particularmente importante que la velocidad inicial de vertido al principio sea muy alta para evitar las vueltas frías y los cierres fríos. Para la mayoría de los tipos de fundición centrífuga que pesan menos de 45 kg (100 lb), se recomienda una velocidad de vertido de aproximadamente 9 kg/s (20 lb/s). Para piezas fundidas que pesan hasta 450 kg (1000 lb), se recomienda un caudal inicial de 9 a 23 kg/s (20 a 50 lb/s). Para las piezas fundidas que pesan más de 450 kg (1000 lb),

se recomiendan velocidades de vertido de 45 a 90 kg/s (100 a 200 lb/s). Para el caso de las fundiciones realizadas en la UFPSO la descarga de vertido debe realizarse en menos de tres (3) segundos debido a que la capacidad de la cuchara de colado es de máximo 20 kg

Embudo: Cuando se vierte en un molde de rotación vertical, es importante introducir el metal fundido de tal manera que se evite o se minimice la turbulencia del metal fundido, que puede causar salpicaduras, rociado o gotas y puede dar lugar a defectos de colada no deseados.

Aunque muchas fundiciones centrífugas verticales se pueden verter directamente en el molde desde la cuchara para producir una fundición centrífuga de calidad, es más frecuente usar un embudo de vertido. Con un embudo de vertido, la tobera se puede alinear hasta el diámetro requerido de manera que, con una cierta altura ascendente del metal fundido en el embudo, pueda obtenerse una velocidad de vertido controlada para un peso de colada particular. Además, con un embudo de vertido, se puede hacer que la entrada de metal fundido en el molde haga impacto sobre el cuerpo del molde con un flujo de metal inicial en la dirección de rotación del molde. Este tipo de vertido proporcionará una calidad de colada superior minimizando o eliminando cualquier turbulencia perturbadora en el flujo de metal fundido que pueda causar defectos (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992).

Temperatura de colado: La *temperatura de vertido* es la que tiene el metal fundido al introducirse al molde. Siendo importante la diferencia entre la temperatura a que se vierte y la requerida para iniciar la solidificación (temperatura de líquido). Esta diferencia de temperatura se conoce como *sobrecalentamiento* (Groover). El grado de sobrecalentamiento para fundir una pieza depende esencialmente del metal que se está colando, del tamaño del molde y de las propiedades físicas del material del molde.

En la práctica, las temperaturas de colada se mantienen tan bajas como sea posible sin la

formación de defectos resultantes de una temperatura demasiado baja. Una alta temperatura de colada requiere velocidades de rotación más altas para evitar el deslizamiento; Las bajas temperaturas de fundición pueden causar capas y porosidad del gas. La temperatura de fundición también influye en las tasas de solidificación y por lo tanto afecta la cantidad de segregación que tiene lugar.

El metal generalmente se vierte alrededor de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($100\text{ }^{\circ}\text{F}$) más alto que la temperatura utilizada para la misma fundición si se vierte estáticamente en un molde de arena. Esto es debido al efecto de enfriamiento más rápido de los moldes permanentes (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992), por lo tanto la temperatura de colado óptima para fundición centrífuga será de $800\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Temperatura del molde: La temperatura inicial del molde no afecta a la estructura de la fundición resultante tan directamente como otros parámetros del proceso (D.M. Stefanescu, 1992)

2.2.3 Defectos de las fundiciones

Bandas de segregación: Las bandas son zonas anulares segregadas de constituyentes de bajo punto de fusión. Se produce únicamente en la fundición centrífuga real, generalmente donde el grosor de la pared de colada excede de 50 a 75 mm. Rara vez ocurre en piezas fundidas de paredes delgadas. Por lo tanto el grosor de pared máximo de las fundiciones a trabajar por el método de fundición centrífuga vertical en el taller de la UFPSO estará limitado a 75 mm (~3")

Los ajustes menores en las variables de la operación de colada, tales como la velocidad de rotación, la velocidad de vertido y las temperaturas del metal y del molde, normalmente reducirán o eliminarán la formación de bandas.

Vibración: La vibración puede causar una colada laminada. Se puede mantener al mínimo

mediante un montaje adecuado, un equilibrio cuidadoso de los moldes y una inspección frecuente de rodillos, cojinetes y otras partes vitales. (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992)

2.2.4 Seguridad industrial

Una máquina de colada centrífuga y la instalación del taller en general deben incorporar todos los factores de seguridad posibles. La fuerza centrífuga aumenta directamente con el cuadrado de la velocidad de rotación y directamente con la longitud del radio desde el eje de rotación.

La fuerza centrífuga puede ser muy destructiva. Las velocidades de rotación nunca deben exceder las requeridas para producir la colada. Los moldes deben estar centrados en la torneaza con la mayor exactitud posible y deben estar equilibrados dinámicamente si es necesario.

El método de unión de las placas de cubierta inferior y superior al molde es de gran importancia para soportar y contener la fuerza del metal fluido fundido durante el colado. Todas las disposiciones de sujeción deben diseñarse para apretarse con la fuerza centrífuga o para no ser afectadas por ella. Los moldes deben sujetarse firmemente a la mesa porque los moldes desequilibrados pueden salirse de la mesa durante el funcionamiento. Se deben usar protectores de seguridad adecuados con enclavamientos alrededor de todas las máquinas para proteger a los trabajadores del metal fundido, que puede rociar del molde si se vierte demasiado metal. (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992)

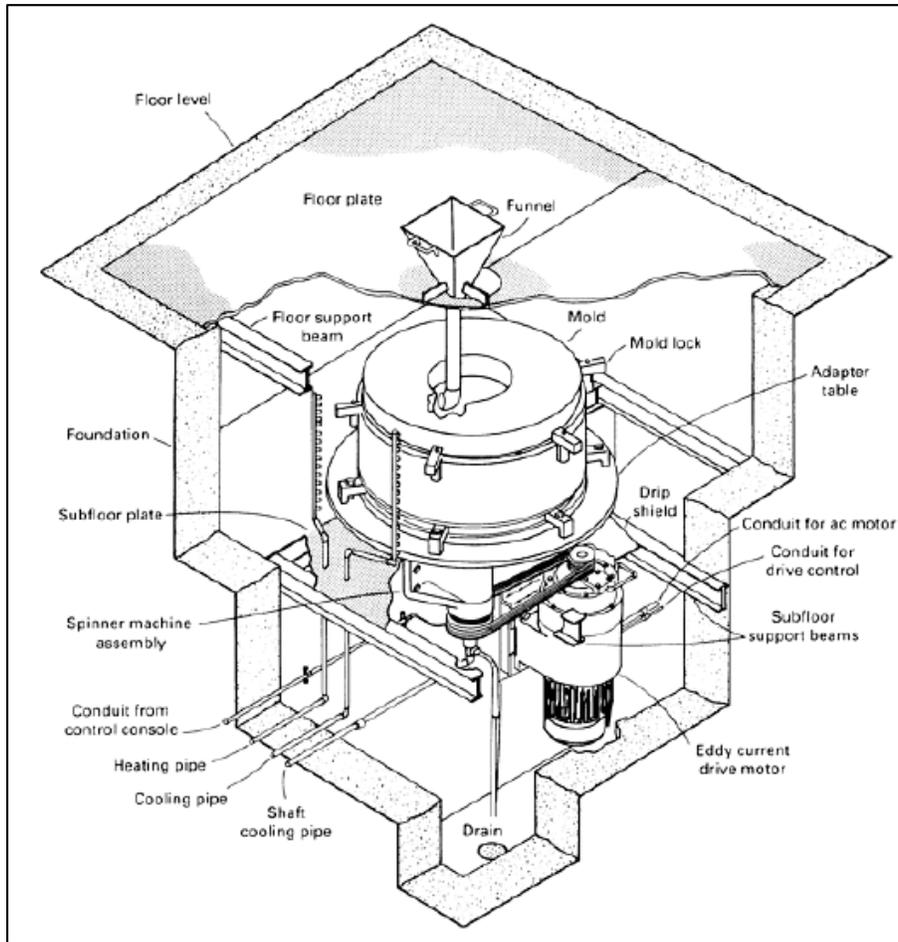
La seguridad industrial para las personas y protección de los equipos del taller de la UFPSO son de suma importancia, para ello la máquina de colado centrífugo vertical contará con una barrera protectora para contener cualquier tipo de material o piezas que pudiese salir expulsadas por la fuerza centrífuga generada por la máquina. Dicha protección consistirá en una

coraza de acero ya sea de forma cuadrada o cilíndrica que envolverá el molde junto con la tornamesa.

Además de las recomendaciones anteriores se tendrá en cuenta la siguiente recomendación de la ASM: *“Desde el punto de vista de la seguridad para la fundición centrífuga vertical, se recomienda que se considere la **fuerza g** que actúa sobre el diámetro exterior del molde. Es una práctica segura limitar esta fuerza a aproximadamente **200 g** en el diámetro exterior del molde. Después de determinar la velocidad de molde apropiada a partir de la curva de velocidad del molde, esta velocidad debe comprobarse con el diámetro exterior del molde para limitar la fuerza g en el diámetro exterior a menos de 200 g. Si se comprueba que la fuerza es superior a 200 g, la velocidad de rotación debe ser disminuida de modo que no se exceda 200 g en el diámetro exterior del molde”* (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992). Esta recomendación implica construir para el taller de fundición de la UFPSO moldes de diferentes diámetros o tamaños, de acuerdo a las piezas a fundir centrífugamente, de tal forma que se permita seleccionar un molde con el que no se excedan los 200 g en el diámetro exterior de los mismos.

2.2.5 Modelo de máquina de colado centrifugo vertical

En la Figura 4 se muestra una instalación industrial típica de una máquina de colado centrifugo vertical, la cual se tendrá en cuenta para el diseño de la maquina propuesta para la UFPSO.



Adapter table	Torneameza
Conduit for AC motor	Conducto para alimentación AC del motor
Conduit for drive control	Conducto para el control de la transmisión
Conduit from control console	Conducto de la consola de control
Cooling pipe	Tubo de enfriamiento
Drain	Drenaje
Drip shield	Protección contra goteo
Eddy current drive motor	Control del motor por corrientes de Eddy (Foucault)
Floor level	Nivel del piso
Floor plate	Placa de piso
Floor support beam	Viga soporte de piso
Foundation	Cimentación

Funnel	Embudo
Heating pipe	Tubo de calentamiento
Mold	Molde
Mold lock	Seguro de molde
Shaft cooling pipe	Tubería de refrigeración para el eje
Spinner machine assembly	Ensamble de la máquina giratoria
Subfloor plate	Placa inferior
Subfloor support beams	Vigas soporte de la placa inferior

Figura 4. Instalación típica de una máquina de fundición centrífuga vertical

Fuente. Figura 15 (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992)

2.3 Cambios estructurales en el taller de fundición

La inspección del taller de fundición de la UFPSO y la propuesta de su modernización mediante la implementación de un sistema automático del accionamiento del horno de crisol y colado centrífugo vertical implica realizar los siguientes cambios:

Cambio de encendido manual del horno a encendido automático.

Cambio de accionamiento manual mediante volante del horno basculante a manejo automático mediante motorreductor.

Adquisición e instalación de una pluma o grúa manual para elevación de cargas. En el caso de llegar trabajar con moldes de más de 50 kg.

Instalación de la máquina de colado centrífugo vertical mostrada en la Figura 16 bajo nivel o anclada en superficie.

Garantizar acometida trifásica para el taller de fundición

Capítulo 3: Accionamiento y control del horno de crisol y colado centrifugo vertical

3.1 Filosofías de control

A continuación se desglosa la filosofía de control del sistema de accionamiento del horno de crisol y colado centrífugo vertical.

El sistema contará con dos funcionalidades, sistema automático y sistema manual (sistema actual). El sistema debe diseñarse del tal forma que pueda usarse el modo manual independientemente de la disponibilidad o estado técnico del sistema automático

Mediante el sistema automático se podrá realizar lo siguiente:

Encendido y apagado del horno de crisol basculante. lo que implica controlar la velocidad rotacional del soplador, y el control proporcional de la válvula de paso de combustible

Monitorear la temperatura de metal fundido.

Monitorear la temperatura de la cámara de combustión

Controlar la inclinación del horno basculante para trasferir el metal fundido a la cuchara de colado.

Retornar el horno basculante hasta su posición de equilibrio

Accionar la máquina de colado centrifugo vertical y obtener la curva de velocidad requerida en la misma.

Detener la máquina de colado centrifugo vertical.

De acuerdo a la filosofía descrita anteriormente los lasos de control para el sistema automático de accionamiento del horno de crisol y colado centrifugo vertical son:

Tabla 3.
Lazos de control del sistema automático

Nombre	Código
Temperatura cámara de combustión	100
Temperatura del metal fundido	200
Nivel del horno de crisol	300
Velocidad de rotación de la máquina de fundición centrifuga	400
Seguridad del proceso	500
Control manual	600

Fuente: Autores del proyecto

3.2 Diagrama de bloques general

En la Figura 5 se presenta el diagrama de bloques general para el control del sistema propuesto; en general se contará con una interfaz desde la cual se podrán ingresar los parámetros de colada y accionar los mandos requeridos en el proceso, y un controlador para operar el conjunto horno de crisol y máquina de colado centrifugo vertical de acuerdo a la lógica diseñada para el sistema

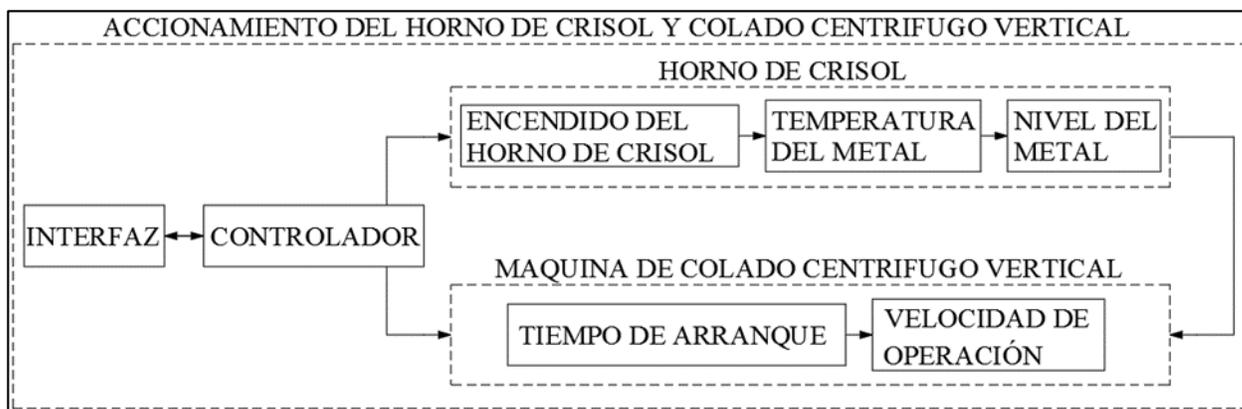


Figura 5. Diagrama de bloques general

Fuente. Autores del proyecto

3.3 Diagrama de tubería e instrumentos (P&ID)

En la Figura 6 se presenta el diagrama de tubería e instrumentos P&ID, el cual fue elaborado de acuerdo al estándar ANSI/ISA 5.1-2014. Este estándar proporciona los bloques alfabéticos del sistema de identificación de instrumentos, señales y funciones; de una manera concisa y de fácil referencia. El P&ID de la Figura 6 es complementado con la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en la cual se listan las entradas y salidas del proceso

Del estándar ANSI/ISA 5.1-2014 se utilizó:

La tabla 4.1 — “*Identification letters*” para realizar la identificación de los instrumentos, lazos de control y dispositivos.

La tabla 5.1.1 — “*Instrumentation device and function symbols*” para designar los símbolos de dispositivos y las funciones de instrumentación

La Tabla 5.1.2 — “*Instrumentation device or function symbols, miscellaneous*” para designar los símbolos de dispositivos y las funciones de instrumentación misceláneos

La Tabla 5.2.1 — “*Measurement symbols: primary elements and transmitters*” para los símbolos de medición de elementos primarios y transmisores

La Tabla 5.3.2 — “*Line symbols: instrument-to-instrument connections*” para designar los símbolos de línea: conexiones instrumento-instrumento

A continuación se describe la nomenclatura utilizada:

BL: Luz piloto de la cámara de combustión

C.C: Cámara de combustión

ES: Alimentación eléctrica

I/O: Entradas y salidas

HV: Válvula manual

SL: Luz piloto de la M.C.C.V.

TCV: Válvula controladora de temperatura

TT: Transmisor de temperatura

TZ: Encendedor eléctrico

UA: Alarma multivariable

VFD: Variador de frecuencia para motor CA

YIC: Controlador del proceso – PLC

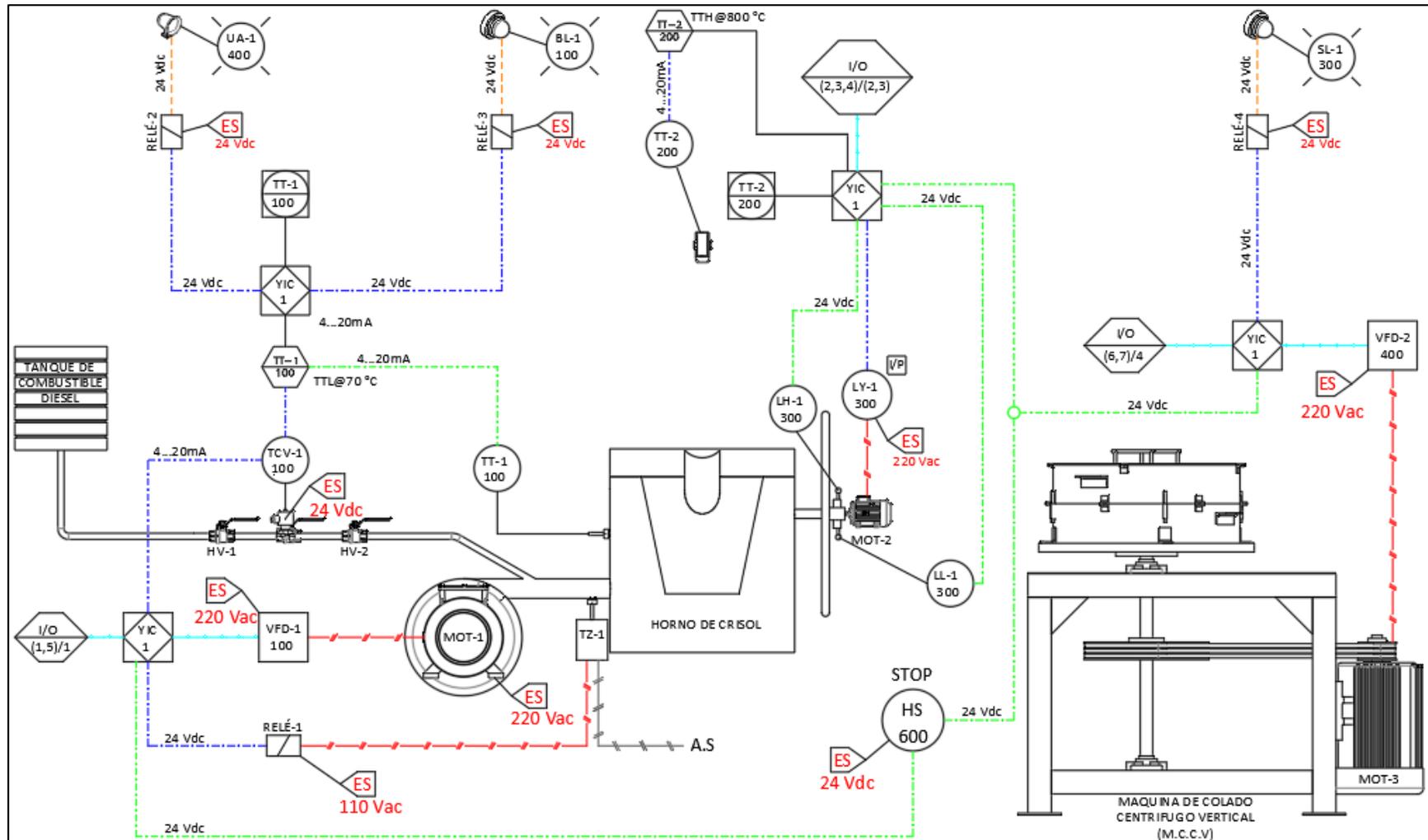


Figura 6. P&ID del proceso

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 4.
Listado de entradas y salidas

I/O	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
I/1	Inicio del proceso	Botón de encendido del horno de crisol en la HMI, el cual debe presionarse por 5 segundos para encender el soplador
O/1	Activa alerta en HMI	En caso de que no se haga ignición en el horno de crisol, se dará una alerta en la HMI y una alarma visual y auditiva por 3 s
O/2	Activa alerta en HMI	Se muestra alerta en la HMI: "Horno listo para bascular"
I/2	Bascular horno	Botón para dar inicio al basculamiento del horno de crisol en sentido horario
I/3	Bascular horno	Botón para pausar el basculamiento del horno de crisol
I/4	Bascular horno	Botón para bascular el horno de crisol en sentido antihorario
O/3	Activa alerta en HMI	Se muestra alerta en la HMI: "Activar M.C.C.V."
I/5	Apagado del horno	Apaga el horno de crisol, encendedor eléctrico y soplador
I/6	Encendido M.C.C.V.	Enciende la máquina de colado centrifugo vertical
I/7	Apagado de M.C.C.V.	Se apaga la M.C.C.V.
O/4	Activa alerta en HMI	Se indica "fin del proceso de fundición" en la HMI

Fuente: Autores del proyecto

3.4 Selección de equipos e instrumentos

La selección de equipos e instrumentos se realizará teniendo en cuenta las necesidades del proceso de accionamiento del horno de crisol y colado centrifugo vertical. En general, estos deben tener los siguientes atributos:

- Conexiones eléctricas estándar 110 Vac / 220 Vac
- La alimentación eléctrica de instrumentos debe ser 24 Vdc

- Instrumentos análogos con señal estándar de: 4... 20 mA o, 0... 10 V
- Protección mínima IP 55
- Temperatura de operación ambiente, excepto para aquellos que estén expuestos a la radiación del horno de crisol
- Marcas reconocidas, garantía, respaldo del fabricante y ofrecimientos de software y herramientas para su selección y configuración
- Los costos deben ser razonables

3.4.1 Definición de criterios de selección de equipos e instrumentos

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan las características particulares mínimas que deben tener cada equipo e instrumento a utilizar en el proyecto

Tabla 5
Criterios de selección de equipos

Tag	Nombre	Función	Criterios de selección
TZ-2	Encendedor eléctrico	Dar ignición a la	- Debe ser apto para encendido de combustible diésel
		mezcla aire	- Debe soportar temperaturas de operación continua de
		combustible dentro de	hasta 1200 °C
		la cámara de	- Debe tener facilidad de instalación mediante acoples
		combustión	roscados
MOT-2	Motorreductor horno basculante	Inclinar el horno	- La velocidad de salida debe estar entre 2 y 3 rpm
		basculante	- Debe ser reversible
			- Debe ser auto bloqueante
MOT-3	Motor máquina centrífuga:	Suministrar potencia a	- Debe ser trifásico
		la tornamesa a la	- Potencia requerida: 7.5 hp
		velocidad preestablecida	- La velocidad nominal debe ser de 3600 rpm

YIC-1	Controlador	Procesar las señales de entrada y salida para manejar la lógica de activación de los equipos	<ul style="list-style-type: none"> - Debe contar con mínimo 3 entradas digitales - Debe contar con mínimo 2 entradas análogas - Debe contar con mínimo 9 salidas digitales - Debe contar con mínimo 1 salida análoga - Debe contar con puerto de comunicación Ethernet - Debe tener lazo de control PID - Debe aceptar lenguajes de programación: ladder diagram, function block diagram - El Voltaje de alimentación debe ser: 110 Vac
I/O	HMI	Dispositivo que sirve de interfaz hombre máquina para configurar y monitorear el proceso	<ul style="list-style-type: none"> - La pantalla debe ser Touch screen - La pantalla debe ser a color - Debe contar con puerto de comunicaciones Ethernet - El tamaño del display debe ser mínimo de 10" - El Voltaje de alimentación debe ser: 24 Vdc - Memoria ROM mayor a 128 Mb
SWT-1	Switch	Dispositivo que sirve para conectar los equipos que harán parte de la red de comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Debe ser capaz de conmutar mínimo cuatro puertos de comunicaciones ethernet/IP - Debe ser compatible con el PLC, HMI y variadores de velocidad seleccionados

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 6.
Criterios de selección de instrumentos

Nombre	Función	Criterios de selección
Válvula proporcional	Controlar el flujo de combustible diésel hacia el quemador del horno	<ul style="list-style-type: none"> - Debe ser apta para combustible diésel - Debe ser normalmente cerrada - Debe ser análoga - Debe contar con conexión roscada estándar

Sensor y transmisor de temperatura de la cámara de combustión	Captar y transmitir datos de la temperatura dentro de la cámara de combustión	<ul style="list-style-type: none"> - Debe ser invasivo - Debe ser apto para trabajar en ambientes con gases de combustión - Debe soportar altas temperaturas (hasta 1200 °C) - Debe ser análogo
Variadores de velocidad	Generar la curva de velocidad de los motores	<ul style="list-style-type: none"> - De acuerdo a la potencia del motor - Se desea en lo posible la misma marca del controlador - Debe contar con puerto de comunicación ethernet/IP
Sensor y transmisor de temperatura del metal fundido	Captar y transmitir datos de la temperatura del metal fundido	<ul style="list-style-type: none"> - Se desea medición sin contacto - Apto para metales fundidos - Temperatura de trabajo superior a 80 °C - Salida análoga
Indicadores visuales	Indica que el horno de crisol y/o la M.C.C.V. está(n) encendido(s)	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño acorde con la arquitectura del equipo - Bajo consumo
Alarma visual y auditiva	Indicar la culminación de un proceso o la necesidad de intervención humana	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel sonoro no mayor a 110 dB - Debe tener regulación de volumen - Bajo consumo
Final de carrera	Limitar la inclinación del horno de crisol	<ul style="list-style-type: none"> - Debe ser metálico - El actuador debe ser un pulsador - Debe tener contactos: 1N.C. y 1N.A. - Atornillable
Parada de emergencia	Realizar el apagado de todos los componentes del sistema	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño superior a los 50 mm - Debe ser normalmente cerrado

Fuente: Autores del proyecto

3.4.2 Comparación de equipos e instrumentos

La selección de los equipos e instrumentos más representativos del proyecto como lo son

los equipos programables e instrumentos análogos, se realizará después de analizar diversas opciones para cada uno, teniendo en cuenta a sus características técnicas y su costo. De **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan tres (3) equipos o instrumentos de diferentes marcas por cada equipo o instrumento requerido, en las que se comparan de acuerdo con los criterios de selección preestablecidos (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 7.
Comparación de equipos – PLC.

Nombre: Controlador				
Función: Procesar las señales de entrada y salida para manejar la lógica de activación de los equipos				
Tag: YIC-1				
Opción #1	- Marca: Allen-Bradley	Característica	Chequeo	Observación
	- Ref: Micro 820	Alimentación 110 Vac	Si	-
	- Productos:	3 o más entradas digitales 24 Vdc	Si	12 entradas
	2080-LC20-20QBB	10 o más salidas digitales 24 Vdc	Si	Se adiciona el
	Módulo: 2080-IF2/4			módulo 2080-
	Módulo: 2080-OB4			OB4 con 4
	Fuente: 2080-PSAC-			entradas para un
	12W			total 11 entradas
	-Ver Apéndice 1	Una o más salidas análogas	Si	-
		Dos o más entradas análogas	Sí	Se adiciona el
				módulo 2080-
				IF2/4 con 2 o 4
				entradas
		Cuenta con lazo de control PID	Si	-

		Lenguaje de programación ladder diagram y function block diagram,	Si	Adicional: structured text
		Comunicación Ethernet/IP	Sí	-
		Compra nacional	Sí	Representante
		Costo PLC con módulos	-	\$1.328.900
		Software libre: Connected components workbench	-	-
Opción #2	-Marca: Siemens	Característica	Chequeo	Observación
	-Ref: S71200	Alimentación 110 Vac	No	20,4 a 28,8 Vdc
	-Producto: CPU1214C	3 o más entradas digitales 24 Vdc	Si	14 entradas
		10 o más salidas digitales 24 Vdc	Sí	10 salidas
	- Modulo: SA SM 332	Una o más salidas análogas	Si	Se adiciona el
	6ES7332-5HB01-0AB0			módulo de señales
	- Ver Apéndice 2 y Apéndice 3			SA SM 332, con 2 salidas
		Dos o más entradas análogas	Si	Dos de 0 a 10V
		Cuenta con lazo de control PID	Si	-
		Lenguaje de programación ladder diagram y function block diagram,	Si	Adicional: structured text
		Comunicación Ethernet/IP	Si	-
		Compra nacional	Si	Directa
		Costo PLC con módulos	-	\$2.807.746
		Costo software STEP7 Basic V13	-	\$398.300
Opción #3	- Schneider	Característica	Chequeo	Observación
		Alimentación eléctrica 110 Vac	Si	-

- Ref: Modicon	3 o más entradas digitales 24 Vdc	Si	14 entradas
M221	10 o más salidas digitales 24 Vdc	Si	10 salidas
- Producto:	Una o más salidas análogas		Se adiciona el
TM221CE24R			módulo de señales
- Modulo:			TM3AQ2 con dos
TM3AQ2	Dos o más entradas análogas	Si	entradas
-Ver Apéndice 4	Cuenta con lazo de control PID	Si	Dos de 0 a 10 V
	Lenguaje de programación ladder	Si	-
	diagram y function block diagram,		-
	Comunicación Ethernet/IP	Si	-
	Compra nacional	Si	Directa
	Costo PLC con módulos	-	\$1.529.300
	Software libre: SoMachine Basic 1-	-	-

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 8.
Comparación de equipos – HMI.

Nombre: Interfaz				
Función: Servir de interfaz hombre máquina para controlar y monitorear el proceso				
Tag: I/O				
Opción #1	- Marca: Allen-Bradley	Característica	Chequeo	Observación
	- Ref: Panel View Plus	Alimentación 24 Vdc	Si	-
	6	Operación mediante touch screen	Si	-
	- Producto: 2711R-	Display 10" o superior	Si	10.4"
	T10T	Display a color	Si	65k
	- Ver Apéndice 5	Memoria Rom 128 Mb o superior	Si	256 Mb
		Protección IP 55 o superior	Si	-
		Comunicación Ethernet/IP	Si	Adicional: RS232

		Compra nacional	Sí	Representante
		Software libre: Connected components workbench	-	-
		Costo HMI	-	\$4.031.856
Opción #2	-Marca: Siemens	Característica	Chequeo	Observación
	-Ref: Simatic	Alimentación 24 Vdc	Si	-
	-Producto: KTP1200 Basic	Operación mediante touch screen	Si	-
		Display 10" o superior	Si	10.4"
	6AV2123-2MB03-0AX0	Display a color	Si	16k
		Memoria Rom 128 Mb o superior	No	10 Mb
	-Ver Apéndice 6	Memoria ram 256 Mb o superior	Si	512
		Protección IP 55 o superior	Si	IP65
		Comunicación Ethernet/IP	Sí	Adicional: RS232
		Compra nacional	Sí	Directa
		Costo Software Comfort V11	-	\$993.000
		Costo HMI	-	\$6.440.600
Opción #3	- Schneider	Característica	Chequeo	Observación
	- Ref: Magelis	Alimentación 24 Vdc	Si	-
	- Producto: XBT	Operación mediante touch screen	Si	-
		Display 10" o superior	Si	10.4"
	GT5230	Display a color	Si	4096
	- Ver Apéndice 7	Memoria Rom 128 Mb o superior	No	32 Mb
		Protección IP 55 o superior	Si	IP65
		Comunicación Ethernet/IP	Sí	Adicional: RS232
		Compra nacional	Sí	Directa

Software libre: Vijeo Designer Lite	-	\$1.050.000
Costo HMI	-	\$6.431.800

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 9.
Comparación de equipos – Variador de velocidad del soplador.

Nombre: Variador de velocidad del soplador

Función: Generar la curva de velocidad del motor del soplador

Tag: VFD-1

Opción #1	-Marca: Allen-Bradley	Característica	Chequeo	Observación
	-Ref: PowerFlex527	Potencia de motor 2 Hp	Si	-
	-Producto: 25C- A8P0N104	Alimentación monofásica 220 Vac Salida monofásica 220 Vac	Si Si	- -
	-Ver Apéndice 8	Comunicación Ethernet/IP	Sí	-
		Compra nacional	Sí	Representante
		Costo	-	\$2.482.000
Opción #2	-Marca: Siemens	Característica	Chequeo	Observación
	-Ref: Micromaster 4	Potencia de motor 2 Hp	Si	-
	-Producto: 6SE6440- 2AB21-5BA1	Alimentación monofásica 220 Vac Salida monofásica 220 Vac	Si No	- 220, 3Ac
	Ver Apéndice 9	Comunicación Ethernet/IP	No	Profibus
		Compra nacional	Sí	Directa
		Costo	-	\$1.925.000
Opción #3	- Schneider	Característica	Chequeo	Observación
	-Ref: Altivar 61	Potencia de motor 2 Hp	Si	-
		Alimentación monofásica 220 Vac	Si	-

-Producto: ATV	Alimentación monofásica 220 Vac	NO	No se especifica
61HU22M3	Comunicación Ethernet/IP	Sí	-
- Ver	Compra nacional	Sí	Directa
Apéndice 10	Costo	-	\$ 2.041.000

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 10.

Comparación de equipos – Variador de velocidad del soplador.

Nombre: Variador de velocidad de la MCCV				
Función: Generar la curva de velocidad de la máquina de colado centrifugo vertical				
Tag: VFD-2				
Opción #1	-Marca: Allen-Bradley	Característica	Chequeo	Observación
	-Ref: PowerFlex527	Potencia de motor 7.5 Hp	Si	-
	-Producto: 25C-	Alimentación trifásica 220 Vac	Si	-
	B024N104	Salida trifásica 220 Vac	Si	-
	-Ver Apéndice 11	Comunicación Ethernet/IP	Sí	-
		Compra nacional	Sí	Representante
		Costo	-	\$5.139.200
Opción #2	-Marca: Siemens	Característica	Chequeo	Observación
	-Ref: Micromaster 440	Potencia de motor 7.5 Hp	Si	-
	-Producto: 6SE6440-	Alimentación trifásica 220 Vac	Si	-
	2AC25-5CA1	Salida trifásica 220 Vac	Si	-
	-Ver Apéndice 12	Comunicación Ethernet/IP	No	Profibus
		Compra nacional	Sí	Directa
		Costo	-	\$4.273.700

Opción #3	- Schneider	Característica	Chequeo	Observación
	- Ref: altivar 61	Potencia de motor 7.5 Hp	Si	-
	- Producto: ATV	Alimentación trifásica 220 Vac	Si	-
	61HU75M3	Salida trifásica 220 Vac	Si	-
	- Ver	Comunicación Ethernet/IP	Sí	-
	- Ver	Compra nacional	Sí	Directa
	Apéndice 13	Costo	-	\$4.990.900

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 11.

Comparación de instrumentos – Válvula proporcional

Nombre: Válvula proporcional

Función: Controlar el flujo de combustible diésel hacia el quemador del horno

Tag: TCV-1

Opción #1	- Marca: ASCO	Característica	Chequeo	Observación
	Numatics	Apto para combustible diésel	Si	-
	- Serie: Posiflow, 202	Viscosidad > 6 cSt	Si	50 cSt
	- Ref:	Presión diferencial de trabajo	Si	-
	SCG202A201V24/CC	mínima < 3 psi		
	- Ver Apéndice	Alimentación DC	Si	24Vdc
	14y Apéndice 15	Normalmente cerrada	Si	-
		Conexión roscada	Si	Racor Ø1/8"
		Señal piloto estándar	Si	4... 20 mA o 0... 10 V
		Temperatura de operación	Si	< 50 °C
		ambiente		
		Protección superior a IP55	Si	IP65

		Compra nacional	Sí	Representante
		Costo	-	\$1.086.000
Opción #2	- Marca: Omega	Característica	Chequeo	Observación
	- Ref: FSV -11	Apto para combustible diésel	Si	-
	- Ver Apéndice 16	Viscosidad > 6 cSt	Si	50 cSt
		Presión diferencial de trabajo mínima < 3 psi	Si	-
		Alimentación DC	Si	24Vdc
		Normalmente cerrada	Si	-
		Conexión roscada	Si	Racor Ø1/8"
		Señal piloto estándar	Si	4... 20 mA o 0... 10 V
		Temperatura de operación ambiente	Si	< 50 °C
		Protección superior a IP55	Si	IP65
		Compra nacional	Sí	Representante
		Costo	-	\$1.815.400
Opción #3	- Marca: Danfoss	Característica	Chequeo	Observación
	- Ref: EV260B	Apto para combustible diésel	Si	-
	- Ver Apéndice 17	Viscosidad > 6 cSt	Si	50 cSt
		Presión diferencial de trabajo mínima < 3 psi	No	>7.5 psi
		Alimentación DC	Si	24Vdc
		Normalmente cerrada	Si	-
		Conexión roscada	Si	Racor Ø1/8"
		Señal piloto estándar	Si	4... 20 mA o 0... 10 V

Temperatura de operación ambiente	Si	< 50 °C
Protección superior a IP55	Si	IP65
Compra nacional	Sí	Representante
Costo	-	\$1.083.000

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 12.

Comparación de instrumentos – Sensor y transmisor de temperatura C.C.

Nombre: Sensor y transmisor de temperatura de la cámara de combustión				
Función: Captar y transmitir datos de temperatura dentro de la cámara de combustión				
Tag: TT-1				
Opción #1	- Marca: Wika	Característica	Chequeo	Observación
	- Ref: BSS-H	Es invasivo	Si	-
	TC760	Alta temperatura	Si	Hasta 1200 °C
	-Transmisor:	Apto para ambientes con gases de combustión	No	No se especifica
	TE19.01	Protección superior a IP55	-	IP65
	-Sensor: N	Análogo	Si	4... A 20 mA
	-Ver Apéndice 18	Compra nacional	Si	Directa
	y Apéndice 19	Costo sensor + transmisor	-	\$1.115.800
Opción #2	-Marca: Omega	Característica	Chequeo	Observación
	-Ref: NB5-CAXL-	Es invasivo	Si	-
	IM60U-200	Alta temperatura	Si	Hasta 1204 °C
	-Conexión: NB12 BS	Apto para ambientes con gases de combustión	Si	-

	-Transmisor: TX-M12-	Protección superior a IP55	Si	IP67
	TC	Análogo	Si	4... A 20 mA
	-Sensor: tipo K, XL	Compra nacional	Sí	Representante
	-Ver Apéndice 20, Apéndice 21, Apéndice 22 y Apéndice 23	Costo sensor + transmisor	-	\$915.360
Opción #3	- Marca: Siemens	Característica	Chequeo	Observación
	- Ref: 7MC1000- 1BA21-Z T20	Es invasivo Alta temperatura	Si Si	- Hasta 600 °C
	- Transmisor: Sitrans TH200	Apto para ambientes con gases de combustión	Si	-
	- Ver Apéndice 24 y Apéndice 25	Protección superior a IP55 Análogo Compra nacional	No Si Sí	IP40 4... A 20 mA Directo
		Costo sensor + transmisor	-	\$1.318.500

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 13.

Comparación de instrumentos – Sensor y transmisor de temperatura Metal.

Nombre: Sensor y transmisor de temperatura del metal a fundir

Función: Captar y transmitir datos del metal fundido

Tag: TT-2

Opción #1	- Marca: Ifm electronic	Característica	Chequeo	Observación
	- Ref: TW2001	Medición sin contacto	Si	Infrarrojo
	- Ver Apéndice 26 y Apéndice 27	Medición de alta temperatura Apto para metales	Si Si	250 A 1600 °C No especifica emisividad

		Temperatura de trabajo mayor a 80 °C	Si	Con refrigeración
		Protección superior a IP55	Si	65
		Análogo	Si	4... A 20 mA
		Instalación estándar	Si	Mounting bracket
		Compra nacional	Si	Representante
		Costo	-	\$4.135.160
Opción #2	-Marca: Omega	Característica	Chequeo	Observación
	-Ref: OS38-20	Medición sin contacto	Si	Infrarrojo
	-Ver Apéndice 28	Medición de alta temperatura	Si	540 A 1930 °C
		Apto para metales	Si	Emisividad > 0.01
		Temperatura de trabajo mayor a 80 °C	Si	85 °C
		Protección superior a IP55	Si	IP65
		Análogo	Si	4... A 20 mA
		Instalación estándar	Si	Bastidor atornillable
		Compra nacional	Si	Representante
		Costo	-	\$2.219.200
Opción #3	- Marca:	Característica	Chequeo	Observación
	Process Sensors	Medición sin contacto	Si	Infrarrojo
	- Ref: Sirius SI16	Medición de alta temperatura	Si	300 A 1300 °C
	- Lens: OP09-C0	Apto para metales	Si	Emisividad 20% a
	- Ver Apéndice 29 y			100%
	Apéndice 30	Temperatura de trabajo mayor a 80 °C	Si	Con refrigeración

Protección superior a IP55	Si	IP65
Análogo	Si	0/4... A 20 mA
Instalación estándar	Si	Bastidor atornillable
Compra nacional	No	Representante
Costo	-	\$9.735.000

Fuente: Autores del proyecto

3.4.3 Matriz de selección de equipos e instrumentos

Teniendo en cuenta la comparación realizada anteriormente (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) se creó una matriz de valoración para definir cuál de las opciones dadas es la más conveniente para el proyecto. Para ello se evaluarán las diferentes opciones utilizando el método de proceso de análisis multi jerárquico desarrollado por Thomas L Saaty, el cual está diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples (Saaty, 1980).

De acuerdo a las características encontradas para cada uno de los equipos e instrumentos se conformó una matriz de valoración de aspectos cualitativos y cuantitativos, a los cuales se les repartió un puntaje máximo de 1000 puntos, para ser evaluados con una calificación numérica que estará dentro del rango de 1 a 9; correspondiendo al extremo bajo (1) igualmente preferible, y al extremo alto (9) extremadamente preferible, (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La distribución del puntaje y la asignación de la calificación obedecen al criterio de los autores de este proyecto y puede ser dada en fracciones (Toskano Hurtado, 2005). La opción ganadora será aquella que obtenga una mayor puntuación, el resultado final se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 14.

Escala de preferencias

Descripción	Escala de preferencias
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuerte y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente Preferible	3
Entre Igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Fuente: (Saaty, 1980) y (Toskano Hurtado, 2005)

Tabla 15.
Matriz de selección de equipos

Equipo	Opción	Candidato	Aspectos calificados x 1000 puntos					Puntuación	Opción
			#	Cumplimiento de requisitos técnicos	Marca reconocida	Representación en Colombia	Compra nacional		
PLC	1	AB. Micro 820	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	895	Opción # 1: AB.
	2	Siemens. S7 1200	0.8	0.9	0.9	0.9	0.4	710	Micro 820
	3	Schneyder. Modicon M221	0.75	0.9	0.9	0.9	0.85	825	
HMI	1	AB. Panel View 800	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	895	Opción # 1: AB.
	2	Siemens. Simatic	0.8	0.9	0.9	0.9	0.5	740	Panel View 800
	3	Schneyder. Magelis	0.8	0.9	0.9	0.9	0.48	734	
	1	AB. PowerFlex 527	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	865	

Variador de frecuencia, VFD-1	2	Siemens. Micromaster 4	0.6	0.9	0.9	0.9	0.9	780	Opción # 1: AB. PowerFlex 527
	3	Schneyder. Altivar 61	0.7	0.9	0.9	0.9	0.85	805	
Variador de frecuencia, VFD-2	1	AB. PowerFlex 527	0.9	0.9	0.8	0.9	0.75	850	Opción # 3:
	2	Siemens. Simatic	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	820	Schneyder.
	3	Schneyder. Magelis	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	870	Magelis

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 16.
Matriz de selección de instrumentos

Instrumentos	Opción #	Candidato (marca - referencia)	Aspectos calificados x 1000 puntos					Puntuación	Opción Seleccionada
			cumplimiento de requisitos técnicos	Marca reconocida	Representación en Colombia	Compra nacional	Costo		
			400	150	50	100	300		

Válvula	1	Asco. Posiflow	0.9	0.9	0.7	0.7	0.9	870	Opción # 1:
proporciona		SCG202A201V24/CC							Asco. Posiflow
I	2	Omega. FSV -11	0.8	0.8	0.5	0.5	0.55	680	SCG202A201V24
	3	Danfoss. EV260B	0.2	0.8	0.8	0.9	0.9	600	/CC
Transmisor	1	Wika. TC760	0.5	0.8	0.9	0.9	0.9	725	Opción # 2:
de	2	Omega. NB5-CAXL-	0.9	0.8	0.5	0.5	0.9	825	Omega. NB5-
temperatura		IM60U-200							CAXL-IM60U-
C.C.	3	Siemens. TH200	0.4	0.9	0.9	0.9	0.9	700	200
Transmisor	1	Ifm. TW2001	0.9	0.8	0.8	0.9	0.6	790	Opción # 2:
de	2	Omega. OS 38-20	0.9	0.8	0.5	0.5	0.9	825	Omega. OS 38-
temperatura	3	Process Sensors.	0.9	0.9	0.8	0.9	0.3	715	20
, Metal		Sirius SI16							

Fuente: Autores del proyecto

3.4.4 Selección de equipos e instrumentos misceláneos

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los equipos e instrumentos misceláneos, que para este proyecto fueron considerados aquellos que no son programables o son de accionamiento o señal digital. Su selección se realizó teniendo en cuenta la definición de criterios para selección de los mismos (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), asegurando así que sean aptos para el accionamiento del horno y el colado centrífugo vertical. Las hojas de datos de dichos equipos e instrumentos se presentan en los Apéndice.

Tabla 17.
Selección de equipos misceláneos

Tag	Nombre	Referencia	Función	Criterios de selección
TZ-2	Encendedor eléctrico	-Marca: Selcon	Dar ignición a la	-Temperatura ambiente permisible
		Productos:	mezcla aire	operación hasta 60 °C
		- Lanza: SEL-HT-C9-O24	combustible dentro de la cámara de	-Apto para encendido de combustible diésel
		- Transformador: ACS-TE-11-C6	combustión	-Voltaje: 120 Vac
		- Cables: PRS-C4308		-Protección: IP 55
		-Ver Apéndice 31 y Apéndice 32		-Temperatura de operación continua de hasta 1375 °C
MOT-1	Soplador	-Marca: Siemens	Purgar e introducir la mezcla de aire combustible a la cámara de combustión / equipo existente: motor trifásico de 2 hp x 3490	N/A. Equipo existente

rpm				
MOT-2	Motorreductor horno basculante	-Transtecno -Ref: MRTNMRV063NMR V030 -Ver Apéndice 47	Inclinar el horno basculante	-Trifásico -Potencia 0.12 kW -Velocidad de salida: 2.9 rpm -Torque de salida: 185 N-m
MOT-3	Motor máquina centrifuga: Switch	-Marca: Siemens -Ref: 1LA3 115- 2YB90 -Ver Apéndice 41 -Marca: Allen-Bradley -Ref: 1783-BMS06SL	Suministrar potencia a la tornamesa a la velocidad preestablecida Dispositivo para conectar y conmutar	-Trifásico, 230 Vac -Protección IP 55 -Potencia requerida: 7.5 hp -Velocidad: 3520 rpm -Posee 4 puertos de comunicaciones ethernet
SWT-1		-Producto: 2711P- B10C4A7 -Ver Apéndice 33	los equipos que harán parte de la red de comunicaciones ethernet	

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 18.

Selección de instrumentos misceláneos.

Tag	Nombre	Referencia	Función	Criterios de selección
BL-1	Indicador visual	-Marca: Beacon, - Xenon standart: QBS-0038 -Ver Apéndice 34	Indica que el horno de crisol está encendido	-Tamaño acorde con la arquitectura del equipo -Voltaje: 12/24Vdc -Potencia 2W -Protección IP65 -Luz color rojo
SL-1	Indicador visual	-Marca: Beacon, - Xenon standart:	Indica que la máquina de colado	-Tamaño acorde con la arquitectura del equipo

		QBS-0050	centrifugo vertical	-Voltaje 12/24Vdc
		-Ver Apéndice 34	está encendida	-Potencia 2W
				-Protección IP65
				-Luz color verde
UA	Alarma	-Marca: Clifford &	Indicar la	-Voltaje 16.2... 26.4 Vdc
	visual y	Snell	culminación de un	-Nivel sonoro 105 dB a 1m de distancia
	auditiva	-Serie: YL50,	proceso o la	-Instalación sencilla
		-Ref:	necesidad de	-Protección IP65
		YL50/D50/A/RF/WR	intervención	-Regulación de volumen
		-Ver	humana	

Apéndice 35 y

Apéndice 36

LH/LL	Final de carrera	-Marca: Allen bradley -Ref: 802K-MDPS11E -Ver Apéndice 37	Limitar la inclinación del horno de crisol	-Material: Aluminio -Actuador: Embolo en cúpula -Contacto: 1N.C. y 1N.A. -Actuación instantánea -Conexión ½” NPT
HS	Parada de emergencia	-Marca: EBCHQ -Ref: 25600 -Ver Apendice Apéndice 38	Realizar el apagado de todos los componentes del sistema	-Tamaño adecuado: 50 x 66 mm, Ø40 mm -Voltaje: 24 Vdc -Normalmente cerrado

Fuente: Autores del proyecto

3.5 Narrativa de control

De acuerdo a las filosofías de control desarrolladas en la sección 3.1, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta la narrativa de control para el accionamiento automático del horno de crisol y la máquina de colado centrifugo vertical

Tabla 19.
Narrativa de control del proceso

Paso	Responsable	Acción
1	Operario 1	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar visualmente el nivel de combustible del tanque diésel. • Asegurarse de que la cantidad de combustible disponible es suficiente para la fundición de la carga de metal requerida. • Verificar el correcto ajuste del molde en la máquina de colado centrifugo vertical. <ul style="list-style-type: none"> • Verificar el correcto ajuste del embudo. • Verificar que se cuenta con suficiente metal a fundir.
2	Operario 2	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar la precarga del horno de crisol con el metal a fundir
3	Operario 1	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer los parámetros de la colada en la HMI: temperatura de

		colada y curva de velocidad de la M.C.C.V.
		<ul style="list-style-type: none"> • Pulsar el botón de encendido del horno de crisol por 5 segundos continuos (Temporizador #1: 5 seg) para dar inicio al encendido del horno de crisol.
4	PLC	<ul style="list-style-type: none"> • Se realiza un purgado de la cámara de combustión por un periodo de 15 segundos (Temporizador #2) <ul style="list-style-type: none"> • Después de los 15 segundos de purga, se abrirá la válvula proporcional al 15% y el soplador bajará su régimen al 18% • Después de 3 segundos (Temporizador #3) de apertura de la válvula se activa el equipo de ignición por 10 s (Temporizador #4) o hasta corroborar el encendido, iniciando la curva de calentamiento del horno. Aumentando gradualmente de temperatura ambiente hasta 1000 °C en 6 minutos¹ • Se activa la señal visual #1 en estado continuo, para indicar que el horno de crisol está encendido
5	Operario 2	<ul style="list-style-type: none"> • De requerirse, terminar la carga del horno de crisol con metal por fundir durante el proceso de fundición. • Asegurarse de que la cantidad de metal cargada es mayor o igual a la requerida para el trabajo de colado a desarrollar <ul style="list-style-type: none"> • Retirar escoria durante el proceso de fundición del metal
6	PLC	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando se alcance la temperatura de metal fundido, set point previamente establecido en la HMI, Se activará la alarma visual y auditiva por 5 segundos (Temporizador #5: 5 seg). • Se ralentiza automáticamente la combustión del horno al 30% para evitar aumento excesivo de temperatura del metal fundido.
7	Operario 1	<ul style="list-style-type: none"> • Pulsar el botón de encendido de la máquina de colado centrifugo

¹ Dato suministrado por el profesor de la asignatura en la UFPSO "Procesos de Manufactura I", Profesor Alfredo Bohórquez Niño

		vertical.
		<ul style="list-style-type: none"> • Se activa la señal visual #2 para indicar que la máquina de colado centrífugo vertical está en funcionamiento
8	Operario 3 y Operario 4	<ul style="list-style-type: none"> • Acercar la cuchara de colado al horno basculante. • Maniobrar la cuchara para realizar su llenado
9	Operario 1	<ul style="list-style-type: none"> • Pulsar el botón de inicio del basculado automático del horno de crisol. <ul style="list-style-type: none"> • Se contará con un botón de pausa y uno de retroceso • Se contará con dos finales de carrera, uno para posición de equilibrio y otro para permitir una inclinación máxima del horno de 90°
10	PLC	<ul style="list-style-type: none"> • La señal de pausa en la HMI o el final de carrera inferior, detendrán la inclinación del horno de crisol <ul style="list-style-type: none"> • La señal de apagado del horno de crisol cerrará la válvula proporcional y apagará el soplador 5 segundos después (Temporizador #6) <ul style="list-style-type: none"> • Se apagará la señal visual #1 • La señal de retorno del horno de crisol, lo devolverá hasta la posición de equilibrio, la cual está delimitada por el final de carrera superior
11	Operario 3 y Operario 4	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazarse hasta la máquina de colado centrífugo vertical. <ul style="list-style-type: none"> • Realizar el colado de la pieza.
12	Operario 2	<ul style="list-style-type: none"> • Retirar el embudo.
13	Operario 1	<ul style="list-style-type: none"> • Pulsar el botón de inicio de ciclo de velocidad.
14	PLC	<ul style="list-style-type: none"> • La máquina de fundición centrífuga permanecerá activa por el tiempo preestablecido en la HMI (temporizador #7)
15	Operario 1	<ul style="list-style-type: none"> • Finaliza los protocolos de la operación de colado

Fuente: Autores del proyecto

3.6 Interfaz de usuario para el control del sistema

La interfaz del sistema de automatización tendrá la siguiente filosofía de diseño:

Se utilizará una pantalla táctil en la cual se pueda visualizar completamente el proceso

En la pantalla táctil se podrán monitorear las variables del proceso, tales como temperatura de la cámara de combustión, temperatura del metal a fundir, y velocidad de rotación de la M.C.C.V.

El diseño será organizado y estético, se utilizarán textos e imágenes representativas de los equipos controlados, para facilitar la identificación por parte de los estudiantes, haciendo resaltar botones de encendido, alarmas y paradas de emergencia

Se incorporarán botones para realizar navegación rápida entre las ventanas diseñadas

Las operaciones a realizar por parte del operador deben ser reducidas, e intuitivas, logrando así un proceso amigable

La interfaz de usuario será programada en una HMI a color de 10.4", con *touch screen*, en esta se programarán tres (3) ventanas para ingreso de datos y control del proceso de acuerdo a las filosofías de control y a la narrativa del proceso descritas anteriormente. Una ventana para manejo y control del horno de crisol y dos (2) ventanas adicionales para fundición centrifuga; una para fundición centrifuga vertical, y otra para fundición semicentrifuga y centrifugado.

3.6.1 Interfaz para manejo y control del horno de crisol

En esta interfaz se tendrán los comandos para encendido del horno de crisol y los botones para bascular manualmente el horno de crisol entre otros. Servirá para el accionamiento del horno de crisol tanto para fundición estática como para fundición centrifuga (opcional). En la Figura 7 se presenta el diseño propuesto.



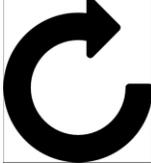
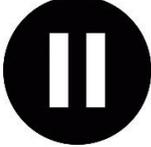
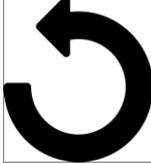
Figura 7. Interfaz para manejo y control del horno de crisol

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 20.

Elementos de la interfaz de usuario para manejo y control del horno de crisol

Elemento	Icono	Función
Botón 1		Con este botón se encenderá el horno de crisol (presionar por 5 segundos)
Botón 2		Con este botón se apagará el horno de crisol

Botón 3		Con este botón se podrá bascular el horno de crisol en sentido horario, hasta alcanzar la máxima inclinación permitida (horno a 90°)
Botón 4		Con este botón se detendrá la inclinación del horno de crisol
Botón 5		Con este botón se podrá bascular el horno de crisol en sentido anti horario (retorno)
		Este botón bloqueará o desbloqueará los botones anteriores. Cambiará al icono correspondiente, seguro o abierto de acuerdo al estado
		
Botón 6		Botón de apagado de emergencia Nota: Se instalarán dos botones adicionales, uno cerca al horno de crisol y otro cerca a la máquina de colado centrifugo vertical
Botón 7	 	Inactiva la ventana 3 (fundición centrifuga vertical, y fundición semicentrifuga y centrifugado)
Entrada 1		Se introduce el punto de consiga (<i>set point</i>) del metal a fundir. Si no se introduce un valor, la temperatura del set point será por defecto 700 °C y solo aceptará valores

comprendidos entre 660 °C y 900 °C

Salida 1



0000.0 °C

Se visualiza la temperatura de la cámara de combustión.

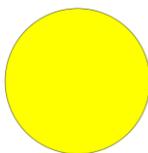
Salida 2



000.0 °C

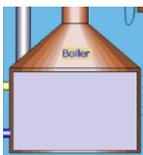
Se visualiza la temperatura del metal fundido.

Led 1

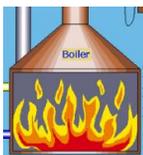


Indica temperatura menor (apagado) o mayor (encendido) a la del set point

Figura



Indica si el horno está apagado o encendido



Fuente: Autores del proyecto

3.6.2 Interfaz para fundición centrifuga vertical

Esta Interfaz servirá para operar la máquina de colado centrifugo vertical, así como ingresar los parámetros de colada de fundición centrifuga vertical.

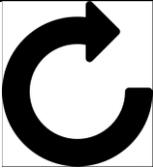
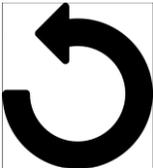
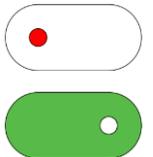


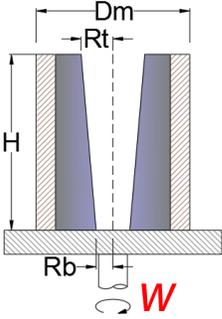
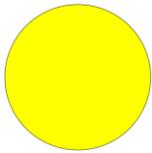
Figura 8. Interfaz para fundición centrifuga vertical

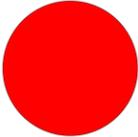
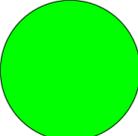
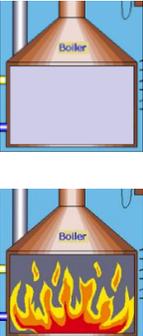
Tabla 21.

Elementos de la vista de la interfaz de usuario para fundición centrifuga vertical

Elemento	Icono	Función
Botón 1		Con este botón se encenderá el horno de crisol o la máquina de colado centrifugo vertical (presionar por 5 segundos)
Botón 2		Con este botón se apagará el horno de crisol o la máquina de colado centrifugo vertical

Botón 3		Con este botón se podrá bascular el horno de crisol en sentido horario, hasta alcanzar la máxima inclinación permitida (horno a 90°)
Botón 4		Con este botón se detendrá la inclinación del horno de crisol
Botón 5		Con este botón se podrá bascular el horno de crisol en sentido anti horario (retorno)
Botón 6		Con este botón se dará inicio a la curva de velocidad de la M.C.C.V.
Botón 7		Botón de apagado de emergencia
Botón 8		Inactiva la ventana 1 y ventana 3 (ventana para manejo y control del horno de crisol y ventana para fundición semicentrífuga y centrifugado)
Entrada 1		Se introduce el punto de consiga en grados Celsius (<i>set point</i>) del metal a fundir. Si no se introduce un valor, la temperatura del set point será por defecto 760 °C y solo aceptará valores comprendidos entre 660 °C y 900 °C
Entrada 2 (t)		Se introduce el tiempo de centrifugado en segundos
Entrada 3		Casilla para introducir el diámetro exterior del molde

(Dm)		“Dm”
Entrada 4 (H)		Casilla para introducir la altura “H” de la pieza a fundir.
Entrada 5		Casilla para introducir el radio superior (rt)
(Rt)		
Entrada 6		Casilla para introducir el radio base (rb). Se recomienda por lo menos 3.2 mm menor al superior (rt)
(Rb)		
Salida 1	 <input type="text" value="000.0"/> °C	Se visualiza la temperatura del metal fundido.
Salida 3		Se visualiza la velocidad en RPM de la máquina de colado centrifugo vertical (curva de velocidad).
Salida 4	W <input type="text" value="000.0"/> rpm	Muestra la máxima velocidad de rotación requerida (W) en RPM, calculada de acuerdo a las entradas 4, 5 y 6
Salida 5	FG <input type="text" value="000.0"/> g	Muestra valor FG del molde, calculado a partir del valor de la entrada 3 “Dm” y la salida 4 (velocidad calculada W)
Salida 6	Ta <input type="text" value="000.0"/> s	Muestra el tiempo de arranque del motor de la máquina de colado centrifugo vertical; calculado de acuerdo a los parámetros introducidos
Led 1		Indica temperatura menor (apagado) o, igual o mayor (encendido) a la del set point

Led 2		Indica alarmas o anormalidad
Led 3		Indica final del proceso
Figura		Indica si el horno está apagado o encendido

3.6.3 Interfaz para fundición semicentrífuga y centrifugado

Esta Interfaz servirá para operar la máquina de colado centrifugo vertical, así como ingresar los parámetros de colada de fundición semicentrífuga y centrifugado.



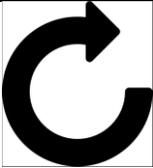
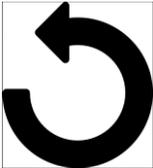
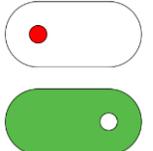
Figura 9. Interfaz para fundición semicentrífuga y centrifugado

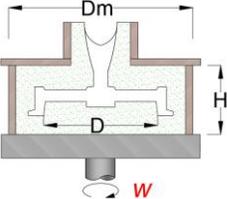
Fuente: Autores del proyecto

Tabla 22.

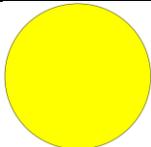
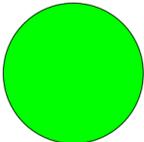
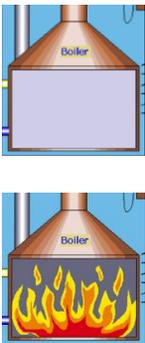
Elementos de la vista de la interfaz de usuario para fundición semicentrífuga y centrifugado

Elemento	Icono	Función
Botón 1		Con este botón se encenderá el horno de crisol o la máquina de colado centrifugo vertical (presionar por 5 segundos)
Botón 2		Con este botón se apagará el horno de crisol o la máquina de colado centrifugo vertical

Botón 3		Con este botón se podrá bascular el horno de crisol en sentido horario, hasta alcanzar la máxima inclinación permitida (horno a 90°)
Botón 4		Con este botón se detendrá la inclinación del horno de crisol
Botón 5		Con este botón se podrá bascular el horno de crisol en sentido anti horario (retorno)
Botón 6		Con este botón se dará inicio a la curva de velocidad de la M.C.C.V.
Botón 5		Botón de apagado de emergencia
Botón 6		Inactiva la ventana 1 y ventana 2 (ventana para manejo y control del horno de crisol y ventana para fundición centrifuga vertical)
Entrada 1 (SP)	T <input type="text" value="000.0"/> °C	Se introduce el punto de consiga en grados Celsius (<i>set point</i>) del metal a fundir. Si no se introduce un valor, la temperatura del set point será por defecto 700 °C y solo aceptará valores comprendidos entre 660 °C y 900 °C
Entrada 2 (t)	t <input type="text" value="000.0"/> s	Se introduce el tiempo de centrifugado en segundos

Entrada 3 (D)		Casilla para introducir el diámetro “D” de interés ² de la pieza a fundir
Entrada 4 (Dm)		Casilla para introducir el diámetro exterior del molde “Dm”
Entrada 5 (H)		Casilla para introducir la altura “H” del molde
Entrada 6 (Gf)	Gf <input type="text" value="000.0"/> g	Casilla para introducir el factor de fuerza centrífuga “Gf”
Salida 1	 <input type="text" value="000.0"/> °C	Se visualiza la temperatura del metal fundido.
Salida 2		Se visualiza la velocidad en RPM de la máquina de colado centrifugo vertical (curva de velocidad).
Salida 3	W <input type="text" value="000.0"/> rpm	Muestra la máxima velocidad de rotación requerida (W) en RPM, calculada de acuerdo a la entradas 3 y entrada 5
Salida 4	FG <input type="text" value="000.0"/> g	Muestra valor FG del molde, calculado a partir del valor de la entrada 4 “Dm” y la salida 3 (velocidad calculada W)
Salida 5	Ta <input type="text" value="000.0"/> s	Muestra el tiempo de arranque del motor de la máquina de colado centrifugo vertical; calculado de acuerdo a los parámetros introducidos

² De acuerdo al requerimiento de la pieza, este diámetro puede ser el diámetro exterior de la pieza, su diámetro interno o diámetro medio. El diseñador definirá cual usar de acuerdo a su necesidad.

Led 1		Indica temperatura menor (apagado) o, igual o mayor (encendido) a la del set point
Led 2		Indica alarmas o anormalidad
Led 3		Indica final del proceso
Figura		Indica si el horno está apagado o encendido

3.7 Programación para manejo y control del sistema

A continuación se presenta el diagrama de flujo del proceso (ver Figura 10 y Figura 11) y el diagrama graficet simplificado (ver Figura 12). Estos diagramas serán base fundamental en la fase de implementación del proyecto para realizar la programación del PLC y HMI en el lenguaje ladder o similar a realizar en la fase de construcción y montaje del proyecto

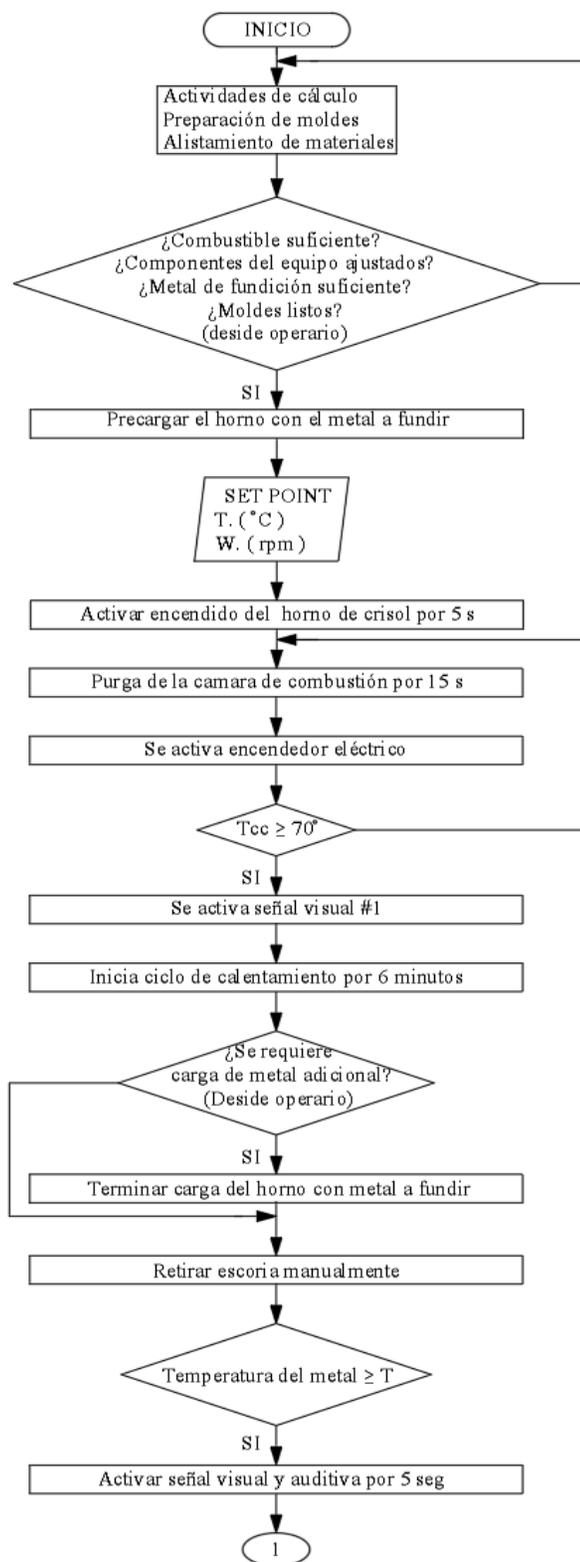


Figura 10. Diagrama de flujo del proceso (a)

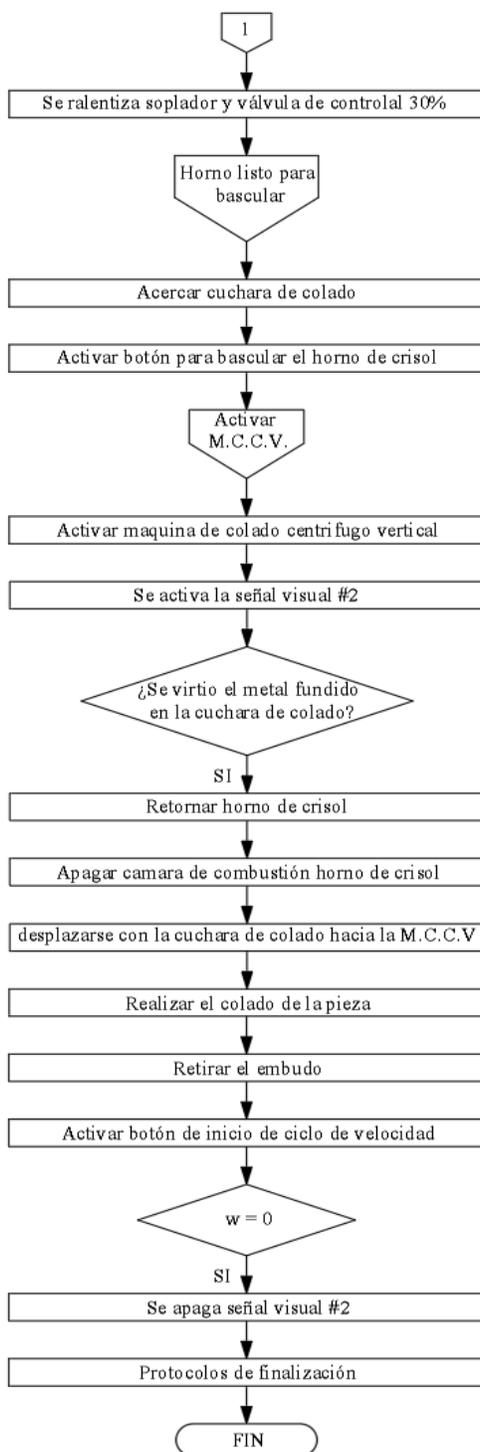


Figura 11. Diagrama de flujo del proceso (b)

Fuente: Autores del proyecto



Figura 12. Diagrama Grafset

Fuente: Autores del proyecto

3.8 Funciones para control de equipos e instrumentos

A continuación se presenta el análisis utilizado para determinar las funciones matemáticas que se utilizarán para programar los equipos e instrumentos para control del proceso:

3.8.1 Temperatura de la cámara de combustión

De acuerdo al profesor de la signatura de procesos de manufactura I, encargado de la operación del horno de crisol de la UFPSO, los cambios bruscos de temperatura pueden ocasionar daños en el material refractario del horno de crisol, por lo tanto el procedimiento de encendido debe ser lento y paulatino, pasando de temperatura ambiente a un régimen máximo aproximado de 1200 °C en 6 minutos (Mora Peñaranda y Vargas Sepúlveda, 2014); esto se conseguirá modificando el flujo de combustible mediante la válvula proporcional (TCV-1) y el régimen rotacional del soplador (MOT-1), el cual es proporcional al flujo de combustible.

Válvula de control.

El instrumento seleccionado es una electroválvula de caudal variable proporcional a la señal de mando. Cuya señal piloto puede ser 4 a 20 mA / 0 a 10 mV, siendo 20 mA / 10 mV totalmente abierta y 4 mA / 0 mV totalmente cerrada. El flujo permitido por la válvula proporcional al estar 100% abierta corresponde a 0,35 l/min de acuerdo al coeficiente³ Kv (0,7 l/min) de la misma, considerando la ubicación actual del tanque de combustible diésel a una altura de 2,5 m y una gravedad específica del diésel colombiano de 0,85.

Debido a que a máximo régimen el consumo de combustible del horno es 0,25 l/min de diésel, la válvula solo se operará del 0% (4 mA) hasta el 71% (15,43 mA). Esta curva de apertura se realizará gradualmente en lazo de control abierto de acuerdo a la Figura 13 y Figura 14 (Smith

³ Ver hoja de datos de la electroválvula ASCO, serie Posiflow 202

y Corripio, 1991), limitado a un tiempo⁴ de arranque de 6 minutos. De acuerdo a lo anterior la señal para la función de arranque, una vez se haga ignición será:

$$Iv = 0.03175 * t + 4;$$

Iv = Señal piloto de la válvula proporcional, mA

t = Tiempo, s

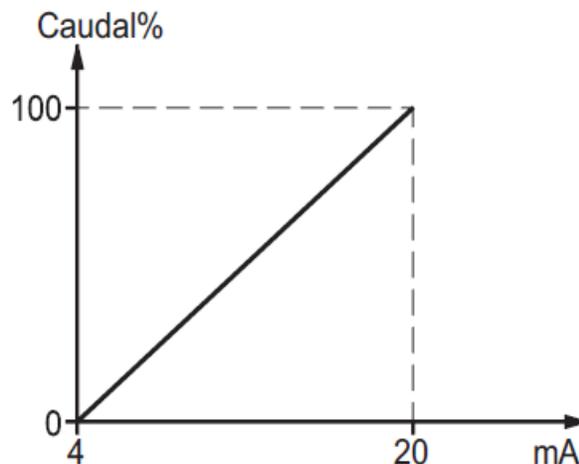


Figura 13. Apertura de válvula proporcional

Fuente: Hoja de datos electroválvula ASCO, Serie Posiflow 202

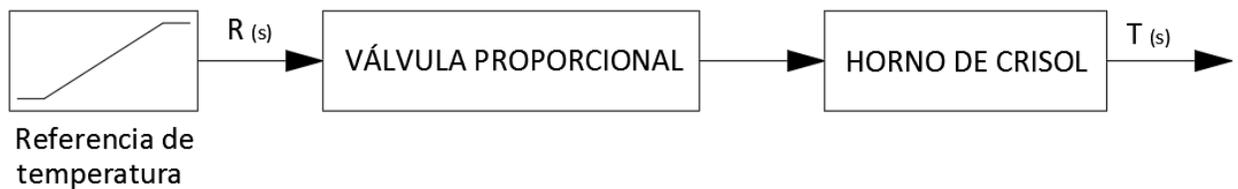


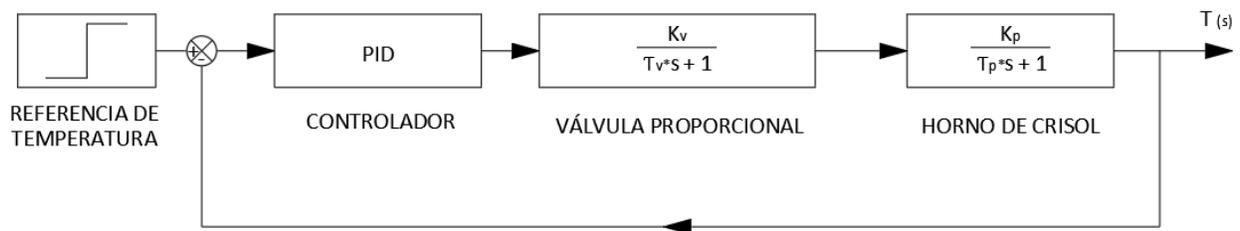
Figura 14. Control en lazo abierto del arranque del horno

Fuente: Autores del proyecto

Una vez se alcance la temperatura de máximo régimen existen dos opciones: (1) continuar

⁴ Dato suministrado por el profesor de la asignatura "Procesos de Manufactura I" en la UFPSO, Profesor Alfredo Bohórquez Niño

con la válvula abierta al 71% manteniendo un flujo de combustible fijo de 0.25 l/min, o (2) crear un lazo de control cerrado para mantener la temperatura de consigna o set point (1200 °C) en la cámara de combustión del horno durante el proceso de fundición como se muestra en la Figura 15, (Ogata, 2010) (Moncada, 2010) .



$K_v =$ Constante de la válvula

$T_v =$ Constante de tiempo de la válvula

$K_p =$ Constante del proceso

$T_p =$ Constante de tiempo del proceso

Figura 15. Control en lazo cerrado de la temperatura de la C.C. del horno de crisol

Fuente: Autores del proyecto

Debido a que el proceso de fundición en el taller de la UFPSO toma un tiempo⁵ de 15 minutos aproximadamente después del arranque, y no es una variable esencial la precisión de la temperatura de consigna en la C.C. del horno pues el proceso está realmente limitado por la temperatura del metal fundido, se optará por la opción #1, consistente en mantener la temperatura de la C.C. del horno con la válvula proporcional fija en su última posición de 71% de apertura.

⁵ Dato suministrado por el profesor de la asignatura “Procesos de Manufactura I” en la UFPSO, Profesor Alfredo Bohórquez Niño

Régimen del soplador:

El flujo de aire inyectado por el soplador es directamente proporcional a la velocidad rotacional del motor (Mora Peñaranda y Vargas Sepúlveda, 2014), la cual dependerá del grado de apertura de la válvula de control de flujo de combustible. La curva de inyección de aire se realizará teniendo en cuenta un flujo másico de 15,022 kg aire/kg combustible (Mora Peñaranda y Vargas Sepúlveda, 2014) de acuerdo a los límites mostrados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 23.
Valores límites de señal piloto para control del soplador

Señal piloto de la válvula “ I_v ” (mA)	Frecuencia (Hz)	Velocidad (rpm)	Flujo de aire (kg/min)	Flujo de combustible (kg/min)
4	0 Hz	0	0	0
15,43	60 Hz	3450	3,19	0,22 kg/min

Fuente: Autores del proyecto

Teniendo en cuenta la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la ecuación de la frecuencia “ f_s ” del voltaje de alimentación a suministrar por el variador de velocidad del motor del soplador en función de la corriente piloto para actuación de la válvula proporcional es la siguiente:

$$f_s = 5,249 * I_v - 21;$$

f_s = Frecuencia a suministrar por el variador VFD-1, Hz

I_v = Señal piloto de la válvula proporcional, mA

3.8.2 Basculamiento del horno

El sistema de basculamiento actual es de accionamiento manual mediante volante de 64

cm diámetro. El mecanismo de transmisión presenta además una reducción mediante un tren de engranes con Z_p de 43 dientes, Z_c de 25 dientes (Mora Peñaranda y Vargas Sepúlveda, 2014), dando así una reducción de 1,72 (43/25), por tanto al instalar un motorreductor con salida de 3 rpm el basculamiento automático se realizará a velocidad constante en 7,84 s y se limitará mediante la instalación de dos finales de carrera normalmente abiertos (LH-1 y LL-1)

3.8.3 Velocidad de la maquina centrifuga

La curva de velocidad “W” de la máquina de colado centrífugo vertical será función de los parámetros geométricos de la pieza a fundir introducidos en la HMI (ver Figura 8 y Figura 9). La velocidad máxima del motor es de 3520 rpm y la reducción de velocidad es de 1,5 (ver 0 “Poleas”) por lo tanto la frecuencia “ f_m ” a suministrar por el variador de velocidad del motor de la M.C.C.V. en función de la velocidad angular de la máquina de colado centrífugo vertical “W” será de acuerdo con la siguiente expresión:

$$f_m = \frac{9}{352} * W$$

f_m = Frecuencia a suministrar por el variador VFD-2, Hz

W = Velocidad angular de la M.C.V.V., rpm

Capítulo 4: Diseños mecánicos, eléctricos, y de señales y comunicaciones

Los planos mecánicos, eléctricos, y de señales y comunicaciones para el accionamiento del horno de crisol y colado centrifugo vertical tienen como objeto definir los parámetros para la construcción y montaje del sistema de colado propuesto.

4.1 Arquitectura de la máquina de colado centrifugo vertical

En la Figura 16 se presenta la arquitectura de la máquina de colado centrifugo vertical propuesta para las instalaciones del taller de fundición de la UFPSO, la cual puede ser instalada bajo nivel o sobre nivel, pues estará provista de una coraza de acero para protección.

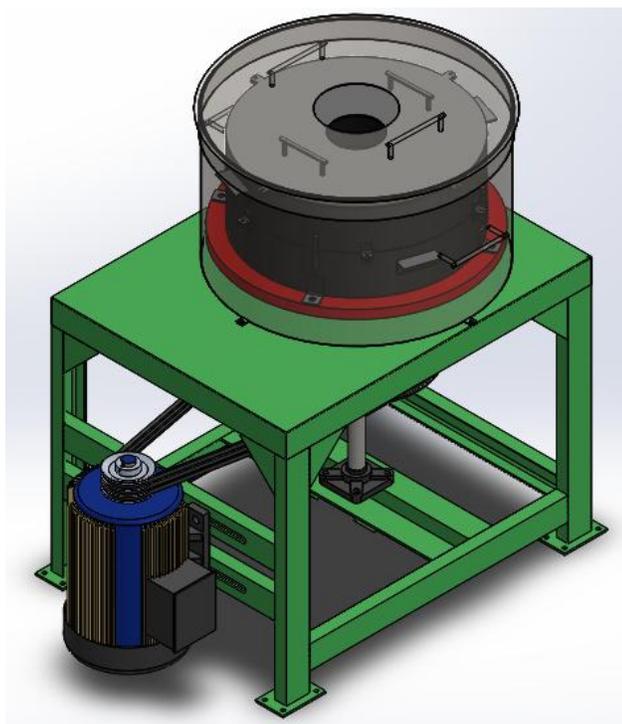


Figura 16. Arquitectura propuesta para la máquina de fundición centrifuga vertical

Fuente. Autores del proyecto

A continuación se describen los principales componentes de la máquina de colado centrifugo vertical propuesta. Los detalles constructivos podrán ser revisados en los archivos nativos de extensión .slddrw, .sldprt y .sldasm que hacen parte de los Apendices digitales de este

proyecto

Bastidor: El bastidor es la estructura encargada de soportar la maquina en sí, se construirá con perfiles estructurales de acero al carbono, sus dimensiones exteriores son 1000 mm x 770 mm x 785 mm, y estará provista de platinas de anclaje para su fijación en bases de concreto.

Tornamesa: La tornamesa es el elemento giratorio al cual se fijarán los moldes, se debe garantizar su resistencia mecánica y la serenidad de su giro (balanceo) para no alterar la calidad de las piezas a fundir. Se construirá por mecanizado en lámina de acero al carbono calibre 1 1/8" (28,5 mm) o superior. En la Figura 17 se presenta un diseño sugerido por la ASM, se observan en ella las perforaciones de fijación y centrado de los moldes, así como las ranuras de montaje del eje.

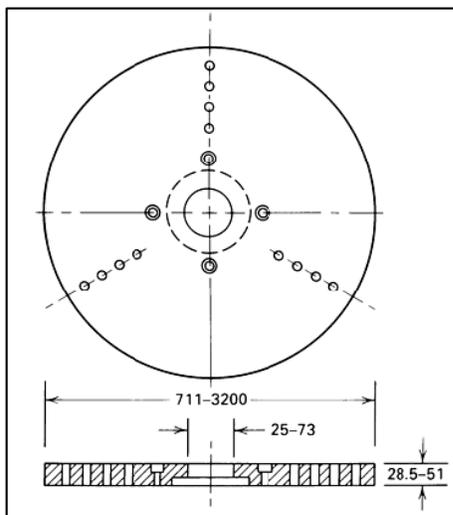


Figura 17. Modelo de tornamesa

Fuente. Figura 11 (ASM, Casting, The materials information company, Volume 15, 1992)

Eje: El eje es elemento que soporta la tornamesa a la vez que le transmite la potencia de giro. Se sugiere su construcción en acero al carbono AISI 1020 con un diámetro de 40 mm.

Acople eje - tornamesa: Este elemento se usa para conectar mecánicamente la tornamesa al eje y permitir la verticalidad y concentricidad de los mismos.

Motor eléctrico: Será el encargado de suministrar la potencia rotacional a la máquina de colado centrifugo vertical. Se realizaron cálculos teniendo en cuenta la masa y geometría de todos los elementos en movimiento como lo son el eje, poleas, tornamesa, molde, etc., arrojando como resultado la necesidad de instalar un motor eléctrico de 7,5 hp x 3520 rpm

Transmisión de potencia: la transmisión de potencia a la tornamesa podría realizarse mediante sistema de engranes, o elementos flexibles de transmisión (correas o cadenas); por economía, facilidad de montaje y la alta velocidad de rotación (de hasta 2307 rpm) se recomienda el uso de correas en V, como se observa en la Figura 16. Cálculos preliminares arrojan la necesidad de uso de correas triples en V tipo A de 90°; esto es 3A90.

Poleas: Las poleas a instalar serán de aluminio de comercio estándar. Teniendo en cuenta la velocidad máxima a manejar por la máquina (ver sección 2.2.2) se debe usar una relación de transmisión “ n ” con valor de 1,5 (3520/2307). Por lo tanto se usará una polea de 6” como conductora y otra de 9” como conducida.

Molde: Para el caso de fundición semicentrifuga y centrifugado, los moldes serán contruidos en lámina de acero al carbono calibre 1/8”, o en su defecto con casquetes de tubería de acero tipo API o ASTM. Estarán provistos con pestañas perforadas para su fijación a la tornamesa, así como para el acople de la parte superior del molde a la inferior y su placa de cierre. Y para el caso de fundición centrifuga real - vertical se construirán con tubería de acero SCH 120 o superior

Coraza de protección: Será una barrera estática que actuará como dispositivo de retención mecánico, se fijará mediante tornillos al bastidor de la máquina, tendrá la función de contener cualquier material líquido o solido que pudiese salir expulsado durante el proceso de rotación o colado. Se construirá en lámina de acero A36/A52 cal 1/8” o superior, su forma puede ser

cilíndrica o de prisma cuadrangular; sien este ultimo de mayor facilidad constructiva.

Embudo: Elemento para facilitar el vertido del metal líquido en la cavidad del molde. Se evitan derrames y se direcciona de mejor manera la colada hacia la cavidad del molde

Cuchara de moldeo: La cuchara de moldeo existente en el taller de fundición de la UFPSO es apta para desarrollar el proceso de fundición centrifuga

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el resumen de materiales requeridos para construcción de la maquina colado centrifugo vertical

Tabla 24.

Resumen de materiales para la máquina de colado centrifugo vertical

Nombre	Especificación	Material	Cantidad	Peso (kg)
Acople eje-tornameza	Ø700 mm x 28.58 mm Calibrada	ASTM A36/A52	1	82,54
Barrera de protección	726.35 mm x 726.35 mm x 420 mm, Lamina calibre 1/8"	ASTM A36/A52	1	30,63
	Perfiles Channel C 3x5		1	124,2
Bastidor	Perfil Angulo 2"x2"x1/4" Perfil Angulo 3"x3"x1/4"	ASTM A36/A572		
Correa	A90	Poliamida/uretano	3	0,26
Chumacera	Ø40 mm	Fundición	2	2,6
Eje	Ø40mm x 730 mm	AISI 1020	1	7,23
Embudo		Cerámico, recubierto en lámina de acero cal 20	1	5,8
Molde superior	Ø600 mm x 125mm, Lamina calibre 1/8"	ASTM A36/A52	1	7,1
Molde inferior	Ø600 mm x 125mm, Lamina calibre 1/8"	ASTM A36/A52	1	14,56

Motor eléctrico	7.5 hp x 3520 rpm	Acero al carbono	1	30,0
Placa de cierre molde	Ø600 mm, Lamina calibre 1/4"	ASTM A36/A52	1	10,56
Polea mayor	3A10	Aluminio	1	5,4
Polea menor	3A5	Aluminio	1	1,0
Tapa barrera de protección	735 mm x 735 mm x 50.8 mm, Lamina calibre 1/8"	ASTM A36/A52	1	16,72

Fuente: Autores del proyecto

3.9 Diseño eléctrico

El alcance del diseño eléctrico se enfoca al suministro de energía eléctrica a los siguientes equipos:

Tabla 25.
Alimentación eléctrica de equipos

Equipo	TAG	Voltaje	Fases	# Líneas	Potencia
Motor del soplador	MOT-1	220 V	2	3	2 hp
Motorreductor para horno de crisol	MOT-2	220 V	3	4	½ hp
Motor de la M.C.CV.	MOT-3	220 V	3	4	7.5 hp
PLC	YIC-1	110 V	1	3	12 W
Encendedor eléctrico	ZT-1	110 V	1	3	300 W
Fuente de poder⁶	FTE-1	110 V	1	3	50 W

Fuente: Autores del proyecto

En la Figura 18 a continuación, se muestra el diagrama unifilar correspondiente:

⁶ Con la fuente de poder AC/DC se alimentarán eléctricamente: la HMI, la válvula proporcional, transmisores de temperatura, señales visuales y la señal combinada.

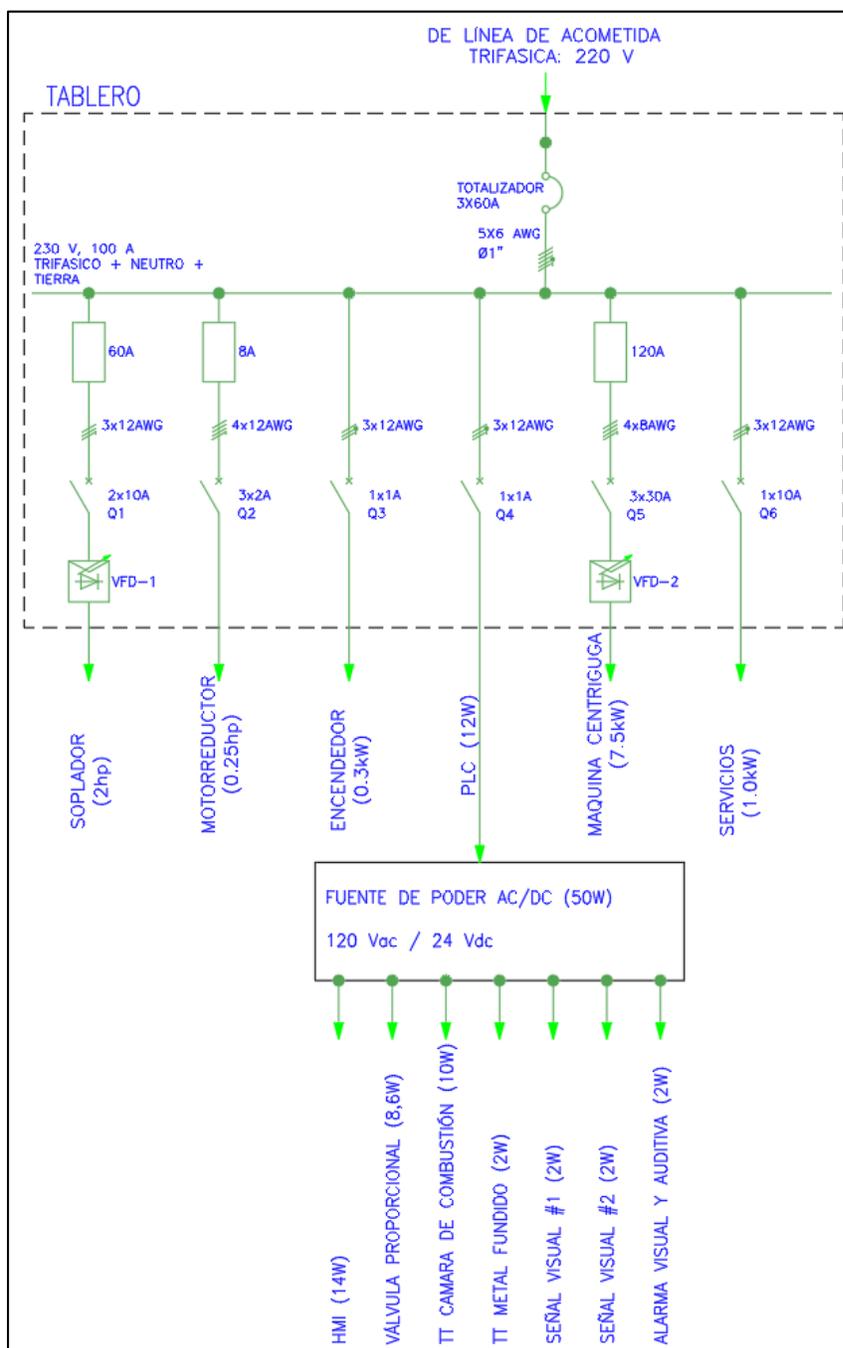


Figura 18. Diagrama unifilar

Fuente. Autores del proyecto

3.10 Señales y comunicaciones

En esta sección se describirán las señales del sistema y se presentará la arquitectura de red y de circuitos.

3.10.1 Señales

Las señales que conforman el sistema automático de accionamiento del horno de crisol y colado centrífugo vertical se presentan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 26.
Señales del sistema

TAG	TAG	Tipo de señal		V/I
Válvula proporcional	TCV	Analógica	Salida	4....20mA
Encendedor eléctrico	TZ-1	Digital	Salida	24 Vdc
Temperatura C.C.	TT-1, 100	Analógica	Entrada	4....20mA
Velocidad del soplador	TY-1	Ethernet TCP/IP	Salida	NA
Temperatura metal	TT-2, 200	Analógica	Entrada	4....20mA
Nivel alto del horno de crisol	LH-1	Digital	Entrada	24 Vdc
Nivel bajo del horno de crisol	LL-1	Digital	Entrada	24 Vdc
Velocidad de rotación	TY-1	Ethernet TCP/IP	Salida	NA
Señal de pánico	STOP	Digital	Entrada	24 Vdc

Fuente: Autores del proyecto

3.10.2 Arquitectura de red

En la Figura 19 se presenta esquemáticamente la red de comunicaciones propuesta, la cual fue diseñada con el software *RA-Integrated Architecture Builder* de Rockwell Automation. La red está formada por el PLC, la HMI, un switch de comunicaciones Ethernet TCP/IP, dos variadores de frecuencia y los cables ethernet para conexionado. La configuración escogida es una “configuración en “estrella”. En la Tabla 27 se presentan los protocolos de comunicación permitidos por cada dispositivo que hacen parte de la red. En la Figura 20 se presenta como variante a la red propuesta una red lineal en la cual se usa un switch de comunicaciones de 3

puertos (Ref. 1783 ETAP de AB)

Tabla 27.

Componentes de la red de comunicaciones

Dispositivo	Protocolo de comunicación	Dirección ⁷ IP
Switch	Ethernet TCP/IP	192.168.0.2
PLC	Ethernet TCP/IP	192.168.0.3
HMI	Ethernet TCP/IP	192.168.0.4
Variador de velocidad Soplador	Ethernet TCP/IP	192.168.0.5
Variador de velocidad máquina de colado	Ethernet TCP/IP	192.168.0.6

Fuente: Autores del proyecto

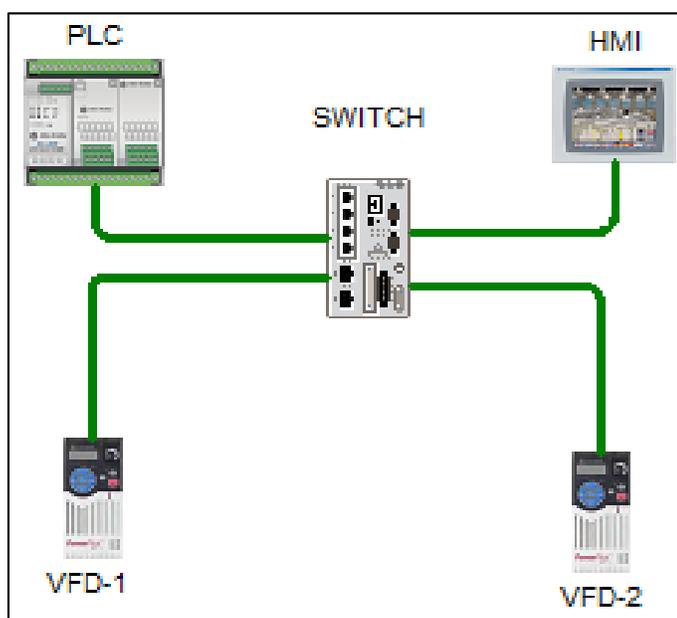


Figura 19. Arquitectura de red de comunicaciones-1

Fuente: Autores del proyecto

⁷ Dirección IP sugerida por el software: RA - Integrated Architecture Builder

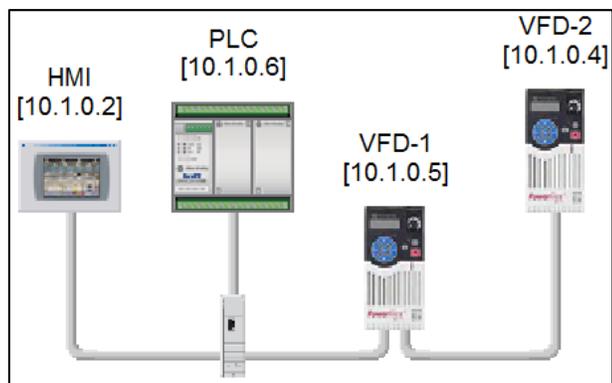


Figura 20. Arquitectura de red de comunicaciones-2

Fuente: Autores del proyecto

3.10.3 Arquitectura de circuitos

En la Figura 21 se presenta la arquitectura general para el conexionado de circuitos eléctricos, señales, y comunicaciones, compuesta en general por dos gabinetes: uno de potencia eléctrica y otro de control, una HMI y los equipos e instrumentos de la planta.

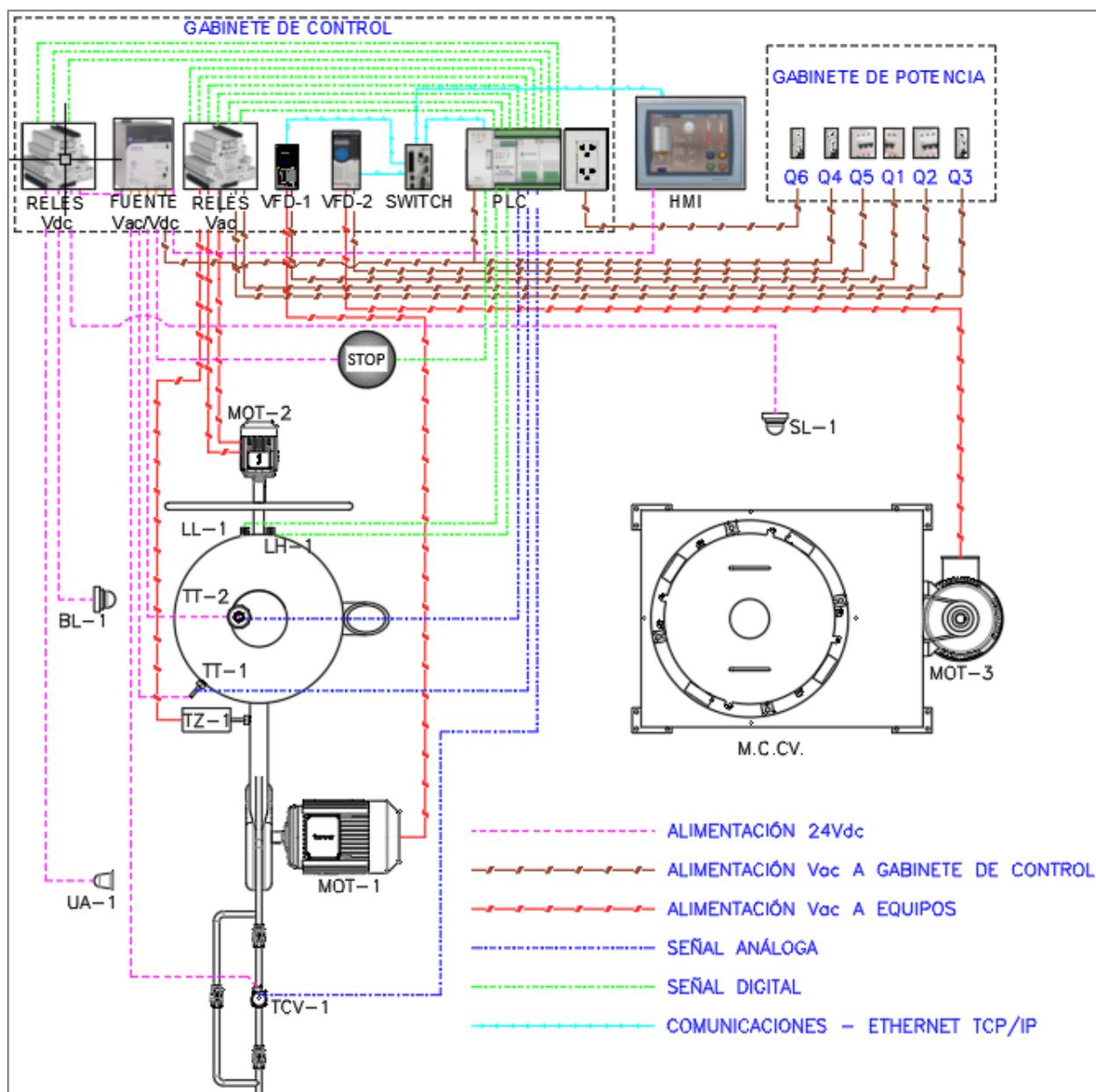


Figura 21. Arquitectura general de circuitos

Fuente: Autores del proyecto

3.11 Lineamientos para la construcción y montaje

Para la construcción del sistema automático para el accionamiento del horno de crisol y colado centrífugo vertical para el taller de fundición se deben tener en cuenta y sin limitarse las

siguientes consideraciones:

3.11.1 Máquina de colado centrifugo vertical

Se deben validar los diseños mecánicos mediante cálculos de esfuerzos y de diseño en general, tal es el caso del bastidor de la máquina, los ejes, rodamientos, sistema de transmisión y el disco tornamesa.

Se deben elaborar planos de taller detallados para la construcción de la máquina

La tornamesa y su acople deben ser construidos por mecanizado para lograr una correcta alineación; finalmente se debe realizar su balanceo para garantizar la suavidad en el giro del molde.

Las soldaduras en el bastidor de la maquina deben ser realizadas de acuerdo al código de soldadura estructural AWS D1.1

Se puede agregar una etapa de reducción 3:1 mediante engranes cónicos para mejorar la conexión del motorreductor con el eje del volante de bascular el horno. Así la salida requerida en el motorreductor sería de 9 rmp en vez de 3 rpm.

Se deben realizar pruebas de giro y de resistencia a los moldes construidos, antes de proceder a realizar coladas con aluminio fundido.

3.11.2 Montaje eléctrico

Para realizar el montaje eléctrico se debe aplicar la normativa RETIE.

Para el montaje eléctrico se deben utilizar equipos y materiales eléctricos certificados por el fabricante

3.11.3 Montaje del sistema de control

Se deben seguir las instrucciones de los fabricantes de los equipos e instrumentos para realizar su correcta conexión e instalación

Los sensores de temperatura y su transmisor deben ser pedidos en conjunto, para que sean integrados y calibrados por el fabricante

Para la operación del motorreductor se debe programar la inversión del giro con la precaución de desactivar un grupo de relés para poder activar el otro y viceversa

Para la instalación de los finales de carrera, se debe soldar una barra metálica en la parte superior del eje del horno con referencia a la posición de equilibrio del mismo y otra barra virada 90° respecto al primero. Estos suplementos accionarán los finales de carrera, los cuales deben estar fijados al bastidor del horno.

Se deben realizar simulaciones para lograr el nivel operativo esperado del conjunto

4 Presupuesto

El objeto del presupuesto elaborado para la automatización del accionamiento del horno de crisol y la construcción y automatización de la máquina de colado centrifugo vertical es el de dar un listado de precios de los equipos y elementos requeridos para la construcción y montaje. Los precios presentados fueron obtenidos de diversas fuentes, algunos de ellos en dólares y euros.

Las TRM para estos casos fueron de \$2920 y \$3280 respectivamente (ver

<http://www.banrep.gov.co/>). Las fuentes de precios consultados se describen a continuación:

Software PopasolWorks de Roccwell automatión: Con este software se obtuvo el precio de los equipos e instrumentos de marca allen bradley. Ver Apéndice 40

Listado de precios para Colombia SIEMENS 2017: Con este archivo se obtuvo el precio de los productos de marca Siemens (ver Apéndice 41 y Apéndice 42, fue descargado del sitio web:

<https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/colombia/Documents/2017/LP%20BAJA%20MAYO%202MR.pdf>

Listado de precios de válvulas posiflow: Con este archivo se obtuvo el precio de la válvula proporcional posiflow (ver , fue descargado del sitio web:

https://archive-resources.coleparmer.com/Catalog_pdfs/PDF_CP/JZ_1409.pdf

Fusibles: Los precios de los fusibles fueron obtenidos del siguiente link:

[http://co.mouser.com/Circuit-Protection/Fuses/Industrial-Electrical-Fuses/_/N-](http://co.mouser.com/Circuit-Protection/Fuses/Industrial-Electrical-Fuses/_/N-ba8h9?P=1yzs9nv&Keyword=Fuse+110+A&OrgTerm=fusible+110+A&NewSearch=1&FS=True)

[ba8h9?P=1yzs9nv&Keyword=Fuse+110+A&OrgTerm=fusible+110+A&NewSearch=1&FS=True](http://co.mouser.com/Circuit-Protection/Fuses/Industrial-Electrical-Fuses/_/N-ba8h9?P=1yzs9nv&Keyword=Fuse+110+A&OrgTerm=fusible+110+A&NewSearch=1&FS=True)

Transmisores de temperatura: los precios de los transmisores de temperatura fueron obtenidos del siguiente link: http://www.omega.com/pptst/OS37_OS38.html

Motorreductor. El precio del motorreductor se obtuvo mediante cotización a la empresa

Colombiana Trasmisiones Ltda. Ver Apéndice 47

Máquina de colado centrifugo vertical: el precio de la construcción de esta máquina se calculó de acuerdo al peso de la misma (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y un precio global de suministro y montaje de \$12.600 por kilogramo. Ver precios de referencia en el siguiente link:

http://www.colombia.generadordeprecios.info/obra_nueva/Estructuras/Acero/Montajes_industrializados/EAM010_Estructura_metalica_realizada_con_p.html

El precio del encendedor eléctrico fue obtenido mediante cotización (ver Apéndice 48)

Precios de señales luminosas (ver Apéndice 44 y Apéndice 45), fueron tomados de los siguientes link:

<http://uk.rs-online.com/web/p/beacons/3115931/?sra=pmpn>

<https://www.bpx.co.uk/store/product/204796.aspx>

Precio de gabinetes, cables, señales luminosas, tomacorrientes y misceláneos en general fueron consultados en la página web de la empresa interelectricas Ltda., ver el siguiente link:

<http://transformadores.com.co/>

Precios de envío. Los precios de envío fueron obtenidos de la guía de servicios y tarifas 2017 de DHL para Colombia. La guía fue descargada del siguiente link:

http://www.dhl.com.co/content/dam/downloads/co/express/es/shipping/rate_guide/dhl_express_rate_transit_guide_co_es.pdf

El precio global para la construcción y montaje del sistema automático para accionamiento del horno de crisol y colado centrifugo vertical es de *cuarenta y cuatro millones setecientos treinta y un mil setecientos veintiocho pesos M/C (\$44,731,728)*, IVA incluido. El resumen de los costos se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a continuación:

44,731,728

Tabla 28.
Costo de suministro de equipos y materiales

Equipo o elemento	Marca	Referencia	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Envío	subtotal
PLC	Allen Bradley	2080-LC20-20QBB	1	Un	\$ 732,920	\$12,380	\$ 745,300
Módulo PLC	Allen Bradley	2080-IF2	1	Un	\$ 262,508	\$12,380	\$ 274,888
Módulo PLC	Allen Bradley	2080-OB4	1	Un	\$ 162,360	\$12,380	\$ 174,741
Fuente PLC	Allen Bradley	2080-PSAC-12W	1	Un	\$ 131,400	\$12,380	\$ 143,780
HMI	Allen Bradley	2711R-T10T	1	Un	\$ 5,518,800	\$12,380	\$ 5,531,180
Switch	Allen Bradley	1783-BMS06SL	1	Un	\$ 2,744,800	\$12,380	\$ 2,757,180
Cables de comunicaciones	Allen Bradley	1585J-M4TBJM-2	2	Un	\$ 121,180	\$12,380	\$ 267,120
Variadores							
Cables de comunicaciones PLC y HMI	Allen Bradley	1585J-M8UBJM-2	2	Un	\$ 120,596	\$12,380	\$ 265,952
Fuente de poder AC/DC	Allen Bradley	1606-XLP50E	1	Un	\$ 601,520	\$12,380	\$ 613,900
Variador de frecuencia soplador	Allen Bradley	25C-A8P0N104	1	Un	\$ 2,482,000	\$12,380	\$ 2,494,380
Variador de frecuencia M.C.C.V.	Allen Bradley	25C-B024N104	1	Un	\$ 5,139,200	\$12,380	\$ 5,151,580
Software HMI	Allen Bradley	FactoryTalk View Studio	1	Un	\$ 2,592,960	-	\$ 2,592,960

Relé 1x10, 24 Vdc	Allen Bradley	700-HLS11Z24	1	Un	\$	131,400	\$9,050	\$	140,450
Final de carrera NA/NC	Allen Bradley	802K-MDPS11E	2	Un	\$	237,104	\$9,050	\$	492,308
Totalizador 3x60A	Siemens	3VA1163-3EE36-0AA0	1	Un	\$	405,800	\$12,380	\$	418,180
Interrupor	Siemens	5SL6332-7	1	Un	\$	77,000	\$12,380	\$	89,380
termomagnetico, 3 x 32A									
Interrupor	Siemens	5SL6302-7	1	Un	\$	110,100	\$12,380	\$	122,480
termomagnetico, 3 x 2A									
Interrupor	Siemens	5SL6210-7	1	Un	\$	44,000	\$12,380	\$	56,380
termomagnetico, 2 x 10A									
Interrupor	Siemens	5SL6110-7	1	Un	\$	21,000	\$	\$	33,380
termomagnetico, 1 x 10A							12,380		
Interrupor	Siemens	5SL6101-7	3	Un	\$	36,000	\$	\$	145,140
termomagnetico, 1 x 1A							12,380		
Motor M.C.C.V	Siemens	1LA3 115-2YB90	1	Un	\$	1,681,000	-	\$	1,681,000
Fusible 120A	Eaton	LPN-RK-110SP	3	Un	\$	458,440	\$9,050	\$	1,402,470
Fusible 60A	Eaton	LPN-RK-60SPI	2	Un	\$	99,280	\$9,050	\$	216,660
Fusible 8A	Eaton	LPN-RK-8SP	1	Un	\$	64,240	\$9,050	\$	73,290
Multitoma x 2	Halux	232580	1	Un	\$	9,500	-	\$	9,500
Encendedor	Selcon	SEL-HT-C9O14	1	Un	\$	743,200	\$150,300	\$	893,500
Válvula proporcional	Asco	SCG202A201V	1	Un	\$	1,086,000	\$150,300	\$	1, 236,300

SUBTOTAL

IVA \$ 7,142,041

TOTAL \$ 44,731,728

Conclusiones

Se realizó el diseño del sistema automático para el accionamiento del horno de crisol y colado centrífugo vertical para el taller de fundición de la UFPSO alcanzando todos los objetivos propuestos.

Se diseñó una máquina de colado centrífugo vertical basado en literatura especializada en fundición centrífuga, en el análisis de la infraestructura existente y los espacios del taller; finalmente se obtuvo un presupuesto, corroborándose así su viabilidad técnica y económica para ser implementada en el taller de fundición de la UFPSO.

Se ideó una lógica de funcionamiento para operar el horno de crisol y la máquina de colado centrífugo vertical de forma automatizada, la cual requiere de una interfaz de usuario para introducir parámetros y monitorear variables, un controlador, equipos e instrumentación asociada.

Se planteó una metodología para seleccionar equipos e instrumentos basada en el análisis jerárquico de procesos ideada por Thomas Saaty en 1980, mediante la cual se pudieron comparar técnica y económicamente dichos elementos, y seleccionar así de la opción más conveniente para el proyecto.

Se seleccionaron equipos e instrumentos ofrecidos en el mercado nacional e internacional acordes con las necesidades del proyecto, y se tuvieron en cuenta sus características técnicas para la elaboración del diseño propuesto.

El diseño plantea una red de comunicaciones con arquitectura en estrella para enlazar el PLC, la HMI y los dos variadores de velocidad haciendo uso de un switch de comunicaciones de 4 puertos; sin embargo también puede optarse por una configuración de red lineal con un switch de comunicaciones de mínimo 3 puertos, obteniéndose así la misma funcionalidad de la primera

red.

Como resultado del desarrollo del proyecto se obtuvieron los diseños necesarios para el accionamiento del horno de crisol y colado centrifugo vertical, así mismo se pudieron establecer bases y criterios para su implementación en el taller de fundición de la UFPSO.

En caso de existir limitaciones económicas, el proyecto podrá ser implementado por etapas. Se recomienda la siguiente estructura en el tiempo:

Montaje del sistema para basculamiento del horno de crisol mediante motorreductor

Construcción e implementación de la máquina de colado centrifugo vertical

Automatización de la máquina de colado centrifugo vertical

Instalación del sistema de encendido y control de combustión del horno de crisol

Recomendaciones

Se debe realizar revisión de ingeniería antes de iniciar la etapa de compras y la construcción e implementación del proyecto.

Se debe actualizar el presupuesto del proyecto a la fecha de su implementación.

Se recomienda que la máquina de colado centrífugo vertical sea construida por los estudiantes de la UFPSO como parte del desarrollo de prácticas académicas o como proyecto de grado.

Se recomienda que el montaje y puesta en marcha del sistema de control de la máquina de colado centrífugo vertical sea realizado por los estudiantes de postgrado de la UFPSO como parte del desarrollo de prácticas académicas o proyecto de grado.

En la fase de implementación del proyecto, se deben realizar pruebas de funcionamiento de los equipos y seguridad del proceso; como verificar el sistema de fijación de moldes, o simular el colado de metal líquido con agua para verificar el correcto funcionamiento de la coraza de protección.

Se debe elaborar un manual de operación y mantenimiento por parte del grupo de trabajo encargado de la implementación del proyecto.

Se deben seguir las instrucciones de los fabricantes de los productos para realizar su correcta instalación y asegurar el correcto funcionamiento de los equipos, y en lo posible hacer uso de las herramientas informáticas que estos ofrecen para su correcta configuración.

Referencias

- ASM, H. (1992). *CASTING, The materials information company, Volume 15*. ASM International.
- ASM, H. (1992). *Properties and selection: Nonferrous alloys and special-purpose materials*.
ASM International.
- Barthes, R. (1980). *S/Z*. Mexico: Siglo XXI.
- Bishop, R. H. (2002). *The mechatronics handbook 2da Edición*. Austin, Texas: CRC Press LLC.
- Cabra, M. (2003). Estado del arte de los proyectos de Grado de los postgrados de la Facultad de Educación de la Universidad de San Buenaventura durante el periodo comprendido entre 1989 y 2002. Bogotá: Universidad de San Buenaventura.
- Cabrales Hebert, M. A. (2004). *Diseño, cálculo y construcción de una maquina de fundición semicentrifuga y centrifugado de piezas y elementos de máquinas*. Cúcuta.
- Calvo, A. V. (1992). La investigación documental. Estado del arte y del conocimiento. Análisis de la investigación en la formación de investigadores. Maestría en Educación. Bogotá: Universidad de la Sabana.
- Correa, R. A. (2007). El estado del arte. En: *Leo y escribo en la Universidad: Módulo de tecnologías lectoescriturales*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- D.M. Stefanescu, A. I. (1992). *The Materials Information Company, Volume 15 of the 9th edition*. Metals Handbook.
- De Saussure, F. (1969). *Curso de lingüística general*. 7ª ed. Barcelona: Losada.
- E.P.N. (2009). *Diseño y construcción de un equipo de laboratorio para colado centrifugo vertical*. Quito.
- Eco, U. (1997). *Interpretación y sobreinterpretación*. Madrid: Cambridge University Press: edición española.

- G Vargas, G. C. (1987). “Seis modelos alternativos de investigación documental para el desarrollo de la práctica universitaria en educación”. En: Revista Educación Superior y desarrollo N° 5. Proyecto de extensión REDUC – Colombia. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Gadamer, H. (1977). Método y verdad . Salamanca: Sígueme.
- Groover, M. P. (s.f.). *Fundamentos de manufactura moderna, 3a ed.* Mc Graw-hill.
- Hoyos, C. B. (2000). Un modelo para investigación documental. Guía teórico-teóricopráctica sobre construcción de Estados del Arte. Medellín: Señal Editora.
- ISA-5.1. (2014). *Instrumentation Symbols*.
- Jimenez, A. (2006). El estado del arte en la investigación en ciencias sociales. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Kalpakjian, S. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Monterrey: Pearson Prentice Hall.
- Massachusetts Institute of Technology, G. (s.f.). *Schmidt* .
- Moncada, L. (02 de 2010). *Control de procesos*. Obtenido de http://plantscontrol.blogspot.com.co/2012/02/6_13.html
- Mora Peñaranda y Vargas Sepúlveda, R. y. (2014). *IMPLEMENTAR UN HORNO DE CRISOL BASCULANTE PARA EL LABORATORIO DE FUNDICIÓN DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA*. Ocaña: UFPSO.
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. Madrid: Pearson.
- Olga Lucía Londoño Palacio, L. F. (2014). Guía para construir estados del arte. Bohotá.
- Pantoja, M. (2006). Construyendo el objeto de estudio e investigando lo investigado: aplicaciones de un estado del arte. Revista Memorias, Universidad Cooperativa de Colombia.

Polanyi, K. (1994). *El sustento del hombre*. Barcelona: Mondadori.

RAS-2000. (s.f.). En *Título D, Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales* (pág. 97). Bogotá D.C.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.

Schey, J. (2000). *Introduction to Manufacturing Processes, 3a ed.* McGraw-Hill.

Schey, J. A. (2002). *Procesos de manufactura, 3a ed.* Mejico: McGraw-Hill Interamerica Editores, S.a. de C.V.

Smith y Corripio, C. A. (1991). *Control automático de procesos*. Mexico: Limusa.

Toskano Hurtado, G. B. (2005). *Sistema de bibliotecas universidad nacional mayor de San Marcos*. Obtenido de

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/Basic/toskano_hg/toskano_hg.htm

Wikipedia. (2016). *Fundición centrífuga*. Obtenido de

https://es.wikipedia.org/wiki/Fundici%C3%B3n_centrifugada

Apéndices

Apéndice 1. PLC Allen Bradley: 2080-LC20-20QBB

Catalog Number	Inputs			Outputs		
	120V AC	24V DC/ V AC	Analog 0-10V (shared with 24V DC)	Relay	24V DC SRC	Analog 0-10V
2080-LC20-20QWB(R)	-	12	4	7	-	1
2080-LC20-20QBB(R)	-	12	4	-	7	1
2080-LC20-20AWB(R)	8	4	4	7	-	1

Removable terminal blocks are available on modules with catalog numbers that end in R. Catalog numbers that do not end in R have fixed terminal blocks.

Micro820	20-pt QWB(R)	20-pt QBB(R)	20-pt AWB(R)
Base Unit			
Power Supply	Base Unit has embedded 24V DC Power Supply. Optional External 120/240V AC via Cat. No. 2080-PS120-240VAC		
Base Programming Port	Embedded Ethernet Port		
Base EtherNet/IP™ port	EtherNet/IP Class 3, Modbus TCP		
Base Serial Port	RS232/485 non-isolated, CIP Serial, Modbus RTU, ASCII		

LCD Display	
Communications	
Embedded Serial Port	RS232 (connects to Controller's Embedded RS232 port)
Embedded USB Port	Controller programming port (USB to Serial pass-through)
Environmentals	
Temperature Range (LCD Display)	0°...50°C
Dimensions (HxWxD, mm)	97x130x36

Plug-in Slots	2
10V Output for Thermistors	1 Output Reference (supports up to four 10k thermistors)
PWM Output	5 KHz
microSD Card Slot	1
Supported microSD Card Formats	FAT32/16
microSD Card Size, Max	32GB
microSD Card Class Speed	Class 6 and 10 SDSC and SDHC
I/O	
Digital I/O (In/Out)	12/7 (4 Inputs shared with Analog Inputs)
Analog I/O Channels	4/1
Progammig	
Software	Connected Components Workbench
Program Steps (or instructions)	10Ksteps
Data (bytes)	20Kbytes (up to 400bytes non-volatile)
IEC 61131-3 Languages	Ladder Diagram, Function Block, Structured Text
User Defined Function Blocks	Yes
Motion Instructions	No PTO motion supported
Floating Point Math	32-bit and 64-bit
PID Loop Control	Yes
Environments	
Certifications	c-UL-us CL1DIV2, CE, C-Tick, KC
Temperature Range (Controller)	-20°...65°C
Dimensions (HxWxD, mm)	90x100x80

Catalog Number	Plug-in Modules
2080-IQ4	4-pt Digital Input, 12/24VDC, Sink/Source, Type3
2080-OB4	4-pt Digital Output, 12/24VDC, Source
2080-OV4	4-pt Digital Output, 12/24VDC, Sink
2080-OW4I	4-pt Relay Output, Individually Isolated, 2A
2080-IQ4OB4	8-pt Combo: 4-pt Digital Input, 12/24VDC, Sink/Source, Type3, and 4-pt Digital Output, 12/24VDC, Source
2080-IQ4OV4	8-pt Combo: 4-pt Digital Input, 12/24VDC, Sink/Source, Type3, and 4-pt Digital Output, 12/24VDC, Sink
2080-IF2, 2080-IF4	2/4-ch Analog Input, 0-20 mA, 0-10V, non-isolated 12-bit
2080-OF2	2-ch Analog Output 0-20 mA, 0-10V, non-isolated 12-bit
2080-SERIALISOL	RS232/485 isolated serial port
2080-TRIMPOT6	6-ch Trimpot Analog Input
2080-RTD2	2-ch RTD, non-isolated, ±1.0 °C
2080-TC2	2-ch TC, non-isolated, ±1.0 °C
2080-MOT-HSC	High Speed Counter, 250kHz, Differential Line Receiver, 1 Digital Output
2080-DNET20	DeviceNet Scanner, 20 Nodes
Catalog Number	
Accessories	
2080-PS120-240VAC	External 120/240V AC power supply
2080-REMLCD	Remote 3.5 in. LCD Display, 24V DC Power, 4 or 8 lines ASCII text

Apéndice 2. PLC Siemens S7 1200 (a)

Technical specifications

	6ES7 214-1BE30-0XB0	6ES7 214-1AE30-0XB0	6ES7 214-1HE30-0XB0
Product-type designation	CPU 1214C AC/DC/Relay	CPU 1214C DC/DC/DC	CPU 1214C DC/DC/Relay
Product version			
associated programming package	STEP 7 Basic V10.5	STEP 7 Basic V10.5	STEP 7 Basic V10.5
Supply voltages			
Rated value			
• 24 V DC		Yes	Yes
• permissible range, lower limit (DC)		20.4 V	20.4 V
• permissible range, upper limit (DC)		28.8 V	28.8 V
• 120 V AC	Yes		
• 230 V AC	Yes		
• permissible range, lower limit (AC)	85 V		
• permissible range, upper limit (AC)	264 V		
• permissible frequency range, lower limit	47 Hz		
• permissible frequency range, upper limit	63 Hz		
Load voltage L+			
• Rated value (DC)	24 V	24 V	24 V
• permissible range, lower limit (DC)	5 V	20.4 V	5 V
• permissible range, upper limit (DC)	250 V	28.8 V	250 V
Current consumption			
Current consumption (rated value)	100 mA at 120 VAC 50 mA at 240 VAC		500 mA; Typical
Current consumption, max.	300 mA at 120 VAC 150 mA at 240 VAC	1.5 A; 24 VDC	1.2 A; 24 VDC
Inrush current, max.	20 A; at 264 V	12 A; at 28.8 V	12 A; at 28.8 V
Current output to backplane bus (DC 5 V), max.	1 600 mA; 5 V DC max. for SM and CM	1 600 mA; 5 V DC max. for SM and CM	1 600 mA; 5 V DC max. for SM and CM
Power loss			
Power loss, typ.	14 W	12 W	12 W
Memory			
Available project memory/user memory	50 Kibyte	50 Kibyte	50 Kibyte

Apéndice 3. PLC Siemens S7 1200 (b)

CPU 1214C

Technical specifications (continued)			
	6ES7 214-1BE30-0XB0	6ES7 214-1AE30-0XB0	6ES7 214-1HE30-0XB0
Product-type designation	CPU 1214C A/Q/DC/Relay	CPU 1214C DC/DC/DC	CPU 1214C DQ/DC/Relay
Work memory			
• integrated	50 kbyte	50 kbyte	50 kbyte
• expandable	No	No	No
Load memory			
• integrated	2 Mbyte	2 Mbyte	2 Mbyte
• expandable	24 Mbyte; with SIEMENS Memory Card	24 Mbyte; with SIEMENS Memory Card	24 Mbyte; with SIEMENS Memory Card
Backup			
• present	Yes; entire project maintenance-free in the integral EEPROM	Yes; entire project maintenance-free in the integral EEPROM	Yes; entire project maintenance-free in the integral EEPROM
• without battery	Yes	Yes	Yes
CPU blocks			
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters, timers). Up to 65,535 blocks can be addressed. There is no limit, use of the entire work memory	DBs, FCs, FBs, counters, timers). Up to 65,535 blocks can be addressed. There is no limit, use of the entire work memory	DBs, FCs, FBs, counters, timers). Up to 65,535 blocks can be addressed. There is no limit, use of the entire work memory
OB			
• Number, max.	Limited only by RAM for code	Limited only by RAM for code	Limited only by RAM for code
CPU processing times			
for bit operations, min.	0.1 µs; / instruction	0.1 µs; / instruction	0.1 µs; / instruction
for word operations, min.	12 µs; / instruction	12 µs; / instruction	12 µs; / instruction
for floating point arithmetic, min.	18 µs; / instruction	18 µs; / instruction	18 µs; / instruction
Data areas and their retentivity			
retentive data area in total (incl. timers, counters, flags), max.	2 048 byte	2 048 byte	2 048 byte
Flag			
• Number, max.	8 kbyte; Size of bit memory address area	8 kbyte; Size of bit memory address area	8 kbyte; Size of bit memory address area
Address area			
I/O address area			
• I/O address area, overall	1024 bytes for inputs / 1024 bytes for outputs	1024 bytes for inputs / 1024 bytes for outputs	1024 bytes for inputs / 1024 bytes for outputs
• overall	1 024 byte	1 024 byte	1 024 byte
• Outputs	1 024 byte	1 024 byte	1 024 byte
Process image			
• Inputs, adjustable	1 kbyte	1 kbyte	1 kbyte
• Outputs, adjustable	1 kbyte	1 kbyte	1 kbyte
Digital channels			
• integrated channels (DI)	14	14	14
• integrated channels (DO)	10	10	10
Analog channels			
• integrated channels (AI)	2	2	2
• integrated channels (AO)	0	0	0
Hardware configuration			
Number of modules per system, max.	3 comm. modules, 1 signal board, 8 signal modules	3 comm. modules, 1 signal board, 8 signal modules	3 comm. modules, 1 signal board, 8 signal modules

Apéndice 4. PLC Schneider, Modicon 221 (a)

Datasheet

Supply voltage AC 50 Hz (V)	85 - 264
Supply voltage AC 60 Hz (V)	85 - 264
Supply voltage DC (V)	19.2 - 28.8
Type of supply voltage	AC
Number of relay outputs	10
Max. number of time switches	255
Max. number of addressable analogue I/O-ports	114
Max. number of addressable digital I/O-ports	264
Model	Compact
Processing time (1K, binary operation) (ms)	0.2
Number of HW-interfaces industrial Ethernet	1
Number of HW-interfaces PROFINET	0

Apéndice 5. HMI Allen Bradley, Panel View 800

Technical Specifications:

Part Number:	2711R-T10T
Product Line:	Panelview 800
Display Size:	10.4 in.
Display Color:	Color TFT
Input Type:	Touchscreen
Communication:	Serial and Ethernet
Input Power:	24 VDC
Software:	Connected Components Workbench
Memory:	256 MB
Shipping Weight:	10 lbs
Shipping Dimensions:	18x14x8 inches
Series:	A

Item	Description	Item	Description
1	Power status LED ⁽¹⁾	7	Replaceable real-time clock battery
2	Touch display	8	USB host port
3	Mounting slots	9	Diagnostic status indicator
4	RS-422 and RS-485 port	10	Micro-SD (Secure Digital) card slot
5	RS-232 port	11	24V DC power input
6	10/100 Mbit Ethernet port	12	USB device port ⁽²⁾

Apéndice 6. HMI Siemens, KTP1200

Summary technical features

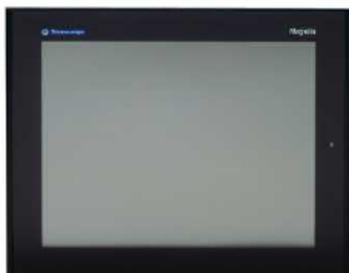
Design	KTP1200 BASIC
Screen size	12" TFT
Display width	261.1 mm
Display height	163.2 mm
Number of colours	65536
Number of function keys	10
Design touch-screen	Yes
Interface	Ethernet, USB
Supply voltage	24 V DC
Mounting cutout, width	310 mm
Mounting cutout, height	221 mm
Device depth	60 mm
Operating temperature min.	0 °C
Operating temperature max.	50 °C
Protection rating	IP65
Installation type	Mounting in landscape/protrait format
Memory for user data	10 MB
System clock	Hardware real-time clock
Type for output (acoustics)	Buzzer
Protocols	PROFINET
Configuration software	from STEP7 Basic, WinCC Basic (TIA Portal)

Apéndice 7. HMI Siemens, Magelis

Product data sheet
Characteristics

XBTGT5230

advanced touchscreen panel - 640 x 480 pixel
VGA - 10.4" - STN LCD - 24 V DC



Main

Range of product	Magelis XBTGT
Product or component type	Advanced touchscreen panel
Display type	Backlit colour STN LCD
Display colour	4096 colours
Display resolution	640 x 480 pixels VGA
Display size	10.4 inch
Software type	Configuration software
Software designation	Vijeo Designer
Operating system	Magelis
Processor name	CPU RISC
Processor frequency	266 MHz
Memory description	Back up of data SRAM 512 kB lithium battery Application memory flash EPROM 32 MB
Integrated connection type	Power supply removable screw terminal block Digital input removable screw terminal block COM2 serial link RJ45 RS485 <= 187.5 kbit/s Siemens MPI (187.5 kbits/s) COM1 serial link male SUB-D 9 RS232C/RS422/ RS485 <= 115.2 kbits/s Audio output removable screw terminal block 3 digital output removable screw terminal block Ethernet TCP/IP RJ45 2 USB type A master port (V1.1)
Resistance to electrostatic discharge	6 kV IEC 61000-4-2 level 3
Cut-out dimensions	301.5 (+ 1/- 0) x 227.5 (+ 1/- 0) mm

Complementary

Touch sensitive zone	1024 x 1024
Touch panel	Analogue
Backlight lifespan	54000 hours
Brightness	8 levels via touch panel
Contrast	8 levels via touch panel
Character font	ASCII (European characters) Chinese (simplified Chinese) Japanese (ANK, Kanji) Korean Taiwanese (traditional Chinese)
[Us] rated supply voltage	24 V DC
Supply	External source
Supply voltage limits	19.2...28.8 V
Inrush current	<= 30 A
Power consumption	26 W
Local signalling	1 LED (green or orange) for normal operation or backlighting faulty
Number of pages	Limited by internal memory capacity

Apéndice 8. VFD-1 Allen Bradley, Power Flex 527

Technical Specification[Add to Comparison](#)

Manufacturer:	Rockwell Automation
Series:	527
Model:	25C-A8P0N104
Application:	general purpose
Capacity range, kW:	1,5
Rated current, A:	8
Main power supply, V:	200-240
Phase:	1
Output frequency, Hz:	0-590
Enclosure:	IP20
Overload capacity, % per 1 min.:	110
EMC filter:	-
Analog input:	2
Digital input:	4
Analog output:	1
Digital output:	2
Relay output:	2
Sensorless vector control:	+
Operation temperature, °C:	-20.....+50
Storage temperature, °C:	-20.....+50
Dimensions (W x H x D), mm:	87x180x172

Apéndice 9. VFD-1 Siemens, Micromaster 440

SIEMENS

Hoja de medición y de datos MICROMASTER 440

Data sheet for MICROMASTER 440

Datos de pedido

MLFB-Ordering data

6SE6440-2AB21-5BA1



Figura similar / Figure similar

Número de pedido del cliente / Client order no.:

Nº. de pedido Siemens / Order no.:

Número de oferta / Offer no.:

Nota / Remarks:

Nº. de ítem / Item no.:

Número de envío / Consignment no.:

Proyecto / Project:

Datos asignados / Rated data		Datos técnicos generales / General tech. specifications	
Entrada / Input		Factor de potencia λ Power factor λ	0,95
Número de fases Number of phases	1 AC	Rendimiento η Efficiency η	0,96
Tensión de red Line voltage	200 ... 240 V ± 10 %	Condiciones ambientales / Ambient conditions	
Frecuencia de red Line frequency	47 ... 63 Hz	Refrigeración Cooling	Ventilador Fan
Intensidad asignada (HO) Rated current (HO)	14,40 A	Temperatura ambiente / Ambient temperature	
Salida / Output		Funcionamiento (HO) Operation (HO)	-10 ... 50 °C
Número de fases Number of phases	3 AC	Transporte Transport	-40 ... 70 °C
Tensión asignada Rated voltage	240 V	Almacenaje Storage	-40 ... 70 °C
Potencia asignada (HO) Rated power (HO)	1,50 kW / 2,00 hp		
Intensidad asignada (HO) Rated current (HO)	7,40 A		
Frecuencia de pulsación Pulse frequency	16000 Hz		
Frec. de salida con regulación por U/f Output frequency for V/f control	0 ... 650 Hz		

Apéndice 10. VFD-1 Schneider, Altivar 61

Technical Specification

[Add to Comparison](#)

Manufacturer:	Schneider Electric
Series:	Altivar 61
Model:	ATV 61HU22M3
Application:	pumps / fans
Capacity range, kW:	1,5
Rated current, A:	8
Main power supply, V:	200-240
Phase:	1
Output frequency, Hz:	0,5-1000
Enclosure:	IP 20
Overload capacity, % per 1 min.:	120
Acceleration time, sec:	0,1-999,9
Deceleration time, sec:	0,1-999,9
EMC filter:	+
Braking unit:	optional
Analog input:	2
Digital input:	7
Analog output:	1
Digital output:	2
Relay output:	2
RS485 (Modbus RTU):	Modbus and CANopen
PID:	PID - regulation
V/f control mode:	+
Vector control with feedback:	-
Sensorless vector control:	+
Operation temperature, °C:	-10.....+50
Storage temperature, °C:	-25.....+70
Dimensions (W x H x D), mm:	155x260x187
Weight, kg:	4

Apéndice 11. VFD-2 Allen Bradley, Power Flex 527

Technical Specification[Add to Comparison](#)

Manufacturer:	Rockwell Automation
Series:	527
Model:	25C-B024N104
Application:	general purpose
Capacity range, kW:	5,5
Rated current, A:	24
Main power supply, V:	200-240
Phase:	3
Output frequency, Hz:	0-590
Enclosure:	IP20
Overload capacity, % per 1 min.:	110
EMC filter:	-
Analog input:	2
Digital input:	4
Analog output:	1
Digital output:	2
Relay output:	2
Sensorless vector control:	+
Operation temperature, °C:	-20.....+50
Storage temperature, °C:	-20.....+50
Dimensions (W x H x D), mm:	109x220x184

Apéndice 12. VFD-2 Siemens, Micromaster 440

SIEMENS**Hoja de medición y de datos MICROMASTER 440**

Figura similar

Datos de pedido

6SE6440-2AC25-5CA1

Número de pedido del cliente :

Nº. de pedido Siemens :

Número de oferta :

Nota :

Nº. de ítem :

Número de envío :

Proyecto :

Datos asignados		Datos técnicos generales	
Entrada		Factor de potencia λ	0,95
Número de fases	3 AC	Rendimiento η	0,96
Tensión de red	200 ... 240 V $\pm 10\%$	Condiciones ambientales	
Frecuencia de red	47 ... 63 Hz	Refrigeración	Ventilador
Intensidad asignada (LO)	34,20 A	Temperatura ambiente	
Intensidad asignada (HO)	28,50 A	Funcionamiento (LO)	-10 ... 40 °C
Salida		Funcionamiento (HO)	-10 ... 50 °C
Número de fases	3 AC	Transporte	-40 ... 70 °C
Tensión asignada	240 V	Almacenaje	-40 ... 70 °C
Potencia asignada (LO)	7,50 kW / 10,00 hp		
Potencia asignada (HO)	5,50 kW / 7,50 hp		
Intensidad asignada (LO)	28,00 A		
Intensidad asignada (HO)	22,00 A		
Frecuencia de pulsación	16000 Hz		
Frec. de salida con regulación por U/f	0 ... 850 Hz		

Apéndice 13. VFD-2 Schneider, Altivar 61

Technical Specification

[Add to Comparison](#)

Manufacturer:	Schneider Electric
Series:	Altivar 61
Model:	ATV 61HU75M3
Application:	pumps / fans
Capacity range, kW:	5,5
Rated current, A:	27.5
Main power supply, V:	200-240
Phase:	1
Output frequency, Hz:	0,5-1000
Enclosure:	IP 20
Overload capacity, % per 1 min.:	120
Acceleration time, sec:	0,1-999,9
Deceleration time, sec:	0,1-999,9
EMC filter:	+
Braking unit:	optional
Analog input:	2
Digital input:	7
Analog output:	1
Digital output:	2
Relay output:	2
RS485 (Modbus RTU):	Modbus and CANopen
PID:	PID - regulation
V/f control mode:	+
Vector control with feedback:	-
Sensorless vector control:	+
Operation temperature, °C:	-10.....+50
Storage temperature, °C:	-25.....+70
Dimensions (W x H x D), mm:	210x295x213
Weight, kg:	7

Apéndice 14. Válvula proporcional Asco (a), Posiflow 202

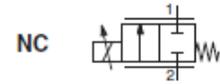
ASCOTM

ELECTROVÁLVULA PROPORCIONAL

POSIFLOW

de mando directo

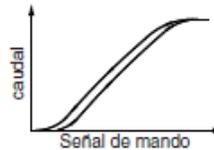
1/8



2/2
Serie
202

PRESENTACIÓN

- Caudal variable, proporcional a la señal de mando
- No requiere presión mínima de funcionamiento
- Montaje de la electroválvula en todas las posiciones
- Electroválvula conforme a las Directivas CE aplicables

**INFORMACIÓN GENERAL**

Presión diferencial Ver «Selección del material» [1 bar = 100 kPa]
 Viscosidad máx. admisible 50 cSt (mm²/s)

fluidos (*)	rango de temperatura (TS)	guarniciones (*)
aire, gases neutros, agua, aceite	0°C a +50°C	FPM (elastómero fluorado)

MATERIALES EN CONTACTO CON EL FLUIDO

(*) Verifique la compatibilidad del fluido con los materiales en contacto

	Cuerpo de latón	Cuerpo de acero inox
Cuerpo	Latón	AISI 303
Tubo-culata	Acero inox.	Acero inox.
Culata y núcleo móvil	Acero inox.	Acero inox.
Resortes	Acero inox.	Acero inox.
Casquillo móvil	PTFE	PTFE
Asiento	Latón	Acero inox.
Guarniciones de estanquidad	FPM	FPM
Clapet	FPM	FPM
Arandela	Acero inox.	Acero inox.

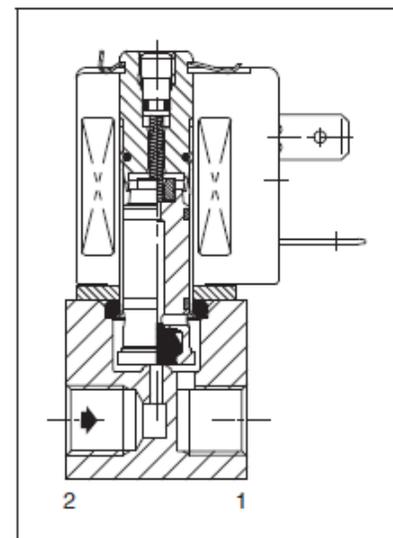
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Clase de aislamiento de bobina F
 Conector Desenchufable (cable Ø 6-8 mm)
 Conformidad conector DIN 43650, 11 mm, norma industrial B
 Conformidad eléctrica CEI 335
 Protección eléctrica Moldeado IP65 (EN 60529)
 Tensiones standard CC (=) : 24V (Otras tensiones bajo demanda)

prefijo opción	tensión de funcionamiento (mA)	consumos nominales				rango temp. ambiente cabeza magnética (TS) ⁽¹⁾ (C°)	bobina de recambio (=) 24 V CC	tipo ⁽¹⁾
		inicial (-) (VA)	mantenido (-) (VA)	caliente/frío (=) (W)	= (W)			
SC	100 - 450	-	-	-	8,6 / 6,3	0 a + 40	-	01

Regulación de tensión 0 - 24 V CC
 24 V CC ancho de impulsión modulada (400 Hz)

Características regulación de caudal ⁽²⁾Histéresis < 5%; Reproducibilidad < 1%; Sensibilidad < 1%

**SELECCIÓN DEL MATERIAL**

Ø racordaje	Ø de paso	coeficiente de caudal Kv		presión diferencial admisible (bar)				potencia bobina (W)	código		opciones			
				min.	máx. (PS)				latón	acero inox.	EPDM	PTFE		
	vacio	aire (*)	agua (*)		aceite (*)									
G	(mm)	(m ³ /h)	(l/min)		=	=	=	=	=	=				
NC - Normalmente cerrada														
1/8	1,2	0,05	0,7	0	1	8	5	5	6,3	SCG202A201V	SCG202A205V	E	T	-
	1,6	0,07	1,1	0	1	6	4	4	6,3	SCG202A202V	SCG202A206V	E	T	-
	2,4	0,13	2,2	0	1	4	3	3	6,3	SCG202A203V	SCG202A207V	E	T	-
	3,2	0,18	2,9	0	1	2,5	2,5	2,5	6,3	SCG202A204V	SCG202A208V	E	T	-

⁽¹⁾ Ver dimensiones en página siguiente⁽²⁾ Porcentaje del valor máximo con 24 V CC, ancho de impulsión modulada 400 Hz, para una presión diferencial constante.

Apéndice 15. Válvula proporcional Asco (b), Posiflow 202



ELECTROVÁLVULA PROPORCIONAL SERIE 202

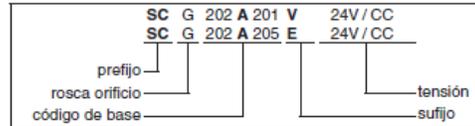
OPCIONES

- Estas electroválvulas también pueden suministrarse con guarniciones y clapets de NBR (nitrilo), EPDM (etileno-propileno), y PTFE
 - Cabezas magnéticas según directiva ATEX 94/9/CE, zonas 1/21-2/22, categorías 2-3, bajo demanda
 - Caja eléctrica según las normas "NEMA" bajo demanda
 - Escuadras de fijación
 - Circuito electrónico de regulación proporcional (código: **E908A003**, Ver V150 / **X90850164500100-0200**, ver V149)
- Características:
- señal de regulación de entrada analógica : 0 - 10 V CC, 0 - 20 mA o 4 - 20 mA
 - tensión de la bobina regulable (= caudal) según la señal de regulación requerida
 - función de cierre de la válvula desde la recálida al 2% de la señal máxima de regulación
 - regulación rampa regulable
 - frecuencia regulable
 - la intensidad de salida no depende ni de la resistencia de la bobina (temperatura), ni de las variaciones de la tensión de alimentación
 - incorporado en : caja desenchufable según ISO 4400 / IP65
- Otros recordajes realizables bajo demanda

INSTALACIÓN

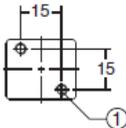
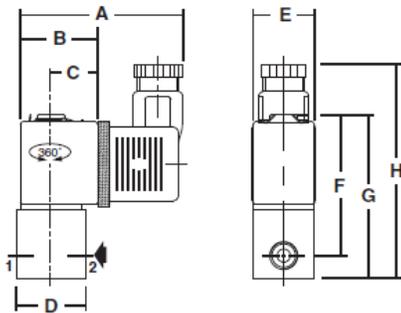
- Posibilidad de montaje de las electroválvulas en todas las posiciones
- Fijación por 2 orificios previstos en el cuerpo
- La referencia de recordaje es la siguiente: G = G (ISO 228/1)
- Las instrucciones de instalación/mantenimiento están incluidas con cada electroválvula

EJEMPLOS DE PEDIDOS:



DIMENSIONES (mm), PESOS (kg)

TIPO 01
 Cabeza prefijo "SC"
 Moldeado epoxy
 CEI 335 / DIN 43650
 IP65



tipo	prefijo opción	A	B	C	D	E	F	G	H	X	peso ⁽¹⁾
01	SC	59	28	17	25	22	52	60	78	-	0,2

⁽¹⁾ Bobina y conector incluidos.

Apéndice 16. Válvula proporcional Omega, FSV-11

ELECTRICALLY CONTROLLED PROPORTIONAL VALVES

For Clean Liquids and Gases

FSV10 Series

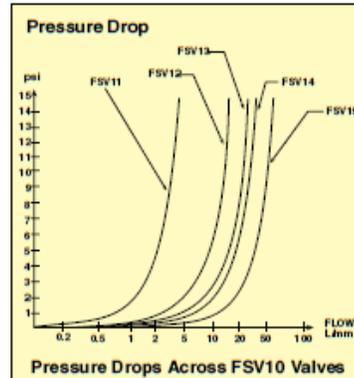


- ✓ Pulsewidth-Modulated Control Circuit
- ✓ Accepts 0 to 5 Vdc or 4 to 20 mA Setpoint Inputs
- ✓ Made of Corrosion-Resistant 316 and 416 SS/FKM



The FSV10 Series electronic proportioning solenoid valves can control the flow of a wide variety of gases and liquids. The variable-stroke electromagnetic valve is pulsed by the driver electronics, maintaining the correct magnetic flux level in the solenoid and holding flow at the level of the analog input setpoint signal. A TTL-level input allows the valve to be shut off regardless of analog setpoint signal. The output power level of the driver electronics is jumper selectable for cooler, more efficient operation. The FSV10 Series requires 12 to 30 Vdc, supplied by the optional FSV-PW 110 Vac plug-in power supply or via the 9-pin D connector (included). These valves come with 8 inches of wire, which must be soldered to the 9-pin D connector.

Driver Electronics:
7.62 W x 7.62 D x 25.4 mm H (3 x 3 x 1")
Materials in Fluid Contact:
316 and 416 SS, FKM O-rings
Maximum Pressure: 500 psig (3448 kPa)
Maximum Differential Pressure:
50 psid (345 kPa); 35 psid (241 kPa) for FSV15
Leak Integrity: 1 x 10⁻⁶ sccs; helium, individually tested
Ambient Temperature:
0 to 50°C (32 to 122°F)
CE Compliance: EMC Directive 89/336/EEC EN55011:1991; Group 1, Class A EN50082-2:1995



SPECIFICATIONS

Turndown Ratio: 100:1
Response Time: 500 msec maximum
Fluid Temperature Range:
-10 to 54°C (14 to 130°F)
Typical Valve Surface Temperature:
54°C (130°F) with 24 Vdc power input
Required Power Input (Not Included):
12 to 30 Vdc, 1 A @ 12 Vdc; 0.5 A @ 24 Vdc via 9-pin D connector or DC power jack
Connection: 1/4" compression fittings
Setpoint Input Signal:
0 to 5 Vdc or 4 to 20 mA
Valve Dimensions:
87.6 H x 87.6 L x 25.4 mm W (3.45 x 3.25 x 1.00") including compression fittings

To Order						
Model No.	Orifice Size mm (inch)	C _v	*Maximum Flow (mL/min)		Maximum Flow @ maximum ΔP	
			Air	Water	Air	Water
FSV11	0.51 (0.02)	0.009	3500	125	9700	250
FSV12	1.02 (0.04)	0.033	13,000	400	31,000	900
FSV13	1.4 (0.055)	0.055	21,500	700	50,000	1500
FSV14	1.6 (0.063)	0.068	25,000	850	65,000	1800
FSV15	3.18 (0.125)	0.24	100,000	2873	100,000	4800
Accessory						
FSV-PW	110 Vac/24 Vdc wall socket power supply with 1.7 m (5.5') cord					

* Based on 10 psig (690 mbar) differential pressure. Comes complete with operator's manual, driver module and 9-pin D connector.
Ordering Examples: FSV11, proportioning solenoid valve with valve driver module, 20 cm (8") wires on the valve and a mating 9-pin D connector.
FSV13, proportioning solenoid valve with valve driver electronics, 20 cm (8") wires on the valve and a mating 9-pin D connector.

Apéndice 17. Válvula proporcional Danfoss, EV260B

Válvulas solenoides proporcionales servoaccionadas de 2 vías

Tipo EV260B



La gama EV260B se compone de válvulas solenoides servoaccionadas de 2 vías con función de modulación proporcional y conexiones de tamaños comprendidos entre 1/4" y 3/4". Mediante la regulación continua de la corriente de la bobina, es posible situar la armadura en cualquier posición del tubo de la armadura y, de este modo, ajustar la bobina entre las posiciones de cierre completo y apertura completa. La válvula se abre totalmente cuando la corriente de la bobina alcanza su máximo valor.

Características y versiones:

- Para agua, aceite y líquidos neutros similares
- Característica lineal en todo el rango de regulación
- Se cierra en caso de fallo del suministro eléctrico (funcionamiento a prueba de fallos)
- Rango de caudal completo: 0,5 – 12,7 m³/h
- Presión diferencial: 0,5 – 10 bar
- Temperatura del medio: -10 – 80 °C
- Temperatura ambiente: 50 °C, máx.
- Protección de la bobina: IP67, máx.
- Viscosidad: 50 cSt, máx.
- Conexiones roscadas: G 1/4 – G 3/4
- DN 6 – 20
- Versión NC en latón
- Señal piloto estándar de 4 – 20 mA o 0 – 10 V c.c.
- Disponible con rosca G y NPT

Apéndice 18. Sensores de temperatura para la C.C. Wika TC760 (a)

Thermocouples

Model Series TC7X0, Sheathed Design

WIKA Data Sheet TE 65.40



Applications

- Suitable for all industrial and laboratory applications

Special Features

- Application ranges from 0 °C to +1200 °C
- Flexible stainless steel sheath, mineral insulated wire
- High mechanical strength, vibration proof
- Intrinsically safe versions (ATEX)

Description

With sheathed thermocouples, the flexible part of the probe is a mineral insulated cable, often called the sheathed cable. This cable consists of a stainless steel outer sheath, in which the inner conductors are encased for insulation and compressed into a highly compacted ceramic mass. The outer sheath is made of stainless steel or Ni-alloy (-with precious metal thermocouples it may also be platinum or a PtRh-alloy). The inner conductors are welded together at the measuring end of the sheathed cable to form the 'thermocouple'.

In designs where the measuring element is not insulated the sheath is also welded to the thermocouple. Connector cables are connected to the other end of the sheathed cable, and the sheathed cable is hermetically sealed with a sealing compound. The connector wires form the basis for the electrical interface, with cable, a connector or a terminal block then attached to these connector wires.



Sheathed Thermocouples, Model Series TC7X0

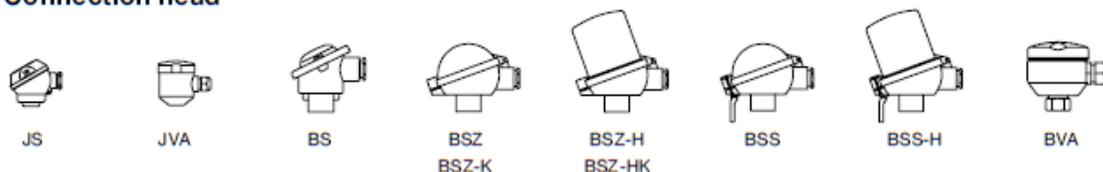
Due to their flexibility and the small diameters in which they are available, sheathed thermocouples can be used in locations that are not easily accessible.

Intrinsically safe designs are also available for applications in hazardous areas. The models in the TC7X0 series are provided with a type-examination certificate for "intrinsically safe" protection according to directive 94/9/EC (ATEX). Manufacturer's Declarations in accordance with EN 50 020 are also available.

Optionally analogue or digital transmitters from the WIKA range can be fitted into the connection head of the TC750 or TC760.

Apéndice 19. Sensores de temperatura para la C.C. Wika TC760 (b)

Connection head



Model	Material	Cable entry	Ingress protection	Cap	Surface finish
JS	aluminium	M 16 x 1.5	IP65	cap with 2 screws	silver bronze, painted
JVA	stainless steel	M 12 x 1.5 ¹⁾	IP65	screw cover	blank
BS	aluminium	M 20 x 1.5	IP65	cap with 2 screws	silver bronze, painted
BSZ	aluminium	M 20 x 1.5	IP65	flap cap with screw	silver bronze, painted
BSZ-K	plastic	M 20 x 1.5	IP65	flap cap with screw	blank
BSZ-H	aluminium	M 20 x 1.5	IP65	flap cap with screw	silver bronze, painted
BSZ-HK	plastic	M 20 x 1.5	IP65	flap cap with screw	blank
BSS	aluminium	M 20 x 1.5	IP65	flap cap with clip	silver bronze, painted
BSS-H	aluminium	M 20 x 1.5	IP65	flap cap with clip	silver bronze, painted
BVA	stainless steel	M 20 x 1.5 ¹⁾	IP65	screw cover	blank

1) Cable gland, metal

Connection head with digital indicator (option)

(only Model TC760)

As an optional alternative to the standard connection head the thermometer may be equipped with the digital indicator DIH10. The connection head used in this case is similar to the head model BSZ-H. For operation a 4 ... 20 mA transmitter is necessary, which is mounted to the measuring insert. The scale range of the indicator is configured to the same measuring range as the transmitter. Intrinsically safe versions, explosion protection type EEx (i), are also available.



Fig. Connection head with digital indicator, Model DIH10

Transmitter (option)

(not possible with connection head Model JS and JVA)

With model TC750 and model TC760 a transmitter can be mounted directly into the connection head form B.

Generally two mounting variants are possible:

- mounted instead of terminal block
- mounted within the cap of the connection head
- mounting not possible

Mounting of two transmitters on request.

Connection head	Transmitter				
	T12	T19	T32	T42	T5350
BS	-	○	-	-	○
BSZ / BSZ-K	○	○	○	○	○
BSZ-H / BSZ-HK	●	●	●	●	●
BSS	○	○	○	○	○
BSS-H	●	●	●	●	●
BVA	○	○	○	○	○

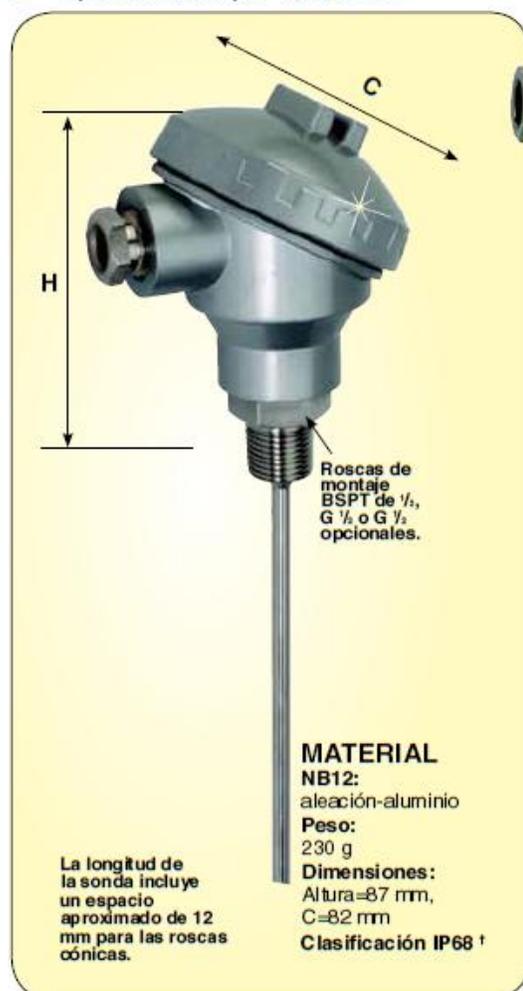
Model	Description	Explosion protection	Data sheet
T19	Analog transmitter, configurable	without	TE 19.01
T12	Digital transmitter, PC configurable	optional	TE 12.01
T32	Digital transmitter, HART protocol	optional	TE 32.01
T42	Digital transmitter, PROFIBUS PA	optional	TE 42.01
T5350	Digital transmitter FOUNDATION Fieldbus and PROFIBUS PA	standard	TE 53.01

Termopares industriales con aislamiento mineral

con cabezal de protección y conexión de proceso

- ✓ Fabricado con cable con aislamiento mineral de tolerancia Clase 1
- ✓ Todos los estilos de cabezales incluyen de serie un bloque de terminales
- ✓ Transmisores montados en cabezal opcionales disponibles
- ✓ Todas las sondas se someten a pruebas individuales de presión y aislamiento
- ✓ Accesorios de proceso BSPT de 1/2, G 1/2 o G 3/4
- ✓ Vainas de acero inoxidable 310, 316 o 321, Inconel® o Super OMEGACLAD™ XL
- ✓ Tipos de termopar K, N, T o J

Disponible
¡Sondas con transmisores
incorporados!



Forma B DIN
NB6
Material: aleación-aluminio
Peso: 250 g
Dimensiones:
Altura=72 mm,
C=72 mm
Clasificación IP53†



† La clasificación IP final depende de la calidad de la instalación.

Apéndice 21. Sensores de temperatura para la C.C. Omega (b)

- ✓ Realizado de cable con aislamiento mineral de tolerancia Clase 1
- ✓ Todos los estilos de cabezales incluyen un bloque de terminales de serie
- ✓ Transmisores montados en cabezal opcionales disponibles
- ✓ Todas las sondas se someten a pruebas individuales de presión y aislamiento
- ✓ Accesorios de proceso BSPT de 1/2, G 1/2 o G 3/4
- ✓ Vainas de acero inoxidable 310, 316 o 321, Inconel® o Super OMEGA CLAD™ XL
- ✓ Tipos de termopar K, N, T o J

Estos conjuntos de termopares industriales se fabrican con cable con aislamiento mineral de Clase 1. La vaina semirrígida puede moldearse para adaptarse a diferentes aplicaciones. Hay disponibles cabezales de protección y accesorios de proceso que se adaptan a la mayoría de condiciones de aplicación y ambientales. El accesorio de proceso BSPT de 1/2" es estándar; consulte la nota a continuación de la tabla de pedidos para conocer cómo especificar las roscas de proceso G 3/4 o G 1/2.

NB12 Cabezal de aluminio de bajo perfil con bloque de terminales interno

M20 Prensaestopos para cable



Consulte al Departamento de Ventas el precio y la entrega de una amplia variedad de cabezales especializados no metálicos o de otro tipo

Rosca de proceso BSPT de 1/2 estándar



MEETS OR EXCEEDS SPECIAL LIMITS OF ERROR (SLE) AND EN 60584-2: Tolerance Class 1

Tabla de descuento	
1 a 10 unidades	Neto
11 a 24 unidades	10%
25 a 49 unidades	20%
55 o más	Consulte al Departamento de Ventas del Reino Unido

SUPER OMEGA CLAD™ XL ¡DESTACADO!

Para hacer su pedido, visite es.omega.com/nb1-icin_indust_tc para consultar precios y más información

Código de calibración IEC	Material de la vaina [†]	Diámetro de la vaina en mm	Pautas de temp. superior °C Unión del termopar	N.º de modelo 300 mm de largo ^{**}
K CHROMEGLA™ ALOMEGA™	Acero inoxidable 304	1,5	899	NB(*)-CASS-IM15(+)-300
	Acero inoxidable 304	3,0	899	NB(*)-CASS-IM30(+)-300
	Acero inoxidable 304	4,5	899	NB(*)-CASS-IM45(+)-300
	Acero inoxidable 304	6,0	899	NB(*)-CASS-IM60(+)-300
	INC600	1,5	921	NB(*)-CAIN-IM15(+)-300
	INC600	3,0	1071	NB(*)-CAIN-IM30(+)-300
	INC600	4,5	1149	NB(*)-CAIN-IM45(+)-300
	INC600	6,0	1149	NB(*)-CAIN-IM60(+)-300
	XL	1,5	1038	NB(*)-CAXL-IM15(+)-300
	XL	3,0	1149	NB(*)-CAXL-IM30(+)-300
	XL	4,5	1204	NB(*)-CAXL-IM45(+)-300
	XL	6,0	1204	NB(*)-CAXL-IM60(+)-300
T CONSTANTÁN DE HIERRO	Acero inoxidable 304	1,5	441	NB(*)-CPSS-IM15(+)-300
	Acero inoxidable 304	3,0	521	NB(*)-CPSS-IM30(+)-300
	Acero inoxidable 304	4,5	621	NB(*)-CPSS-IM45(+)-300
	Acero inoxidable 304	6,0	721	NB(*)-CPSS-IM60(+)-300
J CONSTANTÁN DE HIERRO	Acero inoxidable 304	6,0	721	NB(*)-ICSS-IM15(+)-300
	Acero inoxidable 304	6,0	721	NB(*)-ICSS-IM30(+)-300
	Acero inoxidable 304	6,0	721	NB(*)-ICSS-IM45(+)-300
	Acero inoxidable 304	6,0	721	NB(*)-ICSS-IM60(+)-300
N OMEGA-P™-J™	XL	1,5	371	NB(*)-NNXL-IM15(+)-300
	XL	3,0	371	NB(*)-NNXL-IM30(+)-300
	XL	4,5	371	NB(*)-NNXL-IM45(+)-300
	XL	6,0	371	NB(*)-NNXL-IM60(+)-300

Nota: recubrimiento de PFA disponible, 204 °C máx. ** Otras longitudes disponibles, consulte al Departamento de Ventas.

Para realizar el pedido con vainas de acero inoxidable alternativas, cambie "SS" en el número de pieza por "310SS", "316SS" o "321SS".

† Especifique el tipo de unión: **E** (expuesta), **G** (a tierra) o **U** (sin conexión a tierra/aislada).

* Introduzca los números "3" a "13" para los cabezales NB3, NB5, NB6, NB8, NB9, NB11, NB12 o NB13, respectivamente. El accesorio de proceso estándar es BSPT de 1/8".

Para los accesorios de G1/2 o G1/4, añada "-G2" o "-G4" a final del número de modelo, sin coste adicional. Los estilos de cabezales NB13, NB5 y NB3 tienen un coste adicional.

Para solicitar con el transmisor de cabezal de 4 a 20 mA, añada "-TX" al final del número de pieza por un coste adicional. Especifique la graduación requerida.

Ejemplo de pedido: NB5-CA310SS-IM60U-300, sonda de acero inoxidable 310 de tipo K con unión aislada de 150 mm, cabezal de hierro fundido con un diámetro de vaina de 6 mm.

Apéndice 22. Transmisor de temperatura para la C.C. Omega TX-M12TC (a)

Mini Thermocouple Transmitter With M12 Connectors

TX-M12-TC



- ✓ M12 Connectors for Fast Connection of Sensors and Instrumentation
- ✓ Use with Thermocouple types K, J, N, E, T, R, S, L, U, B, C, G & D.
- ✓ -40 to 85°C Ambient Operating Temperature
- ✓ Sensor Offset and Filtering
- ✓ Small, 38 mm Diameter Housing; Weighing Just 100 Grams
- ✓ 4 to 20 mA Output
- ✓ IP67 Stainless Steel Enclosure

Omega's TX-M12 thermocouple transmitters offer improved performance over conventional in-head transmitters yet are a fraction of their size and weight. M12 connectors maintain IP67 protection and connection integrity whilst allowing for a quick and simple change of sensor. Default scaling for the 4-20mA output is 0 to 1000°C with a type K thermocouple, other ranges can be scaled at time of purchase for an additional charge; or the optional USB programming module (USB-CONFIG-UNIT) will allow the end user to perform scaling.

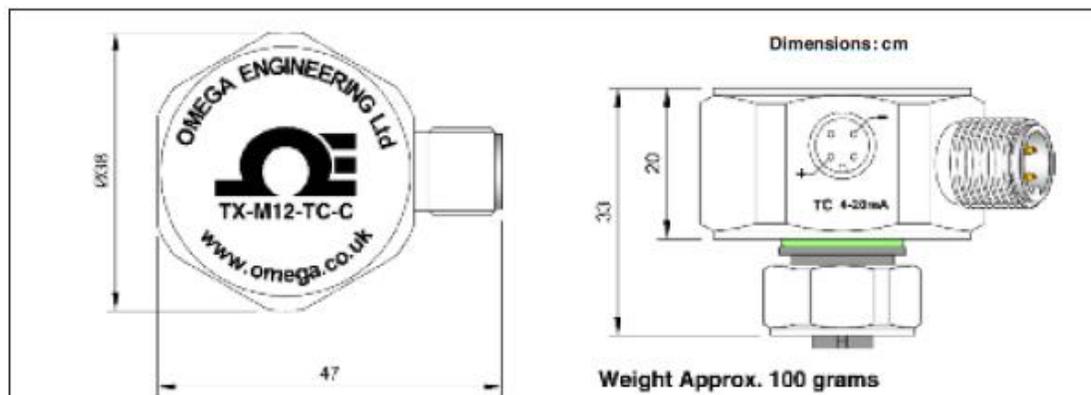
The TX-M12 transmitter is ideal for use with Omega's thermocouple probes which connect directly to the TX-M12 sensor input.



4-pin, M12 output connector.



TX-M12-TC-C, actual size



Apéndice 23. Transmisor de temperatura para la C.C. Omega TX-M12TC (b)

Specifications

THERMOCOUPLE mV INPUT

Standard TC: Types

K, J, E, N, T, R, S, L, U, B, C(w5), D(W3), G(W)

mV: (-10 to 70) mV \pm 0.02% of full scale.

Thermal Drift: Thermocouple offset 0.1 °C/°C, span 0.05 °C/°C

Cold Junction: Range (-40 to 85) °C, Accuracy \pm 0.2 °C, \pm 0.05 °C/°C

OUTPUT

Type: Two wire (4 to 20) mA current Loop

Range: (4 to 20) mA ; Upscale burnout 21.5 mA ; Downscale Burnout 3.8 mA

Accuracy: (mA Out/ 2000) or 5 μ A which ever is the greater, Drift 1 μ A/°C

Loop Effect: \pm 0.2 μ A/ V

Max output load: [(Vsupply-10)/20] K Ohms (Example 700 Ohms @ 24 V)

Loop Supply: (10 to 30) VDC

GENERAL

Response time: Start up 5 seconds, Update 160 mS, Response 500 mS, Warm up 2 minutes.

Isolation: Input to output 500 V dc.

USER INTERFACE

Type: USB 2.0

Baud rate: 1200 baud

Equipment: PC running windows XP or later, USB configurator.

USER INTERFACE FUNCTIONS

Scaling: User signal to process value scaling, for simplified setup.

Filter: Adjustable time constant (0 to 100) Seconds.

User Linearisation (Profile): (2 to 22)

TX-M12-TC-C, shown with M12C-SIL-4-S-F-3 cable and M12MKIN-M3-U-500 Probe.

segments mV to process.

Process Units: 4 Characters (signal input only)

Temperature units: °C or °F (TC inputs only)

Tag Number: 20 Characters.

User offset: 8 to 30 Vdc

Process Output: Range in process units

User offset: Enter sensor offset (Temperature mode only).

Active scaling: Set output process range against active sensor input

ENVIRONMENT

Operating Ambient:

-40 to 85 °C

Storage Ambient: -50 to 85 °C

Configuration Ambient: 10 to 30 °C

Installation Enclosure: \geq IP67 with mating connectors correctly fitted.

CE: BS EN 61326

THERMOCOUPLE TYPES:

Accuracy \pm 0.1 % of full scale \pm 0.5 °C (plus sensor error)
K (-200 to 1370) J (-100 to 1200) E (-200 to 1000) N (-180 to 1300) L (-100 to 600) U (0 to 600) B (0 to 1800) C – D – G (0 to 2300)

Accuracy \pm 0.2 % of full scale \pm 0.5 °C (plus sensor error)

T (-200 to 400)

Accuracy \pm 0.1 % of full scale plus \pm 0.5 °C R&S (800 to 1600 accuracy specified; 0 to 1760 working)

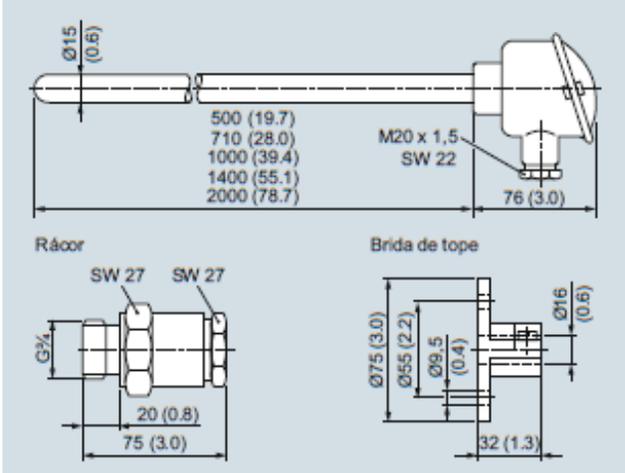
mV

Accuracy \pm 0.02 % of full scale (-10 to 70) mV

AVAILABLE FOR FAST DELIVERY!

To Order (Specify Model Number)	
Model No.	Description
TX-M12-TC-C	Mini transmitter with M12 connectors and current output, scaled for type k 0 to 1000°C input = 4 to 20 mA output.
Accessories	
Model No.	Description
M12MKIN-M3-U-200-G	Type K probe, 200 mm long, 6 mm Dia with G½ process mounting thread and M12 connector.
M12MKIN-M3-U-500	Type K thermocouple, 500 mm long inconel sheath, 3 mm Dia with moulded M12 connector.
M12C-SIL-4-S-F-3	3 m long cable with female M12 connector one end. For signal output.
M12-R-F-FM	Right-angled M12 socket with screw terminals. For signal output.
USB-CONFIG-UNIT	Software and interface/cable, to allow scaling of transmitters with a PC.
FS20	Factory scaling charge for ranges other than 0 to 1000°C, Type K, please specify range required.

Apéndice 24. Sensores de temperatura para la C.C. Siemens, 7MC1000

Sinopsis		Termorresistencias para humos con cabezal de conexión																																																																																											
 <p>La termorresistencia para humos con cabezal de conexión es idónea para un rango de temperaturas comprendido entre -50 y +600 °C (-58 y +1112 °F) y está también disponible con convertidor de temperatura incorporado.</p> <p>La brida de tope y el racor deben pedirse por separado.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Datos para selección y pedidos</th> <th>Referencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Termorresistencia para humos</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Resistencia de medida: (devanado de medida) incrustada en cerámica 1 resistencia de medida Pt100, conexión a 3 hilos</td> </tr> <tr> <td>Longitud de montaje/ mm (pulgadas):</td> <td>Peso/ kg (lb):</td> <td></td> </tr> <tr> <td>• 500 (19.7)</td> <td>0,9 (1.98)</td> <td>↗ 7MC1000 - 1B A 2</td> </tr> <tr> <td>• 710 (28.0)</td> <td>1,1 (2.43)</td> <td>↗ 7MC1000 - 2B A 2</td> </tr> <tr> <td>• 1000 (39.4)</td> <td>1,5 (3.31)</td> <td>↗ 7MC1000 - 3B A 2</td> </tr> <tr> <td>• 1400 (55.1)</td> <td>1,9 (4.19)</td> <td>↗ 7MC1000 - 4B A 2</td> </tr> <tr> <td>• 2000 (78.7)</td> <td>2,7 (5.95)</td> <td>↗ 7MC1000 - 5B A 2</td> </tr> <tr> <td colspan="3">↗ Haga clic en la referencia para la configuración online en el PIA Life Cycle Portal.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Cabezal de conexión, forma B</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Aleación ligera, con 1 entrada de cable y</td> </tr> <tr> <td>• Tapa roscada</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>• Tapa articulada estándar</td> <td></td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>• Tapa articulada alta</td> <td></td> <td>6</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Otras versiones</td> <td>Clave</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Completar la referencia con "-Z", incluir la clave y, en caso necesario, añadir texto.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Versión especial, descripción en texto</td> <td></td> <td>Y98</td> </tr> <tr> <td>Número de tramitación versión especial</td> <td></td> <td>Y99</td> </tr> <tr> <td>Placa TAG, acero inoxidable Especificar n.º de TAG en texto.</td> <td></td> <td>Y15</td> </tr> <tr> <td>Realizar la calibración en un punto, especificar en texto la temperatura deseada (en caso de existir varios puntos de calibración, repetir el pedido tantas veces como sea necesario).</td> <td></td> <td>Y33</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Accesorios</td> <td>Referencia</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Brida de tope</td> <td>7MC2998-5CA</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Regulable, según DIN 43734; Material: GTW 35, n.º de mat. 0.8035, para diámetro de vaina de protección 15 mm (0.59 pulgadas), 0,3 kg (0.66 lb)</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Manguito roscado hermético a gases</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Material: 9 SMnPb 28 N.º de mat. 1.0718, para diámetro de vaina de protección 15 mm (0.59 pulgadas), 0,4 kg (0.88 lb)</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Rosca atornillada G¾ con junta</td> <td>7MC2998-5DA</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Rosca atornillada G½ con junta</td> <td>7MC2998-5DC</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Para pedir un convertidor de temperatura incorporado en el cabezal de conexión, ver la sección "Convertidores de temperatura para el montaje en el cabezal de conexión" (página 2/102).</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Piezas: para las unidades de medida, ver "Accesorios", página 2/105</td> </tr> </tbody> </table>		Datos para selección y pedidos		Referencia	Termorresistencia para humos			Resistencia de medida: (devanado de medida) incrustada en cerámica 1 resistencia de medida Pt100, conexión a 3 hilos			Longitud de montaje/ mm (pulgadas):	Peso/ kg (lb):		• 500 (19.7)	0,9 (1.98)	↗ 7MC1000 - 1B A 2	• 710 (28.0)	1,1 (2.43)	↗ 7MC1000 - 2B A 2	• 1000 (39.4)	1,5 (3.31)	↗ 7MC1000 - 3B A 2	• 1400 (55.1)	1,9 (4.19)	↗ 7MC1000 - 4B A 2	• 2000 (78.7)	2,7 (5.95)	↗ 7MC1000 - 5B A 2	↗ Haga clic en la referencia para la configuración online en el PIA Life Cycle Portal.			Cabezal de conexión, forma B			Aleación ligera, con 1 entrada de cable y			• Tapa roscada		1	• Tapa articulada estándar		4	• Tapa articulada alta		6	Otras versiones		Clave	Completar la referencia con "-Z", incluir la clave y, en caso necesario, añadir texto.			Versión especial, descripción en texto		Y98	Número de tramitación versión especial		Y99	Placa TAG, acero inoxidable Especificar n.º de TAG en texto.		Y15	Realizar la calibración en un punto, especificar en texto la temperatura deseada (en caso de existir varios puntos de calibración, repetir el pedido tantas veces como sea necesario).		Y33	Accesorios		Referencia	Brida de tope		7MC2998-5CA	Regulable, según DIN 43734; Material: GTW 35, n.º de mat. 0.8035, para diámetro de vaina de protección 15 mm (0.59 pulgadas), 0,3 kg (0.66 lb)			Manguito roscado hermético a gases			Material: 9 SMnPb 28 N.º de mat. 1.0718, para diámetro de vaina de protección 15 mm (0.59 pulgadas), 0,4 kg (0.88 lb)			Rosca atornillada G¾ con junta		7MC2998-5DA	Rosca atornillada G½ con junta		7MC2998-5DC	Para pedir un convertidor de temperatura incorporado en el cabezal de conexión, ver la sección "Convertidores de temperatura para el montaje en el cabezal de conexión" (página 2/102).			Piezas: para las unidades de medida, ver "Accesorios", página 2/105		
Datos para selección y pedidos		Referencia																																																																																											
Termorresistencia para humos																																																																																													
Resistencia de medida: (devanado de medida) incrustada en cerámica 1 resistencia de medida Pt100, conexión a 3 hilos																																																																																													
Longitud de montaje/ mm (pulgadas):	Peso/ kg (lb):																																																																																												
• 500 (19.7)	0,9 (1.98)	↗ 7MC1000 - 1B A 2																																																																																											
• 710 (28.0)	1,1 (2.43)	↗ 7MC1000 - 2B A 2																																																																																											
• 1000 (39.4)	1,5 (3.31)	↗ 7MC1000 - 3B A 2																																																																																											
• 1400 (55.1)	1,9 (4.19)	↗ 7MC1000 - 4B A 2																																																																																											
• 2000 (78.7)	2,7 (5.95)	↗ 7MC1000 - 5B A 2																																																																																											
↗ Haga clic en la referencia para la configuración online en el PIA Life Cycle Portal.																																																																																													
Cabezal de conexión, forma B																																																																																													
Aleación ligera, con 1 entrada de cable y																																																																																													
• Tapa roscada		1																																																																																											
• Tapa articulada estándar		4																																																																																											
• Tapa articulada alta		6																																																																																											
Otras versiones		Clave																																																																																											
Completar la referencia con "-Z", incluir la clave y, en caso necesario, añadir texto.																																																																																													
Versión especial, descripción en texto		Y98																																																																																											
Número de tramitación versión especial		Y99																																																																																											
Placa TAG, acero inoxidable Especificar n.º de TAG en texto.		Y15																																																																																											
Realizar la calibración en un punto, especificar en texto la temperatura deseada (en caso de existir varios puntos de calibración, repetir el pedido tantas veces como sea necesario).		Y33																																																																																											
Accesorios		Referencia																																																																																											
Brida de tope		7MC2998-5CA																																																																																											
Regulable, según DIN 43734; Material: GTW 35, n.º de mat. 0.8035, para diámetro de vaina de protección 15 mm (0.59 pulgadas), 0,3 kg (0.66 lb)																																																																																													
Manguito roscado hermético a gases																																																																																													
Material: 9 SMnPb 28 N.º de mat. 1.0718, para diámetro de vaina de protección 15 mm (0.59 pulgadas), 0,4 kg (0.88 lb)																																																																																													
Rosca atornillada G¾ con junta		7MC2998-5DA																																																																																											
Rosca atornillada G½ con junta		7MC2998-5DC																																																																																											
Para pedir un convertidor de temperatura incorporado en el cabezal de conexión, ver la sección "Convertidores de temperatura para el montaje en el cabezal de conexión" (página 2/102).																																																																																													
Piezas: para las unidades de medida, ver "Accesorios", página 2/105																																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Datos técnicos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Forma constructiva</td> <td>según DIN 43764: termómetro sin fijación</td> </tr> <tr> <td>Vaina de protección</td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Forma</td> <td>1, DIN 43772; cilindr., Ø 15 mm (0.59 pulgadas), espesor de pared 3 mm (0.12 pulgadas), sin costura</td> </tr> <tr> <td>• Material</td> <td>St 35.8, n.º de mat. 1.0305, esmaltado</td> </tr> <tr> <td>• Capacidad de carga</td> <td>1 bar (14.5 psi) rel., según DIN 43772</td> </tr> <tr> <td>Unidad de medida</td> <td>intercambiable, con tubo (Ø 8 mm ó 0.31 pulgadas) de acero inoxidable; zócalo de conexión con resortes</td> </tr> </tbody> </table>		Datos técnicos		Forma constructiva	según DIN 43764: termómetro sin fijación	Vaina de protección		• Forma	1, DIN 43772; cilindr., Ø 15 mm (0.59 pulgadas), espesor de pared 3 mm (0.12 pulgadas), sin costura	• Material	St 35.8, n.º de mat. 1.0305, esmaltado	• Capacidad de carga	1 bar (14.5 psi) rel., según DIN 43772	Unidad de medida	intercambiable, con tubo (Ø 8 mm ó 0.31 pulgadas) de acero inoxidable; zócalo de conexión con resortes																																																																														
Datos técnicos																																																																																													
Forma constructiva	según DIN 43764: termómetro sin fijación																																																																																												
Vaina de protección																																																																																													
• Forma	1, DIN 43772; cilindr., Ø 15 mm (0.59 pulgadas), espesor de pared 3 mm (0.12 pulgadas), sin costura																																																																																												
• Material	St 35.8, n.º de mat. 1.0305, esmaltado																																																																																												
• Capacidad de carga	1 bar (14.5 psi) rel., según DIN 43772																																																																																												
Unidad de medida	intercambiable, con tubo (Ø 8 mm ó 0.31 pulgadas) de acero inoxidable; zócalo de conexión con resortes																																																																																												
Croquis acotados  <p>Termorresistencia para humos con cabezal de conexión, medidas en mm (pulgadas)</p>																																																																																													

Apéndice 25. Transmisor de temperatura para la C.C. Siemes, Sitrans TH200

Convertidores para montaje en cabezal

SITRANS TH200 (universal)

Sinopsis

**Mantenerse flexible – con el transmisor universal SITRANS TH200**

- Aparato a dos hilos para 4 a 20 mA
- Montaje en el cabezal del sensor de temperatura
- Entrada universal para casi todos los sensores de temperatura
- Configurable por PC

Beneficios

- Tamaño compacto
- La fijación elástica y el agujero central permiten elegir el tipo de montaje deseado
- Aislamiento galvánico
- Conectores de prueba para multímetros
- LED de diagnóstico (verde/rojo)
- Vigilancia de sensores
Rotura de hilos y cortocircuito
- Autovigilancia
- Configuración actual guardada en el EEPROM
- SIL 2 (con suplemento de pedido C20), SIL 2/3 (con C23)
- Funciones ampliadas de diagnóstico como puntero de arrastre, contador de horas de funcionamiento etc.
- Característica especial
- Compatibilidad electromagnética según EN 61326 y NE21

Gama de aplicación

El transmisor SITRANS TH200 puede utilizarse en todos los sectores industriales. Su tamaño compacto permite instalarlo en un cabezal tipo B (DIN 43729) o mayor. Su etapa de entrada universal permite conectar los siguientes tipos de sensores y fuentes de señales:

- Termorresistencias (conexión a 2, 3 ó 4 hilos)
- Termopares
- Emisores de resistencia y fuentes de tensión continua

La señal de salida es una corriente continua de 4 a 20 mA, equivalente a la característica del sensor e independiente de la carga.

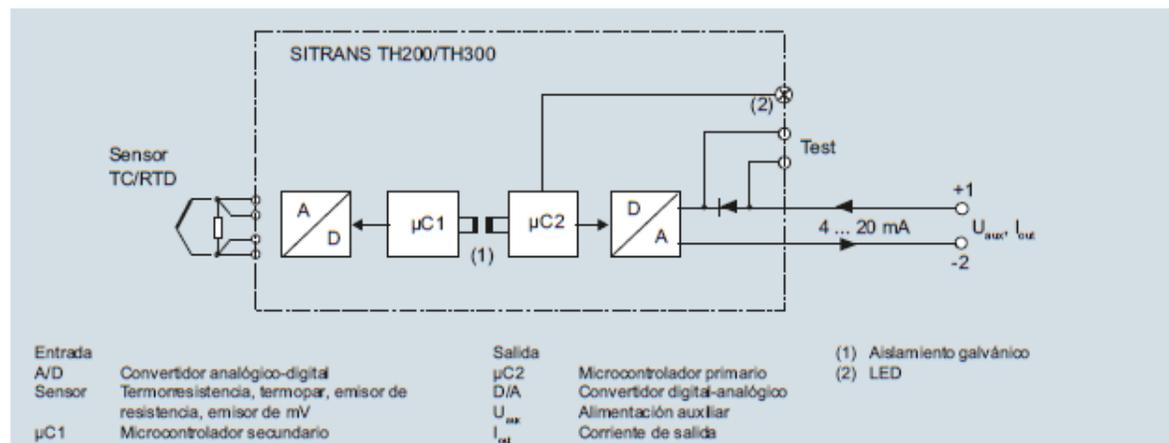
Los transmisores en versión con modo de protección "Seguridad intrínseca" pueden instalarse dentro de las áreas con peligro de explosión. Los aparatos cumplen la directiva 2014/34/UE (ATEX) y las normas FM y CSA.

Funciones

El SITRANS TH200 se configura con ayuda de un PC. Para esto, el módem USB o RS 232 se conecta con los bornes de salida. A continuación se pueden editar los datos de configuración con la herramienta de software SIPROM T. Seguidamente se guardan los datos de configuración de forma permanente en la memoria no volátil (EEPROM).

Tras correcta conexión de sensor y alimentación auxiliar, el transmisor emite una señal de salida que es lineal con la temperatura, y el LED de diagnóstico luce en color verde. En caso de cortocircuito o rotura de sensor, el LED luce en rojo y el error interno del aparato es señalizado por medio de la luz permanente roja.

Los conectores de prueba permiten conectar en cualquier momento un amperímetro para controlar y verificar la plausibilidad del sistema. Ahora se puede leer la corriente de salida sin tener que interrumpir ni abrir el bucle de corriente.



Process sensors

Robust infrared temperature sensors for hot objects



Precise and reliable measurement, with display and operating keys

- 4 to 20 mA and switching output, freely programmable
- Adjustable for different target materials
- Scratch-resistant precision lenses
- Easy handling via buttons and display
- Test function: activated on the sensor or remotely



Non-contact temperature measurement

For the precise temperature measurement of particularly hot objects or objects which are difficult to access, e.g. in the steel, plastics or glass industries. The measured value is provided via the analogue output. In addition, a switching output is available.

Robust and precise

All four variants feature a high-quality precision lens – the prerequisite for precise measurement. The lens withstands the rough environments for example in steelworks and reduces the influence of external light to a minimum.

Easy setting and handling

To enable precise temperature measurement, the degree of emission can be quickly and easily set using the pushbuttons and display. The current temperature of the object to be measured is displayed during operation.



Temperatures must be precisely measured when pressing rails.

Apéndice 27. Transmisor de temperatura para el metal fundido ifm, TW2001 (b)

Process sensors

Temperature sensors



Design	Measuring range [°C]	Wave length range [µm]	Measurement uncertainty (for e = 1, Tu = 23 °C)	Lens material	Response time [ms]	Order no.
M30, 1 x analogue, 1 x switching output, NO / NC programmable						
IR temperature sensor	0...1000	8...14	1 % of the measured value, minimum 2 K	crystal lens with anti-reflex coating	< 100	TW2000
IR temperature sensor	250...1600	1.0...1.7	0.5 % of the measured value, minimum 4 K	tempered optical glass	< 2	TW2001
IR temperature sensor	500...2500	0.78...1.06	0.3 % of the measured value, minimum 4 K	tempered optical glass	< 2	TW2002
IR temperature sensor with fibre optic and measuring head	300...1600	1.0...1.7	0.5 % of the measured value, minimum 4 K	tempered optical glass	< 2	TW2011

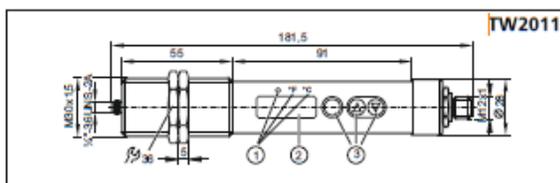
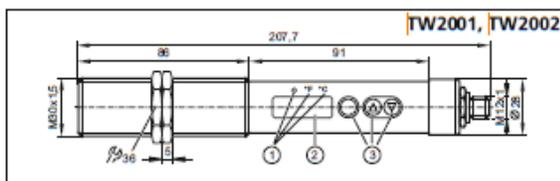
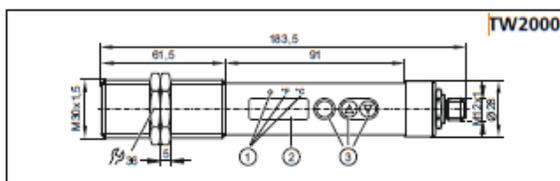
Accessories

Type	Description	Order no.
	Air purge	E35063
	Cooling jacket	E35064
	Mounting bracket	E35065
	Protective tube	E35066
	Heat insulation	E35067

Common technical data

Operating voltage	[V DC]	18...32
Current consumption	[mA]	≤ 50
Ambient temperature	[°C]	0...65
Protection		IP 65
Reverse polarity protection		•
Short-circuit protection		•

Dimensions



- 1) LEDs (display unit / switching status)
- 2) 7-segment LED display (4 digits)
- 3) Programming buttons

Connection technology

Type	Description	Order no.
	M12 socket, shielded, 2 m black, PUR cable	EVCS47
	M12 socket, shielded, 5 m black, PUR cable	EVCS48
	M12 socket, shielded, 2 m black, PUR cable	EVCS44
	M12 socket, shielded, 5 m black, PUR cable	EVCS45

Apéndice 28. Transmisor de temperatura para el metal fundido Omega, OS38

Termopares infrarrojos de rango ajustable



Serie OS37/OS38

- ✓ Ópticas de 10:1, 20:1, o 100:1 disponibles
- ✓ Purga de aire incorporada
- ✓ Señal de salida de termopar J o K; tipo R para los modelos de 100:1
- ✓ Autoalimentación
- ✓ Temperatura compensada
- ✓ Medidas de hasta 2.760 °C (5.000 °F)

Los termopares infrarrojos de la Serie OS37 para objetivos de alta emisividad (metales revestidos y no metales) y la Serie OS38 para objetivos de baja emisividad (metales limpios) presentan un tornillo interno que ajusta un 2% la precisión de la banda en cualquier parte del rango de temperatura general. Ambas series están disponibles con ópticas de 10:1,

20:1 o 100:1. Todos los modelos tienen una arandela de purga de aire incorporada que mantiene de forma práctica y eficiente la limpieza óptica en ambientes exigentes.

Especificaciones

Precisión: 2%

Selecciones de rango lineal:

J, K o R; ajustable en todo el rango de detección

Respuesta espectral:

OS37: 2 a 20 micras

OS38: 0,1 a 5 micras

Impedancia de salida:

OS37: 6 a 13 kΩ

OS38: 9 a 18 kΩ

Temperatura ambiente de funcionamiento

Rango: -18 a 85 °C (0 a 185 °F)

Purga de aire: incorporada

Temperatura ambiente

Compensación: con flujo de aire

de 1,1 SCFM (20 psig), temperatura ambiente máxima de 204 °C (400 °F)

Dimensiones:

Longitud: 8,48 cm (3,34"), óptica de 10:1;

10,54 cm (4,25"), óptica de 20:1;

26,67 cm (10,5"), óptica de 100:1

Diámetro: 3,49 cm (1,375")

Peso: 184 g (6,5 onzas), óptica de 10:1;

230 g (8 onzas), óptica de 20:1;

570 g (20 onzas), óptica de 100:1



Se muestra con regulador DIN 1/16 de la Serie CN77000 MICROMEGA®; visite es.omega.com/cn77000

OS37-10-K se muestra en un tamaño inferior al real.



OS36-MB2, soporte de montaje

Para hacer su pedido visite es.omega.com/os37_os38 para consultar precios y detalles

N.º de modelo	Campo visual
Modelos de alta emisividad	
OS37-10-(*)	10:1
OS37-20-(*)	20:1
OS37-100-R	100:1

Modelos de baja emisividad	
OS38-10-(*)	10:1
OS38-20-(*)	20:1
OS38-100-R	100:1
Accesorio	
OS36-MB2	Soporte de montaje

N.º de modelo	Óptica	Campo visual	Tamaño mín. del punto: mm (pulgadas)	Rango† °C (°F)
OS37-10	10:1	6°	13 (0,5)	-45 a 1370 (-50 a 2500)
OS37-20	20:1	3°	6 (0,25)	260 a 1650 (500 a 3000)
OS37-100	100:1	0,6°	20 (0,8)	540 a 2760 (1000 a 5000)
OS38-10	10:1	6°	13 (0,5)	260 a 1370 (500 a 2500)
OS38-20	20:1	3°	6 (0,25)	540 a 1930 (1000 a 3500)
OS38-100	100:1	0,6°	20 (0,8)	820 a 2760 (1500 a 5000)

† La medición es práctica más allá de la tabla de valores de termopar mediante el uso de las leyes de radiación. Polinomios disponibles previa solicitud. Las unidades deben ajustarse para un rango de precisión estrecho del 2% en el campo.

* Especificar el termopar de tipo J o K.

Completo de serie con juego de aperturas y manual del operador.

Nota: conductores desnudos estándar. Para hacer su pedido de par de conectores de termopar subminiatura GMP de bajo ruido, añada el sufijo "-GMP" al número de modelo, con coste adicional. Para hacer su pedido de par de conectores de termopar GST de tamaño estándar de bajo ruido, añada el sufijo "-GST" al número de modelo, con coste adicional.

Ejemplos de pedidos: OS38-10-K-GMP, sensor de baja emisividad, óptica de 10:1, tipo K con conectores subminiatura GMP de bajo ruido.

OS37-10-K, sensor de alta emisividad, óptica de 10:1, tipo K. OCW-2. OMEGACARE™ extiende la garantía estándar de 2 años a un total de 4 años.

Technical Data Sheet



Sirius SS09 / SI16

Small, Easy to Install, Short Wavelength

The *Sirius* line of Pyrometers was developed to meet the growing demand for small and easy-to-install sensors with first-class optical and electronic characteristics. *Sirius*-Pyrometers operate at the near end of the infrared spectrum and are therefore an excellent choice for measurement of ferrous and non-ferrous metals above 250°C because the emissivity of un-oxidized metal surfaces is higher at shorter wavelengths. Other major advantages are the lower sensitivity for changes in emissivity at shorter wavelengths.

The units are exceptionally robust due to the fact that the measuring process is performed without mechanically moving parts and because the lens, detector and electronics are housed in a stainless steel cabinet. By utilizing the digital signal process, the *Sirius* line exceeds standard analog Pyrometers as far as precision and repeatability are concerned.

Model	SS09	SI16
Spectral Range	0.7 – 1.1 μm	1.45 – 1.8 μm
Temperature Range	550 – 1400°C	250 – 1000°C
	650 – 1800°C	300 – 1300°C
		350 – 1800°C

Chart 1: Temperature Range and Spectral Response



Sirius pyrometer in stainless steel housing

Lenses: The infrared energy radiated by the target is centered directly on the detector by factory provided focused lenses. Lenses are made of BK7, an optical glass which is highly transparent in the spectral region of *Sirius* SS and SI. If additional windows are necessary, they must offer similar optical characteristics. The detector is sensitive to infrared radiation in an area called **cone of vision**. This area has to be kept free from any intervening objects. For the spot size diameter \varnothing of it at shortest, medium and widest distances, if focused, pls. see **Chart 2**. The cone of vision diameter in front of the lens is about 14 mm. The spot size diameter for distances not given in the chart can be calculated by interpolation.

Lens	Aperture \varnothing	Distance	Spot \varnothing 250-1000°C	Spot \varnothing >300°C ZS
OP09-A0	14 mm	170 mm	1.7 mm	1.3 mm
		200 mm	1.9 mm	1.4 mm
		245 mm	2.0 mm	1.5 mm
OP09-B0	14 mm	260 mm	2.1 mm	1.6 mm
		400 mm	3.3 mm	2.5 mm
		500 mm	4.3 mm	3.2 mm
OP09-C0	14 mm	480 mm	4 mm	3 mm
		1000 mm	8 mm	6 mm
		2000 mm	14.5 mm	11 mm

Chart 2: Spot size diameter at lens (aperture) and at focused distance

Optical Alignment: The optical alignment of the Pyrometers on the measured object is facilitated by the precise laser marking which indicates the center of the measured spot. The optical axis is aligned with the mechanical axis of the sensor housing. The laser can be switched on either directly at the back of the housing, at the right angle connector of AK10 cable, (if ordered) by an externally installed contact, via *SensorWin* software or software command.

Temperature Output Signal: *Sirius* Pyrometers offer analog and digital output signals for indication, recording, archiving and controlling of measured process temperatures. The isolated analog output is selectable from 0 to 4 to 20 mA. Zero- and full-scale temperatures are adjustable to cover any portion of the instrument's available temperature span to a minimum of 51°C.

There is a choice of 2 digital communication interfaces: **RS 232** or **RS 485** max. 57.6 kBd.

Signal Filtering: For measuring and holding of the highest instantaneous temperature value a **peak picker** (maximum value storage) is installed to compensate interruptions or attenuations in radiation caused by bursts of steam, smoke or dust. It can be either reset automatically, by an external contact closure or periodically, by user preset clear time. In this last case the highest temperature will be held in a dual storage and will be reset in only one of the two storages, after preset clear time to avoid a decrease of the temperature output, should a short cold period appear just at the reset moment. The **response time** is the length of time it takes for the output signal to reach 90% of a step change in measured temperature. It can be used to filter out rapid variations in temperature and achieve a "more quiet" signal for control or display purposes.

Apéndice 30. Transmisor de temperatura para el metal fundido Process Sensors, Sirius SI16(b)

Software: The *SensorWin* software is available for automatic or manual set up of the pyrometer, for recording and for saving of graphical or table files. At the same time these files can be used for quality assurance purposes because the parameter settings are recorded, too.

Minimum system requirements: PC with current Windows operating system.

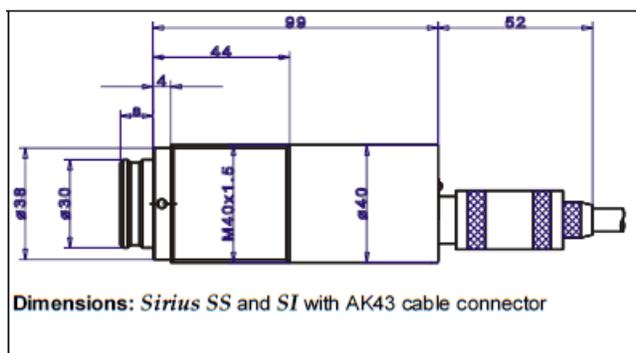
Technical Data

Spectral range:	0.7 – 1.1 μm (Sirius SS) and 1.45 - 1.8 μm (Sirius SI)
Temperature range:	can be positioned within the limits of the basic range, minimum adjustable span 50°C
Signal Conditioning:	digital
Measurement uncertainty:	$\pm 0.5\%$ of measured value in °C, + 1°C ($T_A = 23^\circ\text{C}$, $\varepsilon = 1$, $t_{90} = 1 \text{ s}$)
Repeatability:	0.1% of measured value in °C, + 1°C ($T_A = 23^\circ\text{C}$, $\varepsilon = 1$, $t_{90} = 1 \text{ s}$)
Response time t_{90} :	5 ms, adjustable to 10s
Emissivity adjustment:	20% - 100%
Power supply:	24 VDC (12 – 30 V DC); 1 VA max.
Isolation:	power supply, analog and digital output are galvanically isolated against each other and against housing
Analog output:	0/4 – 20 mA, selectable, isolated, max. load: 500 Ω
Digital interface:	RS232C optional RS485 addressable, baud rate 57.6 kBd max., galvanically isolated
Parameter:	changeable and readable via serial interface: emissivity, response time, peak picker reset time, device temperature, address, baud rate, temperature range
Resolution:	0.1°C
Optical alignment:	laser targeting light (laser class 2, max. output power 1 mW, 635 nm)
Operation indicator:	green LED
Weight:	300 g
Housing rated:	IP65 (refer to DIN 40 050) power cable connected
Ambient temperature:	0 – 70°C at the housing
Storage temperature:	-20 – 70°C
Rel. humidity	No condensing conditions
CE label:	According to EU directives for electromagnetic immunity

Accessories:

Model	Description
AK43-05	Interconnecting cable 5 m, with straight connector and 1 m communication cable with 9 pin SUB-D-connector
AK10-05	Comparable to AK43 but with 90° connector and laser button
BL11-00	Air Purge
HA10-10	Mounting bracket for cooling housing KG60
HA11-00	Stainless steel adjustable mounting bracket
HA22-00	Adjustable swivel base of cooling housing
KG60-01	Cooling housing for high ambient temperatures up to 140°C

Scope of supply: Sensor with lens, 2 mounting nuts M40 x 1.5 and manual. Connecting cable with software has to be ordered separately



Specifications are subject to be changed without notice.
Sensortherm-Datashet_Sirius_SS09_SI16 (Aug. 19, 2014)

Sirius Mounting Bracket HA11



Sirius Cooling Housing KG60



Sensortherm GmbH
Infrared Temperature Measurement
and Control
Hauptstr. 123, D-65843 Sulzbach/Ts
Tel.: +49 (0)6196 64065-80
Fax: +49 (0)6196 64065-89
info@sensortherm.com
www.sensortherm.com

Apéndice 31. Encendedor eléctrico encendedor Selcon (a)

ELECTRODO PARA SENSOR DE PRESENCIA DE LLAMA O IGNICIÓN POR CHISPA ELÉCTRICA

PRODUCTO: SEL- HT- C□-O□□
☎ SAC 55 11 3019-1616

HOJA TÉCNICA 1/6
Para más detalles: vea boletín técnico

• APLICACIÓN

- ⇒ Como electrodo sensor de llama: Por conductividad, cuando se utiliza gas como combustible.
- ⇒ Como electrodo de ignición para formación de la llama: Por chispa eléctrica de alta tensión para la estructura metálica del quemador, conectada a tierra, o eventualmente entre dos electrodos.



• DATOS TÉCNICOS

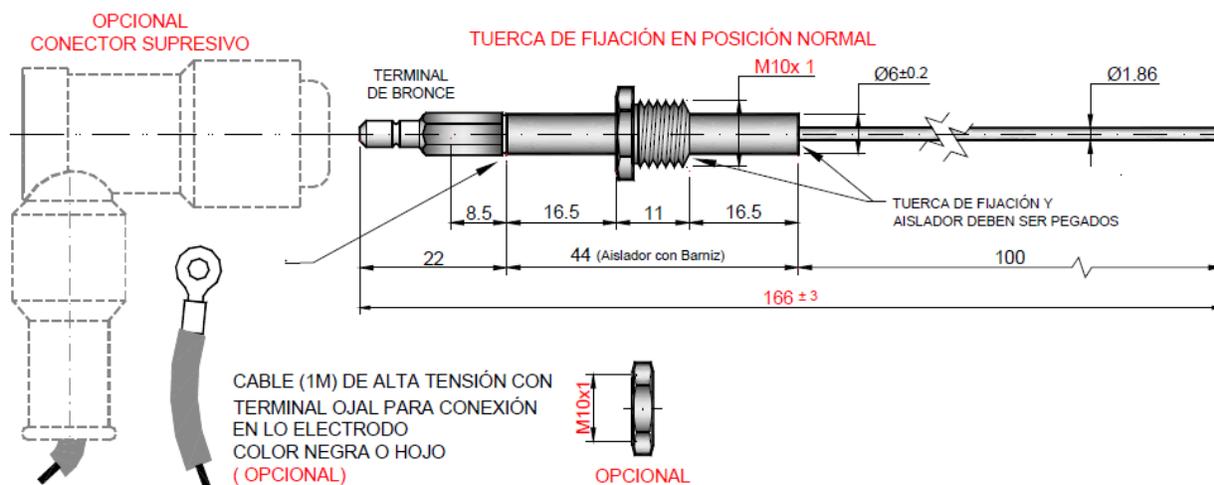
- ⇒ Electrodo metálico: Kanthal A1
- ⇒ Temperatura máxima de servicio en el electrodo: 1375°C
- ⇒ Aislador: cerámica técnica (64% de Al_2O_3). Para las tolerancias dimensionales consultar lo fabricante.
- ⇒ Temperatura máxima de servicio en el aislador: 1200°C
- ⇒ Grado de protección: IP 50, con el Conector de supresión de conexión y protección eléctrica al toque. Vea más informaciones en los accesorios de lo conector ACS-CP.
- ⇒ El electrodo metálico puede ser cortado y doblado conforme las necesidades de la aplicación.
- ⇒ Peso: 30 a 100 gramos
- ⇒ Garantía: 06 meses, excepto por rotura o agrietamiento del aislador de cerámica. (vea condiciones de garantía)

ELECTRODO PARA SENSOR DE PRESENCIA DE LLAMA O IGNICIÓN POR CHISPA ELÉCTRICA

PRODUCTO: SEL- HT- C□-O□□
☎ SAC 55 11 3019-1616

HOJA TÉCNICA 4/6
Para más detalles: vea boletín técnico

• SEL-HT-C9-O□4



Apéndice 32. Encendedor eléctrico encendedor Selcon (b)

TRANSFORMADOR DE ALTA TENSION PARA IGNICIÓN POR CHISPA ELÉCTRICA DE QUEMADOR DE GAS O COMBUSTIBLE LÍQUIDO LEVE

PRODUCTO: ACS-TE-□1-C6

HOJA TÉCNICA 1/6

☎ SAC 55 11 3019-1616

Vea boletín técnico para más detalles

● APLICACIÓN

Ignición por chispa eléctrica de quemadores de gas, o combustibles líquidos leves como aceite, diesel, alcohol, queroseno, etc.

IMPORTANTE: Este transformador de ignición reemplaza los modelos ACS-TE-□□-C1; ACS-TE-□1-C2 y ACS-TE-21-C3, que ya no son recomendados por Selcon para nuevos proyectos. Mantenemos su suministro sólo para reemplazo.



● DATOS TÉCNICOS

⇒ Tipo: Electrónico

⇒ Alimentación 120 V o 230 V +10 -15% / 50/60 Hz ± 3%.

⇒ Corriente de primario: 0,35A en 120 V e 0,25A en 230 V.

NOTA: El usuario debe prever en su proyecto de lo circuito de comando, fusible de acción retardada para protección de lo transformador de ignición.

⇒ Secundario: 8 Kvef (26 Kvpp) - 35mA

⇒ Temperatura de operación: - 20°C hasta 60°C (calor seco).

⇒ Temperatura ambiente de almacenaje: - 25°C hasta 80°C calor seco.

⇒ Máxima humedad relativa de aire ambiente, en operación: 90% (40 ± 2 °C) - NBR 5291

⇒ Régimen de servicio: 50% hasta 35°C (para ciclo de 3 minutos).

⇒ Grado de protección ambiente: Gabinete IP 55; terminales de alta tensión: IP 44

⇒ Conexión de lo primario: Cable PVC 70°C, entregue con largo de 400 mm.

⇒ Conexión de lo secundario: Recomendamos que utilice los *cables montados* para alta tensión conforme dibujos abajo: códigos PRS PRS-C4307 y C4308, con aislamiento de neopreno para hasta 130°C, y/o códigos PRS-C4309 y C4310, con aislamiento de silicona para hasta 300°C.

El *cables montados* deberán ser conectados a los pines internos situados en las cavidades hembra de lo secundario, a través de los terminales hembras que les acompañen.

⇒ Lago máximo de los cables de alta tensión: 2 metros.

⇒ Abierta entre los electrodos de ignición o entre electrodo y quemador (GAP de chispa): $1 \text{ mm} \leq d \leq 5 \text{ mm}$.

⇒ Montaje: Fijación por la base de lo transformador, a través de tornillos (2 x M4).

⇒ Gabinete: Caja plástica inyectada en material sintético (ABS) color negra.

⇒ Peso: 500 gramos.

⇒ Garantía: 06 meses (vea condiciones de garantía).

Apéndice 33. Switch Ethernet Allen Bradley

Switch Reference Chart

Allen-Bradley Stratix 5700 Industrial Ethernet Switch



Switch Selection Table

CATALOG NUMBER	TOTAL PORTS	COPPER PORTS	COMBO PORTS	SFP SLOTS	PoE PORTS	SW TYPE	CIP Sync (IEEE 1588)	NAT	CONFORMAL COATING	DLR
1783-BMS4S2SGL	6			4 FE +2GE		Lite				
1783-BMS4S2SGA	6			4 FE +2GE		Full				
1783-BMS06SL	6	4 FE		2 FE		Lite				
1783-BMS06SA	6	4 FE		2 FE		Full				
1783-BMS06TL	6	6 FE				Lite				
1783-BMS06TA	6	6 FE				Full				
1783-BMS06SGL	6	4 FE		2 GE		Lite				
1783-BMS06SGA	6	4 FE		2 GE		Full				
1783-BMS06TGL	6	4 FE + 2 GE				Lite				

FEATURE HIGHLIGHTS	LITE	FULL
Switching		
CIP Sync (IEEE 1588)		Separate Option
REP (Resilient Ring Protocol)	•	•
Flexlinks		•
QoS		•
STP/RSTP/MST (instances)	64	128
IGMP snooping with querier	•	•
VLANs with trunking	64	255
EtherChannel (link aggregation)		•
Port Threshold (Storm Control & Traffic Shaping)		•
IPv6 support		•
Access control lists (ACLs)		•
Static and InterVLAN routing		•
Device Level Ring (DLR)	Select Versions	Select Versions
Security		
CIP port control & fault detection	•	•
MACIDPort Security		•
IEEE 802.1x security		•
TACACS+, RADIUS authentication	•	•
Encryption (SSH, SNMPv3, HTTPS)	Separate Option*	Separate Option*
Diagnostics		
Port mirroring	•	•
Syslog	•	•
Broken wire detection	•	•
Duplicate IP detection	•	•
Management		
SNMP	•	•
Smartports	•	•
DHCP per port	•	•
Network Address Translation (NAT)		Separate Option
Command Line Interface (CLI)	•	•
Compatible with Cisco tools: CNA, CiscoWorks	•	•
Application interface		
EtherNet/IP (CIP) interface	•	•

Apéndice 34. Indicador visual Beacons

Beacons

Flashguard Xenon Beacons

Flashguard weatherproof xenon beacons are ideal visual indicators in a variety of applications.

All Flashguard beacons are fitted with a diffuser for greater visibility and spread of light. Two styles are available, Standard and Ultra Low Profile.

Standard: includes a terminal block and a 27mm deep base supplied with a seal and grommet.

Ultra Low Profile: comes complete with a screw and nylon wing nut and is supplied with mounting gasket and 40cm of cable.

A weatherproof cable connector is available to upgrade the product from IP65 rating to IP67.

Features

- Compact, ultra modern sleek appearance
- Ease of installation with first-fix option on standard models
- Weatherproof to IP67 (with cable connector)
- White, high quality polycarbonate housing
- 12V and 24V DC options in one user-selectable unit
- Vandal-resistant safety locking mechanism

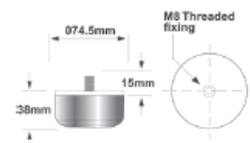


Applications - Fire alarm; security alert; emergency warning; process control alarm

Standard and Fire Style



Ultra Low Profile Style



Colour Options



● Fire
● Security

● Industrial
● Railway/Marine

○ Hazardous Area
○ Public Warning

Specifications

Type and Style	Part No. Red Lens	Part No. Amber Lens	Part No. Clear Lens	Part No. Blue Lens	Part No. Green Lens	Voltage	Power	Current	Flash Rate
Xenon Standard	QBS-0002	QBS-0003	QBS-0004	QBS-0005	QBS-0006	110V AC	3W	24mA	1Hz
Xenon Standard	QBS-0017	QBS-0018	QBS-0019	QBS-0020	QBS-0021	230V AC	3W	15mA	1Hz
Xenon Standard	QBS-0052	QBS-0054	QBS-0055	QBS-0056	QBS-0058	12/24V DC*	3W	140mA/85mA	1Hz
Xenon Standard	QBS-0038	QBS-0042	TKA-0126	QBS-0047	QBS-0050	12/24V DC*	2W	115mA/70mA	1Hz
Xenon Standard	QBS-0032	QBS-0034	QBS-0035	QBS-0036	QBS-0037	12/24V DC*	1W	60mA/45mA	1Hz
Xenon Ultra Low Profile	QBS-0040	QBS-0044	QBS-0046	QBS-0049	QBS-0051	12/24V DC*	2W	115mA/70mA	1Hz

*These units are user-configurable

IP Rating: IP65 (Standard) IP67 (Ultra) **Operating Temp:** -20°C to +40°C

Construction: UV Stabilised Polycarbonate **Weight:** 0.14kg (0.08kg ultra low)

Apéndice 35. Alarma visual y auditiva Clifford & Snell (a)

Industrial Combination Signal - 110 dB (A) / 5 Joule

Series YL50



- > Max sound output 110 dB (A) / 1 m
- > IP65 rated as standard
- > Strobe available in 2.5 and 5 Joules
- > 32 selectable tones meeting international regulations
- > Flame retardant ABS enclosure
- > Stainless steel fixings
- > 2 stage alarm
- > Lens available in six different colours
- > Complies with BS 5839
- > Low current consumption



05517E00

Yodalight range

Multi-purpose audible and visual signalling device designed for use in industrial applications.

Approvals

Certificates



UL 1638, UL 464



0086-CPD-96705

BS EN 54-3 : 2001 incorporates amendment A 1 : 2002 + A2 : 2006



KM 91259

BS EN 54-3 : 2001 incorporates amendment A 1 : 2002 +A2 : 2006

Apéndice 36. Alarma visual y auditiva Clifford & Snell (b)

Industrial Combination Signal - 110 dB (A) / 5 Joule

Series YL50



Technical Data	
Electrical data	
Rated operational voltage	12, 24 or 48 V DC 115 or 230 V AC $\pm 10\%$ 12 V DC versions will produce approx. 6 dB less output
Current consumption	24 V DC - 284 mA* 115 V AC - 265 mA* 230 V - 257 mA* *at tone 1 **Voltages do not apply to multi stage units
Line monitoring	line monitoring excludes additional voltage options: <ul style="list-style-type: none"> • 3 wire, 2 stage or 2 wire, single stage: monitor via reverse polarity • 2 wire, 2 stage i.e. bi-polar inputs: monitor via threshold (applied voltage < 1 V)
Schematic	<p>1 2 3 4 5 6</p> <p>L N bipolar bipolar or CNTL L N</p> <p>+ - + -</p> <p>← strobe → sounder →</p> <p>3 4</p> <p>14500200</p>
Combination units	
Legend	
3 = Connections for strobe/beacon	
4 = Connections for sounder/horn	
5 = 12/24/48 or 0 V Input used for 2nd stage by supply reversal	
6 = Used for 2nd stage by 3rd wire	
Acoustic data	
Volume	110 db (A) / 1 m volume control allowing 18 db (A) adjustment via DIL switch
Sound selection	Optional independent 2nd stage via second DIL switch (DC only)
Luminous Characteristics	
Flash energy	2.5 or 5.0 J
Lens colour	amber, red, green, opal, blue, clear
Ambient conditions	
Operating temperature range	UL: - 35 ... + 66 °C EN 54-3: - 25 ... + 55 °C VdS: - 25 ... + 40 °C
Storage temperature	- 40 ... + 70 °C
Max. relative humidity	90 % at 40 °C
Mechanical data	
Material	
Enclosure	ABS, flame retardant
Lens	polycarbonate plastic, flame retardant
Assembly parts	stainless steel fixings
Degree of protection	IP 65 standard on all units
Assembly / Installation	
Assembly	Should be mounted to a reasonably flat wall or bulkhead of suitable material using the lugs projecting from the side of the case. The lugs are bored 8 mm on 153 mm centres. The minimum recommended length of fixing screws is 25 mm. To maintain the integrity of the weather seal, the cable entry must be fitted using a suitable sealed gland.

Apéndice 37. Final de carrera Allen Bradley

Product: 802K-MDPS11E
Description: 802K Limit Switches



Representative Photo Only
 (actual product may vary based on configuration selections)

OPERATOR TYPE SELECTION	
Body Style	EN50041 (30x60mm), Metal, Black
Operator Type	Dome Plunger
POSITION SWITCH DATA	
Contacts (Safety/Auxiliary)	1 N.C., 1 N.O.
Contact Type	Snap Acting
Connection Type	1/2 inch NPT Conduit

Apéndice 38. Parada de emergencia EBCHQ



MANDO		ESTACIONES	
ESTACIONES DE MANDO DE SOBREPONER EN CAJA PLÁSTICA			
REF	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	CONTACTOS
25200	Pulsador verde	START	1NA
25300	Pulsador verde y rojo	I - 0	1NA + 1NC
25310	Pulsador negro y blanco	↓ ↑	2NA
25400	Pulsador rojo	0	1NC
25500	Pulsador rojo, verde y lámpara roja 220VAC	0 - I - ⓧ	1NA + 1NC
25506	Pulsador negro, rojo y blanco	(↓ - 0 - ↑)	2NA + 1NC
25520	Start Stop 10A enclavamiento eléctrico + emergencia Ø 40mm	0 - I - STOP	1NA + 1NC
25600	Pulsador de emergencia Ø 40mm	STOP	1NC

EBCHQ

Apéndice 39. Especificaciones técnicas del combustible diésel

NUESTROS PRODUCTOS



Especificaciones técnicas

Diesel Corriente B2/B4 (1)

PROPIEDADES / CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN	
			Mínimo	Máximo
Agua y sedimento	mL/100 mL	ASTM D-1796 ó ASTM D-2709		0,05
Azufre	mg/kg	ASTM D-2622 ó ASTM D-4294 ó ASTM D-5453		50
Contenido de aromáticos	mL/100 mL	ASTM D-1319 ó ASTM D-5186		35
Cenizas	g / 100 g	ASTM D 482		0,01
Contenido de biocombustible	ml/100 mL	EN 14078	1,8	2,2
Color ASTM	Clasificación	ASTM D 1500		3,0
Corrosión lámina de cobre, 3 h a 50°C	Clasificación	ASTM D 130		2 (2)
Destilación	°C	ASTM D 86		
Punto inicial de ebullición			Reportar	
Temp. 50% vol. recobrado			Reportar	
Temp. 95% vol. recobrado				360
Punto final de ebullición				390
Gravedad API	° API	ASTM D-4052 ó ASTM D-1298	Reportar	
Índice de cetano (3)	N/A	ASTM D-4737 ó ASTM D-976	45	
Número de cetano (4)	N/A	ASTM D-613 ó ASTM D-6890	43	
Punto de fluidez	°C	ASTM D 97 ó ASTM D 5949		3
Punto de nube	°C	ASTM D 2500	Reportar	
Punto de inflamación	°C	ASTM D 93	52	
Temperatura obturación filtro frío	°C	ASTM D 6371	Reportar	
Residuos carbón micro (10% fondos) (5)	g / 100 g	ASTM D 4530		0,20
Viscosidad cinemática a 40°C (6)	mm ² /s	ASTM D 445	1,9	5,0
Estabilidad térmica	% reflectancia	ASTM D 6468	70% a 90 minutos	
Estabilidad a la oxidación	g/100 mL	ASTM D 2274		25
Lubricidad a 60°C (7)	Micrómetros	ASTM D 6079		450

Notas:

- (1) Diesel regular y sus mezclas con biocombustible hasta el 5% vol. (aplica para el producto de las Refinerías de Barrancabermeja y Cartagena).
- (2) El valor 2 se refiere a valores 2a, 2b o 2c. Corrosión: Norma internacional, máximo 3.
- (3) Aplica a diesel producido en destilación atmosférica y productos craqueados y a mezclas de ellos. El método ASTM D-4737 no aplica al diesel mezclado con biodiesel.
- (4) Para diesel que contenga componentes provenientes de procesos de ruptura catalítica y/o térmica, y/o aditivos mejoradores de cetano y/o biocombustibles.
- (5) Residuos carbón micro, la norma ASTM D-4530 no está mencionada en la norma internacional. La norma que se utiliza internacionalmente es la ASTM D 524, con valor máximo de 0,35% masa.
- (6) Viscosidad: la norma internacional, el límite máximo es 4,1 mm²/s
- (7) Lubricidad: norma europea, 460; norma americana, 520 máx.

Apéndice 40. Listado de precios (\$USD) de productos de marca Allen Bradley

El siguiente listado de precios fue arrojado por el software *ProposalWorks* de *Rockwell Automation*

Item	Product	Qty	List Price	Net (Ea)	Ext Net
1	2080-LC20-20QBB <i>Controller, 12 24V DC Inputs, 4 configurable analog input with thermistor voltage reference out, 7 24V DC Source Output, 1 Analog Output, Embedded Ethernet Port and RS-232/485 non-isolated Serial port, Embedded RTC, MicroSD Card support, 2 Plug-In slots</i>	1	\$251.00	\$251.00	\$251.00
1.1	1585J-M8TBJM-1M9 <i>Male RJ45 to Male RJ45, Unshielded Twisted Pair, Teal TPE Cable, 1.9 m</i>	1	\$41.30	\$41.30	\$41.30
2	2080-IF2 <i>2080 Micro800 System, 2-ch V/I Analog Input Unipolar 0-10V/0-20mA (non-isolated)</i>	1	\$89.90	\$89.90	\$89.90
3	2080-PSAC-12W <i>2080 Micro800 System, 120/240VAC to 24VDC Power Supply for Controller, 12W only</i>	1	\$45.00	\$45.00	\$45.00
4	1783-BMS06SL <i>Stratix 5700 Switch, Managed, 4 Fast Ethernet Copper Ports, 2 Fast Ethernet Fiber SFP Slots, Lite Software</i>	1	\$940.00	\$940.00	\$940.00
4.1	1585J-M8TBJM-1M9 <i>Male RJ45 to Male RJ45 Patchcord, Unshielded Twisted Pair, Teal TPE Cable, 1.9 m</i>	1	\$41.30	\$41.30	\$41.30
5	2080-OB4 <i>2080 Micro800 System, 4-pt Digital Output, 12/24V DC, Source</i>	1	\$49.50	\$49.50	\$49.50
6	1585J-M4TBJM-2 <i>1585 Ethernet Cables, 4 Conductors, RJ45, Straight Male, Standard, RJ45, Straight Male, Teal Robotic TPE, 100BASE-TX, 100 Mbit/s, UL CMB, CMX, cUL, CMG, Standard TIA 568-B</i>	1	\$41.50	\$41.50	\$41.50
7	1606-XLP50E <i>1606-XLP50E: Compact Power Supply, 24-28V DC, 50 W, 120/240V AC / 85-375V DC Input Voltage</i>	1	\$206.00	\$206.00	\$206.00

Item	Product	Qty	List Price	Net (Ea)	Ext Net
8	25C-A8P0N104 <i>PowerFlex 527 AC Drive, with Embedded Dual Port EtherNet/IP and Integrated Safety, 240 VAC, 1 Phase, 2 HP, 1.5 kW Normal Duty; 2 HP, 1.5 kW Heavy Duty, Frame B, IP20 NEMA / Open Type, No Filter</i>	1	\$850.00	\$850.00	\$850.00
9	25C-B024N104 <i>PowerFlex 527 AC Drive, with Embedded Dual Port EtherNet/IP and Integrated Safety, 240 VAC, 3 Phase, 7.5 HP, 5.5 kW Normal Duty; 7.5 HP, 5.5 kW Heavy Duty, Frame C, IP20 NEMA / Open Type, No Filter</i>	1	\$1,760.00	\$1,760.00	\$1,760.00
10	9701-VWSTMENE <i>ESD - FactoryTalk View Studio for Machine Edition (ENGLISH)</i>	1	\$888.00	\$888.00	\$888.00
11	700-HLS11Z24 <i>700-HL Solid State Relay Output, , w/ Screw Terminals, 24V DC, Touch Safe Terminal Construction, Pkg. Qty. of 10</i>	1	\$45.00	\$45.00	\$45.00
12	802K-MDPS11E <i>Limit Switch, Non-Safety, Dome Plunger, 1 N.C./1 N.O., Snap Action, 1/2 NPT Conduit</i>	2	\$81.20	\$81.20	\$162.40
13	2711P-T10C4A8 <i>2711 PanelView Plus 6 Terminal, 1000 Model, Touch Screen, Color, Standard Communication - Ethernet & RS-232, AC Input, Windows CE 6.0</i>	1	\$5,330.00	\$5,330.00	\$5,330.00
13.1	1585J-M8TBJM-1M9 <i>Male RJ45 to RJ45 Patchcord, Unshielded Twisted Pair, Teal TPE Cable, 1.9 m</i>	1	\$41.30	\$41.30	\$41.30

Apéndice 41. Precios (\$) de productos de marca Siemens (a)

INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE CAJA MOLDEADA
LÍNEA 3VA1 HASTA 160A TERMOMAGNÉTICOS

Mayo 1/2017

No. de Depósito	Descripción						Precio sugerido Unit. - Col. \$(*)	
<p>Garantía 1 año</p> <p>¡Cumple Retie!</p>								
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ FTFM: Disparador de sobrecarga y cortocircuito fijo ✓ ATFM: Disparador de sobrecarga regulable y cortocircuito fijo ✓ ATAM: Disparador de sobrecarga y cortocircuito regulable 							
Tipo		Regulación (A)		Capacidad de ruptura simétrica (kA)				
		Térmica	Cortocircuito	240V	415V	440V		
Interruptores termomagnético (ATFM) TM220. Capacidad de ruptura estandar								
Nuevo	100331168	3VA1196-3EE36-0AA0	11-16	320	36	25	16	405.800
Nuevo	100331169	3VA1120-3EE36-0AA0	14-20	320	36	25	16	405.800
Nuevo	100331181	3VA1125-3EE36-0AA0	18-25	320	36	25	16	405.800
Nuevo	100331182	3VA1132-3EE36-0AA0	22-32	320	36	25	16	405.800
Nuevo	100331183	3VA1140-3EE36-0AA0	28-40	400	36	25	16	405.800
Nuevo	100331184	3VA1150-3EE36-0AA0	35-50	500	36	25	16	405.800
Nuevo	100331185	3VA1163-3EE36-0AA0	44-63	630	36	25	16	405.800
Nuevo	100331186	3VA1180-3EE36-0AA0	56-80	800	36	25	16	440.700
Nuevo	100331187	3VA1110-3EE36-0AA0	70-100	1000	36	25	16	503.700
Nuevo	100331014	3VA1112-3EE36-0AA0	88-125	1250	36	25	16	790.500
Nuevo	100331015	3VA1116-3EE36-0AA0	112-160	1600	36	25	16	914.600

Mayo 1/2017

No. de Depósito	Descripción						Precio sugerido Unit. - Col. \$(*)					
<p>¡Su motor es muy valioso!</p> <p>Protéjalo únicamente con productos Siemens:</p> <p> SINAMICS MICROMASTER</p> <p>Ver páginas 3/2 a 4/12</p>	<p>Motor Eficiente 2 años GARANTIA</p> 											
	Referencia Siemens		Potencia (HP)	Tamaño constructivo	Datos nominales		Corriente nominal		Eficiencia %	Peso neto (IM B3) kg		
				Velocidad min ⁻¹	Torque Nm	220V A	380VYY A	440V A				
Datos Eléctricos serie 1LE0142 IE1 2-polos, 3,600 min-1 B3												
100368322	1LE0142-0DA26-4AA4-Z D80+D81	1	80	M	3.440	2,1	3,15	1,82	1,57	74	13,5	457.000
100368323	1LE0142-0DA36-4AA4-Z D80+D81	1,5	80	M	3.435	3,1	4,45	2,6	2,25	78,5	15	503.000
100368324	1LE0142-0DA86-4AA4-Z D80+D81	2	80	M	3.460	4,1	5,6	3,25	2,8	81	17,5	664.000
100368325	1LE0142-0EA46-4AA4-Z D80+D81	3	90	L	3.480	6	8,3	4,8	4,15	81,5	20	838.000
100368326	1LE0142-0EA86-4AA4-Z D80+D81	4	90	L	3.475	8,2	10,6	6,2	5,3	84,5	27	924.000
100368327	1LE0142-1AA86-4AA4-Z D80+D81	5	100	L	3.420	10,3	13,3	7,7	6,7	84,5	31	1.048.000
100368328	1LE0142-1BA86-4AA4-Z D80+D81	7,5	112	M	3.520	14,9	19,4	11,2	9,7	86	45	1.538.000
100368329	1LE0142-1CA16-4AA4-Z D80+D81	10	132	S	3.515	20,4	25,5	14,7	12,7	87,5	55	1.774.000
100368330	1LE0142-1CA86-4AA4-Z D80+D81	15	132	S	3.520	29,9	38	22	19,1	87,5	70	2.478.000
100368331	1LE0142-1DA36-4AA4-Z D80+D81	20	160	M	3.535	40,5	52	30	26	88,5	100	3.024.000

Apéndice 42. Precios (\$) de productos de marca Siemens (b)

INTERRUPTORES AUTOMATICOS PARA MONTAJE EN RIEL DIN LÍNEA 5SY6 ¹⁾²⁾ - PARA AC 10KA - 30KA / DC 10KA - 15KA

Mayo 1/2017

Nº. de Depósito	Descripción			Precio sugerido Unit. - Col. \$(*)	
 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elevada Capacidad de Ruptura AC hasta 30kA²⁾; DC de 15kA; según Norma IEC 60947-2 ✓ Corriente Continua para Interruptores de 72 VDC máximo por polo ✓ Curva de disparo tipo C, disparo magnético entre 7 y 10 veces I_n, disparo térmico entre 1,13 y 1,45 veces I_n. 				
	Tipo	Corriente térmica I _n (A)	IEC 60947-2 1 polo 230 VAC / 2, 3 y 4 polos 400VAC I _{cu} (kA)	Empaque (Unidades)	
	Interruptores termomagnético de montaje en riel omega (DIN) monopolaes				
100154167	5SY6105-7	0,5	30	12	44.000
100020104	5SY6101-7	1	30	12	42.000
100020106	5SY6102-7	2	30	12	42.800
100028094	5SY6103-7	3	30	12	42.000
100020107	5SY6104-7	4	30	12	43.900
100020108	5SY6106-7	6	30	12	35.300
100020109	5SY6110-7	10	15	12	28.700
100020110	5SY6116-7	16	15	12	28.700
100020111	5SY6120-7	20	15	12	29.300
100040983	5SY6125-7	25	15	12	32.200
100020119	5SY6132-7	32	15	12	36.000
100040985	5SY6140-7	40	10	12	48.200
100040986	5SY6150-7	50	10	12	55.800
100040987	5SY6163-7	63	10	12	66.400
Interruptores termomagnético de montaje en riel omega (DIN) bipolares					
100201201	5SY6205-7	0,5	30	6	137.900
100028107	5SY6201-7	1	30	6	137.900
100020120	5SY6202-7	2	30	6	140.500
100074818	5SY6203-7	3	30	6	140.500
100020121	5SY6204-7	4	30	6	137.900
100020122	5SY6206-7	6	30	6	96.900
100020131	5SY6210-7	10	15	6	76.700
100020132	5SY6216-7	16	15	6	78.100
100020133	5SY6220-7	20	15	6	96.100
100040989	5SY6225-7	25	15	6	86.800
100020134	5SY6232-7	32	15	6	103.500
100028112	5SY6240-7	40	10	6	128.400
100020135	5SY6250-7	50	10	6	155.800
100028126	5SY6263-7	63	10	6	178.400
Interruptores termomagnéticos de montaje en riel omega (DIN) tripolares					
100213507	5SY6305-7	0,5	30	4	173.100
100040991	5SY6301-7	1	30	4	173.100
100040992	5SY6302-7	2	30	4	173.100
100042212	5SY6303-7	3	30	4	173.100
100040993	5SY6304-7	4	30	4	173.100
100028127	5SY6306-7	6	30	4	173.100
100028128	5SY6310-7	10	15	4	152.500
100040994	5SY6316-7	16	15	4	123.600
100028130	5SY6320-7	20	15	4	123.600
100040996	5SY6325-7	25	15	4	123.600
100040997	5SY6332-7	32	15	4	143.300
100040998	5SY6340-7	40	10	4	178.500
100040999	5SY6350-7	50	10	4	216.300
100025739	5SY6363-7	63	10	4	249.500

Apéndice 43. Precios (\$USD) de productos de marca Omega (a)

Part Number	Description	Qty
OS37-10-J Consult Sales	High emissivity sensor with 10:1 optics, type J thermocouple	
OS37-20-J Consult Sales	High emissivity sensor with 20:1 optics, type J thermocouple	
OS37-10-K \$650.00 3 In Stock	High emissivity sensor with 10:1 optics, type K thermocouple	<input type="text" value="0"/>
OS37-20-K Consult Sales	High emissivity sensor with 20:1 optics, type K thermocouple	
OS38-20-J \$760.00 Available In 3 Weeks	Low emissivity sensor with 20:1 optics, type J thermocouple	<input type="text" value="0"/>
OS38-10-K \$650.00 2 In Stock	Low emissivity sensor with 10:1 optics, type K thermocouple	<input type="text" value="0"/>
OS38-20-K \$760.00 1 In Stock	Low emissivity sensor with 20:1 optics, type K thermocouple	<input type="text" value="1"/>
OS38-100-R \$1,285.00 Available In 3 Weeks	Low emissivity sensor with 100:1 optics, type R thermocouple	<input type="text" value="0"/>

Part Number	Description	Qty
NB12-CAXL-IM60U-300 \$54.00 Available In 1 Week	IEC T/C W/HEAD	<input type="text" value="1"/>
NB12-CAXL-IM60U-300-G2 \$61.50 Available In 2 Weeks	NB12 T/C PROBE G 1/2 TYPE K XL. 6MM DIA	<input type="text"/>
NB12-CAXL-IM60U-300-G4 \$61.50 Available In 2 Weeks	NB12 T/C PROBE G 1/4 TYPE K XL. 6MM DIA	<input type="text"/>
NB12-CAXL-IM60U-300-R4 \$61.50 Available In 2 Weeks	NB12 T/C PROBE 1/4 BSPT TYPE K XL. 6MM D	<input type="text"/>

Part Number	Description	Qty
TX-M12-TC-C \$255.00 Available In 3 Weeks	MINI TC TRANSMITTER WITH M12 CON	<input type="text" value="1"/>
TX-M12-TC-C-DECAL \$385.00 Available In 3 Weeks	TC TRANSMITTER WITH CALIBRATION	<input type="text"/>

Apéndice 44. Precios (£) de señales luminosas

Xenon, Flashing Beacon Flashguard Xenon Series, Amber, Surface Mount, 12 V dc, 24 V dc

RS Stock No. 366-1197
 Brand Klaxon
 Mfr. Part No. QBS-0044



✓ 195 in stock for FREE next working day delivery

£17.73
 Price Each

Units	Per unit
1 - 9	£17.73
10 - 14	£16.83
15 +	£16.27

Quantity Units [Add to basket](#)

[Check stock levels](#) [Add to a parts list](#)

Technical Reference

- RoHS Certificate of Compliance
- Machine Guarding and Safety Range Overview

Xenon, Flashing Beacon Flashguard Xenon Series, Green, Surface Mount, 12 V dc, 24 V dc

RS Stock No. 388-4586
 Brand Klaxon
 Mfr. Part No. QBS-0051



✓ 20 in stock for FREE next working day delivery

£17.73
 Price Each

Units	Per unit
1 - 9	£17.73
10 - 14	£16.83
15 +	£16.27

Quantity Units [Add to basket](#)

[Check stock levels](#) [Add to a parts list](#)

Technical Reference

- RoHS Certificate of Compliance
- Machine Guarding and Safety Range Overview
- Standard AC-DC Beacon Instructions
- Datasheet
- Statement of conformity

Apéndice 45. Precios (£) la señal combinada de seguridad

YL50/D50/A/RF/WR - Beacon / Sounder, Industrial, Amber, Flashing, Multiple Tones, 110dB, 24VDC, IP65



The actual product may differ from image shown



Manufacturer: CLIFFORD AND SNELL
Manufacturer Part No.: YL50/D50/A/RF/WR
Newark Part No.: 45X5635
Technical Datasheet: [\(EN\)](#)
[See all Technical Docs](#)

[Add to compare](#) [Write A Review](#) [Ask A Question](#)

Product Information

- Visual Signal Type: Flashing
- Tones: Multiple Tones
- Module Lens Colour: Amber
- Lens Diameter: -
- IP / NEMA Rating: IP65
- Connection Type: Wire Leaded
- Supply Voltage VAC: -
- Supply Voltage VDC: 24V
- Sound Level SPL: 110dB
- External Height: 191.5mm
- Operating Temperature Min: -35°C
- Operating Temperature Max: 66°C
- Product Range: -

Awaiting Delivery

Available for backorder to lead times shown

Check stock and lead times
 Contact me when back in stock

\$158.05
 Price for: Each
 Multiple: 1 Minimum: 1

Quantity	Price
1 +	\$158.05
10 +	\$135.16
25 +	\$129.44
50 +	\$123.01
100 +	\$112.28
250 +	\$97.26

[Request a quote for higher quantities](#)

This product qualifies for free shipping. [Exclusions Apply](#)

Qty 1

Back Order

[Add Line Note](#)

[Add to Favorites](#)

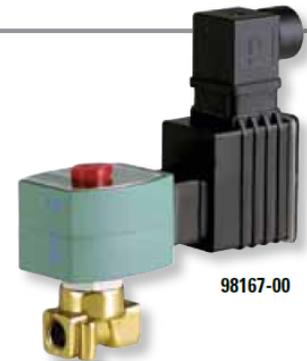
Apéndice 46. Precios⁸ (\$USD) de válvulas Posiflow

Posiflow® Válvulas solenoide proporcionales

Caudal ajustable entre el 0 y el 100 % de la clasificación

- Se controla al aplicar de 0 a 24 VCC mediante un potenciómetro u otro suministro variable
- El caudal se regula mediante una variedad de entradas eléctricas (sensores, transmisores, PLC, etc.)
- Apta para uso en servicio con aire/gas o bajo vacío, así como para controlar con exactitud el flujo del líquido
- Los puertos son de 1/8" NPT(F)

Orificio	C _v	Diferencial máximo de presión de funcionamiento		Cuerpo de latón		Cuerpo de acero inoxidable 316	
		Aire /gas/ vacío bajo	Líquido	N.º de cat.	Precio	N.º de cat.	Precio
3/64"	0.04	115 psi (8 bares)	75 psi (5.2 bares)	JZ-98167-00	\$272.00	JZ-98167-08	\$362.00
1/16"	0.06	90 psi (6.2 bares)	60 psi (4.1 bares)	JZ-98167-02	272.00	JZ-98167-10	362.00
3/32"	0.14	60 psi (4.1 bares)	45 psi (3.1 bares)	JZ-98167-04	272.00	JZ-98167-12	362.00
1/8"	0.2	35 psi (2.4 bares)	35 psi (2.4 bares)	JZ-98167-06	272.00	JZ-98167-14	362.00



⁸ Se usaron estos precios como referencia para determinar el costo de la válvula Posiflow de referencia SCG202A201V seleccionada para el proyecto

Apéndice 47. Cotización motorreductor



NTT. 900.027.619-0
Cra 698 No. 21A -24 Bodega UE 28 - 1
PBX: 412 6898 - FAX: 2929 736
www.transmisiones.de
E-Mail: info@transmisiones.de
Bogotá, Colombia



COTIZACION No.: 016-17

EMPRESA: AVIMILED
NOMBRE: AVIMILED MANOSALVA RINCON
FECHA: 19 DE MAYO DEL 2017

TELEFONO: 3144397578
CIUDAD:
REF.

Item	Referencia	ENTREGA	CANTIDAD	DESCRIPCION	MARCA	V/R UNIT	TOTAL
1	MRTNMRV063NMRV030	4 A 5 DIAS	1	MOTOREDUCTOR SINFIN CORONA TANDEM NMRV30/NMRV063-M56, i: 600, VELOCIDAD DE ENTRADA/SALIDA 1750/2.9 RPM, P: 0.12KW, 220/440V, 60 HZ, TORQUE: 185 NM, Fz:1.4	TRANSTECNO	1.270.000	\$ 1.270.000

NOTA: EN CASO DE COMPRA POR FAVOR ENVIAR ORDEN DE COMPRA FORMAL. ADJUNTAR COPIA DEL RUT, CAMARA DE COMERCIO Y SOPORTE DE CONSIGNACION POR EL VALOR DE LA OFERTA A NOMBRE DE TRANSMISIONES LTDA A CUALQUIERA DE LAS CUENTAS:
BANCO DE BOGOTA: CUENTA CORRIENTE No 078-11823-9 BANCOLOMBIA: CUENTA CORRIENTE No 188-498800-15 RECAUDO CONVENIO 34682

CONDICIONES COMERCIALES :	ENTREGA: Según Item	SUBTOTAL:	\$ 1.270.000
NOTA: PAGO DE CONTADO	PAGO:	IVA	\$ 203.200
CANTIDADES SALVO VENTA PREVIA	VALIDEZ DE LA OFERTA: 15 días	TOTAL:	\$ 1.473.200

CORDIALMENTE :

Ing. CAMILO HERNANDO AMORTEGUI

E-MAIL: camortegui@transmisiones.de
CEL: (57) 318 2407458
TEL: (57 1)4128898 EXT.304

Apéndice 48. Cotización encendedor eléctrico

SELCON LTDA - Administrativo <Ana Carolina> <adm@selcon.com.br>
para avimiled,manos,, mi

17 jul. (l)

Boa tarde,

"Agradecemos sua consulta, conforme abaixo:

- 1) SEL-HT-C9-O240 : com conector nitrila (100 úC) - unitário US\$ 18,85
- 2) ACS-TE-21-C6: transformador ignição 230VAC/26KVpp – unitário US\$ 109,35
- 3) PRS-3408: cabo ignição 2,0m - 130°C: unitário US\$ 20,65
- 4) Total = US\$ 148,85 + US\$ 35,00 (despesas diversas) = US\$ 183,50

Condição de pagamento: 100% antecipado

Prazo de entrega : em até 20 dias uteis

FOB fábrica Selcon

Validade: 10 dias

Atenciosamente,



Ana Carolina Coelho
adm@selcon.com.br

Departamento Administrativo

www.selcon.com.br

Tel.: 55 (11) 3019-1616 - ramal 211

Fax: 55 (11) 3019-1616 - ramal 209

SELCON Sistemas Eletrônicos de Controle Ltda.

Rua Américo Samarone, 502 - Moinho Velho
CEP: 04284-000 - São Paulo - SP - Brasil