

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y
Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica



**INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL EN LA ESPECIALIDAD DE
INSTRUMENTACION Y CONTROL**

Trabajo de Suficiencia Profesional

Presentado por el Bachiller:

Villamar Manrique, Joseph Martin

Para optar por el título profesional de:

**Ingeniero Electrónico con
especialidad en Automatización y
Control**

Asesor: Ing. Zegarra Gago Henry
Christian

Arequipa, Perú

2021

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA ELECTRONICA
TITULACIÓN CON TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 29 de Mayo del 2021

Dictamen: 002427-C-EPIE-2021

Visto el borrador del expediente 002427, presentado por:

2010224412 - VILLAMAR MANRIQUE JOSEPH MARTIN

Titulado:

**INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL EN LA ESPECIALIDAD DE INSTRUMENTACION Y
CONTROL**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1475 - MALAGA CHAVEZ CESAR EDUARDO
DICTAMINADOR**



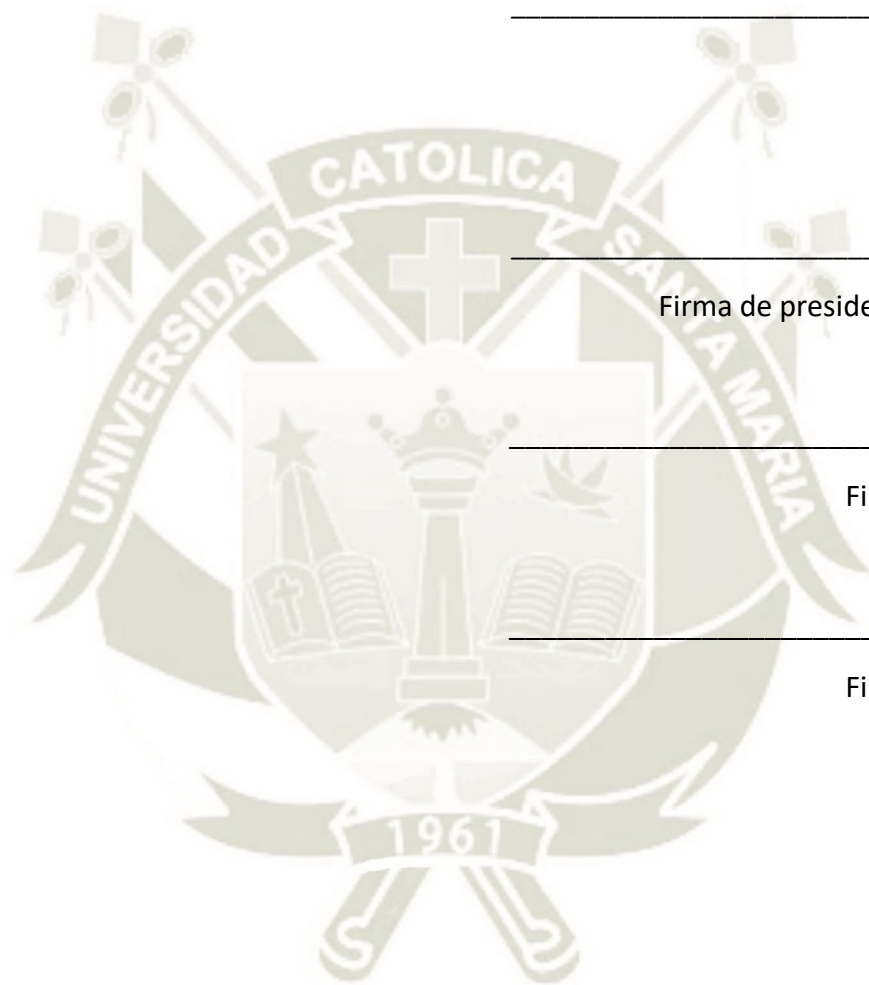
**1546 - DELGADO BARRA LUCY ANGELA
DICTAMINADOR**



**2465 - ZEGARRA GAGO HENRY CHRISTIAN
DICTAMINADOR**



Nota de aceptación



Firma de presidente de jurado

Firma de jurado

Firma de jurado

DECLARACION EXPRESA

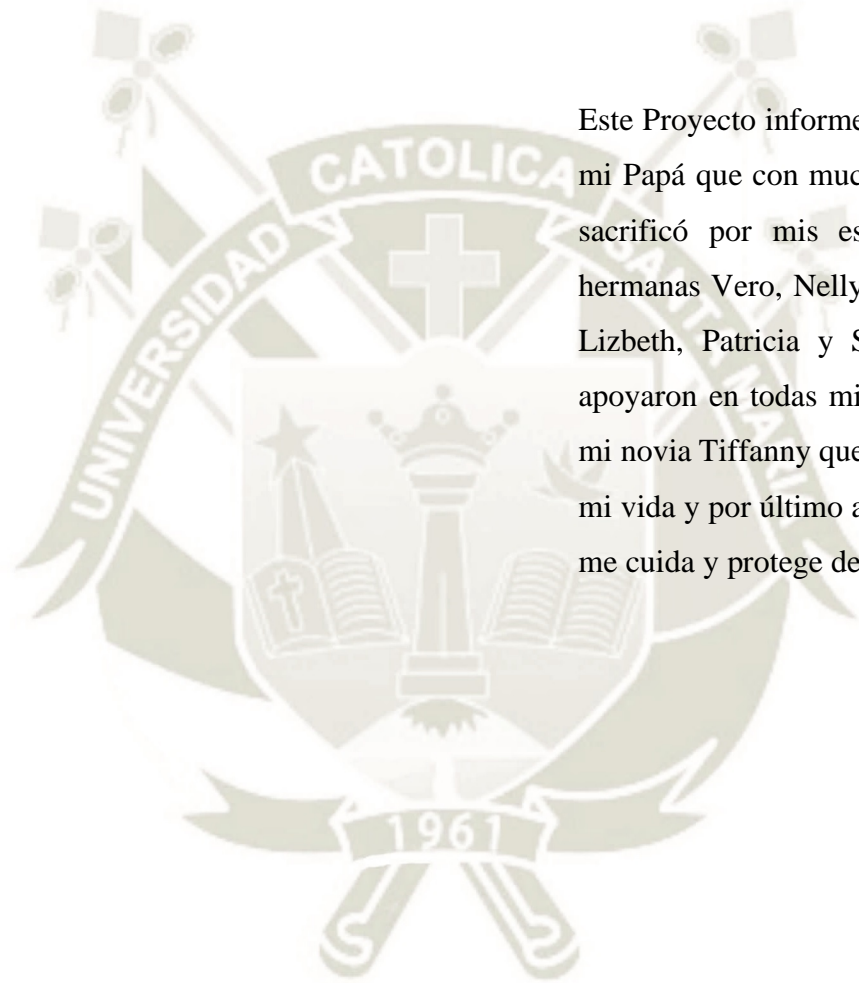
“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Universidad Católica de Santa María”



Joseph Martin Villamar Manrique

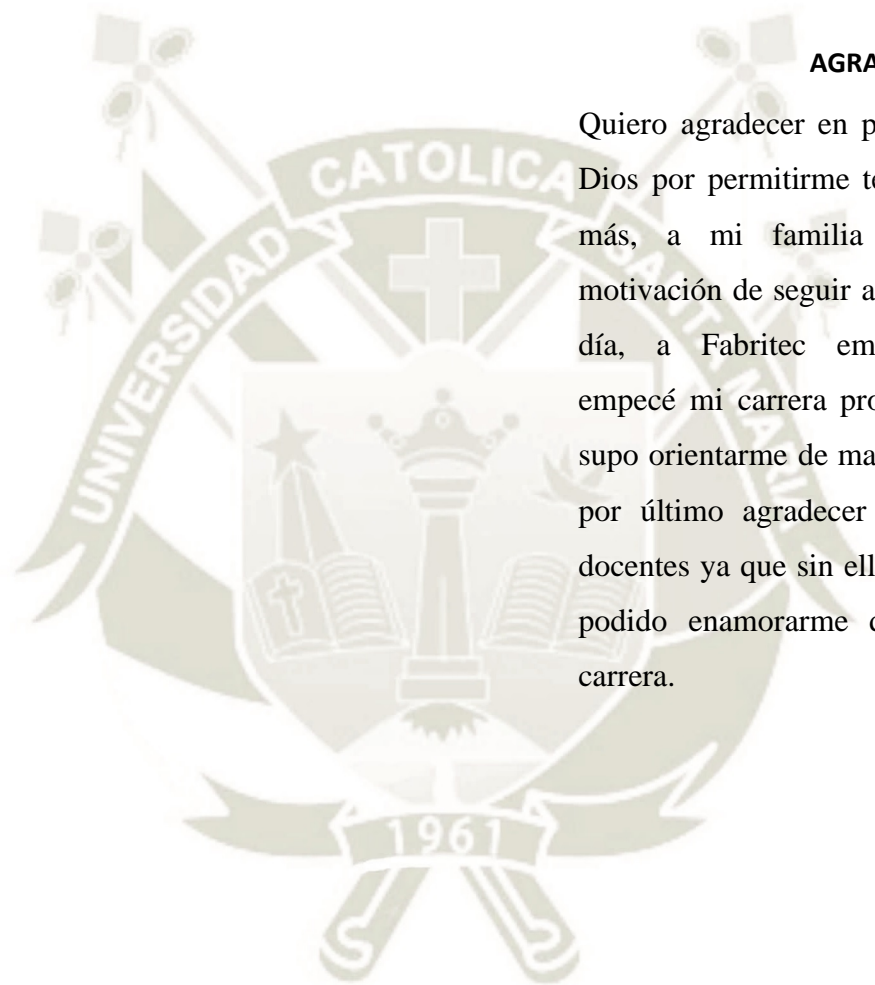
DEDICATORIA

Este Proyecto informe va dedicado a mi Papá que con mucho esfuerzo se sacrificó por mis estudios, a mis hermanas Vero, Nelly, Erika, Silvia, Lizbeth, Patricia y Sonia, que me apoyaron en todas mis decisiones, a mi novia Tiffany que es el motor de mi vida y por último a Mi mama que me cuida y protege desde el cielo.



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por permitirme tener un logro más, a mi familia por ser la motivación de seguir a delante día a día, a Fabritec empresa donde empecé mi carrera profesional, que supo orientarme de manera eficaz, y por último agradecer a todos mis docentes ya que sin ellos no hubiera podido enamorarme de esta bella carrera.



RESUMEN

En el presente informe por experiencia profesional se describe cuatro proyectos que se desarrollaron para distintas compañías a través de la empresa arequipeña Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L.

La empresa Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L. se encarga de desarrollar ingeniería, fabricación y puesta en marcha de equipos especiales a distintas compañías del rubro minero, industria cementera e industria alimentaria.

En los 7 años que laboré en esta empresa pude participar en la creación de una gran variedad de equipos especiales los cuales eran tan diversos que pudieron permitirme desarrollar diferentes disciplinas tales como: Automatización Industrial, Instrumentación y control, Neumática, Hidráulica, Electricidad en baja y media tensión; en todas estas disciplinas se realizó desde el diseño e ingeniería pasando por la fabricación y ensamblaje de tableros eléctricos hasta la supervisión y puesta en marcha de todos los proyectos.

En el transcurso de mi periodo laboral con esta empresa, Las responsabilidades y cargo fueron aumentando en función a mi desempeño, empezando con responsabilidades de practicante de instrumentación, cargo en el cual aprendí a realizar el armado de tableros eléctricos, el tendido eléctrico en tuberías Conduit, según las normativas del código eléctrico Nacional. Conforme transcurría el tiempo y mis habilidades, aumentaron las responsabilidades tales como la programación de los equipos, el diseño de los sistemas de control, el diseño de planos eléctricos y de instrumentación; después de un largo tiempo logramos ascender a la Jefatura del área de Instrumentación y Control, área en la cual nuestra labor fue la supervisión del personal a cargo, el diseño de los equipos requeridos por el cliente desde la concepción del mismo, La supervisión y puesta en operación de los equipos entregados al cliente.

En el presente documento se detallan cuatro proyectos que marcaron mi vida profesional ya que representan todos los procesos evolutivos tanto en responsabilidades como en cargos ocupados, dentro de la empresa Fabricaciones Tecnológicas EIRL.

Palabras clave: Instrumentación y control, proyectos.

ASBTRACT

In this report, by professional experience, four projects that were developed for different companies through the Arequipa company Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L.

The company Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L. It is responsible for developing engineering, manufacturing and commissioning of special equipment for different companies in the mining sector, cement industry and food industry.

In the 7 years that I worked in this company I was able to participate in the creation of a great variety of special equipment which were so diverse that they could allow me to develop different disciplines such as: Industrial Automation, Instrumentation and control, Pneumatics, Hydraulics, Electricity in low and medium voltage; In all these disciplines it was carried out from the design and engineering through the manufacture and assembly of electrical panels to the supervision and implementation of all projects.

In the course of my work period with this company, the responsibilities and position were increasing depending on my performance, starting with the responsibilities of an instrumentation practitioner, a position in which I learned to perform the assembly of electrical panels, the electrical laying in Conduit pipes , according to the regulations of the National electrical code. As time went by and my skills, responsibilities such as equipment programming, control system design, electrical and instrumentation plan design increased; After a long time we managed to ascend to the Head of the Instrumentation and Control area, area in which our work was the supervision of the personnel in charge, the design of the equipment required by the client from the conception of the same, The supervision and putting in operation of the equipment delivered to the client.

This document details four projects that marked my professional life since they represent all the evolutionary processes both in responsibilities and in occupied positions, within the company Fabricaciones Tecnológicas EIRL.

Keywords: Instrumentation and control, projects.

INDICE GENERAL

RESUMEN	VII
ASBTRACT	VIII
INTRODUCCION	XVII
OBJETIVOS	XIX
CAPÍTULO I. TRAYECTORIA PROFESIONAL	1
CAPÍTULO II.	3
2 DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	3
2.1 EMPRESA – ACTIVIDAD REALIZADA	3
2.2 VISIÓN FABRICACIONES TECNOLÓGICAS E.I.R.L	4
2.3 MISIÓN FABRICACIONES TECNOLÓGICAS E.I.R.L.....	4
2.4 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA FABRICACIONES TECNOLÓGICAS E.I.R.L	4
2.5 ÁREA, CARGO Y FUNCIONES DESEMPEÑADAS.....	6
2.6 EXPERIENCIA PROFESIONAL REALIZADA EN LA ORGANIZACIÓN	6
2.7 NORMATIVIDAD Y ESPECIFICACIONES APLICADAS.....	7
2.7.1 <i>Normativa utilizada</i>	7
2.7.2 <i>Programación utilizada</i>	9
CAPÍTULO III.	13
3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS	13
3.1. PROYECTOS MÁS REPRESENTATIVOS DESARROLLADOS.....	13
3.2 PUNTES GRÚA DE 12,6 TM EN CONFIGURACIÓN TÁNDEM.....	15
3.2.1 <i>Antecedentes</i>	15
3.2.2 <i>Planteamiento</i>	16
3.2.3 <i>Ingeniería desarrollada</i>	17
3.2.4 <i>Funciones realizadas en este proyecto</i>	32
3.2.5 <i>Panel fotográfico</i>	35
3.3 ELEVADOR DE CARGA DE 1500 KG.	42
3.3.1 <i>Antecedentes</i>	42
3.3.2 <i>Planteamiento</i>	42
3.3.3 <i>Ingeniería desarrollada</i>	47
3.3.4 <i>Funciones realizadas en este proyecto</i>	58
3.3.5 <i>Panel fotográfico</i>	59
3.4 PLANTA DE DOSIFICACIÓN DE PIRITA.	74

3.4.1	<i>Antecedentes</i>	74
3.4.2	<i>Planteamiento</i>	75
3.4.3	<i>Ingeniería desarrollada</i>	79
3.4.4	<i>Funciones realizadas en este proyecto</i>	98
3.4.5	<i>Panel fotográfico</i>	99
3.5	SISTEMA DE CABIO DE FAJA TDS (TEMPORARY DRIVE STATION)	108
3.5.1	<i>Antecedentes</i>	108
3.5.2	<i>Planteamiento</i>	109
3.5.3	<i>Ingeniería Desarrollada</i>	111
3.5.4	<i>Funciones realizadas en este proyecto</i>	127
3.5.5	<i>Panel Fotográfico</i>	127
CAPÍTULO IV		140
4 REFLEXION CRITICA DE LA EXPERIENCIA		140
4.1	APORTE EN EL ÁREA DE DESARROLLO Y RESPONSABILIDADES	140
CONCLUSIONES		141
RECOMENDACIONES		142
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		143
ANEXOS		145

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Experiencia Laboral.....	1
Tabla 2 Formación	2
Tabla 3 Idiomas	2
Tabla 4 Otros conocimientos.....	2
Tabla 5 Proyectos desarrollados – Sección A	13
Tabla 5 Proyectos desarrollados – Sección B.....	15
Tabla 6 Resistencia a la rodadura W y W_{tot} (kg por tonelada de reacción) (Ernst, 1970)	22
Tabla 7 Relación de entradas y salidas.....	31
Tabla 8 Lista de Materiales.	32
Tabla 9 Torque de frenado	52
Tabla 10 Relación de entrada y salidas Elevador de Carga.....	57
Tabla 11 Señales de entrada y Salida.....	97
Tabla 12 Cuadro de entradas y Salidas.	126

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Organigrama de la empresa.	5
Ilustración 2 Ciclo de escaneo típico de un PLC	10
Ilustración 3 Extracto de programa realizado con lenguaje de tipo LAD.	11
Ilustración 4. Celdas Electrolíticas fabricadas por Corrossion Technology International.	15
Ilustración 5 Diagrama de Equipo.....	17
Ilustración 6 Tabla de selección de componentes.	19
Ilustración 7. Polipasto seleccionado.	20
Ilustración 8. Motor de traslación de viga testera.	20
Ilustración 9 Características técnicas reductor.....	25
Ilustración 10. Variador de frecuencia Powerflex 70.....	26
Ilustración 11. Controlador lógico programable Micro Logix modelo 1200	26
Ilustración 12 DataSheet Cable Festoon – Parte 1	27
Ilustración 13 DataSheet Cable Festoon – Parte 2	28
Ilustración 14. Botonera colgante marca Allen Bradley.....	28
Ilustración 15. Botonera de mando de cada puente grúa.....	29
Ilustración 16. Armado de tablero de control.	36
Ilustración 17. Armado de tablero de variador.	36
Ilustración 18. Electrificación en taller.....	36
Ilustración 19. Pre-Armado en taller para pruebas.....	37
Ilustración 20. Sensor de cruceta de marca Telemecanique.	37
Ilustración 21. Sensor final de carrera y motorreductor de traslación.....	37
Ilustración 22. Polipasto de marca Stahl de 6.3 TM.	38
Ilustración 23. Montaje e Instalación de puentes grúa.	38
Ilustración 24. Nave industrial con puente grúa..... ¡Error! Marcador no definido.	
Ilustración 25. Montaje mecánico del puente grúa.....	39
Ilustración 26. Montaje de polipasto.	39
Ilustración 27. Instalación eléctrica de alimentación.	40
Ilustración 28. Montaje de puente grúa completo.	40
Ilustración 29. Puente grúa vista lateral.....	40
Ilustración 30. Botonera Colgante.....	41
Ilustración 31. Puentes grúa en configuración tándem.....	41

Ilustración 32. Pallet de bolsas de cemento vacías.....	42
Ilustración 33. Isométrico del elevador de carga de 1500 Kg.....	47
Ilustración 34 Diagrama del equipo	47
Ilustración 35 Diagrama de cuerpo libre del contrapeso.	48
Ilustración 36 Diagrama de cuerpo libre del elevador.....	48
Ilustración 37 Tren de transmisión de potencia	50
Ilustración 38 Diseño final tren de transmisión de potencia.....	51
Ilustración 39. Variador de frecuencia Powerflex 70.....	53
Ilustración 40. Controlador lógico programable Micro 810.....	54
Ilustración 41. sensor inductivo marca pepperl+Fuchs	54
Ilustración 42. Faja plana de tracción.....	55
Ilustración 43. Disposición de los cables acerados.	55
Ilustración 44. Esquemático del circuito del sensor.....	56
Ilustración 45. Diseño del PCB de acuerdo a la norma IPC 221 y IPC4101.....	57
Ilustración 46. Vista 3D del PCB de acuerdo a la norma IPC 221 y IPC4101	57
Ilustración 47. Armado de tablero eléctrico de acuerdos a planos.....	59
Ilustración 48. Armado de tablero eléctrico de acuerdos a planos II.	59
Ilustración 49. Prueba en planta de fabricación	60
Ilustración 50 Vista frontal de tablero de control.....	60
Ilustración 51. Montaje de tablero eléctrico de control.....	61
Ilustración 52. Cableado de panel frontal del tablero.....	61
Ilustración 53. Pruebas eléctricas de control.....	62
Ilustración 54. Montaje de sensor de baja velocidad.....	62
Ilustración 55. Montaje de sensor de parada del elevador.....	63
Ilustración 56. Montaje del tren de transmisión.....	63
Ilustración 57. Vista frontal del tren de transmisión.	64
Ilustración 58. Freno Electrohidráulico de zapatas.	64
Ilustración 59. Montaje de botonera de accionamiento.....	65
Ilustración 60. Montaje de botonera de accionamiento.....	65
Ilustración 61. Polea de tracción para 03 fajas planas de tracción.....	66
Ilustración 62. Ruedas de Poliuretano de arrastre del elevador.	66
Ilustración 63. Contrapesos de concreto.....	67
Ilustración 64. Elevador montado primera planta.	67
Ilustración 65. Vista lateral elevador-primera planta.	68

Ilustración 66. Vista frontal segundo nivel elevador de carga.....	68
Ilustración 67. Vista lateral elevador de carga.	69
Ilustración 68. Vista frontal cabina con las rejas cerradas.....	69
Ilustración 69. Pruebas de operación.....	70
Ilustración 70. Pruebas con máxima carga “1500 kg”.	70
Ilustración 71. Pruebas de elevación con máxima carga “1500 kg”.	71
Ilustración 72. Pruebas de funcionamiento modo manual de “1500 kg”.	71
Ilustración 73. Capacitación al personal de YURA S.A.....	72
Ilustración 74. Verificación operacional por parte del cliente.....	72
Ilustración 75. Tablero de control operativo.....	73
Ilustración 76. La corriente de bajada siempre es pequeña debido al contrapeso.....	73
Ilustración 77. La corriente de subida corresponde al cálculo del capítulo anterior.	74
Ilustración 78 Modelado dado por el cliente de planta de dosificación de pirita.....	74
Ilustración 79 Modelado de planta de dosificación de pirita.....	78
Ilustración 80 Diagrama planta de dosificación.....	79
Ilustración 81 Sistema Vibratorio con masa excéntrica.	79
Ilustración 82 Compuerta de cuchilla deslizante.	81
Ilustración 83 Tornillo de potencia.	83
Ilustración 84 Compuerta de clapeta.....	85
Ilustración 85 Dimensiones de la cama de material.	87
Ilustración 86 Diagrama de la distribución del material en la faja.....	88
Ilustración 87 Diagrama de operación del sistema de pesaje.....	91
Ilustración 88 Diagrama del material en la zona de pesaje.....	92
Ilustración 89. Diagrama P&ID en la pantalla HMI.	99
Ilustración 90. Sistema de pesaje INTECONT Tersus.....	99
Ilustración 91. Pantalla para ingresar el setpoint.	100
Ilustración 92 HMI habilitación del modo automático.....	100
Ilustración 93 Pantalla de ubicación de indicadores luminosos en el HMI.....	100
Ilustración 94 Pantalla de ubicación de pulsadores en el HMI.....	101
Ilustración 95 Pantalla de ubicación de selectores en el HMI.	101
Ilustración 96 Planta piloto después del montaje.....	101
Ilustración 97 Tableros eléctricos después del montaje.....	102
Ilustración 98 Montaje estructural de la planta piloto.....	102
Ilustración 99 Montaje del silo de alimentación.....	102

Ilustración 100	Fabricación de tablero de control.....	103
Ilustración 101	Fabricación de tablero de fuerza-.....	103
Ilustración 102	Tablero de control terminado en taller.	104
Ilustración 103	Tablero del variador de velocidad terminado.	104
Ilustración 104	Tolva de almacenamiento de material.....	105
Ilustración 105	Chute de transferencia de material.....	105
Ilustración 106	Sistema Vibratorio para el libre flujo del material.....	105
Ilustración 107	Accionamiento de la faja transportadora.....	106
Ilustración 108	Compuerta de cuchilla.....	106
Ilustración 109	Celda de carga del sistema de pesaje.....	106
Ilustración 110	Compuerta tipo clapeta.....	107
Ilustración 111	Vista lateral de la planta piloto ya instalada.	107
Ilustración 112	Vista Frontal de la planta piloto en las instalaciones de Buenaventura.	108
Ilustración 113	Vista satelital de la ubicación del conveyor belt.....	108
Ilustración 114	Sistema de tracción temporal en planta concentradora.	110
Ilustración 115	Esquema de instalación del sistema de tracción en planta concentradora.....	111
Ilustración 116.	Tablero de control.	120
Ilustración 117.	Tablero del variador de frecuencia para el modo automático.....	120
Ilustración 118.	Tablero de fuerza del Belt Winder para el modo Manual	121
Ilustración 119.	Interior del tablero VFD.	121
Ilustración 120.	Selector de 03 posiciones indicador de modo de operación.	122
Ilustración 121.	Mascara del Tablero de fuerza del Belt Winder	122
Ilustración 122.	Sistemas de parada de emergencia local y a distancia.	123
Ilustración 123.	Tablero de fuerza del Belt Winder.	123
Ilustración 124.	Botonera a distancia “JOG”	124
Ilustración 125.	Botonera a distancia “RUN”	124
Ilustración 126.	Variador de velocidad mecánico.....	125
Ilustración 127.	Equipo enrollador de faja “Belt Winder”.	126
Ilustración 128.	Tablero de control del sistema enrollador	127
Ilustración 129.	Tablero de control completamente armado	128
Ilustración 130.	Borneras de conexión del tablero de control.....	128
Ilustración 131.	Relés de 11 pines Schneider.	128

Ilustración 132. Módulo de expansión entradas analógicas.	129
Ilustración 133. PLC MicroLogix 1100 Marca Allen bradley.....	129
Ilustración 134. Llave termomagnética monofásica.....	129
Ilustración 135. Tablero de variación de velocidad.	130
Ilustración 136. Tablero de variación de velocidad terminado.....	130
Ilustración 137. Borneras de conexionado del tablero de VDF.....	130
Ilustración 138. Reactancia de Línea.....	131
Ilustración 139. Zona de transformación eléctrica.	131
Ilustración 140. Contactores de fuerza.	131
Ilustración 141. Llave termomagnética de caja moldeada.....	132
Ilustración 142. Variador de velocidad PowerFlex 700	132
Ilustración 143. Botonera a distancia.	132
Ilustración 144. Armado de equipo en planta.	133
Ilustración 145. Poleas de tracción.....	133
Ilustración 146. Bastidor base del sistema de cambio de faja.....	133
Ilustración 147. Sistema de cambio de dirección de faja.....	134
Ilustración 148. Equipo enrollador de faja Belt Winder.....	134
Ilustración 149. Motor de 4160 Vac de 250 HP.....	134
Ilustración 150. Tablero de fuerza del equipo enrollador de faja.	135
Ilustración 151. Armado de equipo TDS en planta.	135
Ilustración 152. Pruebas en planta del equipo TDS.	136
Ilustración 153. Montaje de elementos de fijación para pruebas.	136
Ilustración 154. Pruebas finales del sistema de cambio de faja.	137
Ilustración 155. Sistema TDS montado en planta concentradora de Antamina.....	137
Ilustración 156. Poleas motrices del sistema de tracción.	138
Ilustración 157. Tren de reducción del sistema de tracción.....	138
Ilustración 158. Operación de cambio de faja en planta concentradora.....	139
Ilustración 159. Momentos finales de la maniobra de cambio de faja.	139

INTRODUCCION

El presente informe por experiencia profesional en el que describe cuatro proyectos realizados durante los siete años que labore en la empresa Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L. estos proyectos se llevaron a cabo para compañías mineras en el Perú y para una compañía extranjera.

La empresa Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L. está ubicada en la ciudad de Arequipa, y tiene como giro de negocio la gran minería, la industria cementera y la industria alimentaria; esta empresa es una OEM Original Equipment Manufacturer que quiere decir Fabricante de equipo original, a lo largo de mi estadía en esta empresa se realizaron múltiples proyectos para distintas compañías de los cuales escogí tres de ellos los mismos que marcaron mi carrera como profesional.

A lo largo de todos estos años fui rotando de puestos desde practicante del área de instrumentación y control hasta ser jefe y supervisor del Área, es así como fuimos aprendiendo y poniendo en práctica lo aprendido en la Universidad Católica de Santa María, todos estos conocimientos y habilidades aprendidas a lo largo de mi carrera profesional sirvieron para poder diseñar e implementar los sistemas eléctricos, de instrumentación y de control.

En el Capítulo I se especifican cronológicamente roles y funciones, actividades, aprendizaje empírico y formal. También se precisa la experiencia significativa.

En el Capítulo II se describe parte de la historia de la empresa Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L., su organigrama, la misión, la visión y los servicios que brinda.

En el Capítulo III se dan detalles de los trabajos realizados, este capítulo está compuesto por tres partes cada una describe un proyecto realizado para compañías diferentes, cada proyecto describe cuales fueron los métodos realizados para la ejecución de estos. Cuyos planos eléctricos y diagramas en Graffcet de la programación de los mismos se encuentran en los Anexos del proyecto Informe.

En el capítulo IV hago referencia al aporte del autor, el desarrollo profesional que le demandó, las necesidades que se atendieron, la experiencia y la capacitación requerida. Y por último se detallan las conclusiones y también las recomendaciones.



OBJETIVOS

Objetivo General.

- Mostrar el proceso de diseño e implementación de sistemas de automatización y control en proyectos desarrollados durante la experiencia profesional.

Objetivos Específicos.

- Diseñar y automatizar los sistemas eléctricos y electrónicos en la implementación de puentes grúa para la empresa Corrosion Technology International.
- Diseñar e implementar tableros eléctricos y su programación aplicada a un elevador de carga para la empresa Yura S.A.
- Automatizar la planta dosificadora de pirita para la compañía minera Buenaventura
- Programar y controlar la tensión de faja de equipo Belt Winder para la reposición de faja Overland de 12 km de extensión de la compañía minera Antamina.
- Aplicar normas internacionales para el desarrollo de ingeniería de dichos proyectos.
- Emplear el conocimiento adquirido para la selección de componentes electrónicos en los diferentes proyectos dependiendo de su naturaleza.

CAPÍTULO I. TRAYECTORIA PROFESIONAL

La trayectoria profesional se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 1 *Experiencia Laboral*

Cargo	Periodo	Proyectos Realizados
Prácticas Pre-Profesionales: Cargo: Practicante de Instrumentación y control. Empresa: Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L.	Agosto 2011 – agosto 2013	Válvulas Desviadores Compuertas Neumáticas. Puente grúa con control inalámbrico. Zarandas Vibratorias.
Cargo: Asistente de Instrumentación y control. Empresa: Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L.	Agosto 2013 – agosto 2014	Puente grúa de 12.6 TM en configuración Tándem. Distribuidor de carga de mineral. Sistema de cambio de fajas (TDS).
Cargo: Jefe de Instrumentación y control. Empresa: Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L.	Agosto 2014 – agosto 2016	Elevador de carga de 1500 Kg. Subestación eléctrica de 500 KVA. Enrollador mecánico de fajas (Belt Winder).
Cargo: Jefe de Instrumentación y control. Jefe de Proyectos. Empresa: Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L.	Agosto 2016 – marzo 2019	Planta de procesamiento de pirita. Plataformas hidráulicas de elevación. Belt Winder hidráulico Trituradores de grumos. Grizzlys Vibratorios.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2 Formación

Educación superior – Grado obtenido: Bachiller (abril-2015) Ingeniería Electrónica – Especialidad de automatización y control. Universidad Católica de Santa María.	Marzo 2010 - Abril 2015
Educación Secundaria Colegio de Ciencias Alexander Fleming.	Marzo 2003 - Dic 2007

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3 Idiomas

Ingles Nivel Intermedio, Centro de idiomas Universidad Católica de Santa María	Marzo 2014 - Diciembre 2014
Ingles Nivel Avanzo, Centro de idiomas MICHIGAN CORPORATION.	Agosto 2017 - Marzo 2018

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4 Otros conocimientos

Lenguajes de Programación:	Visual Basic, Visual C++, Assembler, Ladder (Allen Bradley y Siemens), Java, LabVIEW y Matlab.
Sistemas Operativos.	Windows 98, Windows 2000, Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8, Windows 10, Linux, IOS.
Otros.	Office, Visio, MS Project.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO II.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

2.1 Empresa – Actividad Realizada

Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L. es una OEM (Original Equipment Manufacturer) es decir es un fabricante de equipo original que se encarga de dar soluciones integrales para la industria minera, cementera y alimentaria. Estas soluciones son multidisciplinarias en el campo de la ingeniería Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Metalúrgica y de Proceso.

a) Datos de la Empresa

- Razón Social: FABRICACIONES TECNOLOGICAS E.I.R.L.
- Domicilio Legal: Calle Leoncio Prado Mz-4 Lote 13 SRP Cerro Colorado, Arequipa – Perú.
- Teléfono: (51-54) 44 61 29
- RUC: 20498175920

b) Principales Clientes

- Compañías Mineras en todo el Perú.
- Compañías Cementeras en todo el sur del Perú.
- Compañías Alimentarias en todo el sur del Perú.
- Compañías Cementeras en Bolivia.
- Industria en general.

c) Principales Proveedores

- Distribuidores locales de Acero.
- Distribuidores de rodamientos.
- Distribuidores de equipos electrónicos en marca Allen Bradley.
- Distribuidores de equipos electrónicos en marca Siemens.
- Distribuidores de recubrimiento superficial.
- Fabricantes de componentes hidráulicos
- Fabricantes de componentes neumáticos.
- Fabricantes de motores eléctricos.

d) Mercado

- La participación de Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L. se da en los mercados de negocio de gran minería, industria cementera, industria alimenticia e industria pequeña y mediana.

2.2 Visión Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L

“Ser la empresa tecnológica líder en la fabricación de productos que cubran los requerimientos de la industria en general, innovando y desarrollando productos que cubran la demanda de los mercados con altos estándares de calidad.”

2.3 Misión Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L

Diseñar y desarrollar soluciones en equipos metalmecánicos diversos con altos estándares de calidad, integrando tecnología, sistemas y capital humano a fin de garantizar la optimización de los recursos, el desarrollo continuo de la empresa y la plena satisfacción de nuestros clientes, proveedores y trabajadores. (*FABRITEC, 2013*)

2.4 Organización de la Empresa Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L

Se muestra el organigrama de Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L., correspondiente al periodo en que la organización implemento su sistema de Gestión de Calidad (SGC).

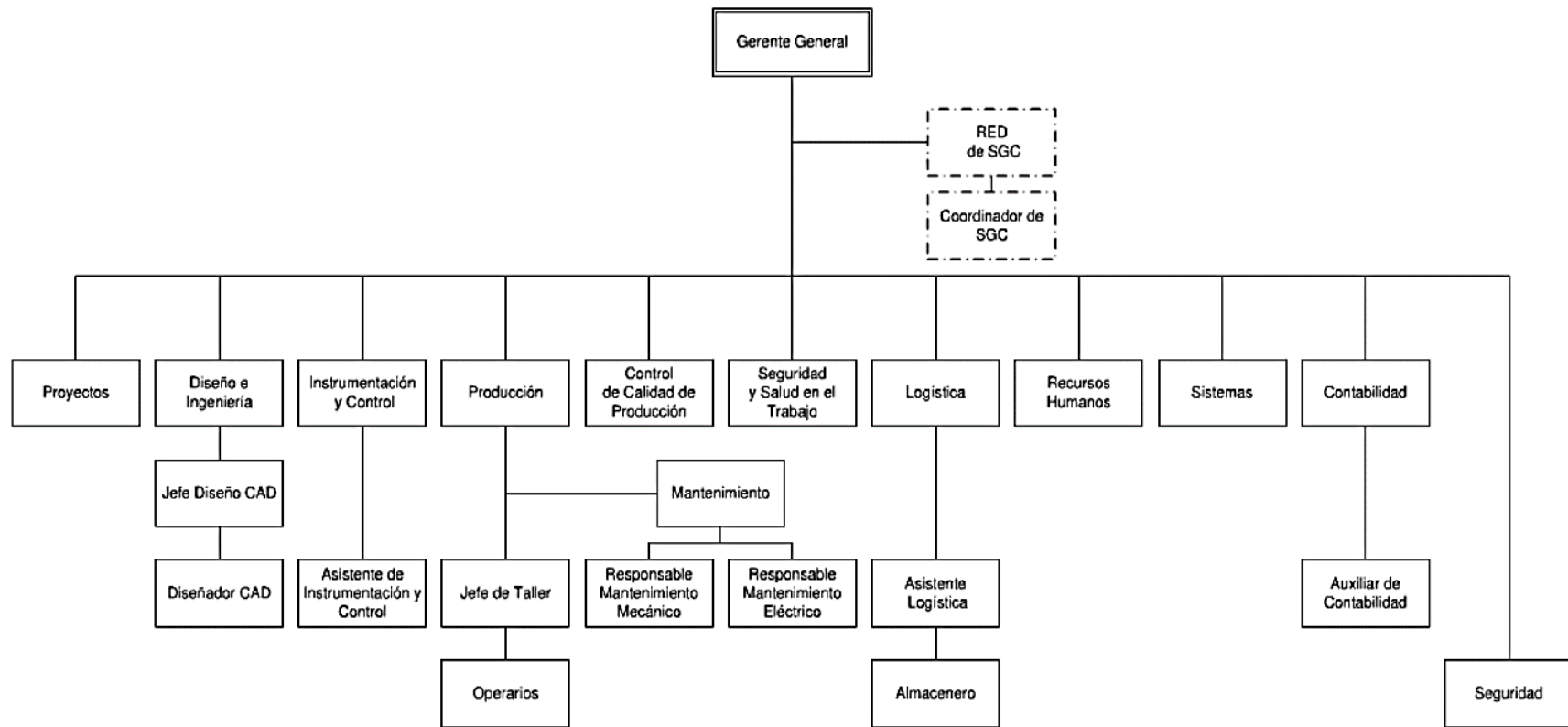


Ilustración 1 Organigrama de la empresa.

Fuente: RRHH Fabricaciones Tecnológicas

2.5 Área, Cargo y Funciones Desempeñadas

El autor del presente informe de experiencia profesional a lo largo de los años de permanencia se desempeñó como Practicante del área Instrumentación y control, asistente del área de instrumentación y control, jefe del área de instrumentación y control, jefe del área de proyectos.

2.6 Experiencia Profesional Realizada en la Organización

A continuación, se muestran las funciones realizadas dentro de la organización. Siendo practicante del área de instrumentación se realizaron las siguientes funciones:

- Armado de tableros eléctricos.
- Mantenimiento eléctrico de máquinas.
- Armado de tableros de instrumentación.
- Mantenimiento eléctrico de herramientas.

Siendo Asistente del área de instrumentación se realizaron las siguientes funciones:

- Elaboración de planos eléctricos.
- Elaboración de planos PI&D.
- Elaboración de planos de control.
- Programación de PLC.
- Programación de Variadores de Frecuencia VDF.
- Armado de tableros.
- Montaje eléctrico y de instrumentación.

Siendo jefe del área de instrumentación se realizaron las siguientes funciones:

- Elaboración de Ingeniería básica.
- Elaboración de Ingeniería de detalle.
- Diseño eléctrico de los equipos.
- Diseño de instrumentación y control de los equipos.
- Desarrollo de memoria de control.
- Desarrollo de manuales de operación y de mantenimiento.
- Supervisión a los asistentes de instrumentación.
- Supervisión en los montajes de los equipos.
- Supervisión en la puesta en marcha y operación.

Siendo jefe del área de Proyectos se realizaron las siguientes funciones:

- Elaboración de presupuestos.
- Elaboración de cotizaciones.
- Elaboración de concepción de diseño de los equipos.
- Elaboración de cronograma.
- Supervisión de la ejecución del proyecto.
- Gestión del proyecto con los clientes.
- Implementación y supervisión de la implementación del programa 5S.

2.7 Normatividad y Especificaciones aplicadas

2.7.1 Normativa utilizada

En la Actualidad existen varias normas vigentes en las que se especifican las formas de preparar la documentación electrotécnica. En estas normas priorizan la fomentación de símbolos gráficos y las reglas numéricas o alfanuméricas que deben ser utilizadas para determinar el tipo y clase de aparata eléctrico o electrónico y así poder diseñar los esquemas eléctricos. (A. Francisco, 2003)

El buen uso de estas normas internacionales permite mitigar todo tipo de riesgos de confusión y permite un mejor entendimiento, la puesta en marcha y el mantenimiento de los equipos eléctricos.

Las normas aplicadas son las siguientes:

La norma internacional IEC 61082: Preparación de la documentación usada en electrotecnia.

- IEC 61082-1 (diciembre de 1991): Parte 1: Requerimientos generales.
- IEC 61082-2 (diciembre de 1993): Parte 2: Orientación de las funciones en los esquemas.
- IEC-61082-3 (diciembre de 1993): Parte 3: Esquemas, tablas y listas de conexiones.
- IEC 61082-4 (marzo de 1996): Parte 4: Documentos de localización e instalación. (A. Francisco, 2003)
- La norma europea EN 60617 aprobada por la CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica) y la norma española armonizada con la anterior

(UNE EN 60617), así como la norma internacional de base para las dos anteriores (IEC 60617) (CEI 617:1996), definen los símbolos gráficos para esquemas:

- EN 60617-2 (junio de 1996): Parte 2: Elementos de símbolos distintivos y otros símbolos de aplicación general.
- EN 60617-3 (junio de 1996): Parte 3: Conductores y dispositivos de conexión.
- EN 60617-4 (junio de 1996): Parte 4: Componentes pasivos básicos.
- EN 60617-5 (junio de 1996): Parte 5: Semiconductores y tubos de electrones.
- EN 60617-6 (junio de 1996): Parte 6: Producción, transformación y conversión de la energía eléctrica.
- EN 60617-7 (junio de 1996): Parte 7: Aparatos y dispositivos de control y protección. EN 60617-8 (junio de 1996): Parte 8: Aparatos de medida, lámparas y dispositivos de señalización.
- EN 60617-9 (junio de 1996): Parte 9: Telecomunicaciones: Equipos de conmutación y periféricos.
- EN 60617-10 (junio de 1996): Parte 10: Telecomunicaciones: Transmisión.
- EN 60617-11 (Junio de 1996): Parte 11: Esquemas y planos de instalaciones arquitectónicas y topográficas.
- EN 60617-12 (Diciembre de 1997): Parte 12: Elementos lógicos binarios.
- EN 60617-13 (febrero de 1998): Parte 13: Operadores analógicos. (A. Francisco, 2003)

La norma internacional IEC 60445 (octubre de 1999) Versión Oficial en español – Principios fundamentales y de seguridad para interfaz hombre – máquina, el marcado y la identificación. Identificación de los bornes de equipos y de los terminales de ciertos conductores designados, y reglas generales para un sistema alfanumérico. (A. Francisco, 2003).

Los comités de normalización implicados en estas normas:

- CEI o IEC (International Electrotechnical Commission), comité internacional electrotécnico. Se estableció en 1906 para elaborar normas internacionales con el objetivo de promover la calidad, la aptitud para la función, la seguridad, la reproductibilidad, la compatibilidad con los aspectos medioambientales de los

materiales, los productos y los sistemas eléctricos y electrónicos. En la actualidad forman parte de IEC, 51 comités nacionales. CEI(2015)

- CEN (Comité Europeo de Normalización). Normas Europeas (EN). Creado en 1961 para el desarrollo de tareas de normalización en el ámbito europeo para favorecer los intercambios de productos y servicios, está compuesto por los organismos de normalización de los quince Estados miembros de la Unión Europea (AENOR por España) y tres países miembros de la Asociación Europea de libre cambio (AELC/EFTA). CEN(2015)
- CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica) Comenzó sus actividades de normalización en el campo electrónico y electrotécnico en 1959. Este compuesto por los organismos de normalización de los quince Estados miembros de la Unión Europea (AENOR por España) y tres países miembros de la Asociación Europea de Libre Cambio (AELC/EFTA). CENELEC(2015)
- AENOR es responsable de adoptar como normas UNE (Normas Españolas) todas las normas europeas que se elaboren en el seno de CEN y CENELEC, y de su posterior difusión, distribución, promoción y comercialización, con el objetivo de colaborar en la consecución del Mercado Interior eliminando las barreras técnicas creadas por la existencia de normas diferentes en los distintos Estados miembros de la Unión Europea. AENOR(2015)

2.7.2 Programación utilizada

El software de un PLC (Controlador lógico programable), se compone principalmente de:

- Un sistema operativo
- Un entorno de programación que pueda soportar los lenguajes de programación.

A menudo, los PLC contiene también librerías con módulos de programación suplementarios en su memoria para otro tipo de operaciones más específicas. Millor,N.(2009).

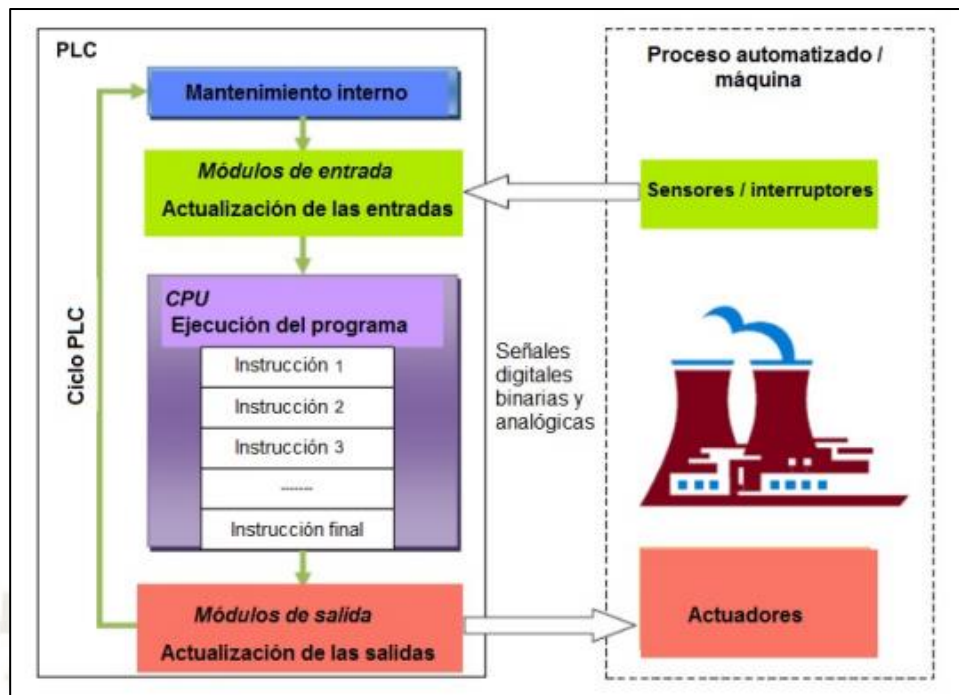


Ilustración 2 Ciclo de escaneo típico de un PLC

Fuente: <http://www.ieec.uned.es>, 2011

El lenguaje de programación es un lenguaje formal diseñado para expresar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como puede ser un ordenador. En el caso de los PLCs, los lenguajes de programación surgieron junto al mismo tiempo que la aparición del primer PLC, en 1968. Así se explica porque no se utilizaron para este fin lenguajes de programación de alto nivel como Pascal y C e, en su lugar, se emplearon otros lenguajes más simples y fáciles de entender, como podremos ver a continuación. Millor, N.(2009).

- Diagrama de funciones secuenciales (SFC) – un lenguaje de bloques de funciones secuenciales;
- Diagrama de bloques de funciones (FBD) – un lenguaje de diagrama de bloques secuenciales;
- Diagrama de tipo escalera (LAD) – un lenguaje de diagramas de relés (denominado de tipo escalera);
- Texto estructurado (ST) – un lenguaje de alto nivel como el del tipo de texto estructurado (similar a C y, sobre todo a Pascal);
- Lista de instrucciones (IL o STL) – lenguaje de tipo ensamblador con uso de acumuladores.

En resumen, los lenguajes de programación para PLC son de dos tipos, visuales y escritos. Los visuales (SFC, FBD y LAD) admiten estructurar el programa por medio de símbolos gráficos, similares a los que se han venido utilizando para describir los sistemas de automatización, planos esquemáticos y diagramas de bloques. Sin embargo, los escritos (ST e IL o STL) son listados de sentencias que describen las funciones a ejecutar. *IEEE (2011)*

El lenguaje de programación utilizado es el diagrama de tipo escalera (LAD) este tipo de programación es un lenguaje gráfico, y lo soportan la mayoría de PLCs en especial los PLCs utilizados en gran minería, como los PLCs de la marca Allen Bradley.

Dentro de usos características principales se encuentra el uso de barras de alimentación y elementos de enlace y estados; la posibilidad de utilizar contactos, bobinas y bloques funcionales; así como de evaluar las redes en orden, de arriba abajo o de izquierda a derecha. Este lenguaje es el más utilizado en la industria debido a simplicidad, soporte, disponibilidad y legado. *IEEE (2011)*

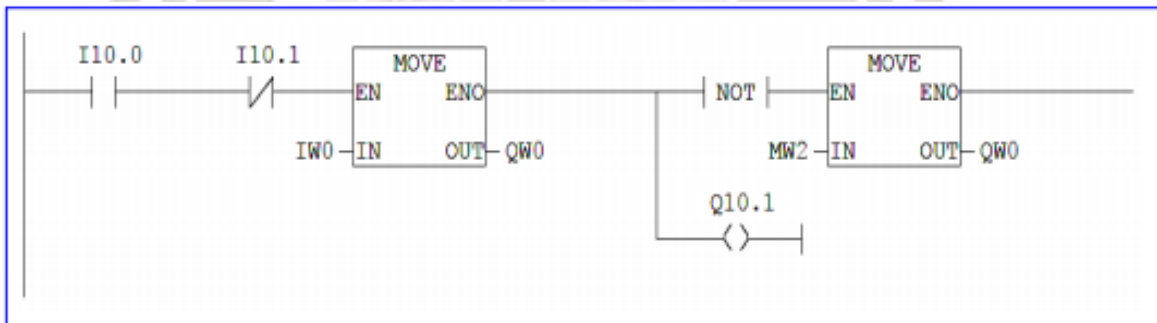


Ilustración 3 Extracto de programa realizado con lenguaje de tipo LAD.

Fuente: Elaboración propia, (2013)

Programación en Grafcet:

El término GRAFCET es el acrónimo tanto de Graph Fonctionnel de Commande Etape-Transition (en español, grafo funcional de control etapa-transición) y de graphe du groupe AFCET (gráfico del grupo AFCET).

La norma IEC 60848:2002 define al GRAFCET como un lenguaje que permite modelar el comportamiento de la parte secuencial de un sistema automatizado, Su concepción deriva de un modelado gráfico más general, las redes de Petri y, actualmente, es una de las mejores herramientas, por su sencillez y expresividad, para representar sistemas de fabricación automatizados. (Guerrero, 2019)

Niveles de Grafcet:

- Grafcet de nivel 1: Descripción global poco detallada del automatismo que permite entender en poco tiempo su funcionamiento general. Es, por ejemplo, el nivel de detalle que las entidades financieras quieren conocer para decidir la inversión. Los Grafcet de nivel emplean descripciones en lenguaje natural para describir las acciones y transiciones y no contiene referencias a las tecnologías que se van a utilizar.
- Grafcet de nivel 2: Descripción de la tecnología. El grado de detalles en las descripciones debe ser lo suficientemente operativo para que todas las tecnologías empleadas en el automatismo (relés normales de enclavamiento, válvulas neumáticas normales o biestables, pulsadores, contactores etc.) queden representadas. Para este nivel y el anterior se suelen emplear la especificación GRAFCET de la norma IEC 60848.
- SFC de nivel 3: Descripción de la realización del automatismo: nivel de implementación. Para ello resulta adecuado la norma IEC 61131-3 que especifica un lenguaje de programación gráfico completo (diagrama SFC). (Guerrero, 2019)

Para el presente Proyecto Informe se desarrolló en Grafcet Nivel 3, debido a sugerencia del asesor de Proyecto por considerar que es desarrollo intelectual de la empresa.

CAPÍTULO III

3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

3.1. Proyectos más representativos desarrollados

A lo largo de mi estancia en la empresa Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L. se desarrollaron infinidad de proyectos para diversos clientes los cuales enumerare por cliente en la siguiente tabla.

Tabla 5 *Proyectos desarrollados – Sección A*

Cargo	Nombre del proyecto	Cliente
Practicante del área de instrumentación y control	Tablero de Distribución y transferencia de energía	Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L.
Practicante del área de instrumentación y control	Zarandas Vibratorias	Yura S.A.
Practicante del área de instrumentación y control	Válvulas desviadoras de flujo vertical	Yura S.A.
Practicante del área de instrumentación y control	Compuertas Neumáticas	Yura S.A.
Practicante del área de instrumentación y control	Puente Grúa de 5 TM con control inalámbrico	Deposito San Luis.
Asistente del área de instrumentación y control	Puentes Grúa de 12.6 TM en configuración Tándem	Corrosión Technology.
Asistente del área de instrumentación y control	Grúa de columna giratorio de brazo extendible de 5 TM	Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L.

Asistente del área de instrumentación y control	Distribuidor de carga de mineral.	Compañía Minera Antamina.
Asistente del área de instrumentación y control	Sistema de cambio de fajas, Temporary drive Station(TDS).	Compañía Minera Antamina.
Asistente del área de instrumentación y control	Sistema hidráulico cargador de bolas.	Yura S.A.
Jefe del área de instrumentación y control	Elevador de Carga de 1500 Kg.	Yura S.A.
Jefe del área de instrumentación y control	Subestación eléctrica de 500 KVA.	Metalúrgica Química S.A.C.
Jefe del área de instrumentación y control	Compuertas hidráulicas desviadoras de flujo.	Compañía Minera Antamina.
Jefe del área de instrumentación y control	Enrollador Mecánico de Fajas (Belt Winder)	Compañía Minera Cerro Verde.
Jefe del área de Proyectos.	Planta piloto de procesamiento de pirita.	Compañía Minera Buenaventura.
Jefe del área de Proyectos.	Compuertas Neumáticas de Alta temperatura	Sociedad Boliviana de Cemento. SOBOCE.
Jefe del área de Proyectos.	Elevador de carga de 5 TM con altura de elevación de 33 metros	Granja Rinconada del Sur – San Fernando.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 *Proyectos desarrollados – Sección B*

Cargo	Nombre del proyecto	Cliente
Jefe del área de Proyectos.	Plataformas Hidráulicas de elevación	Compañía Minera Cerro Verde.
Jefe del área de Proyectos.	Belt Winder de accionamiento hidráulico.	AQP Service.
Jefe del área de Proyectos.	Trituradores de grumos para cemento	Yura S.A.
Jefe del área de Proyectos.	Grizzly Vibratorio	Compañía Minera Antamina.

Fuente: Elaboración propia

3.2 Puentes grúa de 12,6 TM en configuración tándem.

3.2.1 Antecedentes

La empresa Corrossion Technology International a través de la empresa Metalúrgica Química SAC. Se contactó con Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L. en el año 2011 solicitó el diseño y fabricación de una nave industrial para la fabricación de las celdas electrolíticas.

La empresa Corrossion Technology International es una empresa de capitales norteamericanos, con más de 30 años en el mercado internacional líder en la industria de diseño, ingeniería y fabricación de celdas electrolíticas de concreto polímero.

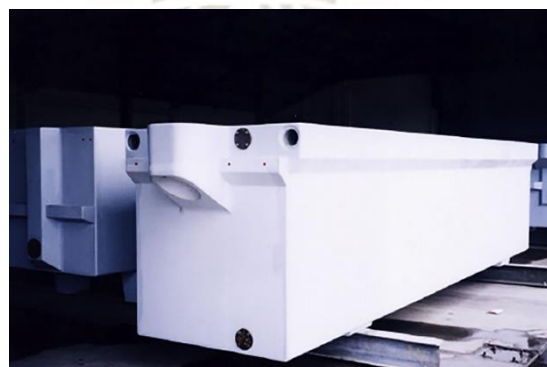


Ilustración 4. *Celdas Electrolíticas fabricadas por Corrossion Technology International.*

Fuente: Corrossion Technology International, 2011

3.2.2 Planteamiento

Al ver la necesidad del cliente, se propuso el diseño de una nave industrial a porticada de 20 metros de luz y 50 metros de longitud, teniendo un área de útil de trabajo de 1250 metros cuadrados y una altura útil de 10 metros; para el transporte de estas celdas electrolíticas de concreto se propuso 02 puentes grúa, con un total de 04 polipastos, que cubren una luz de 19700 mm en forma transversal y 48600 en forma longitudinal. Para el desarrollo de sus actividades la planta necesitó dos puentes grúa de 12.6 ton de capacidad cada uno, montados en disposición doble; quedando con dos polipastos de 6.3 ton. de capacidad por puente; los puentes estuvieron montados de forma que cada dos de ellos comparten el mismo desplazamiento longitudinal, sin embargo, se mantuvieron independientes en el movimiento transversal, esto permitió la maniobra de cargas de muy grandes dimensiones y peso.

Sistema de dos vigas carrileras de acero ASTM A36 laminadas en caliente tipo “W” de sección normalizada, apoyadas sobre las columnas y montadas longitudinalmente, una a cada lado en los costados de la estructura, en estas vigas se desplazan las vigas testeras de todo el puente, rodando sobre este conjunto de rieles nivelados y alineados. El puente también está compuesto por dos vigas del tipo cajón de sección normalizada obtenidas por proceso de soldadura de planchas de acero ASTM A36, estas vigas se posicionan en forma perpendicular al eje longitudinal de la nave; ambas vigas descansan por sus extremos en dos vigas testeras respectivamente; en la parte superior de estas dos vigas se desplaza el carrito que moviliza al polipasto.

Las vigas testeras permiten cubrir el desplazamiento en el sentido longitudinal del puente de toda la carga, gracias a un conjunto de ruedas normalizadas accionadas mediante motorreductores ubicados en cada viga; los motorreductores son marca sew-eurodrive. El carrito de traslación transversal del polipasto fabricado en perfiles de acero ASTM A36 tipo “W”, de igual forma poseen en cada extremo dos vigas testeras con accionamiento eléctrico mediante motorreductor sew-eurodrive.

Las velocidades de traslación longitudinal y transversal del puente grúa están normalizadas de acuerdo con normalización industrial para equipos de elevación en naves industriales de proceso. Para la realización de trabajos de mantenimiento e inspección del puente grúa se instaló una escalera de gato normalizada con guarda de protección y

plataforma de trabajo con sistema de barandas normalizadas ubicada en un extremo de la nave. El acabado superficial de elementos estructurales con recubrimiento epóxico de 8 mils de espesor de película seca previa preparación de superficies de acuerdo con especificaciones SSPC-SP6.

3.2.3 Ingeniería desarrollada

En el área de instrumentación y control se realizaron los siguientes trabajos de ingeniería:

Diagrama del equipo.

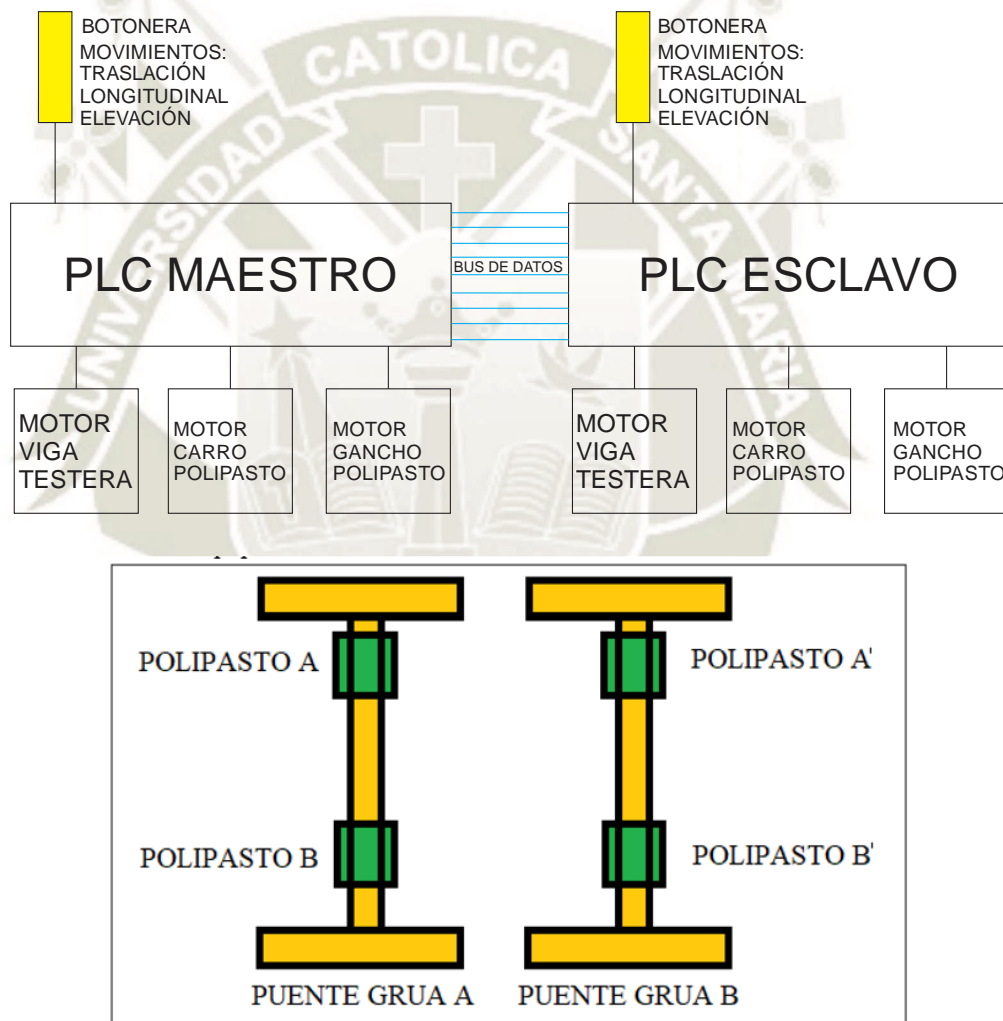


Ilustración 5 Diagrama de Equipo

Fuente: Elaboración propia, (2013)

Selección de polipasto.

Los polipastos son máquinas con poleas o engranajes usadas en la industria (talleres, almacenes, etc.) para cargar, descargar, levantar, mover, colocar o almacenar cargas de manera que se debe aplicar una fuerza menor a la de la carga que se desea manipular. (Ernst, 1970)

Existen diferentes tipos de polipastos dependiendo del uso y forma de trabajo, tales como polipastos de cadena, polipastos de cable, manuales o eléctricos. En esta aplicación por contar con una gran altura de trabajo el fabricante recomienda usar polipastos de cable.

El diseño sugerido por el área de ingeniería es un polipasto birriel de cable, una de las mejores marcas de polipastos en el mercado es Stahl Crane Systems es por eso y por temas de eficiencia al momento de elevar cargas estos equipos son los más laureados a nivel mundial por lo que se seleccionó el siguiente polipasto con las siguientes características.

- Capacidad del polipasto: 6300 Kg.
- Velocidad baja de Operación: 0.8 m/min.
- Velocidad alta de Operación: 4.8 m/min.
- Altura de elevación: 10 m.
- Potencia del equipo: 5.4 Kw.
- Tipo de polipasto: Polipastos de cable 4/1.
- Código del polipasto: SH 4016-16-4/1-L3.
- Peso del polipasto: 220 Kg.

STAHL
CraneSystems



® "einrillig" 1/1, 2/1, 4/1
"single-grooved" 1/1, 2/1, 4/1
"à simple enroulement" 1/1, 2/1, 4/1

Seilzüge SH
SH wire rope hoists
Palans à câble SH



kg	ISO	m	m/min	ESR	50 Hz (60 Hz)				50 Hz (60 Hz)		50 Hz (60 Hz)		Spurweite/Track gauge/Empattement [mm] *								
					Typ Type	kW	*1	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg		
																				kg	kg
5000	M5	6	0,1..5 (0,12..6)	7,5	SHF 4012-20 4/1	L2	4,5 (5,4)	4HS3	193	1/51	318	1/59	348	353	-	383	-	-	-	1/66	
		10				L3		208		345		-	373	388	403	-	-	-	-		
	M5	12	0,2..10 (0,24..12)	15	SHF 5025-20 2/1	L2	9,0 (11,0)	4HS5	388	1/52	713	1/60	683	693	-	738	768	-	-	1/67	
		20				L3		418		753		-	713	736	758	788	-	-	-	-	
	M5	20	0,32..16 (0,38..19)	24	SHF 5025-32 2/1	L2	15,0 (18,0)	4HS7	423	1/52	805	1/60	718	728	-	773	803	-	-	1/67	
		40				L3		453		851		-	748	771	793	823	-	-	-	-	
	M5	17	0,2..10 (0,24..12)	15	SHRF 6025-20 2/1	L2	9,0 (11,0)	4HS5	741	1/53	1291	1/62	1081	1101	1131	1176	1231	1266	-	-	1/69
		28,5				L3		796		1451		-	1141	1181	1221	1276	1311	1421	-	-	-
	M5	57	0,32..16 (0,38..19)	24	SHRF 6025-32 2/1	L4			986		1701		-	-	-	-	1336	1391	1421	-	-
		85,5				L5		1051		-	-	-	-	-	1641	1671	-	-	-	-	-
M5	17	0,32..16 (0,38..19)	24	SHRF 6025-32 2/1	L2	15,0 (18,0)	4HS7	776	1/53	1326	1/62	1116	1136	1166	1211	1266	1301	-	-	1/69	
	28,5				L3		831		1486		-	1176	1216	1256	1311	1346	-	-	-	-	
M5	57	0,4..20 (0,48..24)	30	SHRF 6025-40 2/1	L4			1021		1736		-	-	-	-	1371	1426	1456	-	-	
	85,5				L5		1086		-	-	-	-	-	1706	1736	-	-	-	-	-	
M5	24	0,32..16 (0,38..19)	24	SHF 6050-16 1/1	L2	15,0 (18,0)	4HS7	826	1/54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	40				L3		831		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M5	80	0,4..20 (0,48..24)	30	SHF 6050-20 1/1	L4			1131		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	120				L5		1246		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6300	M4	6	0,6/4 (0,8/4,8)	-	SH 4016-16 4/1	L2	0,7/4,5 (0,9/5,4)	H42	205	1/51	330	1/59	360	365	-	395	-	-	-	1/66	
		10				L3		220		357		-	-	400	415	-	-	-	-		
M4	6	1/6,3	-	SH 4016-25 4/1	L2	1,2/7,5 (1,4/9,0)	H62	229	1/51	354	1/59	384	389	-	419	-	-	-	1/66		
	10	(1,2/7,5)			L3		244		381		-	-	424	439	-	-	-	-	-		

Ilustración 6 Tabla de selección de componentes.

Fuente: STAHL Crane Systems ,2009



Ilustración 7. Polipasto seleccionado.

Fuente: STAHL Crane Systems

Cálculo de los motores de traslación del puente. Para el cálculo del motor eléctrico de traslación debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Diámetro de la rueda: 400 mm.
- Peso de los polipastos: 440 Kg.
- Carga Actuante: 12 600 Kg.
- Peso de la viga birriel: 10 165 Kg.

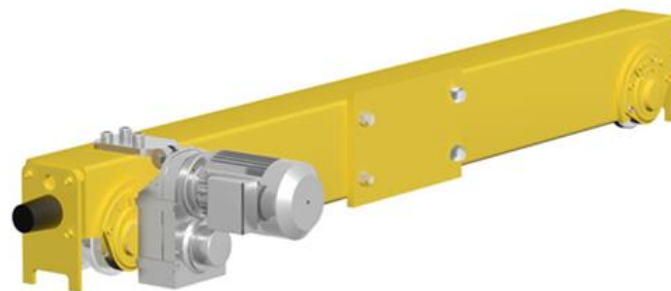


Ilustración 8. Motor de traslación de viga testera.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL,(2013)

Para el cálculo de potencia debemos tener en consideración que el peso total se divide en las 04 ruedas totales de las 02 vigas testeras.

El peso máximo por trasladar es de:

$$W_{max} = 23\ 205\ Kg$$

El peso que se ejerce en cada rueda es de:

$$W_{rueda} = 58\ 01.25\ Kg$$



Calculando la resistencia a la Rodadura según la siguiente tabla (Ernst, 1970):

Tabla 7 Resistencia a la rodadura W y W_{tot} (kg por tonelada de reacción) (Ernst, 1970)

Diametro de la rueda (y del eje) (mm)			200	250	320	400	500	630	710	800	900	1000	1120	1250
			(55)	(60)	(70)	(80)	(90)	(100)	(110)	(125)	(140)	(160)	(180)	(200)
W	para ruedas sobre	cojinetes de bronce	27.0	23.0	21.0	18.5	16.5	14.5	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
		rodamientos	5.5	4.5	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0
W _{tot}	para ruedas sobre	cojinetes de bronce	32.0	28.0	26.0	23.5	21.5	19.5	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
		rodamientos	10.5	9.5	8.5	8.0	7.5	7.0	7.0	6.5	6.5	6.5	6.0	6.0

Fuente: (Ernst, 1970)

De acuerdo con la tabla 6 al usar una rueda de 400 mm de diámetro tenemos una reacción de 8 kg por tonelada de reacción.

$$W_{total} = 8 \text{ Kg por tonelada de reaccion.}$$

$$W_{c/rueda} = 46.41 \text{ Kgm}$$

El conjunto de las cuatro ruedas genera una resistencia total igual a:

$$W_{conjunto} = 185.64 \text{ Kgm}$$

La velocidad de operación es de 29 m/min

$$V_t = \omega \times r$$

Donde V_t es: Velocidad de operación.

ω es: Velocidad Angular.

R es: radio de la rueda

$$\omega = \frac{v_t}{r}$$

$$\omega = \frac{0.483 \text{ m/s}}{0.2 \text{ m}}$$

$$\omega = 2.416 \text{ rad/s}$$

La potencia del motor considerando el uso de 02 motores es:

$$P_{motor} = \frac{W_{conjunto}}{2} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times \omega$$

$$P_{motor} = \frac{185.64}{2} \times 2.416 \times 9.81$$

$$P_{motor} = 2199.92 \text{ W}$$

La potencia del motor sería 2.2 Kw, luego procedemos al cálculo del reductor:

Velocidad angular

$$\omega = 2.416 \text{ rad/s}$$

Conversión de rad/s a RPM

$$\omega = 2.416 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}$$

$$\omega = 23 \text{ RPM}$$

Luego obtenemos el índice de reducción:

$$i = \frac{\text{Velocidad Entrada}}{\text{Velocidad Salida}}$$

$$i = \frac{1750 \text{ rpm}}{23 \text{ rpm}}$$

$$i = 76.08$$

El reductor seleccionado es un reductor de ejes paralelos en marca SEW cuyos datos se encuentran en la siguiente imagen.

Datos técnicos		
FA27AM71		
Características	Valor	Unidad
Velocidad	1750 / 23	1/min
Índice de reducción total	77,21	
Par de salida Mamax	130	Nm
MamaxG	130	Nm
Posición de montaje	M1	
Pintura imprimación/CapaFinal	7031 Gris azulado (51370310)	
Eje de salida	25	mm
Agujero del lado de entrada(D1 x L1)	14 x 30	mm
Adaptador del diametro de brida (G5)	160	mm
Salida de carga radial permitida a n=1750	4500	N
Cantidad de lubricante 1er reductor	0,6	Litro
Momentos de inercia de masa (en referencia al lado de entrada)	0,63	10 ⁻⁴ kgm ²
Peso neto	9,4	Kg
Opciones 1er reductor		
Sin caperuza de seguridad		



Datos de referencia

Su n° de material

Comentarios

Ilustración 9 Características técnicas reductor.

Fuente: [Online]. Available: [http:// www.sew-eurodrive.com.pe](http://www.sew-eurodrive.com.pe),(2013)

Selección de componentes del tablero eléctrico.

- Potencia Total Consumida es de 4.4 Kw.
- Voltaje de alimentación: 380 Vac.
- Selección de variador de velocidad powerflex 70 en la marca Allen Bradley debido a su alto performance en la industria minera y cementera nacional con los siguientes valores:
- Input Voltage: 400 VAC, 3PH.
- Power: 7.5 kW Normal Duty, 5.5 kW Heavy Duty.
- Output Current: 15.4 Amps.
- Enclosure: Panel Mount – IP20 / NEMA Type 1.
- Frame Size: Frame Size C.
- Code: 20AC015A0AYNANC0

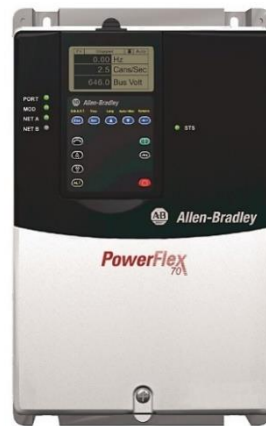


Ilustración 10. Variador de frecuencia Powerflex 70

Fuente: [Online]. Available: <https://ab.rockwellautomation.com/>,(2013)


- Llave termomagnética trifásica principal es de 32 A.
- Llave termomagnética trifásica circuito de potencia es de 20 A.
- Llave termomagnética monofásica circuito de mando es de 16 A.
- Transformador de 3 A. de 380 Vac – 110 Vac.
- Controlador lógico programable Micro Logix 1200.
- Módulo de expansión 8 entradas.
- Módulo de expansión 16 salidas.



Ilustración 11. Controlador lógico programable Micro Logix modelo 1200.

Fuente: [Online]. Available: <https://ab.rockwellautomation.com/>,(2013)

- Sensores de cruceta en marca Telemecanique, estos sensores se encargan de las paradas normales y paradas para bajar la velocidad.
- Sensor de medición de distancia laser, la función de este sensor es que los dos puentes grúa no lleguen a colisionar.
- Sensores finales de carrera.
- Cableado de interconexión.
- Cable plano Festoon es un cable móvil que permite la interconexión del puente grúa con los tableros estacionarios.



Product Information



ÖLFLEX® LIFT F



Page 1 of 3


Valid: 091123

Product Description

Flat cables need less space than round cables; Considerably smaller bending radii are possible than with round cables



Application range

- In conveyor and hoist equipments as well as transport installations
- Indoor cranes and high rack facilities
- As supply line for moving machine parts
- According to VDE definition can also be used as elevator control cable up to 35 m suspension length with a maximum travelspeed of 1.6 m/sec

Benefits

- Flat cables need less space than round cables
- Considerably smaller bending radii are possible than with round cables

Design

- Strands of bare copper wires
- Core insulation: Based on PVC
- PVC based outer sheath

Ilustración 12 DataSheet Cable Festoon – Parte 1

Fuente: CE RoHS,(2013)

Technical Data

Core identification code

Up to 5 cores: According to VDE 0293-308
(Appendix T9)
Starting at 6 cores: Black with white numbers

Based on

VDE 0281 (H05VVH6-F oU H07VVH6-F)

Specific insulation resistance

> 20 GOhm x cm

Conductor stranding

According to VDE 0295 Class 5 or 6 / IEC 60228
Class 5 or 6

(Single wire diameter, see table below)

Minimum bending radius

Flexible use: 10 x cable thickness

Rated voltage

Up to 1.0 mm²: U0/U: 300/500 V
From 1,5 mm²: U0/U: 450/750 V

Test voltage

3000 V

Protective conductor

G = with protective conductor GN/YE

X = without protective conductor

Range of temperature

Flexible use: 0°C to +70°C (1.0 mm²)

Flexible use: -15°C up to +70°C (from 1.5 mm²)

Article List

Part number	Number of cores and mm ² per conductor	Single wire diameter in mm	Overall width in mm approx.	Thickness in mm	Copper index kg/km	Weight kg/km approx.
ÖLFLEX® LIFT F Rated voltage U0/U: 300/500 V, Temperature range: 0°C to +70°C						
0042020	12 G 1	0.21	35	4.3	115	392
0042021	16 G 1	0.21	46	4.3	154	521
0042022	20 G 1	0.21	57	4.3	192	645
0042023	24 G 1	0.21	68	4.3	230	772
Rated voltage U0/U: 450/750 V, Temperature range: -15°C to +70°C						
00420013	4 G 1,5	0.15	15	5	58	132

Ilustración 13 DataSheet Cable Festoon – Parte 2

Fuente: CE RoHS

- Botonera colgante con pulsadores de dos velocidades.



Ilustración 14. Botonera colgante marca Allen Bradley

Fuente: [Online]. Available: <https://ab.rockwellautomation.com/>,(2013)

- Diseño de planos eléctricos. El plano en formato A3 se encuentra en ANEXO 1.
- Circuito de mando del sistema variador de frecuencia: El plano en formato A3 se encuentra en ANEXO 2.
- Circuito de mando del sistema de control: El plano en formato A3 se encuentra en ANEXO 3.
- Circuito de entradas analógicas. El plano en formato A3 se encuentra en ANEXO 4.
- Diagrama de interconexión. El plano en formato A3 se encuentra en ANEXO 5.

Programación de PLC

Para poder programar el PLC se desarrolló la memoria de funcionamiento de los puentes grúa la cual se describe a continuación:



Ilustración 15. *Botonera de mando de cada puente grúa.*

Fuente: Elaboración propia, (2013)

Cada movimiento del puente grúa cuenta con dos velocidades, velocidad baja y velocidad alta; además con el selector del polipasto podemos elegir entre mover el polipasto “A”, el polipasto “B” o los dos al mismo tiempo, cuando elegimos la posición AB podemos controlar los dos polipastos al mismo tiempo en los movimientos hoist y trolley.

Si usamos el selector tándem podemos elegir entre lo siguiente:

“L” mando local quiere decir que al seleccionar esta posición podemos mover el puente grúa que corresponda a la botonera colgante, para poder seleccionar el modo tándem es decir manipular los dos puentes grúa al mismo tiempo con una sola botonera tenemos que poner un mando con el selector tándem en “T” y el otro mando en “0”. Para que uno sea el mando maestro y el otro esclavo.

Es así como al realizar la programación se decidió crear dos programas uno para el PLC Maestro y el otro para el PLC esclavo.

Según la norma IEC-848 (Preparation of function charts for control Systems, Preparación de diagramas funcionales para sistemas de control). Para un mejor entendimiento de la programación realizada en el PLC y con fines académicos se aplicó la programación en Graffcet. El programa se encuentra en el ANEXO 6

Tabla 8 *Relación de entradas y salidas*

Maestro				Esclavo			
IN	Descripción	OUT	Descripción	IN	Descripción	OUT	Descripción
I00	Parada de Emergencia	KA1	Marcha Norte	E00	Parada de Emergencia 1	KM1	Marcha Norte
I01	Velocidad Baja Norte	KA2	Marcha Sur	E01	Velocidad Baja Norte	KM2	Marcha Sur
I02	Velocidad Alta Norte	KA3	Velocidad Alta Testera	E02	Velocidad Alta Norte	KM3	Velocidad Alta Testera
I03	Velocidad Baja Sur	KA4	Freno Vigas Testeras	E03	Velocidad Baja Sur	KM4	Freno Vigas Testeras
I04	Velocidad Alta Sur	KA5	Carro A Derecha	E04	Velocidad Alta Sur	KM5	Carro A Derecha
I05	Carro Derecha Velocidad Baja	KA6	Carro A Izquierda	E05	Carro Derecha Velocidad Baja	KM6	Carro A Izquierda
I06	Carro Derecha Velocidad Alta	KA7	Carro A Velocidad Alta	E06	Carro Derecha Velocidad Alta	KM7	Carro A Velocidad Alta
I07	Carro Izquierda Velocidad Baja	KA8	Polipasto A Arriba	E07	Carro Izquierda Velocidad Baja	KM8	Polipasto A Arriba
I08	Carro Izquierda Velocidad Alta	KA9	Polipasto A Abajo	E08	Carro Izquierda Velocidad Alta	KM9	Polipasto A Abajo
I09	Gancho Arriba Velocidad Baja	KA10	Polipasto A Velocidad alta	E09	Gancho Arriba Velocidad Baja	KM10	Polipasto A Velocidad alta
I010	Gancho Arriba Velocidad Alta	KA11	Carro B Derecha	E10	Gancho Arriba Velocidad Alta	KM11	Carro B Derecha
I011	Gancho Abajo Velocidad Baja	KA12	Carro B Izquierda	E11	Gancho Abajo Velocidad Baja	KM12	Carro B Izquierda
I012	Gancho Arriba Velocidad Alta	KA13	Carro B Velocidad Alta	E12	Gancho Arriba Velocidad Alta	KM13	Carro B Velocidad Alta
I013	Sensor Baja Velocidad Norte	KA14	Polipasto B Arriba	E13	Sensor Baja Velocidad Norte	KM14	Polipasto B Arriba
I014	Sensor Baja Velocidad Sur	KA15	Polipasto B Abajo	E14	Sensor Baja Velocidad Sur	KM15	Polipasto B Abajo
I015	Sensor Parada Norte	KA16	Polipasto B Velocidad alta	E15	Sensor Parada Norte	KM16	Polipasto B Velocidad alta
I016	Sensor Parada Sur	KA17	Marcha Norte Tandem	E16	Sensor Parada Sur	KM17	Marcha Norte Tandem
I017	Fallo termico	KA18	Marcha Sur Tandem	E17	Fallo termico	KM18	Marcha Sur Tandem
I018	Selector polipasto A	KA19	Velocidad Alta Testera Tandem	E18	Selector polipasto A	KM19	Velocidad Alta Testera Tandem
I019	Selector polipasto B	KA20	Polipasto A Tandem	E19	Selector polipasto B	KM20	Polipasto A Tandem
I020	Selector mando local	KA21	Polipasto B Tandem	E20	Selector mando local	KM21	Polipasto B Tandem
I021	Selector mando tandem	KA22	Carro Derecha Tandem	E21	Selector mando tandem	KM22	Carro Derecha Tandem
I022	Sensor emergencia Norte	KA23	Carro Izquierda Tandem	E22	Sensor emergencia Norte	KM23	Carro Izquierda Tandem
I023	Sensor emergencia Sur	KA24	Carro Velocidad Alta Tandem	E23	Sensor emergencia Sur	KM24	Carro Velocidad Alta Tandem
I10	Marcha Norte Tandem	KA25	Polipasto Arriba Tandem	E10	Marcha Norte Tandem	KM25	Polipasto Arriba Tandem
I11	Marcha Sur Tandem	KA26	Polipasto Abajo Tandem	E11	Marcha Sur Tandem	KM26	Polipasto Abajo Tandem
I12	Velocidad Alta Tandem	KA27	Polipasto Velocidad Alta Tandem	E12	Velocidad Alta Tandem	KM27	Polipasto Velocidad Alta Tandem
I13	Polipasto A Tandem	KA28	Movimiento Tandem	E13	Polipasto A Tandem	KM28	Movimiento Tandem
I14	Polipasto B Tandem	KA29	Modo Esclavo	E14	Polipasto B Tandem	KM29	Modo Esclavo
I15	Carro hacia la derecha Tandem			E15	Carro hacia la derecha Tandem		
I16	Carro hacia la izquierda Tandem			E16	Carro hacia la izquierda Tandem		
I17	Carro velocidad alta Tandem			E17	Carro velocidad alta Tandem		
I20	Gancho hacia arriba Tandem			E20	Gancho hacia arriba Tandem		
I21	Gancho hacia abajo Tandem			E21	Gancho hacia abajo Tandem		
I22	Gancho velocidad alta Tandem			E22	Gancho velocidad alta Tandem		
I23	Funcion de Tandem			E23	Funcion de Tandem		
I24	Sensor Baja velocidad Gancho A			E24	Sensor Baja velocidad Gancho A		
I25	Sensor Parada Gancho A			E25	Sensor Parada Gancho A		
I26	Sensor Baja velocidad Gancho B			E26	Sensor Baja velocidad Gancho B		
I27	Sensor Parada Gancho B			E27	Sensor Parada Gancho B		
I30	Sensor baja velocidad Carro A			E30	Sensor baja velocidad Carro A		
I31	Sensor Parada Carro A			E31	Sensor Parada Carro A		
I32	Sensor baja velocidad Carro B			E32	Sensor baja velocidad Carro B		
I33	Sensor Parada Carro B			E33	Sensor Parada Carro B		

Fuente: Elaboración propia, (2013)

3.2.4 Funciones realizadas en este proyecto

Las funciones principales fueron elaboración de lista de materiales, la elaboración de planos eléctricos en el software AutoCAD Electrical, El armado de los tableros de fuerza y de control, programación de variadores de velocidad, programación del sistema de control.

Estas funciones fueron realizadas de acuerdo con un cronograma que se cumplió satisfactoriamente.

Se realizó la siguiente lista de materiales después de que el área de instrumentación y control definió los cálculos eléctricos debido a las potencias de los motores a utilizar.

Los planos se encuentran en el anexo 7, anexo 8, anexo9, anexo 10, anexo 12.

La programación por temas de propiedad intelectual de la empresa se rehízo en Graffcet a sugerencia del asesor de Proyecto Informe y se encuentran en el anexo 11.

Tabla 9 *Lista de Materiales.*

ITEM	CANT.	UNID.	DESCRIPCIÓN
Sistema de Control y potencia			
1	1	und	PLC MICROLOGIX 1100, 10entradas 120vac,6 salidas relé.
2	4	und	Módulo de expansión de 8 entradas 120vac.
3	4	und	Módulo de expansión de 16 salidas de relé.
4	1	und	variador de velocidad PowerFlex 70, voltaje: 400 VAC, 3 PH, corriente: 5 Amp, potencia: 2.2 kW.
5	1	und	terminal de operador, teclado numérico.
6	1	und	resistencia de frenado, 200-480V,120 OHM.
7	1	und	reactancia de línea, 600V, 3PH,8AMP.
8	1	und	tablero metálico IP 64, 500x500x300 Rittal.
9	2	und	filtro de salida de ventilación.
10	1	und	ventilador, voltaje: 220vac.

11	16	und	relé encapsulado de 11 pines, bobina:110 Vac.
12	16	und	base de relé de 11 pines.
13	1	und	llave termomagnética trifásica 32 Amp.
14	1	und	llave termomagnética trifásica 20 Amp.
15	3	und	llave termomagnética monofásica 32 Amp.
16	2	und	contactor, bobina:220vac, corriente: 25 amperios.
17	4	pza	canaleta gris 40x50x2000.
18	2	rollo	cable GPT 16 AWG.
19	1	rollo	cable THW 12 AWG.
20	100	und	borneras de 4mm ² COLOR GRIS.
21	5	m	riel din.
22	2	und	interruptor de limite.
23	1	und	relé térmico corriente:3.8 amperios, voltaje:380vac.
24	1	und	bracket para relé térmico ABB.
25	1	und	transformador 380/110 Vac, corriente: 3A.
26	1	und	Fusible.
27	1	und	bornera porta fusible de 4mm ² .
Electrificación Longitudinal			
28	55	m	cable festoon 4G2.5.
29	55	m	cable acerado 1/4".
30	1	PZA	armario metálico, dimensiones: 300x200x150mm.
Electrificación Transversal			
31	22	m	cable festoon 20G1.5.
32	1	rollo	cable thw 12 awg.
33	1	rollo	cable thw 14 awg.
34	1	rollo	cable gpt 16 awg.

Sistema de Limites de Carrera

35	1	pza	interruptor de limite cruceta TELEMECHANIQUE.
36	12	und	tubería Conduit rígido 1".
37	14	und	tubería Conduit rígido 1 1/2".
38	10	und	conector Conduit hermético recto 1".
39	10	und	conector Conduit hermético curvo 1".
40	8	und	conector Conduit hermético recto 1 1/2".
41	3	und	conector Conduit hermético curvo 1 1/2".
42	10	und	conector Conduit hermético recto 1/2".
43	10	und	conector Conduit hermético curvo 1/2".
44	10	und	caja condulet 1" tipo:LC.
45	6	und	caja condulet 1 1/2" tipo: LC.
46	50	und	U-bolt 1"x 1/4".
47	5	rollo	cable 12 awg.
48	2	rollo	cable 14 awg.
49	7	rollo	cable 16 awg.
50	12	m	manguera Conduit flexible de 1".
51	8	m	manguera Conduit flexible de 1 1/2".
52	15	m	manguera Conduit flexible de 1/2".
53	2	und	contactor trifásico de 30 Amp. bobina:110vac.
54	1	und	tablero metálico sneider 400x300x200 mm.

Sistema de Botonera Colgante.

55	9	m	cable autoportante elcolift 20G1.5.
56	1	pza	800FC Pendant Station Enclosure, 7-Hole.
57	1	pza	PARADA EMERGENCIA + 40 MM.
58	7	pza	800F-ALC2, Thin Anti-Rotation Washer.

59	7	pza	PLASTICO -SEGURO DE PIEZAS.
60	1	pza	BLOQUE DE CONTACTO NC.
61	6	pza	22.5mm PB No Latch, Screw Contact Block.
62	6	pza	BLOQUE DE CONTACTO NA ADELANTADO.
63	1	pza	800FC - Plastic, 2-Speed.
64	1	pza	800FC - Plastic, 2-Speed.
65	1	pza	800FC - Plastic, 2-Speed.
66	1	pza	800FC - Plastic, 2-Speed.
67	1	pza	800FC - Plastic, 2-Speed.
68	1	pza	800FC - Plastic, 2-Speed.
69	3	pza	800FC-ALP: Mechanical Interlock Latch.

Fuente: Elaboración propia

Una vez que el área de Logística realiza la compra de todos los componentes y estos llegan al almacén donde procedemos al armado de tableros según los planos eléctricos descritos en el punto anterior. Al terminar el proceso de armado de los tableros eléctricos es que procedemos a realizar las pruebas en vacío del funcionamiento del equipo, logrando corroborar la programación realizada.

3.2.5 Panel fotográfico



Ilustración 16. *Armado de tablero de control.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL,(2013)



Ilustración 17. *Armado de tablero de variador Grado de protección IP66.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)



Ilustración 18. *Electrificación en taller*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)



Ilustración 19. *Pre-Armado en taller para pruebas.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)



Ilustración 20. *Sensor de cruceta de marca Telemecanique.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)



Ilustración 21. *Sensor final de carrera y motorreductor de traslación.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)



Ilustración 22. Polipasto de marca Stahl de 6.3 TM.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)



Ilustración 23. Montaje e Instalación de puentes grúa.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)



Ilustración 24. Nave industrial con puente grúa.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)



Ilustración 25. *Montaje mecánico del puente grúa.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)

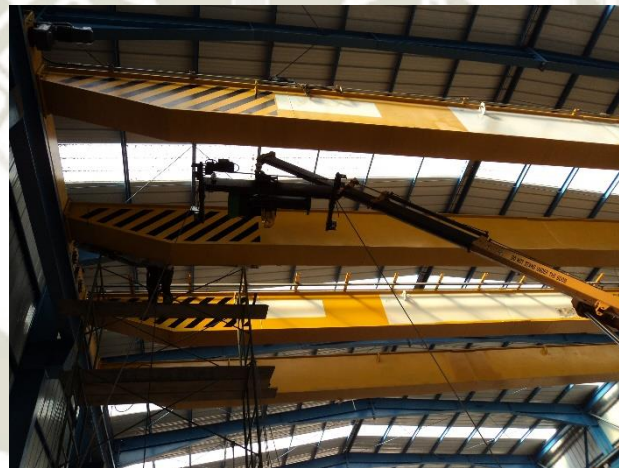


Ilustración 26. *Montaje de polipasto.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)

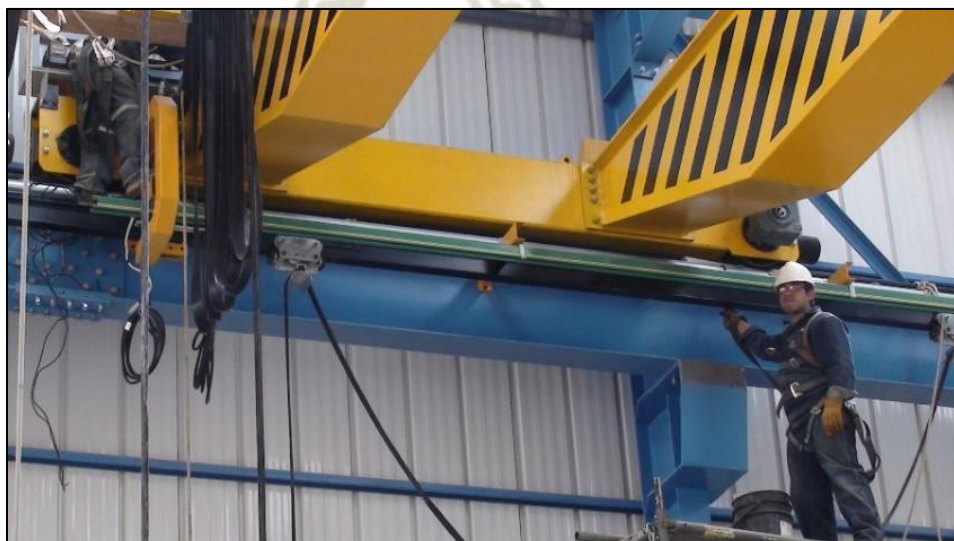


Ilustración 27. *Instalación eléctrica de alimentación.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)



Ilustración 28. *Montaje de puente grúa completo.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)



Ilustración 29. *Puente grúa vista lateral.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)



Ilustración 30. *Botonera Colgante.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)



Ilustración 31. *Puentes grúa en configuración tándem.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2013)

3.3 Elevador de carga de 1500 Kg.

3.3.1 Antecedentes

Este equipo se diseñó y fabricó para dos clientes diferentes el primero fue para la empresa Yura S.A. y el segundo para la Sociedad Boliviana de Cemento SOBOCE, ambas empresas cuentan con el mismo rubro de negocio es decir las dos son industrias cementeras.

En la empresa Yura S.A. requerían un elevador de carga de 1000 Kg que tenga dos niveles, que posea sistemas de protección como sistemas de parada, sensores en todas las puertas para que solo funcione mientras estas permanezcan cerradas, Este equipo es de utilización exclusiva de carga por lo que el uso de personal fue prohibido, la carga que normalmente eleva son palets de bolsas de cemento las cuales se utilizan en el proceso de ensacado.

En el caso de la empresa SOBOCE, la empresa Yura S.A. realizó una réplica de su planta en las instalaciones de la empresa boliviana es por lo que nos solicitaron realizar el mismo elevador que se diseñó para Yura S.A.



Ilustración 32. *Pallet de bolsas de cemento vacías.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)

3.3.2 Planteamiento

Al ver la necesidad del cliente se propuso el diseño de un Elevador de carga industrial 1500kg, de accionamiento eléctrico por faja de tracción de las siguientes características:

- Capacidad nominal : 1500 kg.
- Altura de elevación : 5500 mm.
- Velocidad de elevación : 0.13 m/s.
- Área de carga : 1500mm x 1500 mm.
- Cabina de carga : 1500mm x 1500 mm x 1900 mm.
- Accionamiento : Eléctrico por fajas planas.
- Cable de acero : Tracción Belt.
- Tambor de arrollamiento : Cilindro con tres canales.
- Motor eléctrico : 2.2 Kw, en marca Sew Eurodrive.
- Reductor : Sew Eurodrive.
- Sistema de guiado : Columnas de acero – trolleys.
- Sistema de freno : Freno electrohidráulico.
- Sistema de frenado emergencia: Freno centrífugo.
- Sistema de control : Controlador lógico programable.
- Mando : Manual por botonera.
- Control de arranque/parada : Mediante sensores inductivos.
- Peso total : 6020 kg.
- Recubrimiento superficial : Pintura epóxico de 6 mils.
- Preparación de superficies : Arenado comercial sspc-sp6.

Descripción general

Estructura guía soporte auto portante.

Estructura de posición de trabajo vertical compuesta por dos columnas principales fabricadas en perfiles de acero ASTM A36, laminados en caliente de sección normalizada, tipo “w”. Entre ambas columnas está dispuesto un sistema de arriostamiento en forma diagonal conformada por perfiles de acero ASTM A36 de sección tipo “l”.

La estructura se encuentra fijada en tres puntos, en su base mediante anclajes ASTM A307 normalizados embebidos en la cimentación en los que se fija la placa base de cada columna, un segundo punto de fijación intermedio ubicado a la altura correspondiente a una viga de concreto existente, en donde se utilizan anclajes para el ajuste o fijación, el sistema de fijación de la estructura se completa con un tercer punto ubicado en la parte superior de cada columna

de acero, se utiliza para esto anclajes sobre la viga de concreto existente correspondiente al nivel de llegada del elevador.

En las alas exteriores de cada columna, alas opuestas a la estructura de concreto; se desplazan un conjunto de 04 trolley, fly wheels trolleys normalizados con sistema de ruedas mecanizadas tipo autoalineantes de perfil optimizado que permite una adecuada superficie de contacto y por lo tanto un funcionamiento eficiente del trolley y del desplazamiento vertical de la cabina de carga. Los trolley se encuentran fijados al lado o cara posterior de la cabina.

En esta estructura una plataforma se encuentra montada en la parte superior que contiene el sistema de accionamiento del equipo y asimismo parte del sistema de poleas del sistema de accionamiento.

Sistema de recubrimiento de superficies tipo epóxico de 6 mils de espesor de película seca previa preparación de superficies de acuerdo con especificaciones SSPC-SP6.

Cabina de elevación

Estructura tipo bastidor tipo prisma rectangular, fabricada en perfiles tubulares de acero de sección y espesores normalizados, con una altura interior útil de 1900 mm y base de 1500mm x 1500 mm, mantiene una rejilla perimetral en tres de sus cuatro lados a una altura de 1400 mm aproximadamente, rejilla fabricada en perfiles sólidos de acero de sección cuadrada, en el cuarto lado se ubica el sistema de puertas de acceso, puerta doble del tipo batiente con sistema de seguro central, que al ser accionado cerrado, mediante un sensor de tipo inductivo de marca pepper + fuchs, da la señal de confirmación o habilitación y junto con la señal de la puerta-guarda exterior, dan paso para que se pueda desplazar la cabina.

Van montados a ambos lados de la cabina los sistemas de guiado y parte del sistema de poleas, sistema en arreglo tipo polipasto para aminorar la fuerza efectiva del sistema de accionamiento.

El suelo de la cabina está fabricado en plancha de acero de 1/8" de espesor tipo estriada la que se encuentra apoyada sobre un conjunto de perfiles de acero tipo omega de rigidización.

Sistema de recubrimiento de superficies tipo epóxico de 6 mils de espesor de película seca previa preparación de superficies de acuerdo con especificaciones SSPC-SP6.

Sistema de accionamiento y freno.

El sistema de accionamiento está compuesto por un motor eléctrico en marca sew eurodrive de 2.2 Kw, 1800 rpm, 60 Hz y 380 v trifásico, conectado al freno electrohidráulico por medio de una transmisión por fajas soportada por una linterna, esta a su vez posee el tambor de freno que transversalmente tiene instalado el sistema hidráulico de presión por zapatas exteriores. Al mismo tiempo que transmite a un reductor en marca sew eurodrive coaxial de tipo helicoidal, cuya salida va a un acoplamiento de alto torque que acciona el tambor motriz donde se encuentran apoyadas las tres líneas de faja de tracción que soportan la cabina y el contrapeso del elevador.

El sistema se completa mediante un sistema de freno electrohidráulico ubicado entre el motor y el reductor y que actúa sobre la superficie exterior del acople flexible cuando la cabina de carga alcanza sus posiciones extremas y se detiene, por tanto, el freno permite mantener la posición de reposo de la cabina en forma segura, este freno es accionado hidráulicamente mediante la utilización de una pequeña bomba centrífuga.

Forman parte de este sistema la faja plana de tracción para uso en sistemas industriales de elevación de cargas; que recorre el sistema de poleas y permite la elevación o descenso de la cabina de acuerdo con la operación requerida, y el propio sistema de poleas anteriormente mencionado.

Sistema eléctrico y control

Está compuesto por todos los elementos necesarios para permitir el adecuado funcionamiento del equipo elevador de carga eléctrico.

El sistema de control es del tipo automático con controlador lógico programable, el sistema recibe la señal de un sistema de sensores inductivos que controlan los finales de carrera con cambio de velocidad en ambos extremos (doble sensor), los que se encuentran ubicados en un arreglo mecánico del tipo palpador de rodillo, arreglo que permite ubicar a los sensores en una posición segura, no expuesta garantizando su duración y trabajo. De la misma manera el sistema de sensores asegura que la operación sólo puede darse cuando se encuentran cerradas las puertas de la cabina y las puertas tipo guarda ubicadas en los niveles de inicio o carga y de fin o descarga de la cabina. Los sensores utilizados son del tipo inductivo del tipo industrial en marca Pepper+fuchs.

Los componentes de control y fuerza se encuentran ubicados en un gabinete metálico tipo tablero en marca Rittal IP 66; ubicado en la parte exterior, superior de la cabina. El accionamiento u operación se lleva a cabo de forma manual mediante dos botoneras de accionamiento manual, cada una ubicada en cada nivel de operación; cada botonera mantiene un pulsador de marcha uno de parada y uno tipo hongo de parada de emergencia. Sistema de señalización de operación tipo visual mediante circulina tipo flash marca Allen Bradley y señal sonora mediante sirena marca Allen Bradley.

La operación del equipo puede hacerse en dos modos, a través de un selector, el primero con hombre presente, en este modo el operador tendrá que mantener oprimido el botón correspondiente al movimiento deseado hasta que la cabina alcance el nivel deseado; el segundo modo es automático, permite operar al equipo mediante una pulsación del botón correspondiente, en forma automática la cabina se desplazara hasta alcanzar el nivel deseado, a este modo se accede mediante un selector ubicado en la tapa del tablero.

En la tapa del tablero se encuentran también pulsadores que cumplen las mismas funciones ya descritas con el fin de ser utilizados en trabajos de mantenimiento o comprobación de funcionamiento.

Son elementos que conforman el sistema eléctrico y de control: lámparas de estado, pulsadores de mando, pulsadores de emergencia en marca Allen Bradley, relés de 11 pines en marca Allen Bradley, fuente de alimentación, borneras, borneras portafusibles, borneras a tierra en marca Allen Bradley, llave termomagnéticas trifásicas y monofásicas en marca Allen bradley, swith de selección de modo de operación Allen Bradley, relé térmico, contactor trifásico Allen Bradley, transformador de voltaje, cable festón 12g, cable eléctricos, accesorios de conexionado y fijación.

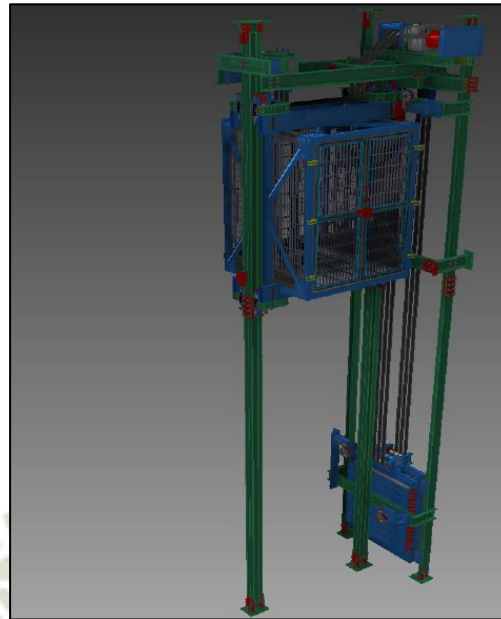


Ilustración 33. *Isométrico del elevador de carga de 1500 Kg.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)

3.3.3 Ingeniería desarrollada

En el área de instrumentación y control se realizaron los siguientes trabajos de ingeniería:

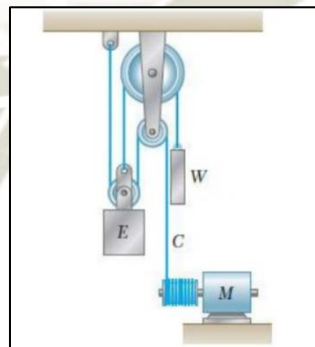


Ilustración 34. *Diagrama del equipo.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)

Cálculos de la potencia del motor:

De acuerdo con el diagrama de la Figura 14 realizamos el diagrama de cuerpo libre DCL:

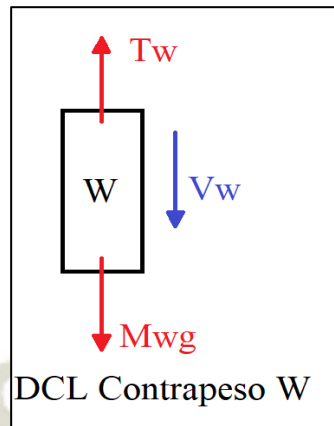


Ilustración 35 Diagrama de cuerpo libre del contrapeso.

Fuente: Elaboración propia, (2014)

De acuerdo con las leyes de la dinámica tenemos lo siguiente:

$$\sum Fy = 0$$

$$Tw - m_w * g = 0$$

$$Tw = (850 \text{ kg})(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$Tw = 8339.5 \text{ N}$$

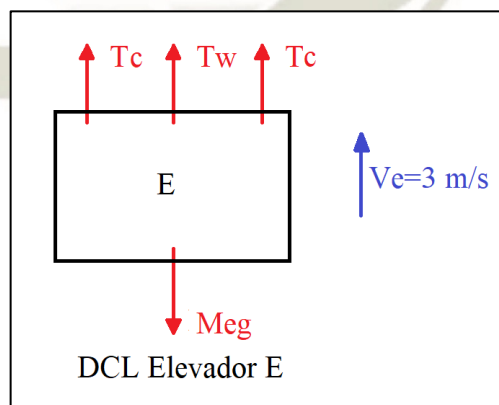


Ilustración 36 Diagrama de cuerpo libre del elevador, (2014)

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las leyes de la dinámica tenemos lo siguiente:

$$\sum Fy = 0$$

$$Tw + 2T_C - m_E * g = 0$$

$$2T_C = m_E * g - Tw$$

$$2T_C = \left((1500 + 450) \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right) \right) - 8338.5 N$$

$$2T_C = 10791.0 N$$

$$T_C = 5395.5 N.$$

De las relaciones cinemáticas (restricción) tenemos que:

$$2X_E = X_C$$

Derivando respecto al tiempo tenemos que:

$$2 \frac{dx_E}{dt} = \frac{dx_C}{dt}$$

$$v_C = 2v_E$$

$$v_C = 2 \left(0.13 \frac{m}{s} \right)$$

$$v_C = 0.26 \frac{m}{s}$$

Seguidamente calculamos la potencia del motor para la elevación.

$$P = T_C * v_C$$

$$P = (5395.5 N) * \left(0.26 \frac{m}{s} \right)$$

$$P = 1.402 kW$$

Aplicando un factor de seguridad de 1.5 tenemos que:

$$P = 1.402 kW * FS$$

$$P = 2.104 kW$$

Para el diseño del reductor tenemos lo siguiente:

$$V_e = 0.13 \text{ m/s}$$

Diámetro de la polea de tracción = 8" = 203.2 mm

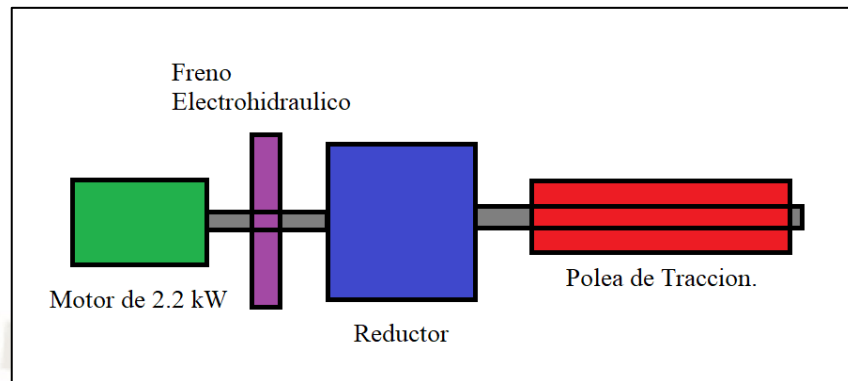


Ilustración 37 Tren de transmisión de potencia

Fuente: Elaboración propia, (2014)

Calculamos la velocidad angular en la polea de tracción.

$$\omega = \frac{V_t}{r}$$

$$\omega = \frac{0.13 \text{ m/s}}{0.1016 \text{ m}}$$

$$\omega = 1.28 \text{ rad/s}$$

Conversión de rad/s a RPM.

$$\omega = 1.28 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}$$

$$\omega = 12.22 \text{ RPM}$$

Ratio de reductor.

$$i = \frac{\text{Velocidad de Entrada}}{\text{Velocidad de Salida}}$$

$$i = \frac{1750}{12.22}$$

$$i = 143.21$$

Al salir un ratio elevado el reductor el tamaño del reductor no es factible por el reducido espacio por lo que se realizó una segunda reducción por poleas antes del freno electrohidráulico.

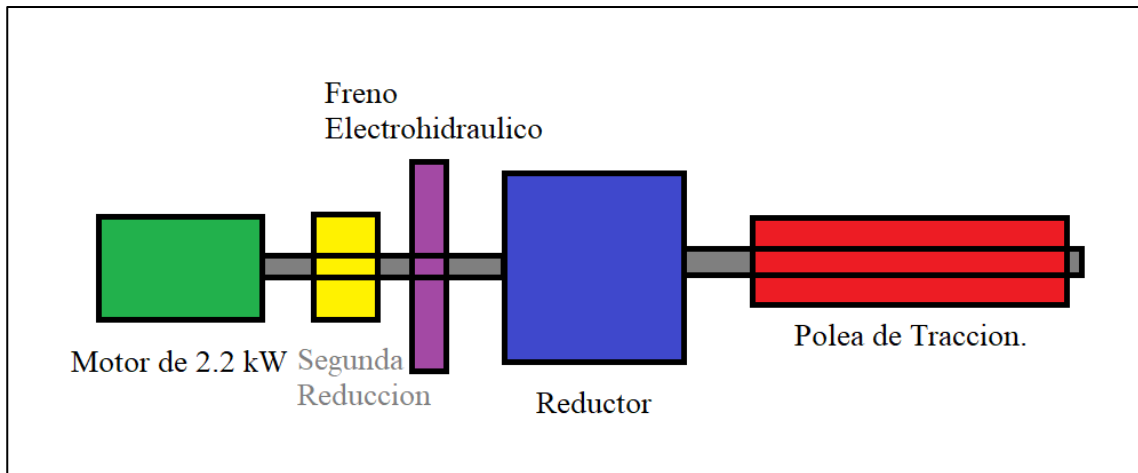


Ilustración 38 Diseño final tren de transmisión de potencia.

Fuente: Elaboración propia, (2014)

El ratio de la segunda reducción es 2.5 por lo que la velocidad de entrada al reductor sería:

$$i = \frac{\text{Velocidad de Entrada}}{\text{Velocidad de Salida}}$$

$$2.5 = \frac{1750}{\text{Velocidad de Salida}}$$

$$\text{Velocidad de Salida} = 700$$

Por lo tanto, el ratio del reductor sería:

$$i = \frac{\text{Velocidad de Entrada}}{\text{Velocidad de Salida}}$$

$$i = \frac{700}{12.22}$$

$$i = 57.28$$

Cálculo de torque de frenado.

Se considera un sistema de frenado de parqueo, para lo cual se toma en cuenta los siguientes datos:

- Masa del tambor: 10 kg.
- Factor de servicio: 1.
- Potencia motora: 2.2 kW.
- Tiempo de frenado: 0.7 s.
- n = velocidad de salida: 700 rpm.

De acuerdo con el tiempo de frenado, y considerando que el freno se accionara cuando la cabina se encuentre en sus posiciones inferior y superior el torque de frenado necesario seria:

Tabla 10 Torque de frenado

Torque de Frenado	Descripción
$Tf = \frac{P \times 7162}{n} \times m \times F.S.$	Para este valor de torque de frenado, se ha considerado un factor de seguridad de 1.59 recomendado, para las maniobras de elevación de carga
$Tf = \frac{3 \times 7162}{700} \times 10 \times 1.$	
307.05 Nm	

Fuente: Elaboración Propia, (2014)

Cálculo de factor de seguridad de cables de tracción.

Para poder determinar la fiabilidad del sistema de sujeción del elevador de carga, se realizó un estudio de las condiciones sobre las bases y elementos de sujeción directa del sistema, se tomaron en cuenta las siguientes premisas:

- La cabina se encuentra suspendida por 3 arreglos de faja planas de tracción en forma independiente.
- El esfuerzo máximo que se ejerce sobre la faja plana de tracción en condiciones de carga es de **21582 N**.
- El valor de fuerza límite de rotura de una faja del sistema de tracción es de **64000 N**.
- El factor de seguridad por faja sería de 2.96 de lo que se concluye que se necesitaría 196 % de sobrecarga sobre el sistema de elevación para que esta faja sea afectada.

Esto garantiza que, si el sistema de accionamiento del elevador sufriera algún daño, o que una o dos de sus fajas se dañaran, quedando una sola faja para el soporte del elevador, esta soportaría la carga.

Selección de componentes del tablero eléctrico.

- Tablero de control de 1200 x 600 x 250 mm en marca Rittal con grado de protección IP 66, este tablero se escogió por sus dimensiones y su grado de protección ya que en la ubicación en la que se instaló existe gran cantidad de polución, y para proteger los componentes electrónicos se necesita un tablero con tal grado de protección.
- Potencia Total Consumida es de 2.2 Kw
- Voltaje de alimentación: 440 Vac.
- Selección de variador de velocidad powerflex 70 en la marca Allen Bradley con los siguientes valores:
 - Input Voltage: 480 VAC, 3PH
 - Power: 5 HP Normal Duty, 3 HP Heavy Duty
 - Output Current: 8 Amps.
 - Enclosure: Panel Mount – IP20 / NEMA Type 1.
 - Frame Size: Frame Size C
 - Code: 20AD8P0A0AYNANC0

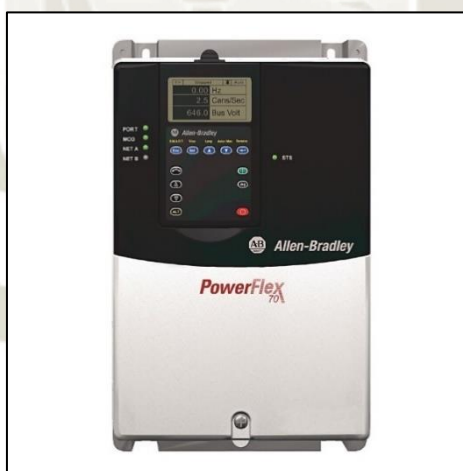


Ilustración 39. Variador de frecuencia Powerflex 70

Fuente: Pagina web Allen-Bradley, (2014)

- Llave termomagnética trifásica principal es de 32 A.
- Llave termomagnética trifásica circuito de potencia es de 20 A.
- Llave termomagnética monofásica circuito de mando es de 16 A.
- Contactor de 23 A.
- Relé Térmico de 3.2 – 16 Amp

- Fuente de alimentación de 24 VDC.
- Controlador lógico programable Micro 810



Ilustración 40. Controlador lógico programable Micro 810

Fuente: Pagina web Allen-Bradley, (2014)

- Sensores inductivos para seguridad en marca Pepperl + Fuchs.



Ilustración 41. sensor inductivo marca pepperl+Fuchs

Fuente: Pagina web Pepperl+ Fuchs.,(2014)

- Sensores finales de carrera.
- Cableado de interconexión.
- Cable plano Festoon es un cable móvil que permite la interconexión del puente grúa con los tableros estacionarios.

Diseño e Ingeniería de Planos Eléctricos.

- El plano en formato A3 se encuentra en ANEXO 7
- El plano en formato A3 se encuentra en ANEXO 8.
- El plano en formato A3 se encuentra en ANEXO 9.
- El plano en formato A3 se encuentra en ANEXO 10.

Para este equipo se diseñó un sensor de ruptura de cable que consiste en un sensor de verificación de continuidad, ya que el equipo con fajas de tracción cuenta con 24 hilos de cable acerado.

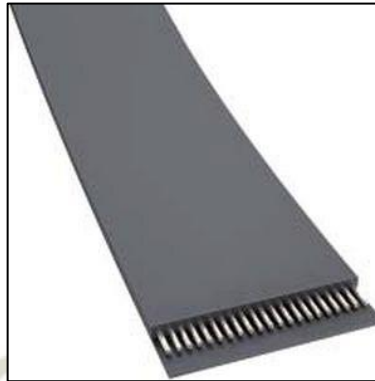


Ilustración 42. *Faja plana de tracción.*

Fuente: Elaboración propia, (2014)

Para el diseño de este sensor se calculó la resistencia total del cable acerado el cable se une de la siguiente manera.

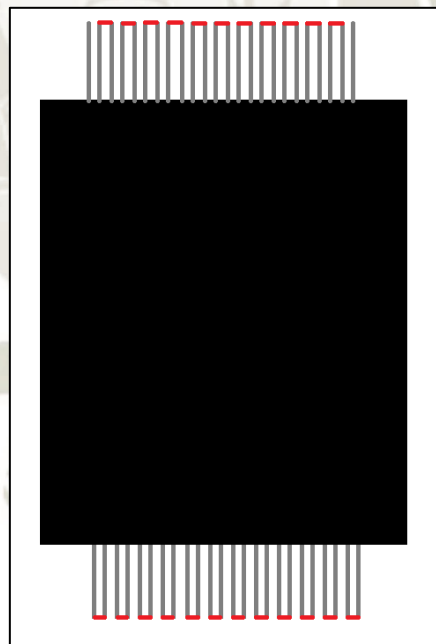


Ilustración 43. *Disposición de los cables acerados.*

Fuente: Elaboración propia, (2014)

De la forma en la que se unen los cables en la ilustración podemos tener una sola resistencia de modo que si algún cable de acero se rompe el sensor se activara y enviaría una alarma al PLC.

3.3.3.1 Cálculo de la resistencia del cable:

- Diámetro del cable acerado: 2.5 mm
- Longitud total del cable: 600 m
- Resistividad del acero $20 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$R = 20 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \frac{600 m}{4.91 mm^2}$$

$$R = 20 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \frac{600 m}{4.91 mm^2}$$

$$R = 24.44 \Omega$$

El sensor funciona alrededor de dos amplificadores operacionales. El primero está configurado como comparador de voltaje, que abre o cierra según la resistencia conectada entre las puntas de prueba. El segundo hace las veces de amplificador de corriente permitiendo energizar un relé de 11 pines de 24 Vdc.

Las resistencias y el preset conectados a las entradas del primer amplificador operacional forman un divisor de voltaje calibrado. El preset debe ser del tipo multivuelta de alrededor de 10K, pero este valor no es crítico. El circuito entero se alimenta de 24 Vdc, provistos por una fuente de alimentación en el tablero de control. (Pablin, 2000).

Diseño del circuito del sensor se realizó en el software Altium Designe 14.

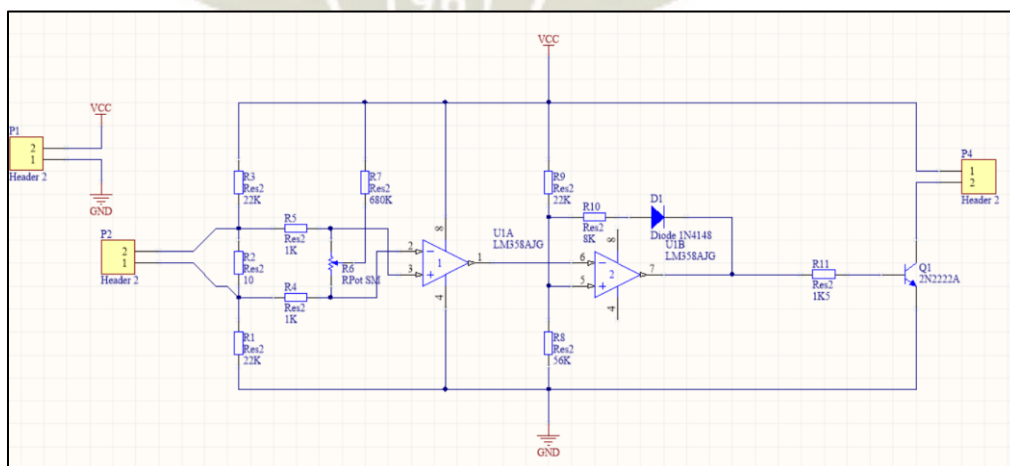


Ilustración 44. Esquemático del circuito del sensor.

Fuente: Elaboración propia, (2014)

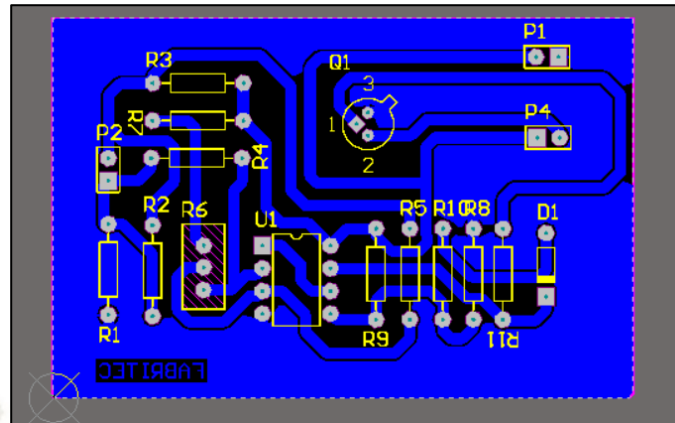


Ilustración 45. Diseño del PCB de acuerdo a la norma IPC 221 y IPC4101.

Fuente: Elaboración propia, (2014)

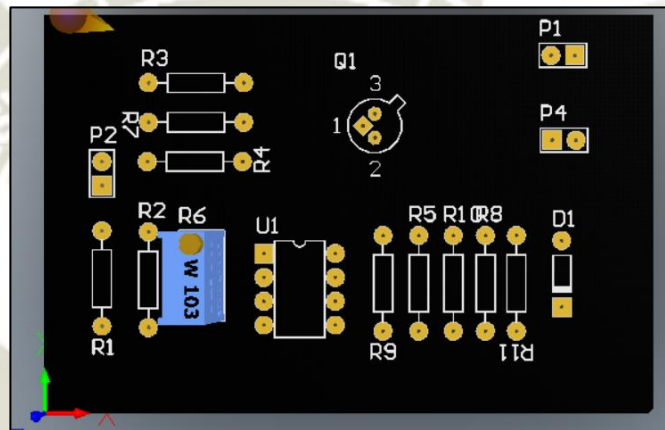


Ilustración 46. Vista 3D del PCB de acuerdo con la norma IPC 221 y IPC4101

Fuente: Elaboración propia, (2014)

3.3.3.2 Programación de PLC

Según la norma IEC-848 (Preparation of function charts for control Systems, Preparación de diagramas funcionales para sistemas de control). Para un mejor entendimiento de la programación realizada en el PLC y con fines académicos se aplicó la programación en Graffcet. El programa se encuentra en el ANEXO 11.

Tabla 11 Relación de entrada y salidas Elevador de Carga.

Elevador de Carga			
IN	Descripcion	OUT	Descripcion
I00	Habilitado	KA1	Elevador Arriba
I01	Pulsador Subida	KA2	Elevador Abajo
I02	Pulsador Bajada	KA3	Freno
I03	Enclavamiento	KA4	Velocidad Alta
I04	Hombre Presente		
I05	Sensor Baja Velocidad		
I06	Sensor Parada Primer Piso		
I07	Sensor Parada Segundo Piso		

Fuente: Elaboración propia, (2014)

3.3.4 Funciones realizadas en este proyecto

En este proyecto realicé las siguientes funciones en el Área de Instrumentación y control.

- Cálculo y diseño de sistemas de accionamiento del elevador de carga.
- Cálculo y diseño del sensor de ruptura de cable.
- Selección de componentes.
- Elaboración de lista de materiales.
- Procura de componentes eléctricos y electrónicos.
- Diseño y elaboración de planos eléctricos y de instrumentación.
- Programación de variador de frecuencia.
- Programación de Controlador lógico Programable.
- Armado de tableros eléctricos en planta.
- Protocolos y pruebas en Planta.
- Supervisión y Montaje del equipo en las instalaciones de Yura S.A.
- Puesta en Marcha del equipo.
- Protocolos y pruebas finales.
- Charlas de capacitación.
- Elaboración de Manual de funcionamiento y Mantenimiento.

3.3.5 Panel fotográfico

Elaboración de tableros eléctricos.



Ilustración 47. Armado de tablero eléctrico de acuerdos a planos.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 48. Armado de tablero eléctrico de acuerdos a planos II.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 49. *Prueba en planta de fabricación*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 50 *Vista frontal de tablero de control.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)

Montaje de tablero eléctrico.



Ilustración 51. *Montaje de tablero eléctrico de control.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 52. *Cableado de panel frontal del tablero.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 53. *Pruebas eléctricas de control.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)

Montaje de sensores de parada.



Ilustración 54. *Montaje de sensor de baja velocidad.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)

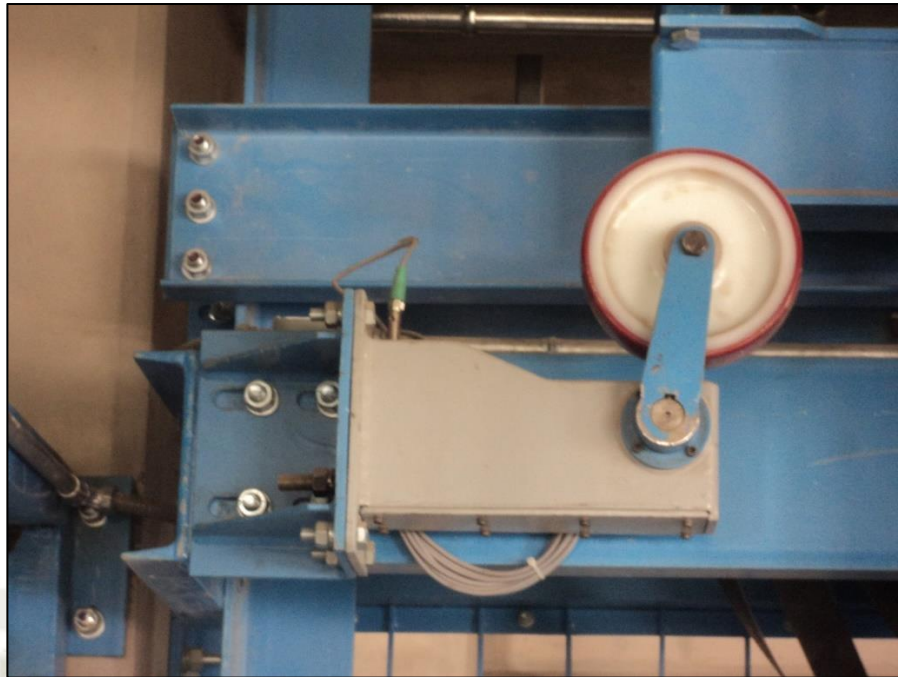


Ilustración 55. *Montaje de sensor de parada del elevador*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)

Montaje de tren de transmisión.



Ilustración 56. *Montaje del tren de transmisión*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 57. *Vista frontal del tren de transmisión.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 58. *Freno Electrohidráulico de zapatas.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)

Sistemas de accionamiento.



Ilustración 59. *Montaje de botonera de accionamiento.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)

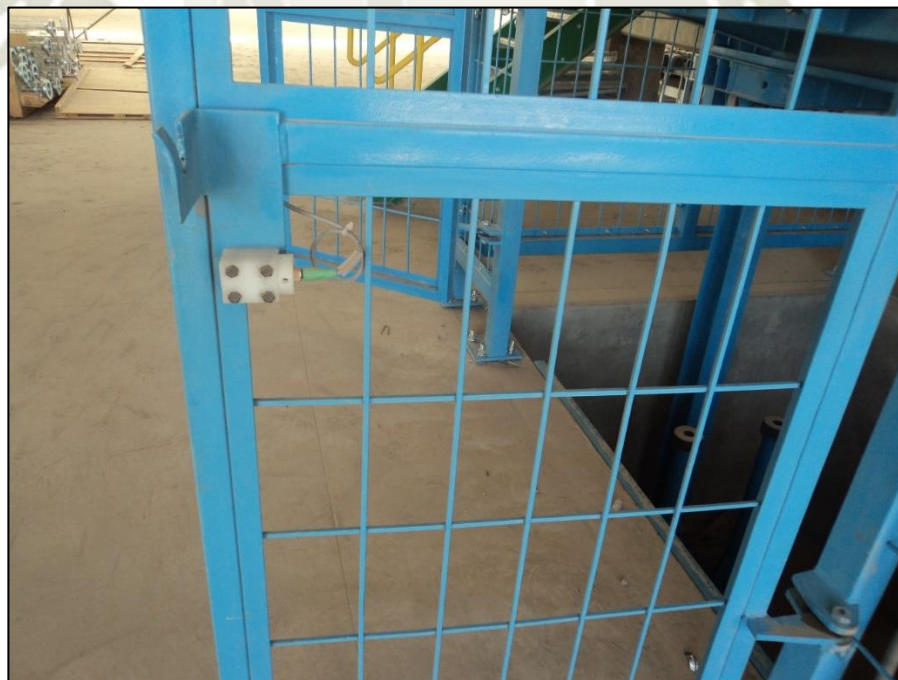


Ilustración 60. *Montaje de botonera de accionamiento*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 61. Polea de tracción para 03 fajas planas de tracción.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)

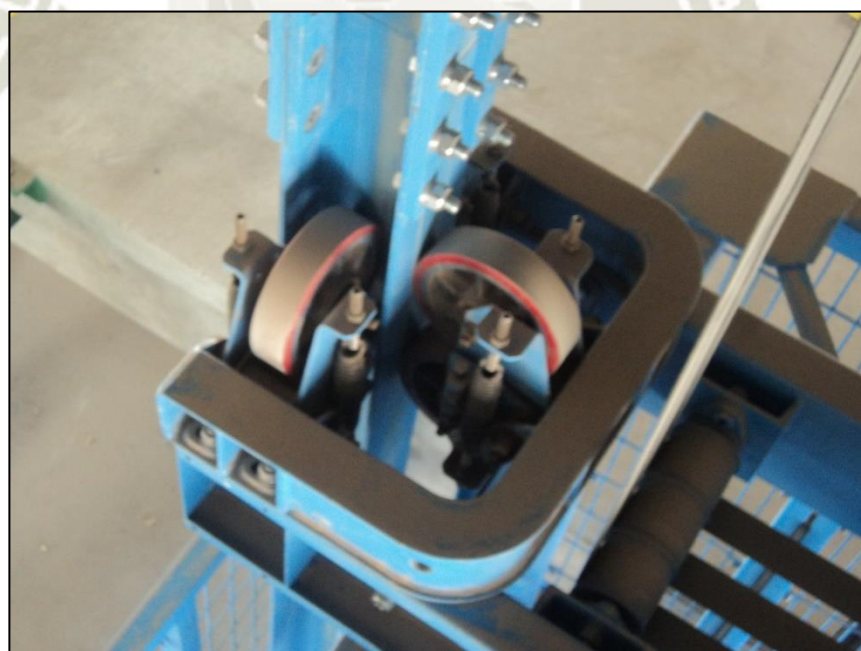


Ilustración 62. Ruedas de Poliuretano de arrastre del elevador.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 63. *Contrapesos de concreto.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)
Elevador de carga de 1500 Kg montado.



Ilustración 64. *Elevador montado primera planta.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 65. *Vista lateral elevador-primera planta.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 66. *Vista frontal segundo nivel elevador de carga.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 67. *Vista lateral elevador de carga.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 68. *Vista frontal cabina con las rejas cerradas.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)

Puesta en funcionamiento y capacitación de personal.



Ilustración 69. *Pruebas de operación.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 70. *Pruebas con máxima carga "1500 kg".*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 71. Pruebas de elevación con máxima carga “1500 kg”.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 72. Pruebas de funcionamiento modo manual de “1500 kg”.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 73. *Capacitación al personal de YURA S.A.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 74. *Verificación operacional por parte del cliente*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 75. *Tablero de control operativo*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)

Verificación de corriente según los cálculos de potencia.

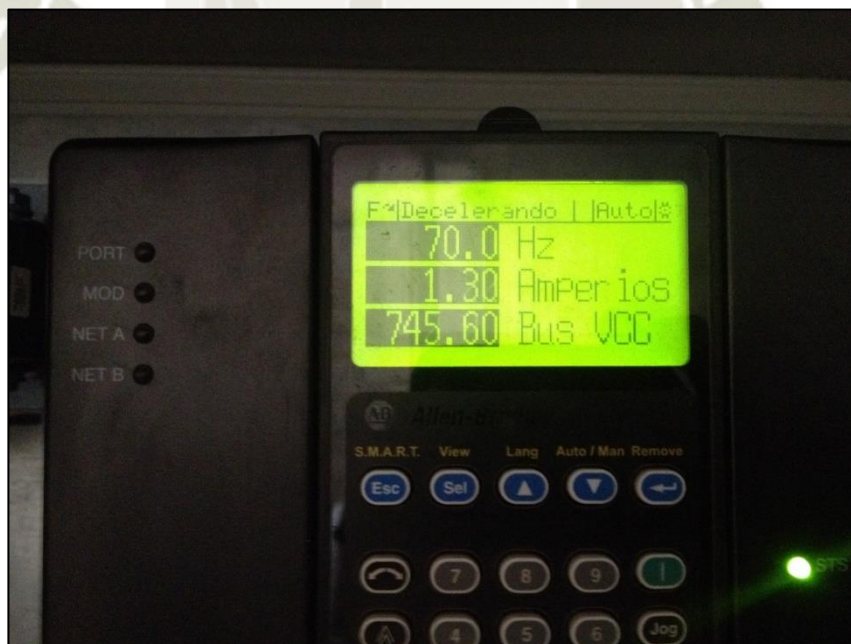


Ilustración 76. *La corriente de bajada siempre es pequeña debido al contrapeso.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)



Ilustración 77. La corriente de subida corresponde al cálculo del capítulo anterior.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2014)

3.4 Planta de dosificación de pirita.

3.4.1 Antecedentes

Este equipo se diseñó y fabricó para la compañía minera Buenaventura. Para su campamento minero en la localidad de Huaral – Lima – Perú.

El cliente solicita una planta de dosificación de concentrado que tenga una estructura muy robusta, resistente y durable; con equipos y sistemas desarrollados para aplicaciones de una continua frecuencia de operación.

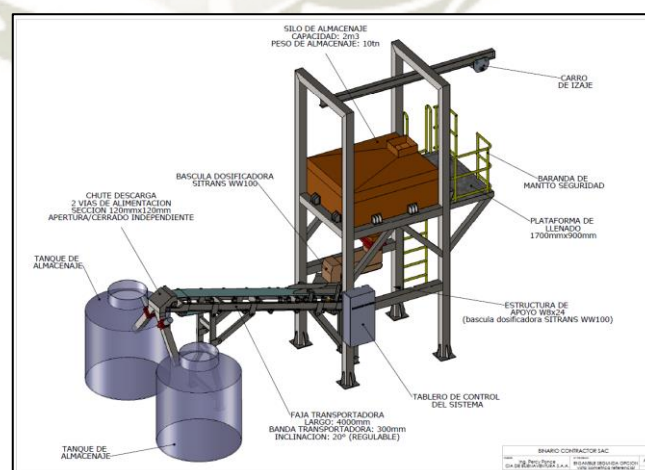


Ilustración 78 Modelado dado por el cliente de planta de dosificación de pirita

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

3.4.2 Planteamiento

El cliente compañía minera Buenaventura solicitó una Planta piloto para recepción y dosificación controlada de pirita, el sistema presenta las siguientes características generales:

Material	:	Pirita.
Granulometría	:	20 μ M.
Humedad Relativa	:	8 %.
Gravedad Específica	:	4.3 GR/CM ³
Flujo De Alimentación	:	40 KG/HR A 120 KG/HR.
Sistema De Alimentación	:	Mediante Weigth Belt Feeder.
Elemento de control	:	Intecont tersus veg 20650.
Sensado de pesaje	:	Celdas de carga.
Válvula de cuchilla	:	Accionamiento mediante motorreductor.
Diverter	:	Válvula de alimentación a descargas.
Tanque almacenamiento	:	Silo cilíndrico de 1.48 m ³ (7 ton).
Balde alimentador a silo	:	Capacidad 400 kg.
Estructura de soporte	:	Fabricada en perfiles de acero.
Recubrimiento superficial	:	Multicapa capa base epóxico.

Estructura de soporte fabricada en perfiles de acero ASTM A36 laminados en caliente de sección tipo “w”, vigas h de sección, peralte y espesor normalizados que forman una estructura con cuatro columnas de soporte que se encuentran fijadas a la cimentación existente mediante un sistema de placa base- anclajes y tuercas de ajuste, asimismo elementos transversales que unen al conjunto de columnas y sistema de diagonales de refuerzo; la estructura presenta dos plataformas o niveles. El inferior alberga al equipo o báscula dosificadora, Weigth Belt feeder y un segundo nivel en donde se accede a la boca del silo de almacenaje; a ambos niveles se llega mediante escaleras de gato normalizadas y mantienen plataformas con pisos de rejillas metálicas, grating normalizado de cuerdo a NAAMM, para permitir la estadía y desplazamiento de los operadores o personal de mantenimiento, así como sistema perimetral de barandas tubulares; las columnas se unen entre si formando dos pórticos en donde se apoya una viga carrilera que permite el Izaje y alimentación del silo de almacenaje, para tal efecto en la viga se encuentra un trolley de desplazamiento libre en donde se fija un tecele que forma parte de la provisión de buenaventura. Recubrimiento superficial multicapa resistente a salpicaduras de compuestos ácidos, con capa base epóxico y capa superior de acabado en

poliuretano de 7 mils de espesor de película seca previa preparación de superficies de acuerdo con especificaciones sspc-sp6, arenado comercial.

Trolley con capacidad nominal de carga de 2 ton, con sistema de ruedas mecanizadas autoalineantes de perfil optimizado, que permite una adecuada superficie de contacto, robustos rodamientos con sistema laberintico y retenes a prueba de polvo y cámara de grasa, con sistema de regulación de apertura-cierre de las paredes laterales del trolley que permiten su instalación y adecuado trabajo dentro de un grupo o familia de vigas.

Tolva o balde carga de 400 kg de capacidad nominal que recibe la carga del material desde unos cilindros y lo descarga en la boca de alimentación del silo. Silo de almacenamiento de sección circular y descarga inferior cónica con inclinación de acuerdo al ángulo de reposo del material a almacenarse para evitar atoros y permitir una descarga continua, el silo está fabricado en plancha de acero ASTM A36 de espesor normalizado, sin recubrimiento interior y exterior con capa base epóxico y capa superior de acabado en poliuretano de 7 mils de espesor de película seca previa preparación de superficies de acuerdo a especificaciones sspc-sp6, arenado comercial. El silo se apoya en un conjunto de silletas que a su vez se apoyan y fijan mediante sistema de pernos a los elementos transversales de la estructura de soporte, en la descarga del silo; se encuentra fijada mediante unión bridada una válvula de compuerta.

Válvula de cuchilla fabricada en planchas y perfiles de acero ASTM A36, permite la descarga del material hacia la báscula dosificadora, mantiene un accionamiento electromecánico mediante un motorreductor en marca Sumitomo o similar, cuyo eje de salida está conectado al piñón de ataque del sistema de accionamiento piñón cremallera de la válvula, la cuchilla se desplaza a través de un robusto sistema de guías longitudinales con sistema de sello perimetral que garantiza un control adecuado de la polución del material al medio ambiente y adecuado cierre o apertura de la boca de alimentación, asimismo en caso de emergencia pérdida del fluido eléctrico o neumático la válvula presenta un accionamiento manual por volante. En una brida en la descarga de la válvula se encuentra el chute de carga del Weigh feeder o báscula dosificadora.

Sistema de vibradores electromecánicos colocados en la sección cónica del silo para facilitar el total desalojo del material dentro del silo y evitar atoros o discontinuidades en la alimentación.

Belt Weigh feeder; equipo alimentador, báscula dosificadora, con control de flujo permite de acuerdo a un valor seteado la alimentación al proceso de la cantidad de material requerida, para lo cual el equipo mantiene una unidad de control propia, la que es de uso estándar para equipos que cumplen esta determinada función, esta unidad se denomina controlador es de marca Shenck process modelo intecont tersus VEG 20650, elemento que recibe la información de los sistemas de celdas de carga ubicadas en el polín de pesaje del equipo y del tacómetro ubicado en la polea de cola del equipo; ambos componentes también en marca Shenck process, de esta manera se compara esta información con el valor seteado y el controlador gracias a un variador de frecuencia que actúa sobre el motorreductor en marca Sumitomo de la polea de cabeza, permite que la faja varíe su velocidad de forma controlada e instantánea alimentando el valor deseado de material, como elemento de transporte del material se tiene una faja de PVC de espesor y ancho normalizado de acuerdo a los valores extremos de flujo de material determinados, en forma longitudinal y en ambos laterales se encuentra un grupo de faldones y guardas que evitan la pérdida de material y mantienen a este sobre la faja; contiene también un sistema mecánico de auto alineamiento de la faja, estructura del Belt Weigh feeder, rodillos de carga, poleas de cola y cabeza, rascadores de faja y sistema modular de cerramiento, encapsulado, fabricados en acero ASTM A36; el chute de descarga del Belt Weigh feeder se encuentra conectado a un Diverter, válvula tipo clapeta. Sistema de ventanillas de inspección y de toma manual de muestras de verificación de pesaje.

Diverter, válvula de manejo de material particulado fino, que permite el direccionamiento del flujo de material a una determinada descarga, para tal aplicación utiliza una clapeta abatible que cierra o apertura una determinada descarga, la clapeta es accionada mediante un motorreductor en marca Sumitomo, con sistema de fines de carrera mediante sensores inductivos en marca Pepper+fuchs; la compuerta se encuentra fabricada en plancha de acero ASTM A36 igual que la clapeta de direccionamiento, ejes de giro sobre chumaceras de pared mecanizadas con sistema de sellado mediante retenes que garantizan una larga vida de los rodamientos, bridas de unión a descarga de Belt Weigh feeder y a ductos de alimentación a tanque de agitación, estos ductos son fabricados en plancha de acero a36.

Sistema de control cuenta con dos tableros de campo, el primero gabinete metálico en marca Schneider IP 66, alberga en su interior al controlador del Belt Weigh feeder, equipo intecont tersus VEG 20650 marca Shenck y asimismo a los demás componentes eléctricos como fuente de alimentación, llaves termomagnéticas, borneras en marca Allen bradley, relés de 11 pines

en marca Schneider, lámpara de estado selector de dos posiciones y accesorios de conexionado y montaje en marca Allen bradley de igual forma un gabinete metálico en marca Schneider IP 66, el tercer tablero de campo posee en su interior al variador de frecuencia powerflex 70 en marca Allen bradley, resistencia de frenado, reactancia de línea, llaves termomagnéticas, contactor trifásico en marca Allen bradley, asimismo alberga a un PLC micro Logix 1100 con sus respectivos módulos de entrada y salidas que permiten enlazar el control del controlador del Weigth feeder con el control principal existente y además comandar el cierre o apertura de determinada línea de descarga que alimenta a los tanques de agitación, dentro del tablero se encuentran los correspondientes accesorios de fijación y conexionado.

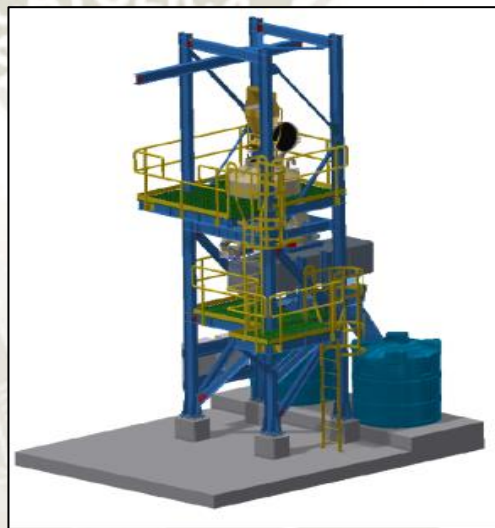


Ilustración 79 *Modelado de planta de dosificación de pirita*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

3.4.3 Ingeniería desarrollada

En el área de instrumentación y control se realizaron los siguientes trabajos de ingeniería:

3.4.3.1 Diagrama de la planta de dosificación.

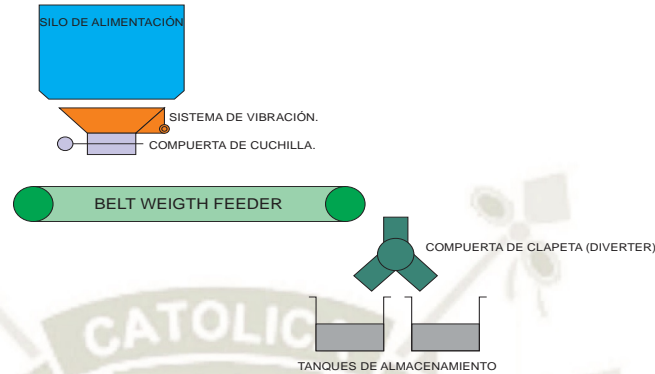


Ilustración 80 Diagrama planta de dosificación.

Fuente: Elaboración propia, (2015)

3.4.3.2 Cálculos de la potencia de los motores.

Calculo sistema de Vibración

La potencia requerida de un vibrador depende de la naturaleza de la aplicación y del grado de amortiguamiento presente en este caso es un vibrador de onda elíptica con una masa excéntrica. La potencia requerida entonces es:

- La velocidad de trabajo es de 750 rpm.
- La distancia de desplazamiento de la masa excéntrica es de 25 mm.
- El peso de la masa excéntrica es de 2 Kg.

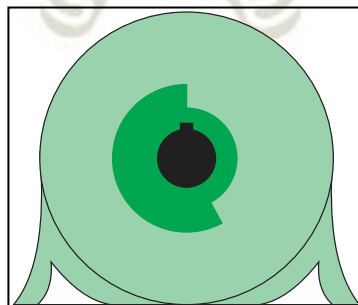


Ilustración 81 Sistema Vibratorio con masa excéntrica.

Fuente: Elaboración propia, (2015)

$$f_{vibracion} = \frac{Motor\ RPM}{60}$$

$$f_{vibracion} = \frac{750}{60}$$

$$f_{vibracion} = 12.5\ Hz$$

Velocidad Angular:

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = 78.54\ rad/s$$

Fuerza Vibratoria:

$$F_{vibracion} = m \times r \times \omega^2$$

$$F_{vibracion} = 2\ kg \times 0.025 \times 78.54^2$$

$$F_{vibracion} = 308.43\ N$$

Velocidad Tangencial a un radio de 0.125 m:

$$V_t = \omega \times r$$

$$V_t = 78.54 \times 0.125$$

$$V_t = 9.82\ m/s$$

Potencia requerida:

$$P_t = F_{vibracion} \times V_t$$

$$P_t = 308.43\ N \times 9.82\ m/s$$

$$P_t = 3028.01\ W$$

Factor de seguridad 1.2:

$$P_{max} = P_t * FS$$

$$P_{max} = 3028.01 W * 1.2$$

$$P_{max} = 3.633 kW$$

Cálculo del motor de compuerta de cuchilla.

Uno de los elementos de diseño más importantes y a menudo, pasado por alto, de una compuerta de cuchilla deslizante es el actuador. El dimensionamiento correcto del actuador permite tener más eficiencia en la apertura y cierre con carga de esta. Hay varias opciones disponibles para accionar este tipo de compuertas tales como: cilindros neumáticos, actuadores eléctricos lineales y giratorios, cilindros hidráulicos, etc.

La fuerza requerida para abrir y cerrar la compuerta deslizante está en función del tamaño de la abertura de la compuerta, el tipo de material que caerá sobre la compuerta, Cuando la compuerta deslizante está en la posición cerrada, hay una fuerza vertical que empuja hacia abajo la placa deslizante causada por la carga del material por encima de la compuerta.

La fuerza para abrir la compuerta deslizante debe calcularse utilizando el coeficiente de fricción estática entre el material y la placa deslizante.

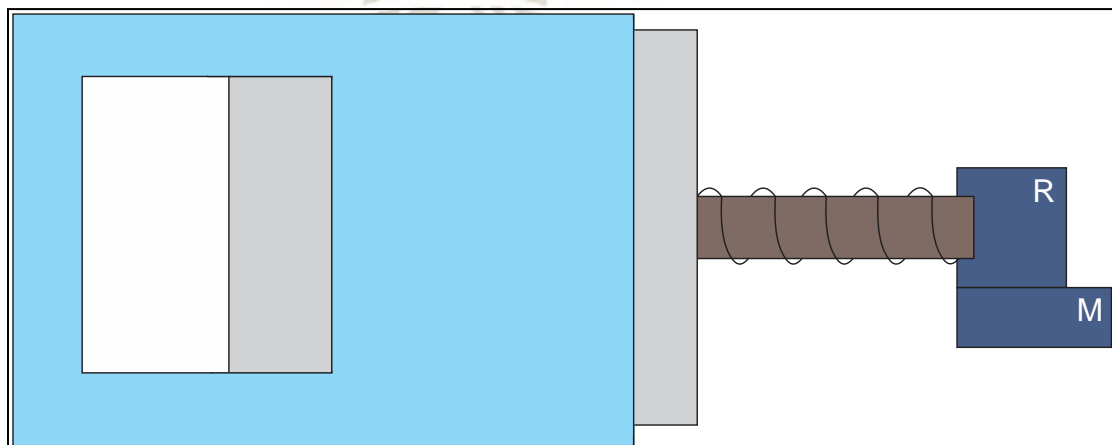


Ilustración 82 Compuerta de cuchilla deslizante.

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Cálculo del peso sobre la cuchilla deslizante:

$$Wm = H \times L \times w \times D$$

$$D = 4.3 \frac{gr}{cm^3} \rightarrow 4.3 \frac{gr}{cm^3} \times \frac{1 lb}{453.592 gr} \times \frac{28316.8 cm^3}{1 ft^3}$$

$$D = 4.3 \frac{gr}{cm^3} \rightarrow 268.48 \frac{lb}{ft^3}$$

$$L = 250 mm \rightarrow 250 mm \times \frac{1 ft}{304.8 mm}$$

$$L = 250 mm \rightarrow 0.8202 ft$$

$$w = 250 mm \rightarrow 250 mm \times \frac{1 ft}{304.8 mm}$$

$$w = 250 mm \rightarrow 0.8202 ft$$

$$H = 600 mm \rightarrow 600 mm \times \frac{1 ft}{304.8 mm}$$

$$H = 600 mm \rightarrow 1.9685 ft$$

$$Wm = H \times L \times w \times D$$

$$Wm = 1.9685 \text{ ft} \times 0.8202 \text{ ft} \times 0.8202 \text{ ft} \times 268.48 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$Wm = 355.54 \text{ lb} \rightarrow 355.54 \text{ lb} \times \frac{1 \text{ kg}}{2.20462 \text{ lb}}$$

$$Wm = 355.54 \text{ lb} \rightarrow 161.27 \text{ kg}$$

Calculando la fuerza que ejerce el material sobre la cuchilla considerando un coeficiente de fricción estático de 0.4 de arcilla – acero, ya que la composición de la arcilla es muy parecida al material usado “Pirita”.

$$Fs = Wm \times \mu_r \times g$$

$$Fs = 161.27 \text{ kg} \times 0.4 \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$Fs = 632.178 \text{ N}$$

Una vez obtenida la fuerza calculamos la torsión que necesita el tornillo de potencia para ser accionado. Un tornillo de potencia es un dispositivo utilizado en maquinaria para cambiar el movimiento angular en movimiento lineal, generalmente, para transmitir potencia.

(Budynas, 2015)

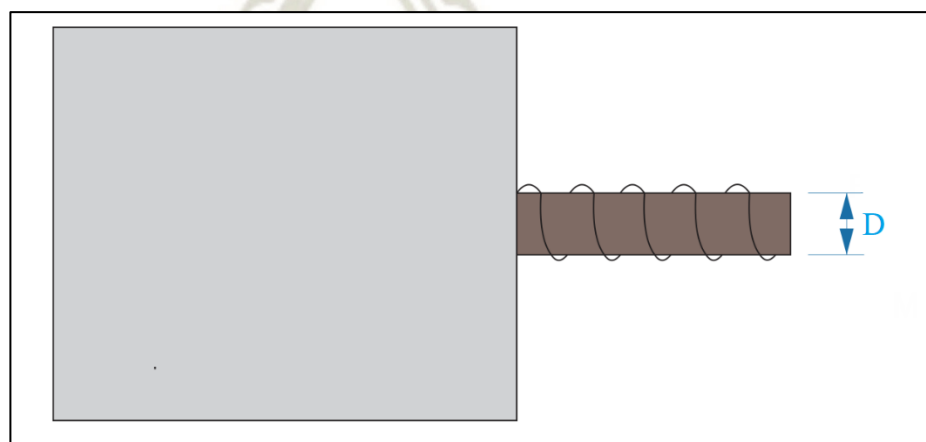


Ilustración 83 Tornillo de potencia.

Fuente: Elaboración propia, (2015)

El coeficiente de fricción del tornillo de potencia es de: $f_c = 0.08$ debido a que se trata de Acero – Acero con lubricación. De acuerdo con las fórmulas tenemos lo siguiente:

$$dm = d - p/2$$

Donde dm es diámetro medio, d es diámetro, p es el paso del tronillo y l es avance.

$$dm = 36.1 \text{ mm}$$

$$dr = d - p$$

$$dr = 34.1 \text{ mm}$$

$$l = n * p$$

$$l = 8 \text{ mm (avance)}$$

Cálculo de torque necesario para el movimiento de la cuchilla.

$$T_R = \frac{F * dm}{2} * \left(\frac{l + \pi * \mu * dm}{\pi * dm - \mu * l} \right)$$

$$T_R = \frac{0.6322 * 36.1}{2} * \left(\frac{8 + 3.14 * 0.08 * 36.1}{3.14 * 36.1 - 0.08 * 8} \right)$$

$$T_R = 1.7276 \text{ Nm}$$

Cálculo de potencia del motorreductor.

$$T_R = 1.7276 \text{ Nm}$$

$$n = 35 \text{ RPM}$$

$$F.S. = 1.25$$

$$P = \frac{T_R \times n}{60} \times F.S.$$

$$P = \frac{1.7276 \times 35}{60} \times 1.25$$

$$P = 0.8019 \text{ kW} \rightarrow 0.8019 \text{ kW} \times \frac{1 \text{ HP}}{0.74 \text{ kW}}$$

$$P = 0.8019 \text{ kW} \rightarrow 1.03 \text{ HP}$$

Cálculo del motor de la compuerta de clapeta.

Para el cálculo de este reductor es necesario utilizar el flujo máximo de alimentación.

$$Flujo_{Max} = 120 \text{ kg/h}$$

$$Flujo_{Max} = 120 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

$$Flujo_{Max} = 0.0333 \text{ kg/s}$$

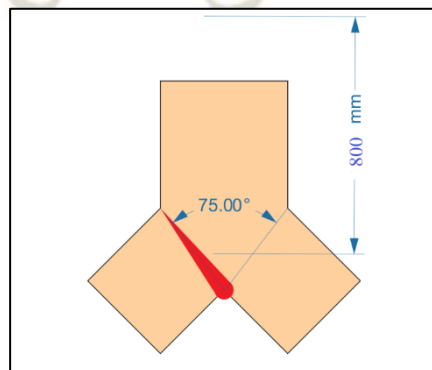


Ilustración 84 Compuerta de clapeta.

Fuente: Elaboración propia, (2015)

La velocidad de impacto está dada por:

$$V = \sqrt{2 * g * h}$$

$$V = \sqrt{2 * 9.8 * 0.8}$$

$$V = 3.9598 \text{ m/s}$$

Luego calculamos la energía cinética antes del impacto.

$$E_c = \frac{1}{2} * m * V^2$$

$$E_c = 0.261072 \text{ J}$$

La fuerza media de impacto, asumiendo que la partícula viaja después del impacto es de $0.001 = d$.

$$F = \frac{E_c}{d}$$

$$F = \frac{0.261072 \text{ J}}{0.001 \text{ m}}$$

$$F = 261.072 \text{ N}$$

Cálculo de Torque:

$$\tau = F * d$$

$$\tau = 261.072 \text{ N} * 0.5 \text{ m} * \cos(70^\circ)$$

$$\tau = 44.64 \text{ Nm}$$

Cálculo de Potencia considerando que la velocidad requerida es de 3 RPM:

$$P = \tau * \omega$$

$$P = \frac{\tau * n}{\frac{60}{2\pi}}$$

$$P = 1.42 \text{ kW}$$

Utilizando un factor de seguridad de 1.25 tenemos que la potencia es:

$$F.S = 1.25$$

$$P = 2.5 \text{ HP}$$

Cálculo del motor de la faja transportadora.

Para el cálculo de la potencia del motor tenemos que considerar el diámetro de la polea de cabeza y el flujo del material:

Flujo de material 120 kg/h

$$120 \text{ kg/h} \rightarrow 120 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$2 \text{ kg/min}$$

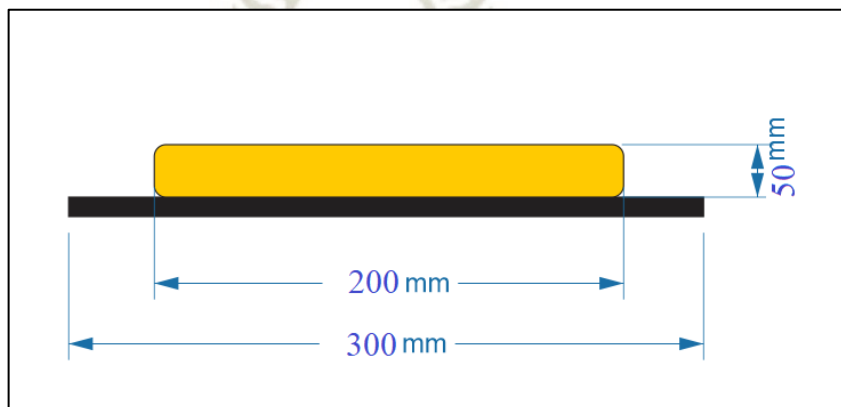


Ilustración 85 Dimensiones de la cama de material.

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Con el volumen total del material a lo largo de la faja y la densidad del material calculamos el peso.

$$W = D * Vol$$

$$W = 4300 \frac{kg}{m^3} * 0.03 m^3$$

$$W = 129 kg$$

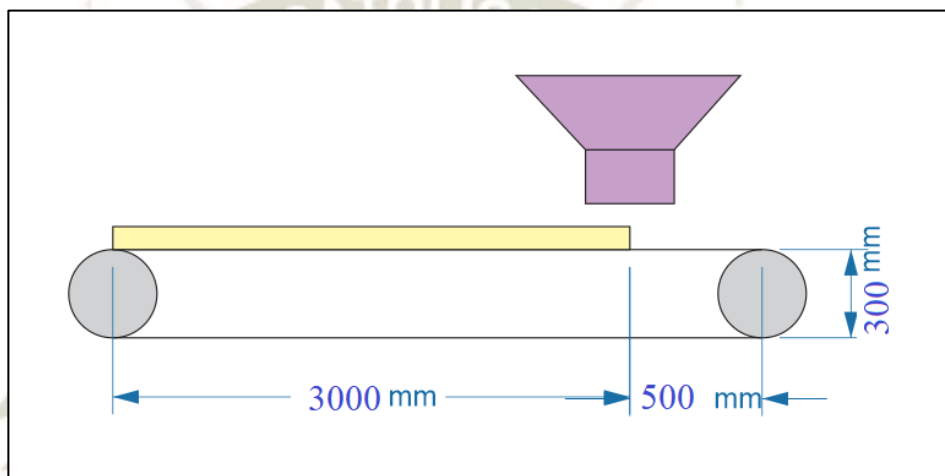


Ilustración 86 Diagrama de la distribución del material en la faja.

Fuente: Elaboración propia, (2015)

$$3 m \text{ --- } 129 kg$$

$$X m \text{ --- } 120 kg$$

Si en 3 metros hay 129 kg, entonces 120 kg ocupan 2.79 metros, por lo tanto, la velocidad de la faja es la siguiente:

$$V_e = 2.79 m/h$$

$$V_e = 2.79 \frac{m}{h} \rightarrow 2.79 \frac{m}{h} * \frac{1 h}{60 min}$$

$$V_e = 0.0465 m/min$$

Luego se procede a calcular la velocidad angular:

$$\omega = V_e / r$$

$$n = V_e * 60 / r * 2\pi$$

$$n = 2.928 \text{ RPM}$$

Para calcular el torque consideramos que la distancia “d” a la cual se aplica la fuerza es igual a la mitad de la longitud total de la cama de material.

$$F = W * g$$

$$F = 129 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 1264.2 \text{ N}$$

$$\tau = F * d$$

$$\tau = 1264.2 \text{ N} * 1.5 \text{ m}$$

$$\tau = 1896.3 \text{ Nm}$$

Finalmente calculamos la potencia del motor de accionamiento de la faja transportadora.

$$P_{(HP)} = \frac{\tau \times n}{5252}$$

$$P_{(HP)} = \frac{1896.3 \text{ Nm} \times 2.928 \text{ RPM}}{5252}$$

$$P_{(HP)} = 1.06 \text{ HP}$$

Considerando un factor de seguridad de 1.5-

$$P_{(HP)} = 1.5 \text{ HP}$$

Selección de componentes del tablero eléctrico.

Luego de realizar los cálculos para la potencia de los actuadores, se procede a hacer la selección de los motores:

- Sistema vibratorio:

De acuerdo con los cálculos considerando el factor de seguridad, el motor seleccionado fue un motor Toshiba de 5 HP, se escogió este motor debido a sus buenas características técnicas apropiadas para un sistema vibratorio. Este motor tiene una corriente nominal de 7.3 Amp, por lo que se selecciona el contactor de 23 Amp, es de esa capacidad ya que la corriente de arranque de un motor es por lo menos 4 veces mayor a la corriente nominal, por otra parte, su sistema de protección fue un relé térmico con capacidad de 3.6 – 9.2 Amp.

- Compuerta de cuchilla:

De acuerdo con los cálculos considerando el factor de seguridad, el motorreductor seleccionado fue de la marca Sumitomo del tipo hyponico, este tipo de reductor logra reducciones bajas en equipos pequeños; el motorreductor seleccionado es de 1 Hp con una velocidad de salida de 35 RPM. Este motorreductor tiene una corriente nominal de 1.7 Amp, por lo que se selecciona un contactor de 9 Amp, en consecuencia, su sistema de protección fue un relé térmico con capacidad de 0 a 3 Amp.

- Compuerta de tipo clapeta:

En relación con los cálculos obtenidos anteriormente y considerando el factor de seguridad el motorreductor seleccionado es de 2.5 Hp al igual que la compuerta de cuchilla fue un motorreductor Sumitomo de tipo hyponico, la corriente nominal de este motorreductor es de 3.7 Amp por lo que seleccionamos un contactor de 9 Amp, por lo tanto, su sistema de protección fue un relé térmico con capacidad de 0 a 3 Amp.

- Faja Transportadora:

En consecuencia, de los cálculos obtenidos líneas adelante y teniendo en consideración el factor de seguridad, el motorreductor seleccionado es de 1.5 Hp de la marca ABB con ventilación forzada ya que este motor trabajara con un variador de velocidad de marca Allen Bradley; Este motor tiene una corriente nominal de 2.4 Amp por lo que se

selecciona un variador de velocidad heavy duty de 3 Hp. El sistema de protección fue un relé térmico de 1 a 5 Amp.

- Sistema de pesaje:

Para el sistema de pesaje se usó el sistema intecont tersus de la marca Shenck process, este sistema es un sistema electrónico con un control PI que permite la dosificación de un flujo de material, de acuerdo con el siguiente diagrama:

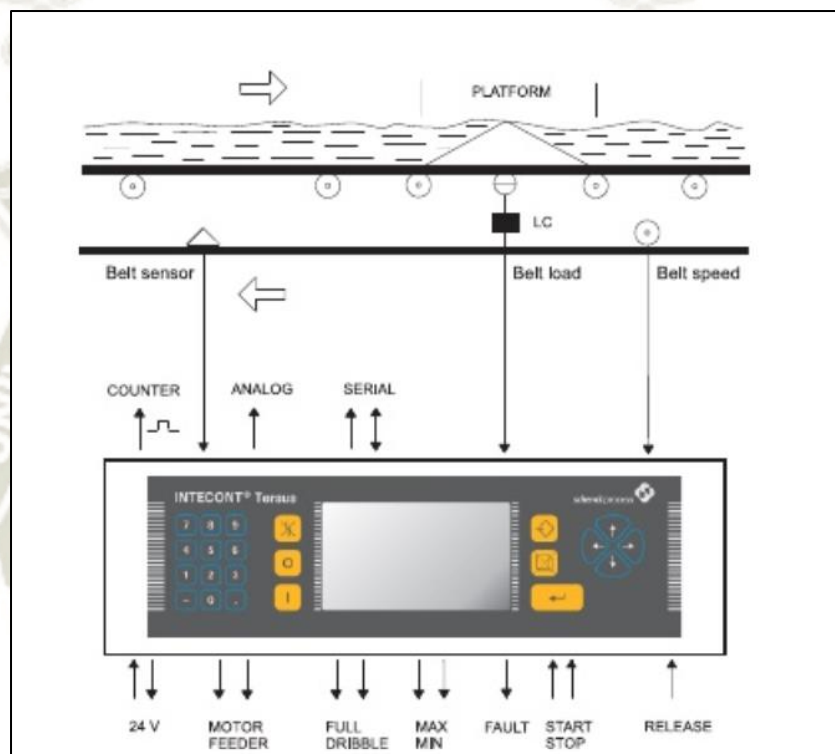


Ilustración 87 Diagrama de operación del sistema de pesaje

Fuente: Manual Shenck, (2015)

El Belt Weigh Feeder (faja transportadora pesadora) pesa continuamente la cantidad de material transportado por la faja transportadora. la velocidad de alimentación se regula en un pesador de acuerdo con un punto de ajuste. la faja pesadora solo mide el peso y no puede influir en la velocidad de alimentación es por eso que al sistema se añade un variador de velocidad el cual regula la velocidad.

El material se transporta a través de una plataforma de pesaje ubicada debajo de la banda, limitada por 2 rodillos portadores. La carga en la plataforma ejerce una fuerza en la celda de carga LC a través de uno o más rodillos de pesaje. El desplazamiento de la medición es de

aproximadamente 0,2 mm. Los rodillos de medición están vinculados con la construcción del bastidor a través de muelles de placas paralelas. La tensión de salida de la celda de carga es proporcional a la carga de la plataforma. Se registra con un amplificador de medición adecuado. La distribución de la carga en un puente de pesaje de un solo rodillo se muestra mediante el triángulo blanco. Solo la mitad de la fuerza del peso del material pasa al medidor. La siguiente fórmula de conversión se aplica a la longitud efectiva del puente con puentes de pesaje de un solo rodillo:

$$L_{eff} = L_g/2$$

Donde:

L_{eff} = Longitud efectiva de la plataforma de pesaje.

L_g = Longitud total de la plataforma de pesaje.

Las plataformas de pesaje con más de una rueda guía de pesaje tendrán un factor diferente a 1 / 2. Por lo tanto, la carga de la correa en kg / m totales:

$$Q = \frac{QB}{L_{eff}}$$

Donde:

QB = Carga total en el puente de pesaje.

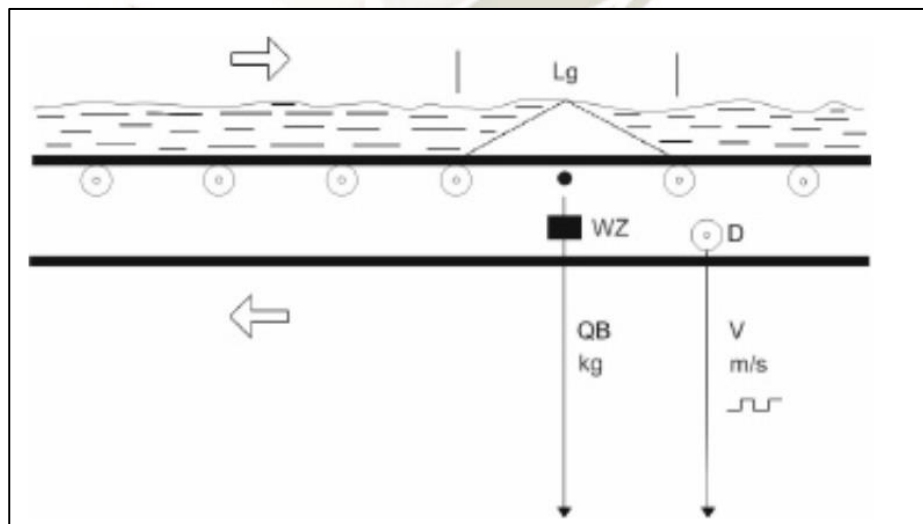


Ilustración 88 Diagrama del material en la zona de pesaje.

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Diseño de planos eléctricos.

El plano de interconexión de Borneras se encuentra en ANEXO 12

El plano Eléctrico de Control se encuentra en ANEXO 13

El plano Eléctrico de Fuerza se encuentra en ANEXO 14

El plano Eléctrico de Mando se encuentra en ANEXO 15

El plano de Instrumentación se encuentra en ANEXO 16

El plano de Instrumentación de sistema de Dosificación se encuentra en ANEXO 17

El plano de Instrumentación de PI&D se encuentra en ANEXO 18

El Diagrama de tablero de control se encuentra en ANEXO 19

El Diagrama de tablero de control se encuentra en ANEXO 20

El Diagrama de Interconexión se encuentra en ANEXO 21

Programación del controlador.

Memoria de control: la memoria de control es un documento en el cual se detallan el principio de funcionamiento del sistema considerando entradas y salidas.

El diseño desarrollado está basado de acuerdo con las siguientes premisas o criterios:

- Evaluación continua de la cantidad de material alimentado contrastando este valor con el de consigna necesitado en el proceso.
- El equipo mediante un sistema de pesaje en línea evalúa el peso del material alimentado de la misma manera evalúa la velocidad de alimentación por lo que con ambos datos determina un flujo de material alimentado con respecto al tiempo, este valor lo contrasta con el determinado o requerido por el proceso de esta contrastación y en forma autónoma para asegurar el dato de consigna, en caso encontrase diferencia se variara la velocidad de la faja ya sea para incrementar el volumen de material alimentado o para disminuirlo.
- El equipo elevador debe trabajar manteniendo condiciones seguras de operación tanto para el personal que lo manipula-opera como para el mismo equipo.
- El equipo mantiene una operación sencilla y estructuralmente una eleva resistencia.
- El sistema se ha diseñado y calibrado para una carga determinada que puede variar dentro de cierto margen, si está variación va a ser muy considerable es necesario realizar una recalibración teniendo en cuenta de no exceder la carga máxima permisible de diseño.

Operación General Del Equipo

- Entradas Digitales:

I:0.0 Batch Run. - Esta señal digital es enviada desde el integrador hacia el PLC indicando que el Weigh feeder está operando en modo Batch.

I:0.3 Sensor de Posición A Diverter. - Esta señal digital que es enviada para indicar que el Diverter está en la posición A, también detiene la compuerta cuando está en dirección hacia A.

I:0.4 Sensor de Posición B Diverter. - Esta señal digital que es enviada para indicar que el Diverter está en la posición B, también detiene la compuerta cuando está en dirección hacia B.

I:0.5 Sensor de Posición Compuerta abierta. - Esta señal digital que es enviada para indicar que la compuerta está abierta, también detiene la compuerta cuando está se abrió.

I:0.6 Sensor de Posición Compuerta cerrada. - Esta señal digital que es enviada para indicar que la compuerta está cerrada, también detiene la compuerta cuando está se cerró.

I:0.7 Weigh Feeder Run. - Esta señal digital es enviada desde el integrador hacia el PLC indicando que el Weigh feeder está operando.

I:0.8 Señal por fallo térmico. - Esta señal digital que es enviada por los relés térmicos de los motores.

I:1.3 Tanque A lleno. - Señal digital enviada desde el controlador principal hacia el PLC.

I:1.4 Tanque B lleno. - Señal digital enviada desde el controlador principal hacia el PLC.

I:1.7 Parada de Emergencia. - Señal digital que detiene toda la lógica de control en caso de emergencia.

- Salidas Digitales:

O:0.0 Habitado. - Señal de habilitado para el Weigh Feeder.

O:0.1 Diverter hacia posición A.- Señal que comanda al motor del Diverter que dirige la compuerta hacia A.

O:0.2 Diverter hacia posición B.- Señal que comanda al motor del Diverter que dirige la compuerta hacia B.

O:0.3 Compuerta Abierta. - Señal que comanda al motor de la Compuerta de cuchilla para abrirse.

O:0.4 Compuerta Cerrada. - Señal que comanda al motor de la Compuerta de cuchilla para cerrarse.

O:0.5 Vibrador. - Señal enviada para accionar el motor del Vibrador.

O:1.0 Run Feeder. - Señal enviada al controlador externo para indicar que el Weigth Feeder está operativo.

- Entradas Analógicas:

I:2.0 Valor de Flujo Másico. - Señal de 4 a 20mA enviada al PLC con el valor del flujo másico.

I:2.1 Set Point Externo. - Señal de 4 a 20mA enviada al PLC desde un controlador externo.

- Salidas Analógicas:

O:2.2 Set Point. - Señal de 4 a 20mA enviada desde el PLC hacia el integrador.

Entradas Discretas HMI:

- a) Selector Manual. - Señal de comando ingresada a través del HMI para seleccionar el Modo Manual de la Planta.
- b) Selector Automático. - Señal de comando ingresada a través del HMI para seleccionar el Modo Automático de la Planta.
- c) Selector ON/OFF. - Señal de comando ingresada a través del HMI para habilitar el Weigth Feeder, en modo automático.
- d) Diverter hacia posición A.- Señal de accionamiento para el motor del Diverter enviando la válvula hacia la posición A.
- e) Diverter hacia posición B.- Señal de accionamiento para el motor del Diverter enviando la válvula hacia la posición B.
- f) Compuerta Abierta. - Señal que acciona el motor de la válvula, abriendo esta para dejar fluir el material.
- g) Compuerta Cerrada. - Señal que acciona el motor de la válvula, cerrando esta para no dejar fluir el material.
- h) Vibrador ON. - Señal que enciende el Vibrador.
- i) Vibrador OFF. - Señal que apaga el Vibrador.

Modo de operación

Modo manual de operación

En el modo manual de operación cada equipo es accionado independientemente mediante una subrutina de accionamiento, este modo de operación es recomendado para el mantenimiento de los equipos. Para acceder a este modo de operación manual se accede a la pantalla principal del HMI pulsamos el selector de Modo Manual.

Modo Gravimétrico de operación

En el modo Gravimétrico de operación se deben de cumplir ciertos requisitos:

En el Intecont Tersus se tiene que seleccionar el modo Gravimétrico y el modo Teclado OFF, luego en el HMI tanto el selector en Modo Gravimétrico como el selector Belt Weigth Feeder ON deberán estar activados, después de haber cumplido con los requerimientos se inserta el set point adecuado para el trabajo, desde el HMI o desde un control remoto, seguidamente se revisan los estados de los sensores de nivel de los tanques de almacenamiento, luego se decide la posición del Diverter, dependiendo de cuál tanque está lleno. Seguidamente se da marcha al Belt Weigth Feeder, la Válvula de Cuchilla se abre y el Vibrador es accionado, cuando un tanque se llene el Diverter cambiara de posición para poder llenar el otro tanque de manera continua.

Para el apagado de la planta, los selectores de Modo Gravimétrico y el selector Belt Weigth Feeder ON se desactivan, automáticamente el vibrador se apaga, la Válvula de Cuchilla se cierra y el Belt Weigth Feeder se apaga, accionar la parada de emergencia manualmente para culminar con el apagado de la planta.

Modo Batch de operación.

En el Modo Batch de operación se debe cumplir ciertos requisitos. en el Intecont Tersus se tiene que seleccionar el modo Gravimétrico, el modo Teclado OFF y el Moto Batch activado, el Selector de modo Batch y el selector Belt Weigth Feeder ON deberán estar activados.

Tanto el Arranque como la parada es de similar operación con el Modo Gravimétrico, la diferencia radica en que el accionamiento del Diverter se hará cuando el Batch haya terminado eso quiere decir que al seleccionar el modo Batch se inserta una consigna Batch en peso cuando el Belt Weigth Feeder culmine con la cantidad de material correspondiente a la consigna ingresada este accionara el Diverter para llenar el otro tanque y volverá a darle

marcha al BWF para alimentar el otro tanque con la cantidad de material correspondiente a la consigna antes ingresada.

Programación

Según la norma IEC-848 (Preparation of function charts for control Systems, Preparación de diagramas funcionales para sistemas de control). Para un mejor entendimiento de la programación realizada en el PLC y con fines académicos se aplicó la programación en Graffcet. El programa en Graffcet se encuentra en el Anexo 22.

Tabla 12 *Señales de entrada y Salida.*

Planta Piloto			
IN	Descripcion	OUT	Descripcion
SBWF	Señal habilitado Belt Weigth Feeder	HABWF	Habilitado BWF
SM	Selector Manual	DA	Diverter hacia A
SA	Selector Automatico	DB	Diverter hacia B
SDA	Sensor Diverter A	VNA	Abrir Compuerta
SDB	Sensor Diverter B	VNC	Cerrar Compuerta
SVC	Sensor Compuerta Abierta	VIB	Vibrador
SVA	Sensor Compuerta Cerrada	RUNF	Run Feeder
FRUN	Feeder Run	VDF	Habilitado Variador
FTE	Fallo Termico		
PDA	Pulsador Diverter A		
PDB	Pulsador Diverter B		
PAV	Pulsador Abrir Compuerta		
PCV	Pulsador Cerrar Compuerta		
STA	Sensor Tanque A Lleno		
STB	Sensor Tanque B Lleno		
VIBON	Vibrador ON		
VIBOFF	Vibrador OFF		
PE	Parada de Emergencia		
SSP	Sensor Silo		

Fuente: Elaboración propia, (2015)

3.4.4 Funciones realizadas en este proyecto

En este proyecto realicé las siguientes funciones en el Área de Instrumentación y control.

- Cálculo y diseño de sistemas de accionamiento del sistema vibratorio.
- Cálculo y diseño de sistemas de accionamiento de la compuerta de cuchilla.
- Cálculo y diseño de sistemas de accionamiento de la compuerta de clapeta.
- Cálculo y diseño de sistemas de accionamiento de la faja transportadora.
- Selección de componentes.
- Elaboración de lista de materiales.
- Procura de componentes eléctricos y electrónicos.
- Diseño y elaboración de planos eléctricos y de instrumentación.
- Programación de variador de frecuencia.
- Programación de Controlador lógico Programable.
- Programación del sistema de pesaje.
- Armado de tableros eléctricos en planta.
- Protocolos y pruebas en Planta.
- Supervisión y Montaje del sistema en las instalaciones de la compañía minera Buenaventura.
- Puesta en Marcha del equipo.
- Protocolos y pruebas finales.
- Charlas de capacitación.
- Elaboración de Manual de funcionamiento y Mantenimiento.

3.4.5 Panel fotográfico

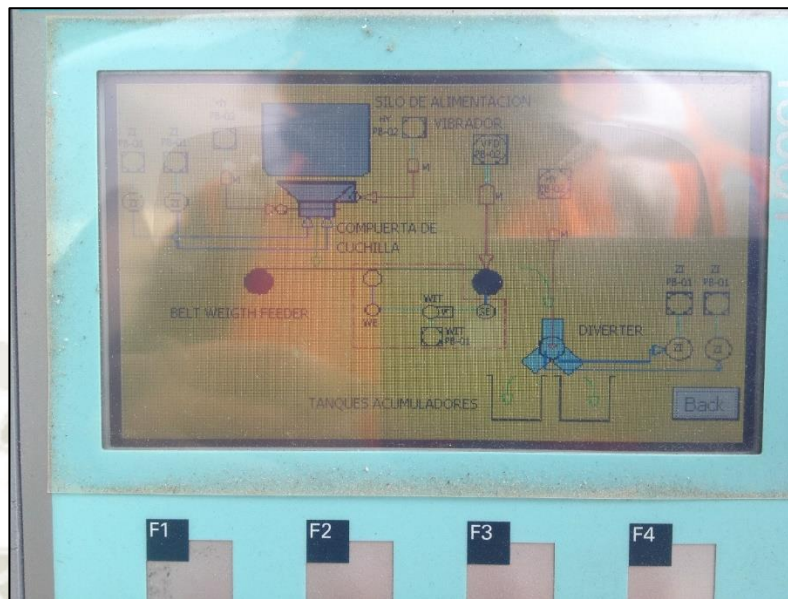


Ilustración 89. Diagrama P&ID en la pantalla HMI.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 90. Sistema de pesaje INTECONT Tersus.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

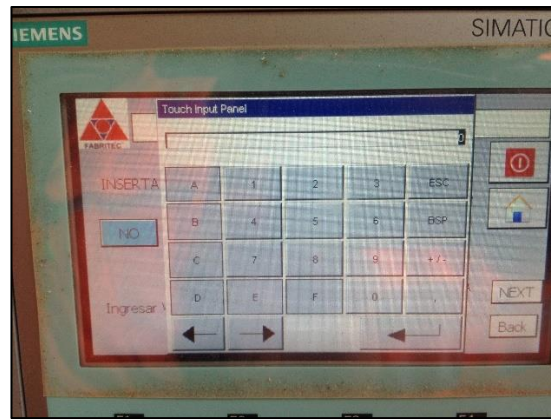


Ilustración 91. Pantalla para ingresar el setpoint.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 92 HMI habilitación del modo automático.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 93 Pantalla de ubicación de indicadores luminosos en el HMI.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 94 Pantalla de ubicación de pulsadores en el HMI.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 95 Pantalla de ubicación de selectores en el HMI.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 96 Planta piloto después del montaje.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 97 *Tableros eléctricos después del montaje*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 98 *Montaje estructural de la planta piloto.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 99 *Montaje del silo de alimentación*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 100 *Fabricación de tablero de control*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

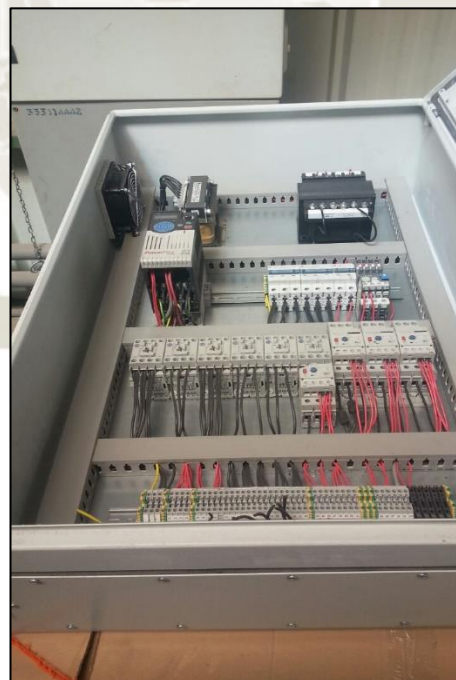


Ilustración 101 *Fabricación de tablero de fuerza-*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 102 Tablero de control terminado en taller.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 103 Tablero del variador de velocidad terminado.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 104 Tolva de almacenamiento de material.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 105 Chute de transferencia de material.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 106 Sistema Vibratorio para el libre flujo del material.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 107 Accionamiento de la faja transportadora.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

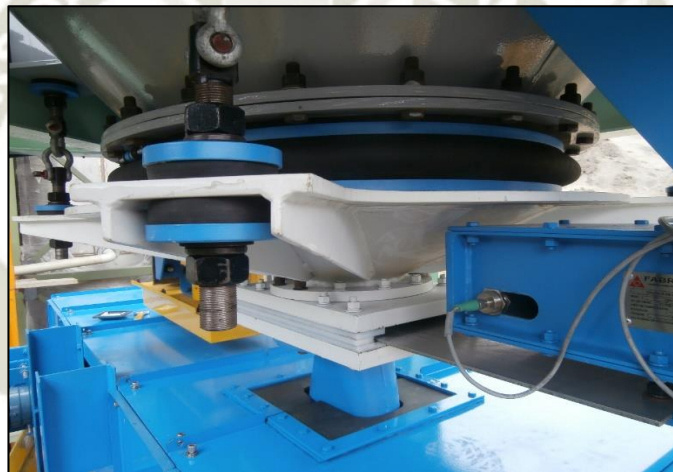


Ilustración 108 Compuerta de cuchilla

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 109 Celda de carga del sistema de pesaje.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 110 Compuerta tipo clapeta.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 111 Vista lateral de la planta piloto ya instalada.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 112 Vista Frontal de la planta piloto en las instalaciones de Buenaventura.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

3.5 Sistema de cable de faja TDS (Temporary Drive Station)

3.5.1 Antecedentes

La compañía minera Antamina cuenta con una faja alimentadora principal de 3 kilómetros de longitud es decir 6 kilómetros de correa, con una capacidad de 6000 TM/H, con una pendiente de 1.8° con un peso por metro de 100 kilogramos y un tiempo de operación de 7 años.



Ilustración 113 Vista satelital de la ubicación del conveyor belt.

Fuente: GOOGLE EARTH

Para este proyecto el cliente solicitaba realizar el cambio completo de su faja transportadora ya que se encontraba muy dañada; para realizar este cambio la compañía minera Antamina tenía programada una para de planta de 33 días por lo que al ser un tiempo extremadamente

largo, nos convocaron para brindar una solución que pueda bajar algunos días, después de revisar su diagrama de Gantt nos dimos cuenta que por el método tradicional no se podía bajar ni una sola hora, sin embargo había una posibilidad la cual fue crear un equipo de tracción que permita cambiar la faja en una sola operación, el trabajo consistió en empalmar la faja nueva afuera del conveyor e introducirla al mismo en una sola operación, esta maniobra estaba programada para ser ejecutada en 3 días de parada; y gracias a este sistema de tracción se realizó durante 29 horas por lo cual fue un gran avance tecnológico en la gran minería en nuestro país.

3.5.2 Planteamiento

El sistema TDS (Temporary Drive Station) es un arreglo de poleas que tienen por finalidad el arrastre y facilitar el bobinado de la faja usada y a la vez permitir la colocación o instalación de la faja nueva a su posición de trabajo definitiva.

El sistema está compuesto por una polea motorizada (pm), dos poleas de guiado o de optimización de ángulo de contacto (P1 y P2); sistema de accionamiento; motor eléctrico, primera transmisión fajas-poleas, reductor primario (R1), reductor secundario (R2), variador de frecuencia, polín autoalineante de ingreso y sistema estructural de soporte.

Descripción general del funcionamiento

la faja existente en actual operación será retirada para lo cual se cortará la faja, quedando dos extremos uno de los cuales se empalmará de forma temporal con la faja nueva acumulada en libro o layout para permitir el ingreso de esta a su posición final de trabajo. por el otro extremo la faja usada será bobinada y retirada, para esto se utilizará la estación de arrastre TDS (Temporary Drive Station) y un Belt Winder o bobinador de faja.

La estación de arrastre funciona de la siguiente manera; la faja pasa por encima de la polea inferior de guiado p1, el eje de esta polea se encuentra por delante del eje de la polea motriz y en una altura en que la faja realiza un cambio de dirección al pasar por la polea inferior abraza a la polea motriz y regresando hacia delante en donde cambia nuevamente de dirección circundando a la segunda polea p2 y de allí la faja es orientada hacia la parte inferior de la bobina del Belt Winder donde será fijada.

La separación entre las poleas y la posición vertical de sus ejes hace que la faja forme un gran ángulo de contacto con la polea motriz de aproximadamente 260° , para aumentar el área de

contacto con la faja y facilitar su arrastre al producirse el giro esta polea mediante el sistema de transmisión de doble reducción.

Para producirse un correcto bobinado a la salida del arreglo de poleas la faja debe estar sometida a una fuerza de tensión de bajo valor pero que impida que la faja quede suelta lo que provocaría que la polea motriz pierda contacto con la faja y patine; esta fuerza es proporcionada por el Belt Winder o bobinador de la faja.

Sistema de accionamiento conformado por un motor eléctrico de 250 hp, 1185 rpm, que alimenta al reductor primario R1 reductor, mediante una transmisión de fajas y poleas, que permiten ingresar al reductor con una velocidad mayor, las poleas son de fundición y tienen una relación de diámetros de 1.34. El reductor mantiene una velocidad de ingreso de 1587.9 rpm y su velocidad de salida de 37.32 rpm.

Existe una segunda reducción realizada por un reductor secundario R2 de velocidad de ingreso de 37.32 rpm, velocidad de salida de 1.44 rpm, el reductor secundario se encuentra montado en una base flotante con su respectivo brazo de torsión; este segundo reductor está unido al primero mediante un acople flexible FABAC-R, de capacidad de torque normalizado.

La salida del segundo reductor alimenta a la polea motriz o motorizada pm de 1600 mm de diámetro, mediante un sistema acople rígido, conjunto de bridas montadas en ambos ejes de cada elemento y unidas mediante pernos, sistema de acople y polea.



Ilustración 114 Sistema de tracción temporal en planta concentradora.

Fuente: FABRITEC EIRL, (2015)

3.5.3 Ingeniería Desarrollada

- En el área de instrumentación y control se realizaron los siguientes trabajos de ingeniería de acuerdo con el siguiente esquema de instalación:

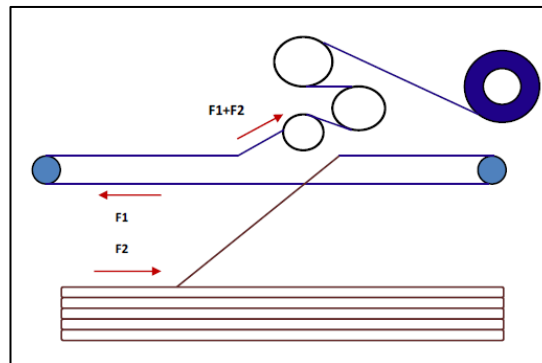


Ilustración 115 Esquema de instalación del sistema de tracción en planta concentradora.

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Cálculos Iniciales:

a) Cálculo de F1:

De acuerdo a manual de Sew Eurodrive de métodos de cálculo para accionamientos, utilizamos la siguiente formula, considerando solo el peso de la faja a retirar:

$$F_1 = (m_1 + m_2) * g * \left(\frac{2}{D} * \left(\mu L * \frac{d}{2} + f \right) + c \right) \dots \dots \dots (Newton)$$

Donde:

m1: Equivalente del peso propio de la faja en Kg. m1 = 970091 Kg, Dato extraído del cliente.

m2: Peso del material transportado, para nuestro caso m2 = 0.

D: Diámetro de rodillos en mm. D=178 mm.

d: Eje de rodillo en mm.; d= 45 mm.

μL: Coeficiente de fricción para rodamientos. μL = 0.005

f: Coeficiente de fricción en mm.; f= 7 mm.

c: Adicional factores de fricción. c= 0.

Reemplazando en la fórmula:

$$F_1 = (970091 + 0) * 9.81 * \left(\frac{2}{178} * \left(0.005 * \frac{45}{2} + 7 \right) + 0 \right)$$

$$F_1 = 760525.456 \text{ N}$$

Cálculo de la potencia para hacer circular la faja.

$$P = \frac{F_1 \times V}{1000 \times \eta}$$

Donde:

V: Velocidad de la faja en m/s; V = 0.2 m/s.

η : Eficiencia; $\eta = 0.82$

$$P = \frac{760525.456 \times 0.2}{1000 \times 0.82}$$

$$P = 185.494 \text{ kW.}$$

$$P = 248.65 \text{ HP.}$$

Calculo Torque de Carga:

$$M_x = \frac{P * 9550}{n}$$

$$M_x = \frac{185.494 * 9550}{1185}$$

$$M_x = 1494.9095 \text{ Nm}$$

Calculo Momento de Inercia:

$$J = 91.2 * (m_1 + m_2) * (V/n)^2$$

$$J = 91.2 * (970091 + 0) * (0.2/1185)^2$$

$$J = 2.52017$$

Cálculo del tiempo de Arranque:

$$T_a = (J_M + J_X/\eta) * n / (9.55 * (M_H - M_X))$$

De las tablas de Motores Marathon:

$$J_M = 13.5976 \text{ Kg.m}$$

$$M_H = 1501.839 \text{ Nm}$$

Reemplazando:

$$T_a = (13.5976 + 2.52017/0.75) * 1185 / (9.55 * (1501.839 - 1494.9095))$$

$$T_a = 303.6788 \text{ seg.}$$

Cálculo de la Aceleración:

$$\alpha_A = V/T_a$$

$$\alpha_A = 0.2/303.6788$$

$$\alpha_A = 0.00065859 \text{ m/s}^2$$

Cálculo de distancia de Arranque:

$$S_A = 0.5 * 1000 * T_A * V$$

$$S_A = 0.5 * 1000 * 303.6788 * 0.2$$

$$S_A = 30367.88 \text{ mm}$$

b) Cálculo de F2:

Fuerza necesaria para retirar (jalar) la faja nueva acumulada en el libro.

$$F_2 = N * C_F$$

Donde:

N: Carga normal.

CF: Coeficiente de Fricción; CF = 0.27 Jebe sobre jebe lubricado.

$$N = \text{Peso de la faja/metro} * \text{longitud}$$

$$N = 108.1 \text{ kg/ml} * 240 \text{ ml}$$

$$N = 25944 \text{ kg}$$

$$F_2 = 0.27 * 25944$$

$$F_2 = 7004.88 \text{ kg}$$

$$F_2 = 68717.8728 \text{ N}$$

Cálculo de la potencia para retirar la faja del libro:

$$P = \frac{F_2 * V}{1000 * \eta}$$

Donde:

V: Velocidad de la faja en m/s; V = 0.2 m/s.

η: Eficiencia; η = 0.82

$$P = \frac{68717.8728 \times 0.2}{1000 \times 0.82}$$

$$P = 17.1794 \text{ kW.}$$

$$P = 23.028 \text{ HP.}$$

c) Tomando en cuenta ambas cargas F1 y F2

$$P_T = P_1 + P_2$$

$$P_T = 185.494 \text{ kW} + 17.1794 \text{ kW}$$

$$P_T = 202.6734 \text{ kW}$$

$$P_T = 271.68 \text{ HP}$$

Observaciones

De los cálculos obtenidos la potencia requerida se excede a la potencia existente suministrada por el motor. Por lo que se reajustaron los cálculos a una velocidad menor de operación de $V = 0.12 \text{ m/s}$

Cálculos Finales

Asumiendo las fuerzas en el cálculo anterior, se realiza el ajuste de las potencias obtenidas con anterioridad.

Potencia para hacer circular la faja.

$$P = \frac{F_1 \times V}{1000 \times \eta}$$

Donde:

V: Velocidad de la faja en m/s; $V = 0.12 \text{ m/s}$.

η : Eficiencia; $\eta = 0.82$

$$P = \frac{760525.456 \times 0.12}{1000 \times 0.82}$$

$$P = 111.2964 \text{ kW.}$$

$$P = 149.19 \text{ HP.}$$

Potencia para retirar la faja del libro.

$$P = \frac{F_2 \times V}{1000 \times \eta}$$

Donde:

V: Velocidad de la faja en m/s; $V = 0.12 \text{ m/s.}$

η : Eficiencia; $\eta = 0.82$

$$P = \frac{68717.8729 \times 0.12}{1000 \times 0.82}$$

$$P = 10.307 \text{ kW.}$$

$$P = 13.81 \text{ HP.}$$

Cálculo de la potencia total.

$$P_T = P_1 + P_2$$

$$P_T = 111.2964 \text{ kW} + 10.307 \text{ kW}$$

$$P_T = 121.60 \text{ kW}$$

$$P_T = 163.00 \text{ HP}$$

Calculo Torque de Carga total:

$$M_x = \frac{P * 9550}{n}$$

$$M_x = \frac{121.60 * 9550}{1185}$$

$$M_x = 979.983 \text{ Nm}$$

Cálculo Momento de Inercia:

$$J = 91.2 * (m_1 + m_2) * (V/n)^2$$

$$J = 91.2 * (970091 + 7004.88) * (0.12/1185)^2$$

$$J = 0.9138 \text{ kgm}^2$$

Cálculo del tiempo de Arranque:

$$T_a = (J_M + J_X/\eta) * n / (9.55 * (M_H - M_X))$$

De las tablas de Motores Marathon:

$$J_M = 13.5976 \text{ Kg.m}$$

$$M_H = 1501.839 \text{ Nm}$$

Reemplazando:

$$T_a = (13.5976 + 0.9138/0.75) * 1185 / (9.55 * (1501.839 - 979.983))$$

$$T_a = 3.522 \text{ seg.}$$

Cálculo de la Aceleración:

$$\vartheta_A = V/T_a$$

$$\vartheta_A = 0.12/3.522$$

$$\vartheta_A = 0.034 \text{ m/s}^2$$

Cálculo de distancia de Arranque:

$$S_A = 0.5 * 1000 * T_A * V$$

$$S_A = 0.5 * 1000 * 3.522 * 0.12$$

$$S_A = 211.32 \text{ mm}$$

Conclusiones de los cálculos realizados.

Para arrancar desde una velocidad inicial de valor cero hasta la velocidad nominal de 0.12 m/s, necesitamos una fuerza de tracción de 56.648 toneladas.

Para continuar operando con velocidad normal requerimos mantener una fuerza de 23.92 toneladas.

El reductor 2, R2, tiene capacidad de salida de 438 KNm con un factor de servicio de $F_s = 1.61$ lo que equivale a 55.92 toneladas.

Selección de componentes del tablero eléctrico.

Luego de realizar los cálculos de los accionamientos procedemos a la selección de componentes del tablero eléctrico.

Para el enrollador de faja se utilizó un motor de 30 HP para el cual se diseñó un tablero con un sistema de variación de velocidad. Con un variador de 100 HP en Heavy Duty. En la marca Allen Bradley del modelo Powerflex 700. Para el diseño de este sistema se consideró usar reactancias de línea y resistencia de frenado, esta última se utilizó ya que es un sistema de maniobra de carga y por seguridad debe tener un sistema de frenado de redundancia, ya que el motorreductor seleccionado para el enrollador de marca SEW tiene un freno de disco ya incorporado.

Las reactancias de línea son utilizadas debido a la gran distancia que existe entre la fuente de alimentación y el tablero del Variador de frecuencia; y para no producir interferencias de armónicos en el sistema eléctrico del enrollador es recomendación del fabricante del variador de frecuencia el uso de estas reactancias.

Para el sistema de control se escogió un PLC Micro Logix 1100 de la marca Allen Bradley, todos los demás componentes del tablero eléctrico tales como borneras y relés de 11 pines en la marca Schneider Electric.

Elaboración de planos eléctricos.

- El Esquema de instalación del sistema eléctrico se encuentra en ANEXO 23.
- El plano de fuerza del Belt Winder se encuentra en ANEXO 24.
- El diagrama de conexionado de borneras se encuentra en ANEXO 25.
- El esquema de la botonera se encuentra en ANEXO 26.
- El esquema de mando del tablero de Belt Winder se encuentra en ANEXO 27.
- El plano eléctrico de control del PLC se encuentra en ANEXO 28.

Programación de controlador.

Para lograr un acoplamiento del sistema de tracción del TDS y el arrollamiento de la faja adecuado, ya que puede presentarse variación en la tracción en el TDS debido a que la faja es usada y presenta diferencias de espesor presentándose tensiones y cambios de velocidad de arrollamiento, por lo cual el Belt winder debe de tener un sistema de control que permita una adecuada reacción, variando su velocidad de acuerdo con los cambios que se presenten en el TDS.

El Belt winder, varia la velocidad de sus revoluciones, para mantener una tensión adecuada de la faja que es bobinada, si la tensión de esta faja se incrementa, el sistema de control del Belt winder en forma automática disminuye la velocidad de bobinado, y si esta tensión es excesiva, se detiene momentáneamente el bobinado, hasta que el valor de la tensión disminuya hasta valores adecuados, de manera contraria, si la tensión de la faja disminuye, el sistema de control incrementa la velocidad de rebobinado, el valor de la tensión se determina mediante un sensor de medición angular analógico.

Para el buen funcionamiento del equipo se debe de entender correctamente la operación y configuración de los tableros de control.

- Características Eléctricas.
- Voltaje de Mando: 110 vac.
- Voltaje de fuerza: 460 vac trifásico.
- Potencia: 30Hp.



Ilustración 116. *Tablero de control.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

Tablero de Variador: En este tablero se encuentra alojados los componentes de potencia del equipo tales como el Variador de frecuencia y contactores.



Ilustración 117. *Tablero del variador de frecuencia para el modo automático.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

Tablero Belt Winder: Este tablero es el encargado de realizar la inversión del sentido de giro del BELT WINDER.



Ilustración 118. *Tablero de fuerza del Belt Winder para el modo Manual*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

La operación de bobinado del Belt Winder se puede realizar de 2 maneras:

- Regulación manual de velocidad
- Regulación automática de velocidad

Regulación Manual:

Para realizar este tipo de operación, se debe de realizar el siguiente procedimiento
Activar la llave principal, ubicada en el tablero VFD.



Ilustración 119. *Interior del tablero VFD.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

Colocar el selector ubicado en el tablero de control, en la posición “Belt Winder”.



Ilustración 120. Selector de 03 posiciones indicador de modo de operación.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

Seleccionar el sentido de giro que se desea “FWD” (bobinar) ó “RV”(desbobinar).

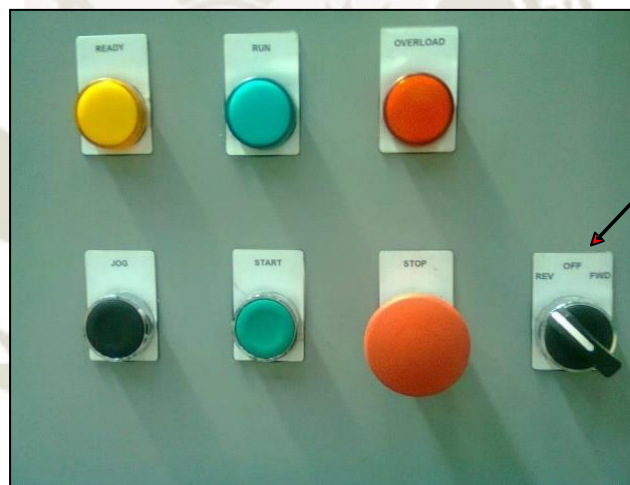


Ilustración 121. Mascara del Tablero de fuerza del Belt Winder

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

Verificar que los pulsadores de parada de mando remoto y local no estén activados.



Ilustración 122. *Sistemas de parada de emergencia local y a distancia.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

Colocar el interruptor principal de salida ubicado en el tablero Belt Winder en la posición “ON”.



Ilustración 123. *Tablero de fuerza del Belt Winder.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

Presionar el pulsador de “JOG” para determinar que el sentido de giro seleccionado sea el correcto.



Ilustración 124. Botonera a distancia “JOG”

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

Una vez confirmado que el sentido de giro sea correcto presionar el pulsador de marcha.



Ilustración 125. Botonera a distancia “RUN”

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

La variación de la velocidad se realiza en forma manual girando el manubrio ubicado en el reductor de velocidad del motor de Belt Winder.



Ilustración 126. Variador de velocidad mecánico.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

El giro del motor del Belt Winder se detiene al presionar el pulsador de parada.

Regulación Automática

Para realizar este tipo de operación, se debe de realizar el siguiente procedimiento:

- Activar la llave principal, ubicada en el tablero VFD.
- Colocar el selector ubicado en el tablero de control, en la posición “VARIADOR”.
- Seleccionar el sentido de giro que se desea “FW” (bobinar) ó “RV” (des bobinar).
- Verificar que los pulsadores de parada de mando remoto y local no estén activados.
- Colocar el interruptor principal de salida ubicado en el tablero Belt Winder en la posición “ON”.
- Presionar el pulsador de “Jog,” para determinar que el sentido de giro seleccionado sea el correcto.
- Una vez confirmado que el sentido de giro sea correcto presionar el pulsador de “RUN”.
- La variación de la velocidad, se realiza en forma automática mediante la variación de la frecuencia de giro del motor por medio de un variador de frecuencia electrónico.
- El incremento o disminución de la velocidad, es dirigida por un sensor de medición angular. Si el ángulo del brazo templador es inferior al ángulo mínimo, el sistema incrementa su velocidad en forma automática, hasta que el brazo alcance un ángulo seteado, si el ángulo del brazo templador se encuentra por encima del ángulo máximo,

el sistema disminuye la velocidad, hasta que el ángulo del brazo templador retorne al ángulo seteado.

- El giro del motor del Belt Winder se detiene al presionar el pulsador de parada.



Ilustración 127. Equipo enrollador de faja “Belt Winder”.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

Una vez defina la memoria de control y el funcionamiento del equipo se procede a realizar la programación en Ladder, en el programa RSLogix 500. Según la norma IEC-848 (Preparation of function charts for control Systems, Preparación de diagramas funcionales para sistemas de control). Para un mejor entendimiento de la programación realizada en el PLC y con fines académicos se aplicó la programación en Graffcet. La programación en Graffcet está en el ANEXO 29.

Tabla 13 Cuadro de entradas y Salidas.

Temporary Drive Station			
IN	Descripcion	OUT	Descripcion
BWR	Belt Winder Ready	MVFD	Marcha VFD Belt Winder
PE	Parada de Emergencia	BRBW	Freno Belt Winder
CCBW	Control Contactor Belt Winder	LAM	Lampara Marcha
PMRW	Pulsador Marcha Remoto Winder	PEBW	Parada de Emergencia Belt Winder
PJRW	Pulsador Jog Remoto Winder	JOGBW	Jog Belt Winder
PPRW	Pulsador Parada Remoto Winder	Analog O:1.0	Velocidad VFD
SFTMI	Sensor Fuerza de Tension Minima		
SFTMX	Sensor Fuerza de Tension Maxima		
SFT	Sensor Fuerza de Tension Auxiliar		
Analog I:1.0	Valor Señal Posición Angular		

Fuente: Elaboración propia, (2015)

3.5.4 Funciones realizadas en este proyecto

En este proyecto realicé las siguientes funciones en el Área de Instrumentación y control.

- Cálculo y diseño de sistemas de enrollamiento de faja Belt Winder
- Calculo y diseño de los sistemas eléctricos del Belt Winder.
- Selección de componentes.
- Elaboración de lista de materiales.
- Procura de componentes eléctricos y electrónicos.
- Diseño y elaboración de planos eléctricos y de instrumentación.
- Programación de variador de frecuencia.
- Programación de Controlador lógico Programable.
- Armado de tableros eléctricos en planta.
- Protocolos y pruebas en Planta.
- Puesta en Marcha del equipo.
- Protocolos y pruebas finales.
- Elaboración de Manual de funcionamiento y Mantenimiento.

3.5.5 Panel Fotográfico



Ilustración 128. *Tablero de control del sistema enrollador*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

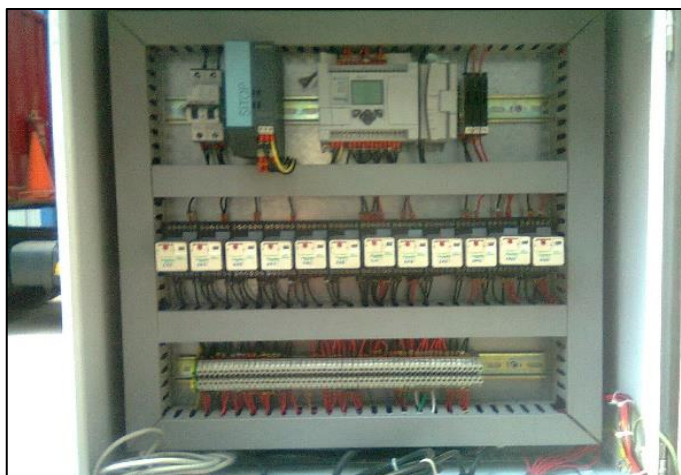


Ilustración 129. *Tablero de control completamente armado*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 130. *Borneras de conexionado del tablero de control.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 131. *Relés de 11 pines Schneider.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 132. *Módulo de expansión entradas analógicas.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 133. *PLC MicroLogix 1100 Marca Allen Bradley.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 134. *Llave termomagnética monofásica.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 135. *Tablero de variación de velocidad.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 136. *Tablero de variación de velocidad terminado.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

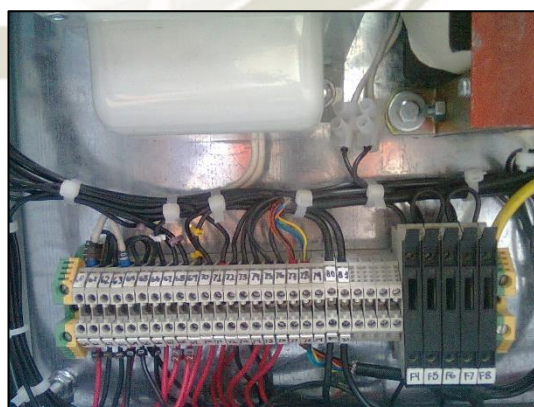


Ilustración 137. *Borneras de conexionado del tablero de VDF*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 138. *Reactancia de Línea.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

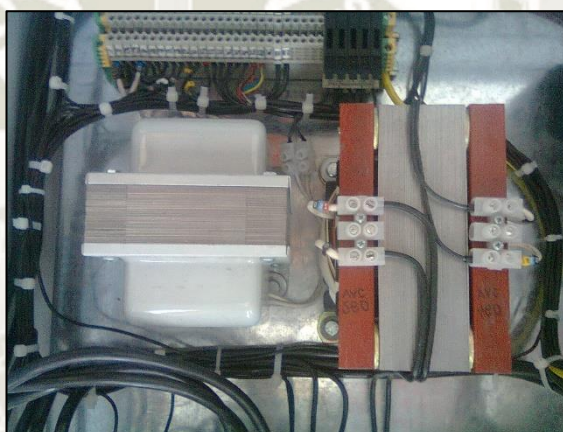


Ilustración 139. *Zona de transformación eléctrica.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 140. *Contactores de fuerza.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 141. *Llave termomagnética de caja moldeada.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 142. *Variador de velocidad PowerFlex 700*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 143. *Botonera a distancia.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 144. *Armado de equipo en planta.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 145. *Poleas de tracción.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 146. *Bastidor base del sistema de cambio de faja.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 147. *Sistema de cambio de dirección de faja.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 148. *Equipo enrollador de faja Belt Winder.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 149. *Motor de 4160 Vac de 250 HP.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 150. *Tablero de fuerza del equipo enrollador de faja.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 151. *Armado de equipo TDS en planta.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 152. *Pruebas en planta del equipo TDS.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 153. *Montaje de elementos de fijación para pruebas.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 154. *Pruebas finales del sistema de cambio de faja.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 155. *Sistema TDS montado en planta concentradora de Antamina.*

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 156. Poleas motrices del sistema de tracción.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 157. Tren de reducción del sistema de tracción.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

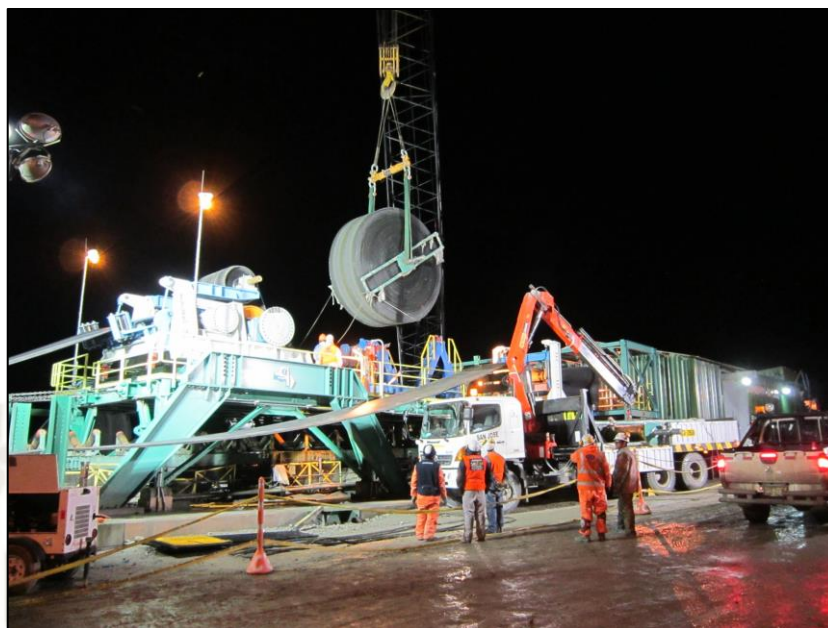


Ilustración 158. Operación de cambio de faja en planta concentradora.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)



Ilustración 159. Momentos finales de la maniobra de cambio de faja.

Fuente: Empresa Fabritec EIRL, (2015)

CAPÍTULO IV.

4. REFLEXION CRITICA DE LA EXPERIENCIA

4.1 Aporte en el Área de Desarrollo y Responsabilidades

La participación del autor del presente informe en los diversos proyectos presentados que van desde la concepción de diseño, pasando por el diseño e ingeniería, la fabricación y ensamblado de los componentes eléctricos/electrónicos y la puesta en operación de los equipos fabricados; adecuándose a las buenas prácticas de diseño y fabricación. Estos proyectos están ubicados en una línea temporal en la cual me desempeñe en diferentes cargos tales como, practicante de instrumentación, asistente de instrumentación, jefe de instrumentación y Jefe de Proyectos. Durante mi periodo como jefe de área el equipo estuvo conformado por 02 asistentes de instrumentación, en conjunto nos encargamos de desarrollar e implementar los sistemas de instrumentación de los equipos mencionados en el presente informe. Para eso se realizaron reuniones con las áreas involucradas en los proyectos, tales como el área de diseño mecánico, el área de logística y el área de producción.

El aporte realizado en el área de instrumentación y control durante mi trabajo a lo largo de estos ocho años se basó en aplicar los conocimientos adquiridos en mi preparación universitaria con asignaturas tales como: Sensores y actuadores, Instrumentación y control, Programación de PLC, etc. Las asignaturas mencionadas ayudaron a resolver satisfactoriamente los diseños de los equipos fabricados.

La responsabilidad en los cargos ocupados fue entregar un equipo capaz de cumplir con los estándares internacionales de calidad y con las normas internacionales de diseño y fabricación de tableros eléctricos, así como supervisar el buen desarrollo del proyecto desde el inicio (recepción de orden de compra del cliente) hasta la entrega y puesta en marcha de los equipos fabricados.

Es gracias a las enseñadas adquiridas en la Universidad Católica de Santa María en la escuela profesional de Ingeniería Electrónica y el expertise técnico aprendido en la empresa Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L. es que me pude desarrollar como ingeniero a lo largo de esta grata experiencia en el diseño de equipos y máquinas de tal forma aportar en el desarrollo tecnológico del país.

CONCLUSIONES

PRIMERA. – Se demostró la aplicación de los fundamentos de automatización y control, incorporando buenas prácticas y estándares de fabricación de sistemas eléctricos y de instrumentación, para el aseguramiento de la calidad de proceso y del producto.

SEGUNDA. - Se expuso el proceso de diseño, automatización e implementación de sistemas eléctricos y electrónicos para el desarrollo de puentes grúa para la industria peruana.

TERCERA. – Se describió el desarrollo aplicado para el diseño e implementación de tableros eléctricos y su programación para la industria cementera peruana.

CUARTA. – Se explico el procedimiento adaptado para automatizar la planta dosificadora de pirita para la industria minera.

QUINTA. – Se expuso el desarrollo de la programación e implementación de un sistema de tracción de faja para la reposición de faja Overland de 12 Km de extensión de la compañía minera Antamina.

SEXTA. – Se justificó el uso de normas y procedimientos internacionales para el diseño y fabricación de tableros eléctricos.

SEPTIMA. - Se implementaron procedimientos necesarios para una adecuada gestión de proyectos tales como tablas personalizadas para el cálculo de la corriente necesaria para arrancar un motor trifásico. Así como tablas de cálculos de potencia, torque y velocidad. Lo que facilita que asistentes de instrumentación puedan realizar la selección de componentes de una manera óptima y confiable.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. – Se sugiere que los egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Católica de Santa María realicen trabajos en áreas de diseño e ingeniería de manera que puedan desarrollarse de forma completa y eficiente.

SEGUNDA. - Se recomienda seguir la normativa internacional para el diseño de sistemas eléctricos y electrónicos para que así sea más fácil que otros profesionales en momentos de realizar mantenimiento puedan realizarlo de una manera más práctica y segura.

TERCERA. - Por otro lado, también se recomienda realizar la programación con comentarios de tal forma que el programador pueda reconocer en que parte de la secuencia se encuentra y así reconocer el funcionamiento del programa en cualquier momento.

CUARTA. – Se recomienda hacer más énfasis en los proyectos desarrollados en la etapa de pregrado ya que gracias a estos, es que se logró resolver las adversidades que se presentaron en cada uno de los proyectos que realice en mi etapa en Fabricaciones Tecnológicas E.I.R.L.

SÉTIMA. – En la actualidad las organizaciones cuentan con múltiples y multidisciplinarios proyectos que desafían las capacidades de nosotros como ingenieros electrónicos. Por lo que se recomienda fomentar la creatividad en los futuros ingenieros a través de proyectos de pregrado que se vinculen con las demandas actuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

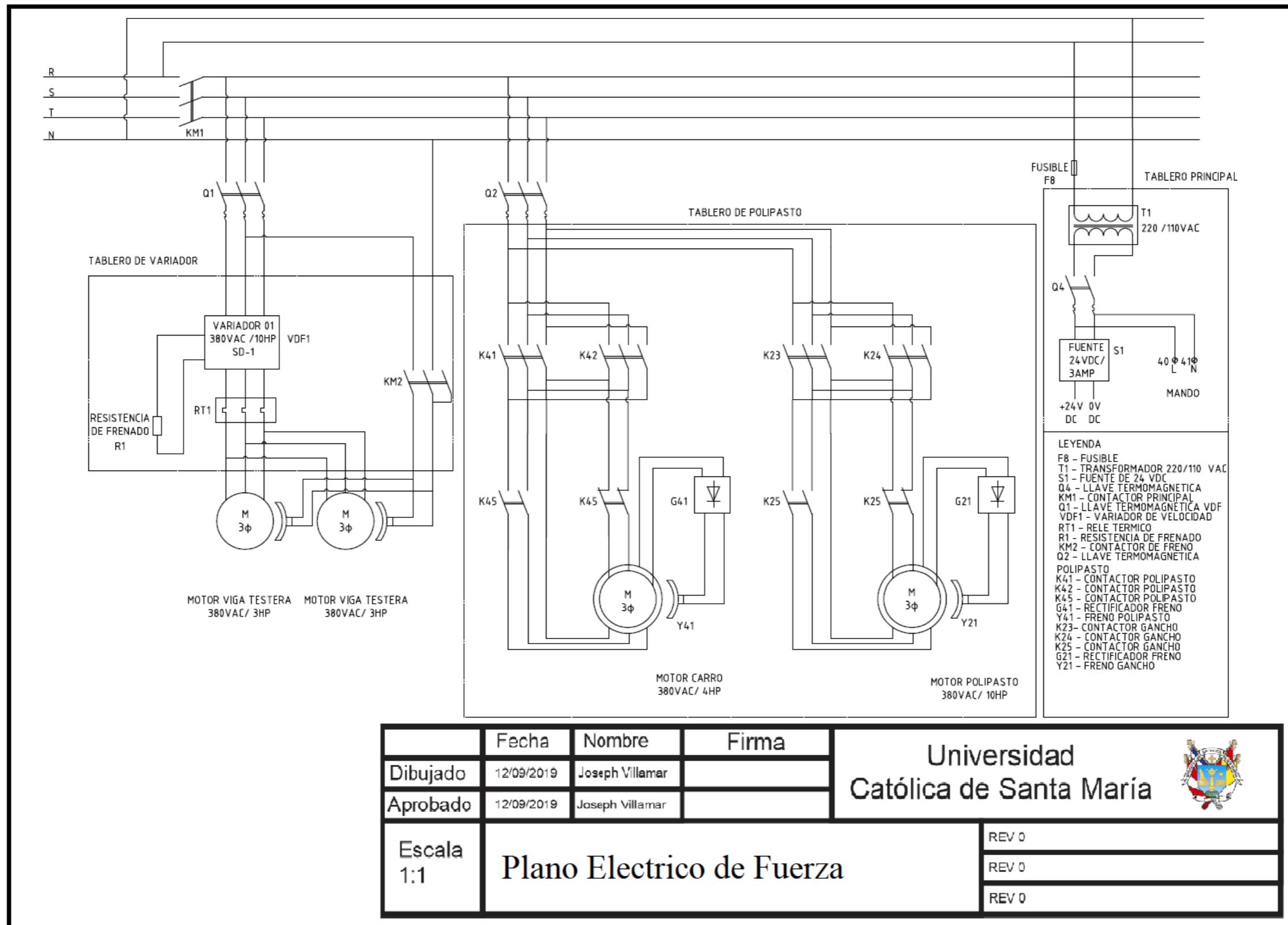
1. BOYLESTAD, Robert L.(1980). Análisis Introductorio de Circuitos. Edit. Trillas, S.A.
2. Budynas, R. G. (2015). Shigley's Mechanical Engineering Design. New York: McGraw-Hill Education.
3. Curso Básico de Autómatas Programables, Universidad del País Vazco, www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm, consultado mayo 2008.
4. Data-Linc Group, FastLinc FLC810E+ Industrial Wireless Ethernet Modem User Guide, Industrial Data Communications, Data-Linc Group, Washington USA.
5. Data-Linc Group, Industrial Data Communications, Products Data-Linc, www.datalinc.com, consultado agosto 2008.
6. Demag Cranes and Components, Maquinaria industrial <http://www.demagcranes.es>, consultado abril 2008.
7. Developing a Logix500 Project, Manual de Global Manufacturing Solutions, Rockwell Automation, Octubre 2001
8. E. BRENNER-M, Javid. (1977). Análisis de Circuitos en Ingeniería. Mc Graw Hill.
9. Ernst, H. (1970). Aparatos de elevación y transporte. Barcelona: Editorial Blume.
10. FITZGERALD-HIGGINBOTHAM-GRABEL. Fundamentos de Ingeniería Eléctrica.Mc Graw Hill.
11. HAYT, William-KEMMERLY, Jack. Análisis de Circuitos en Ingeniería. Mc. Graw Hill.
12. IEC 61131-3 International Standard for Programmable Controllers, <http://www2.sea.siemens.com/Products/ProcessAutomation/Product/APACS/IEC+61131-3.htm>.
13. Introducción al PLC, <http://www.electronicspal.com/plc>, abril 2008
14. Jennigs, T. (1993). Cranes, Dump Trucks, Bulldozers, and Other Buildings Machines. McGraw-Hill.
15. KIP. Fundamentos de Electricidad y Magnetismo. Mc Graw Hill.
16. KINGSLEY, KUSKO y FITZGERALD. (1975). Teoría y Análisis de las Máquinas eléctricas. Mc Graw Hill.
17. L:P: HUELSMAN. (1972). Basic Circuit Theory With Digital Computations.Prentice-Hall.

18. Módulos Comunicaciones y Red en Controladores Lógicos Programables
http://www.geocities.com/ingenieria_control/control3.htm, abril 2008
19. PDF Allen Bradley, www.infoplcn.net, infoPLC_net_AllenBradley_Netlinx.pdf, Abril 2008.
20. PLC Artículos, www.euskalnet.net/m.ubiria/ARTICULOS.htm, abril 2008.
21. Rockwell Automation, Ethernet/IP Performance, Rockwell Automation Publications, Milwaukee USA, Octubre 2004.
22. Rockwell Automation, Página autorizada de Productos Allen Bradley y Rockwell Software, www.ab.com, consultado mayo 2019.
23. RockwellSoftware, TRAINERS ROCKWELL SOFTWARE: RSLogix5000, RSLogix500, RSView Studio, RSLinx.
24. Varios Autores, Estandares de la normativa IEEE 802.11, es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11, consultado 2008.
25. www.infoplcn.net/Descargas/Descargas_Allen_Bradley/Des_AllenBradley_Files/infoPLC_net_AllenBradley_Netlinx.pdf, consultado abril 2008.
26. ZEINES, Benjamín. Análisis de Circuitos Eléctricos.
27. Pablin (18 de marzo de 2000) *Probador de continuidad*.
<https://www.pablin.com.ar/electronica/circuito/instlab/probcont/index.html>
28. Antonio M.S. Francisco (2003). NORMA IEC 60617 / EN 60617
29. José Guerrero (2019). Programación estructurada de autómatas programables con GRAFCET.

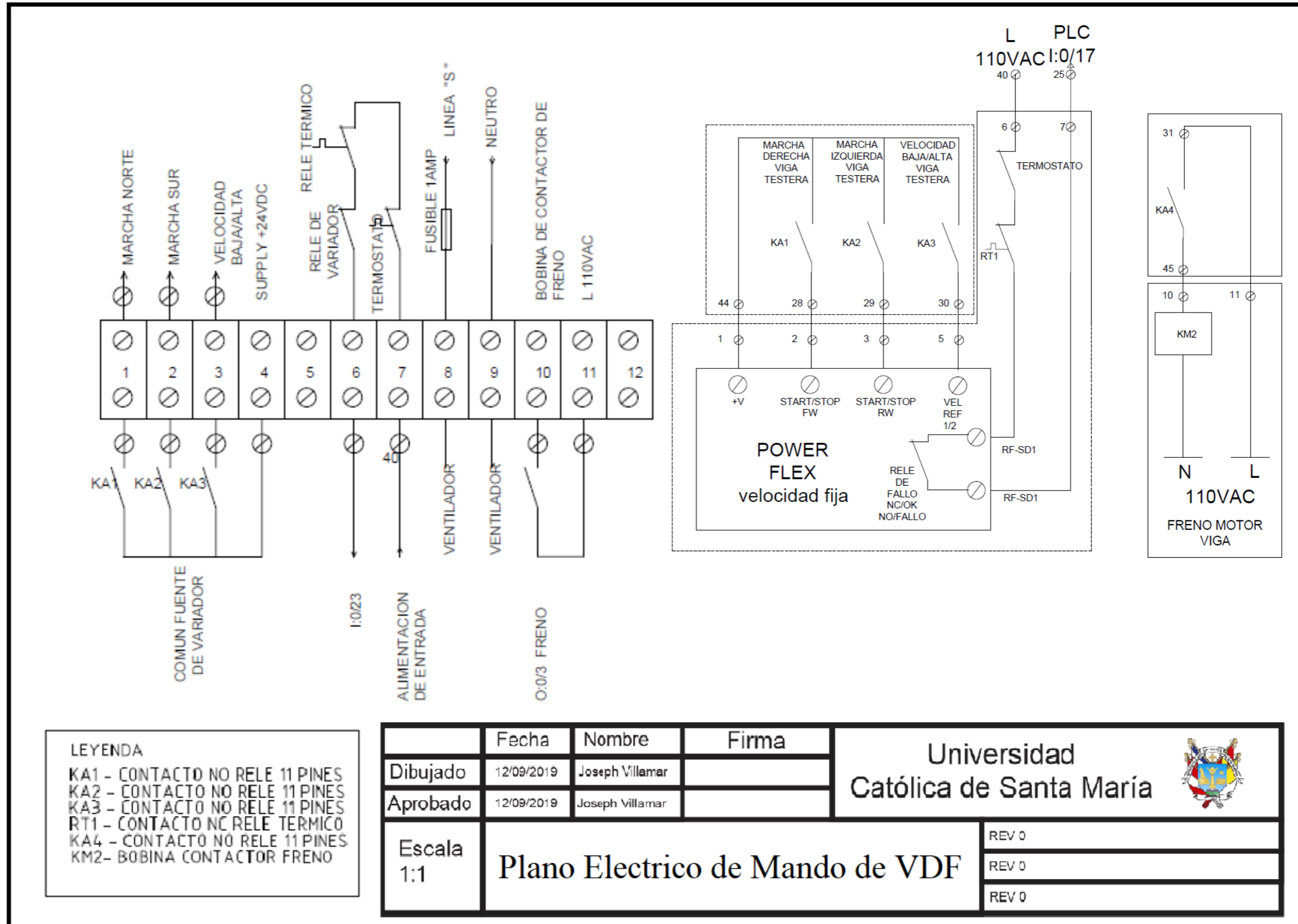
ANEXOS



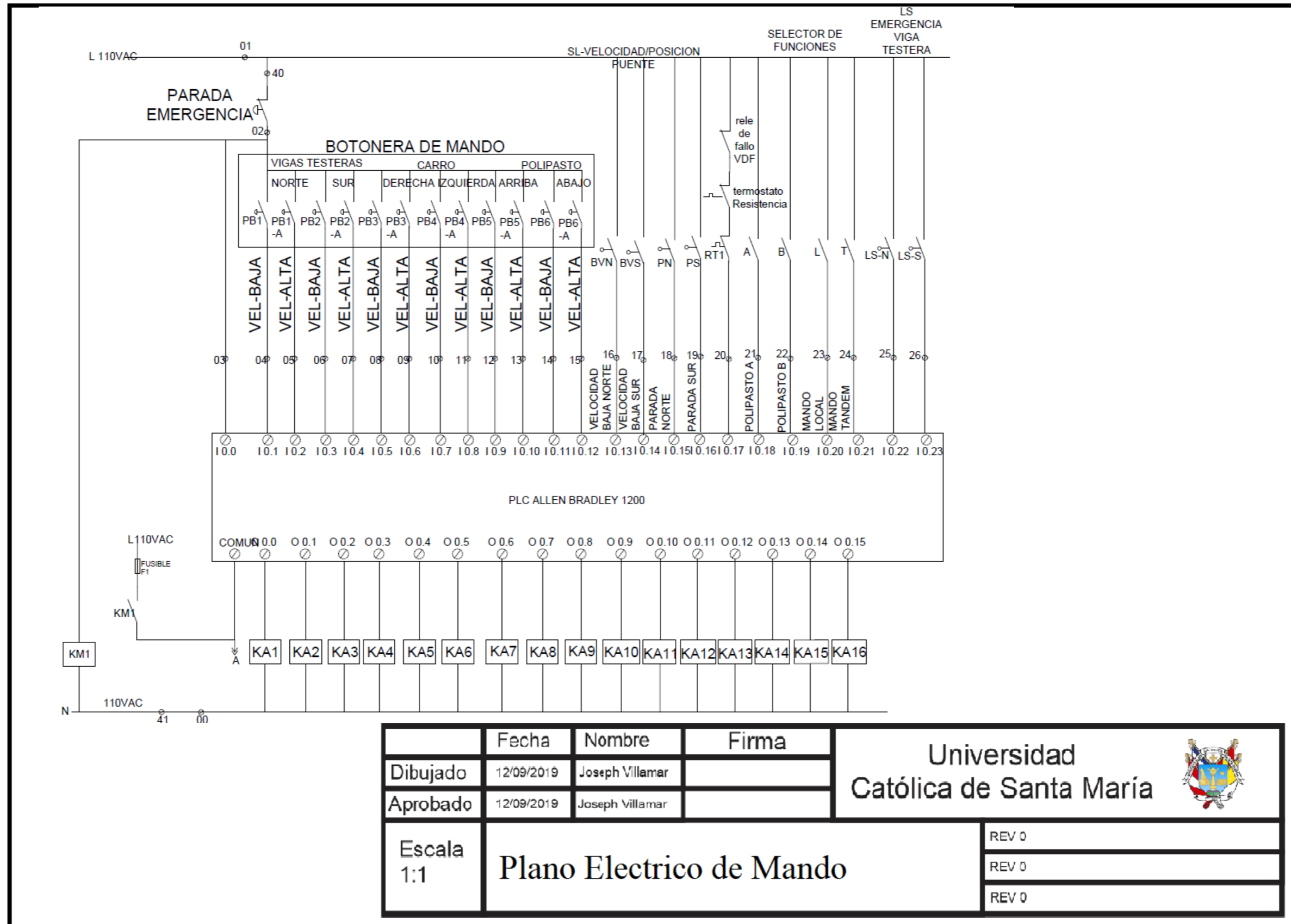
ANEXO 1: Plano eléctrico de Potencia.



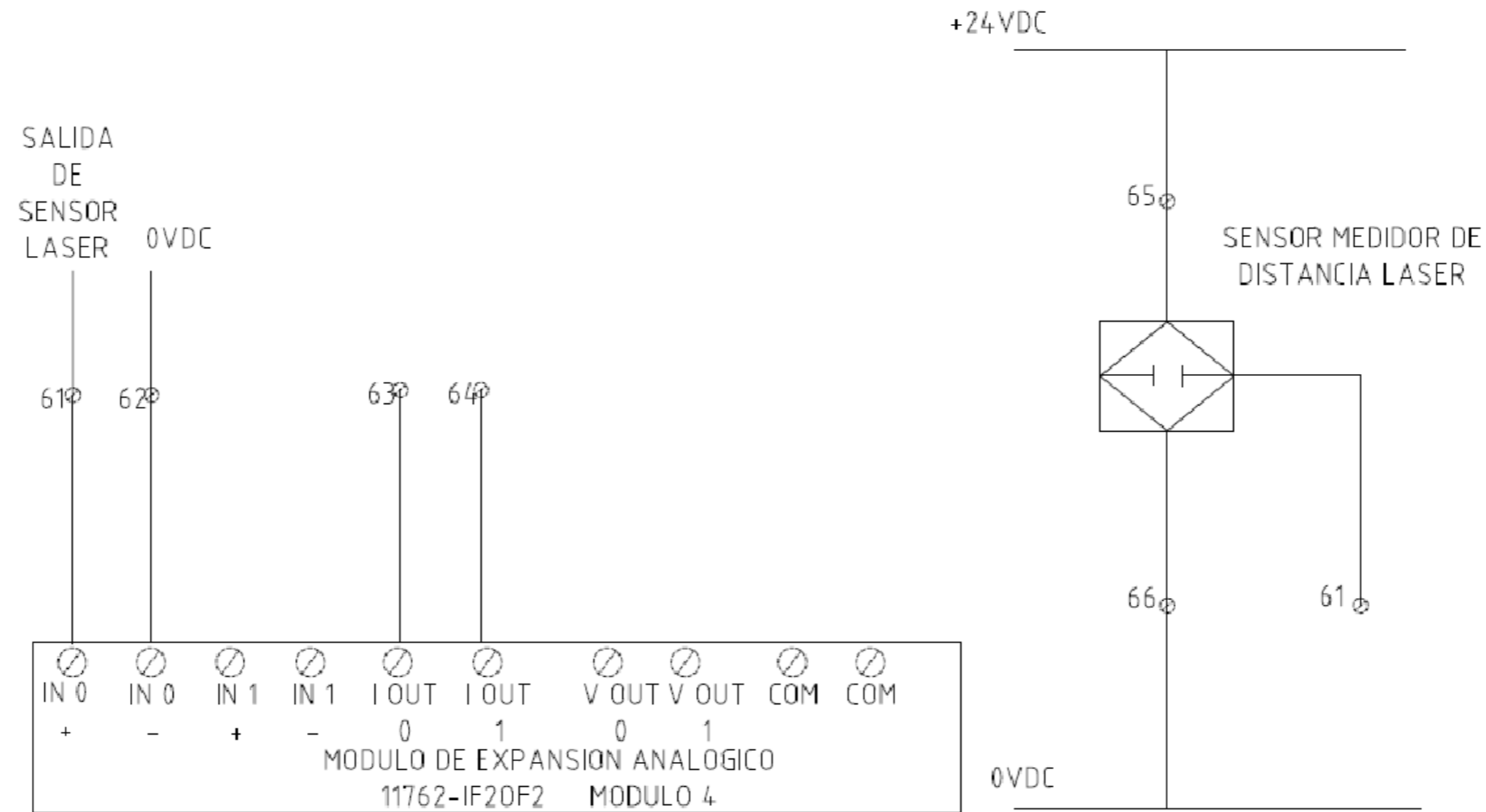
ANEXO 2: Plano eléctrico del sistema de Variador de Frecuencia.




ANEXO 3: Plano eléctrico de control del PLC.

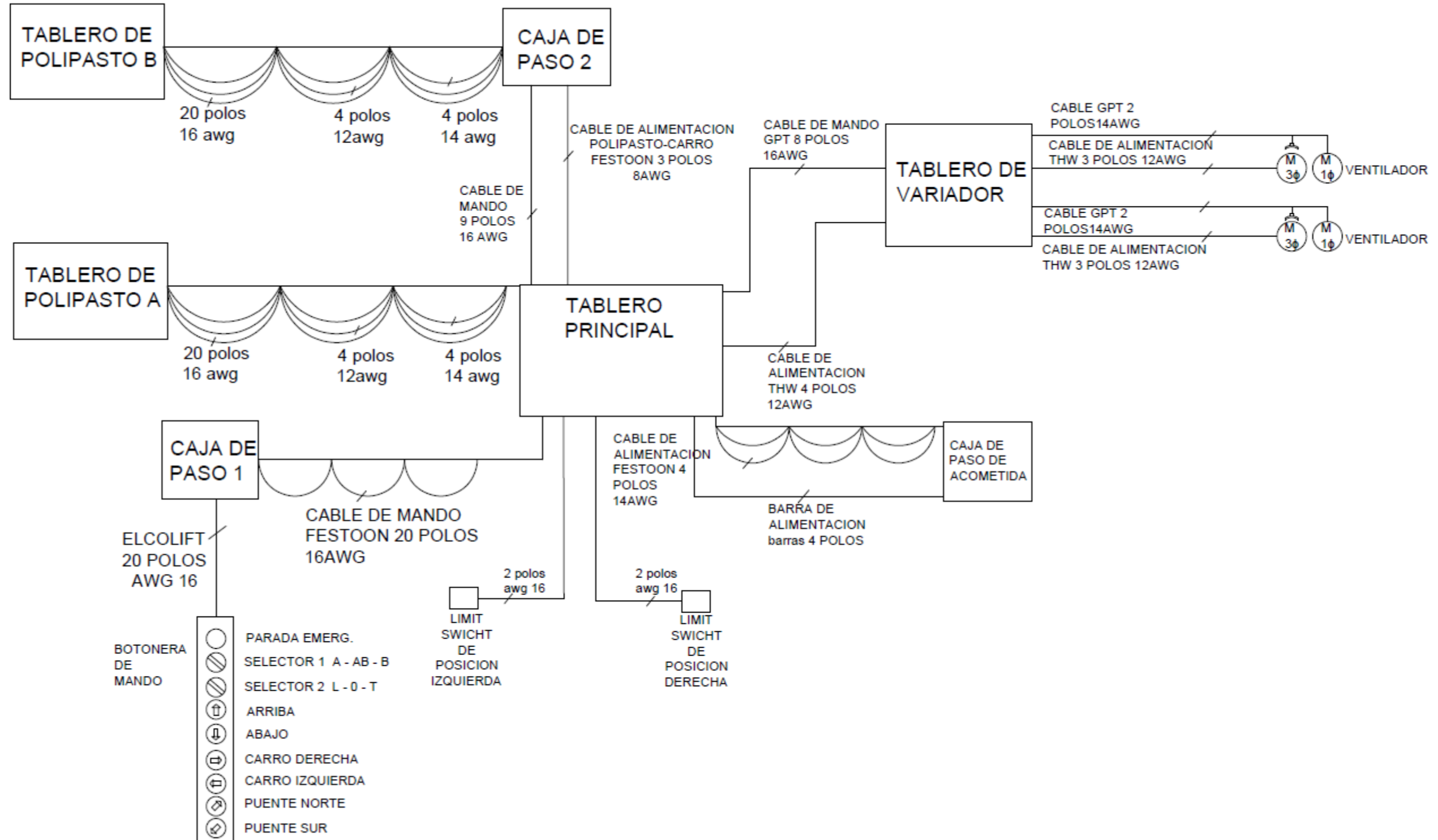


ANEXO 4: Plano de señales analógicas.

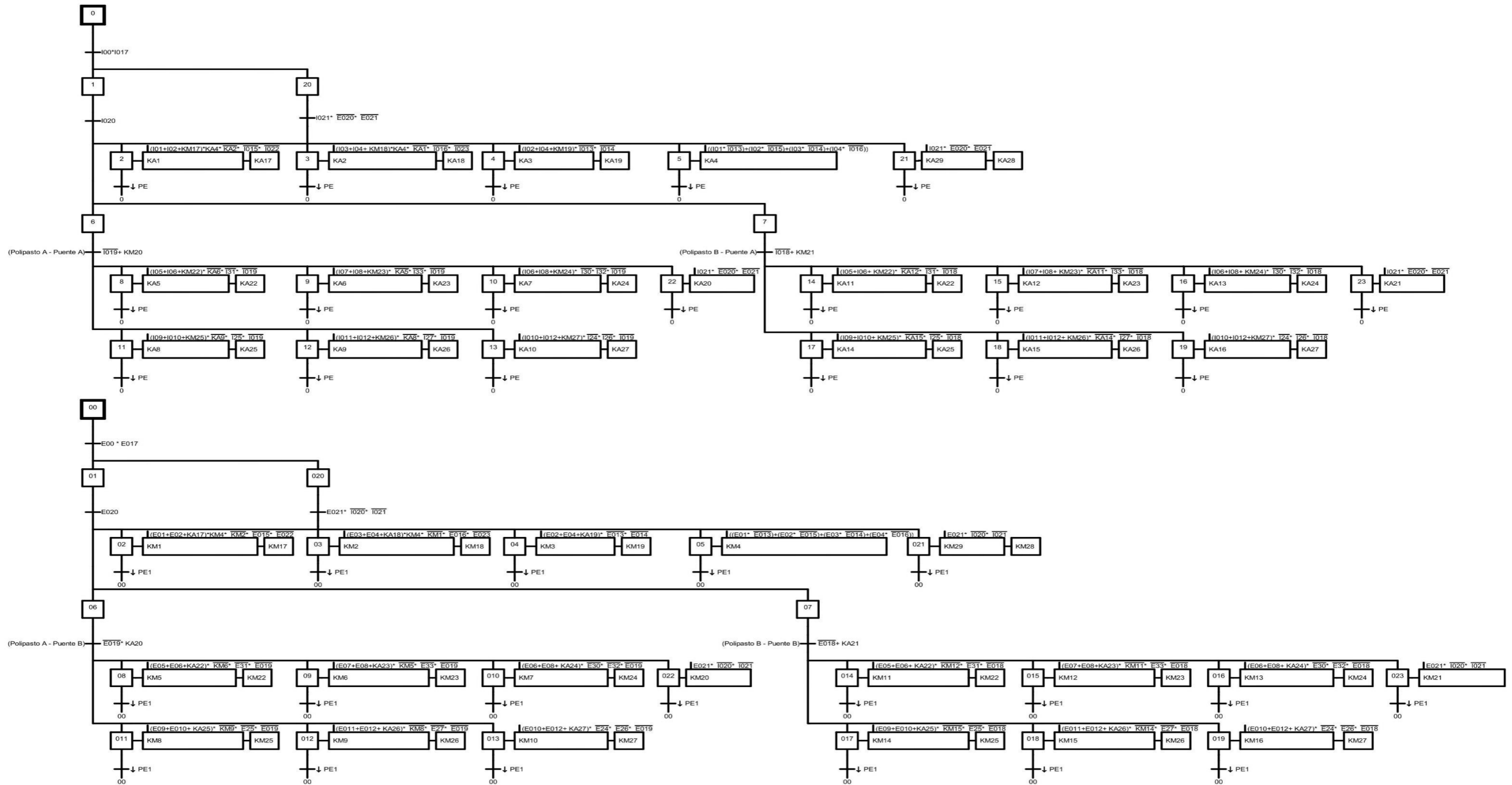


	Fecha	Nombre	Firma	Universidad Católica de Santa María 
Dibujado	12/09/2019	Joseph Villamar		
Aprobado	12/09/2019	Joseph Villamar		
Escala 1:1	Plano Electrico señales Analogicas			REV 0 REV 0 REV 0

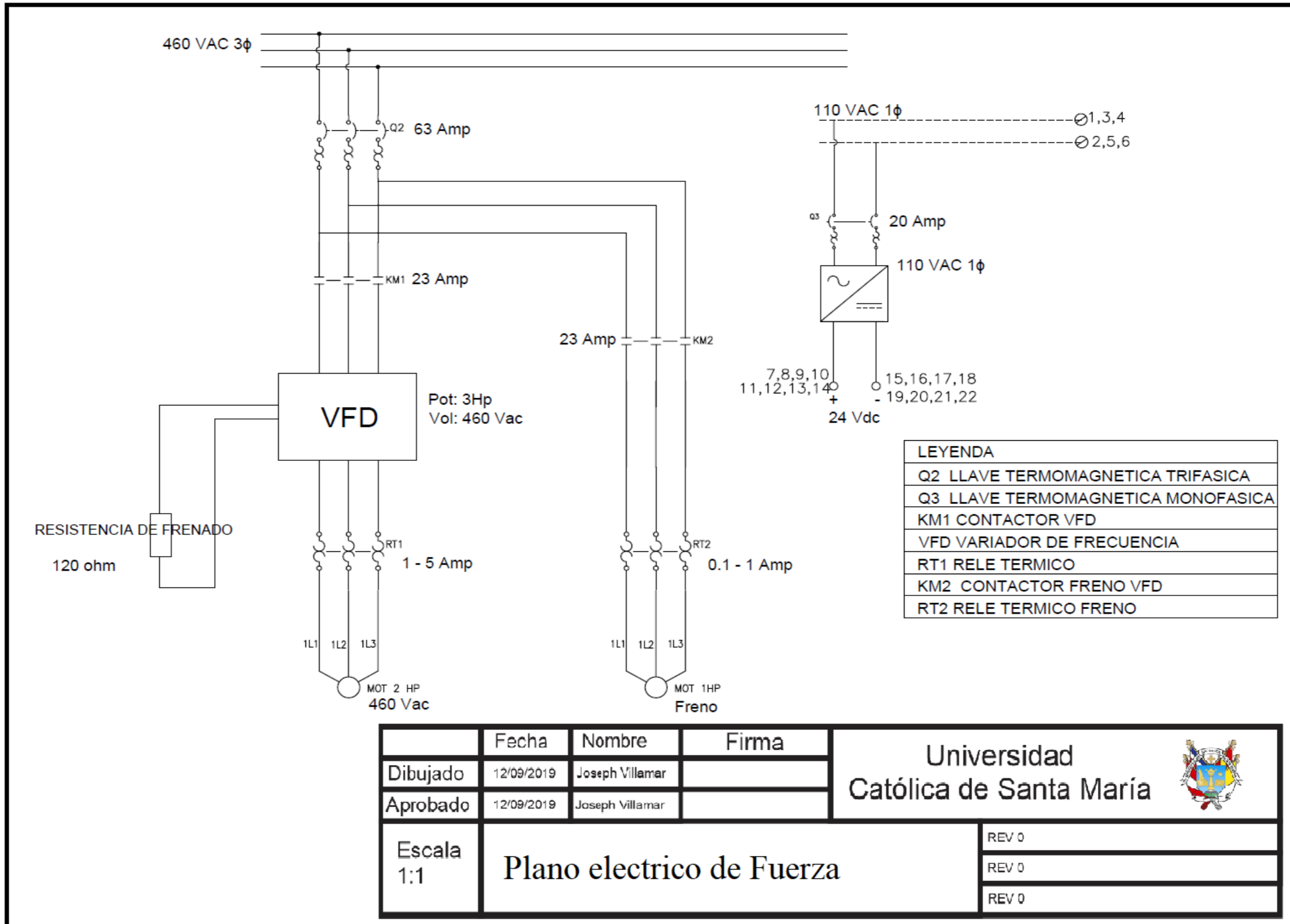
ANEXO 5: Diagrama de Interconexión.



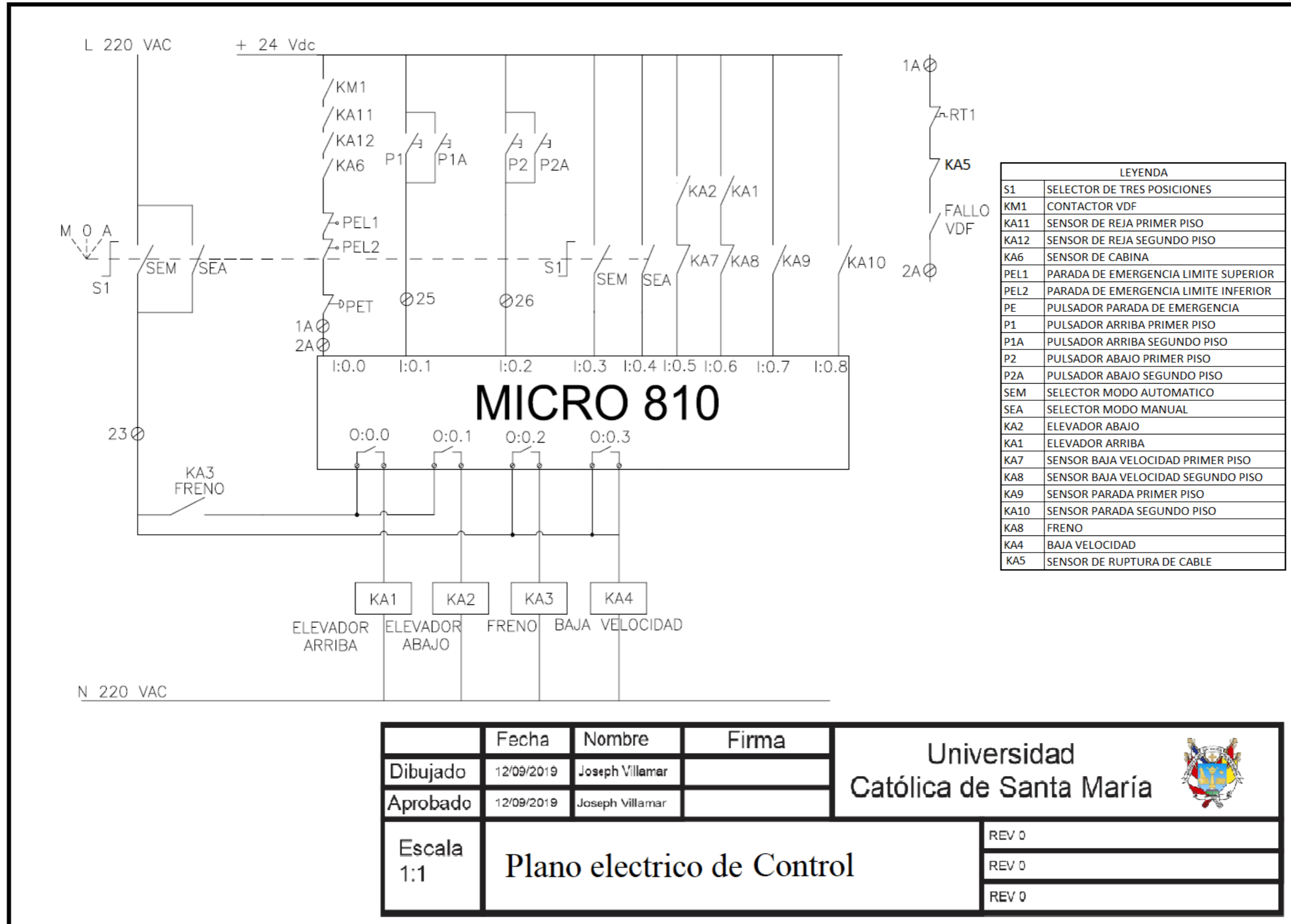
ANEXO 6: Programación en Graffcet.



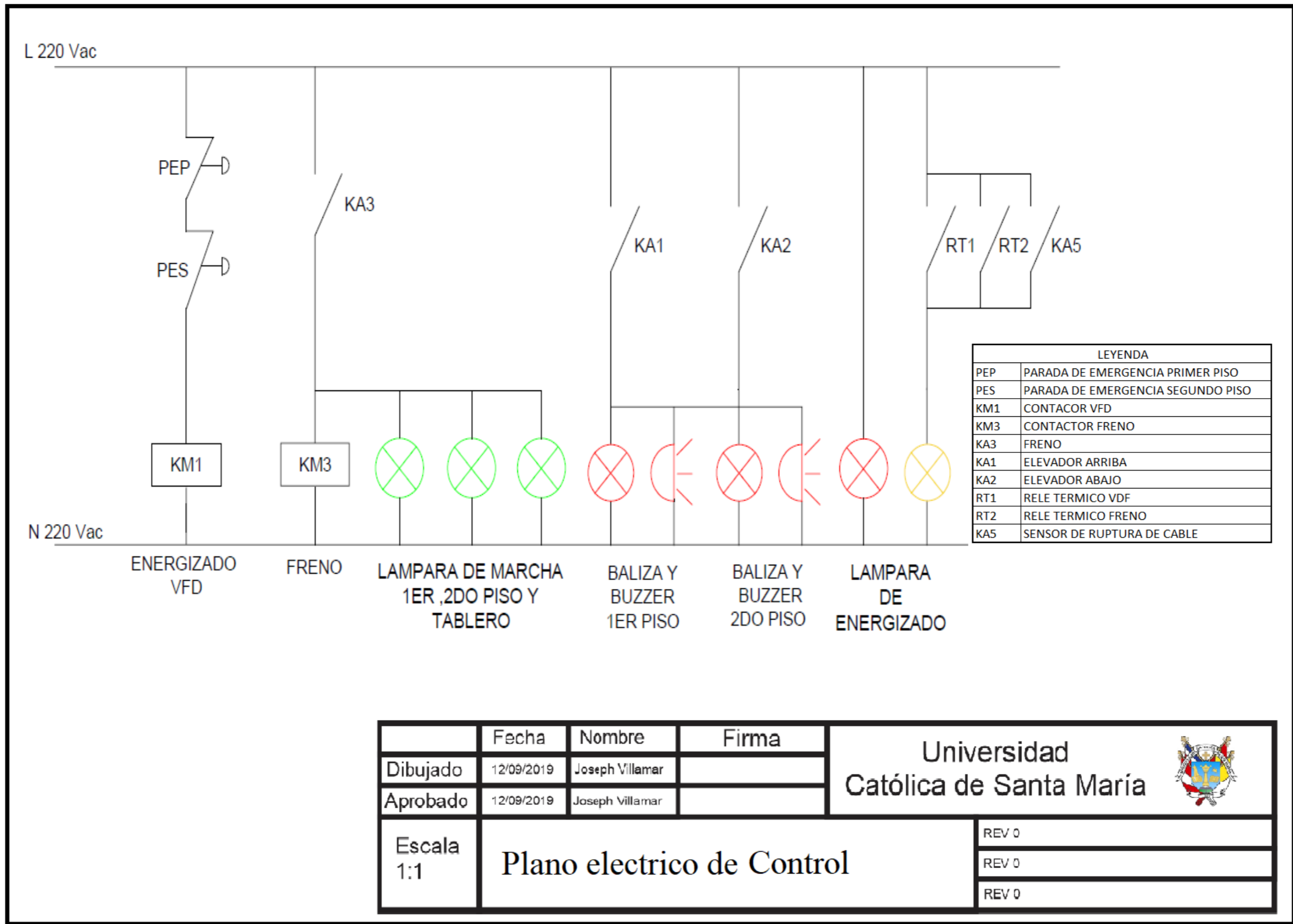
ANEXO 7: Plano Eléctrico de Fuerza, Elevador de Carga.



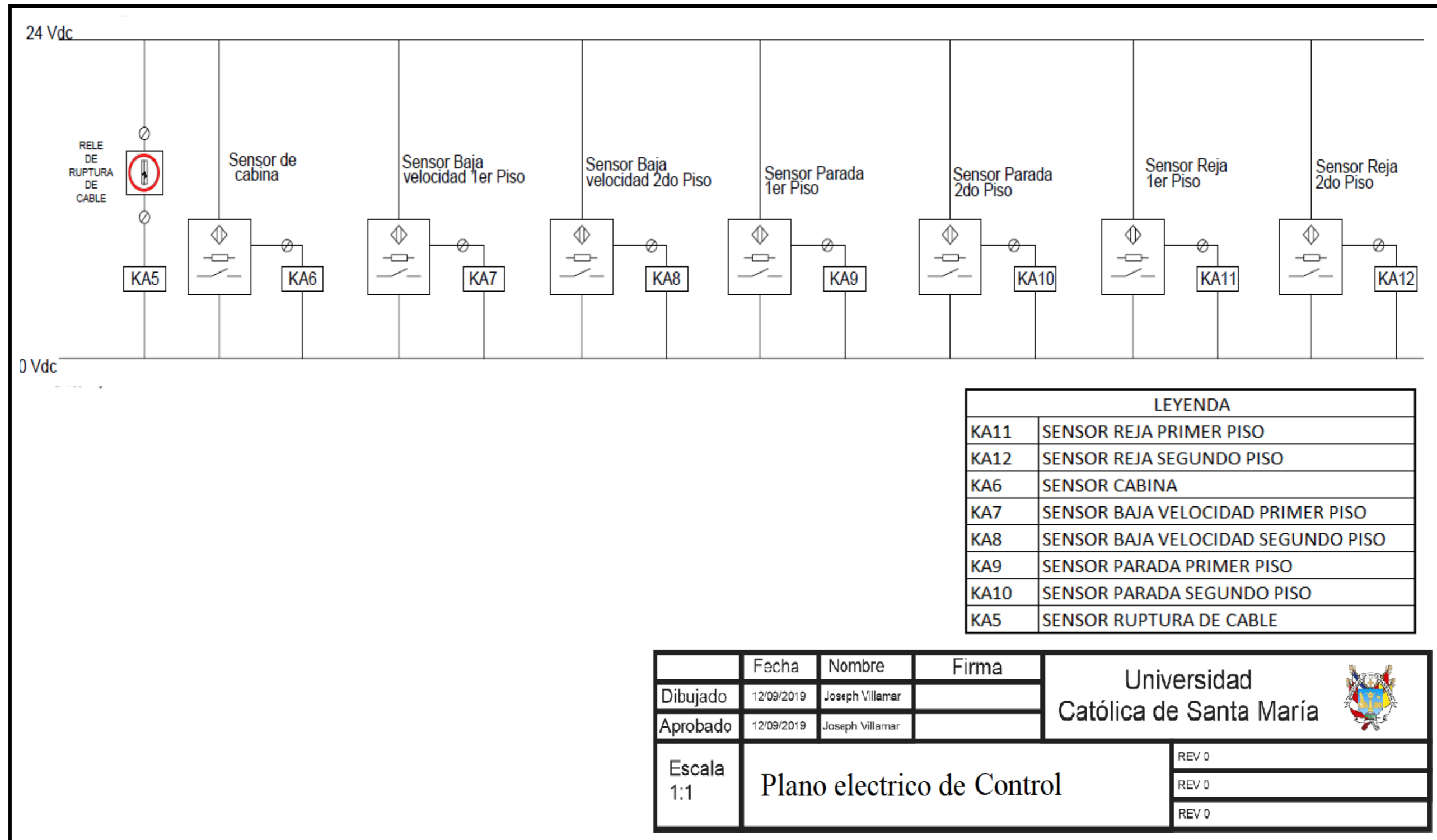
ANEXO 8: Plano Eléctrico de Control, Elevador de Carga.



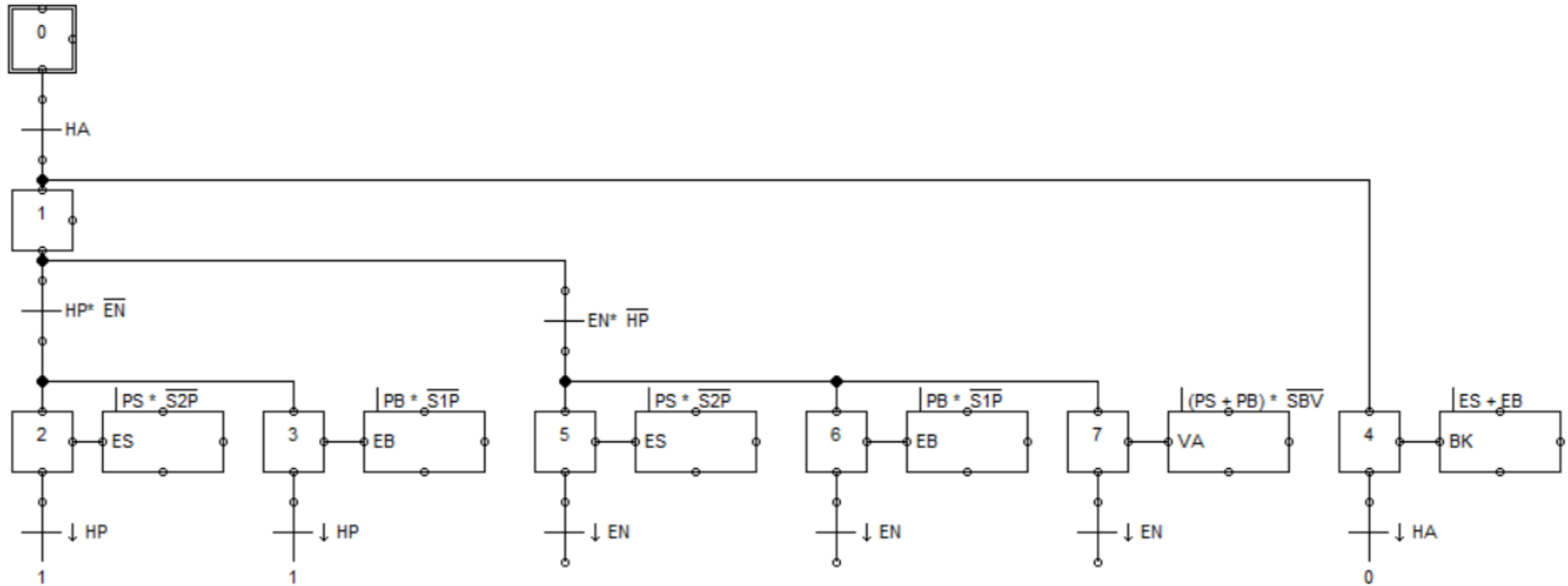
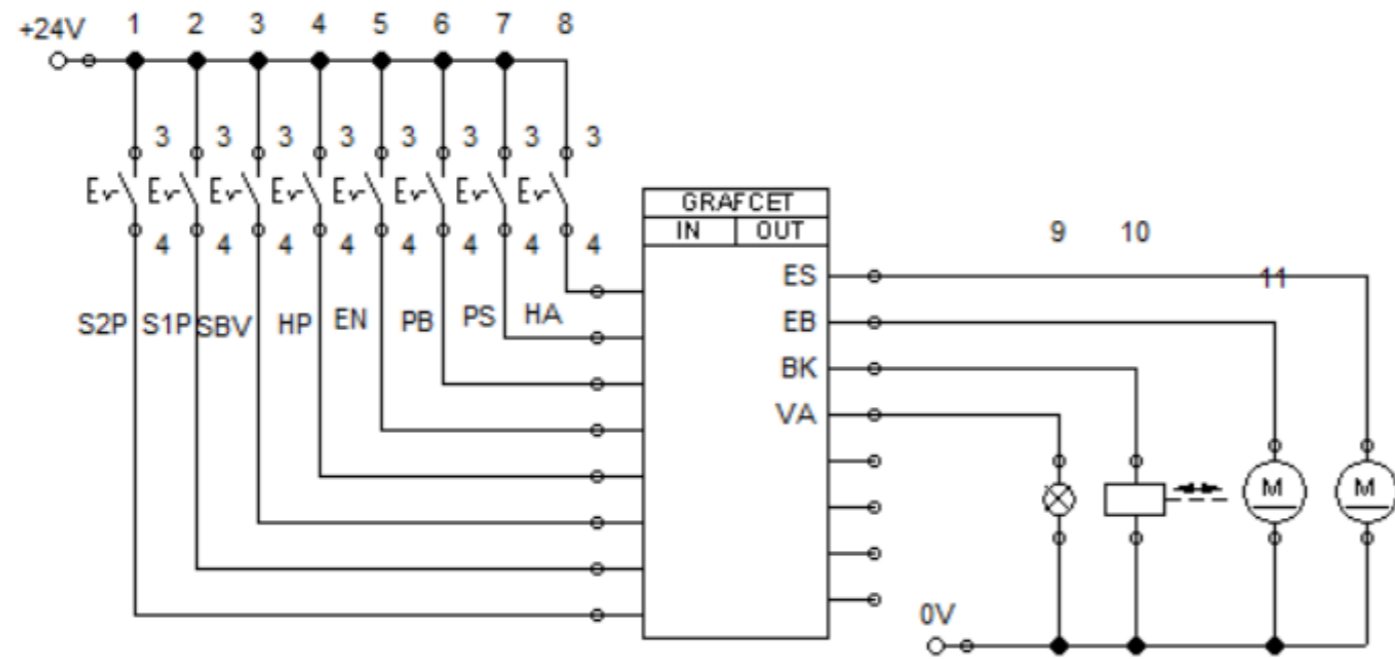
ANEXO 9: Plano Eléctrico de Control II, Elevador de Carga.



ANEXO 10: Plano de Instrumentación, Elevador de Carga.




ANEXO 11: Programación Graffcet Elevador de Carga.

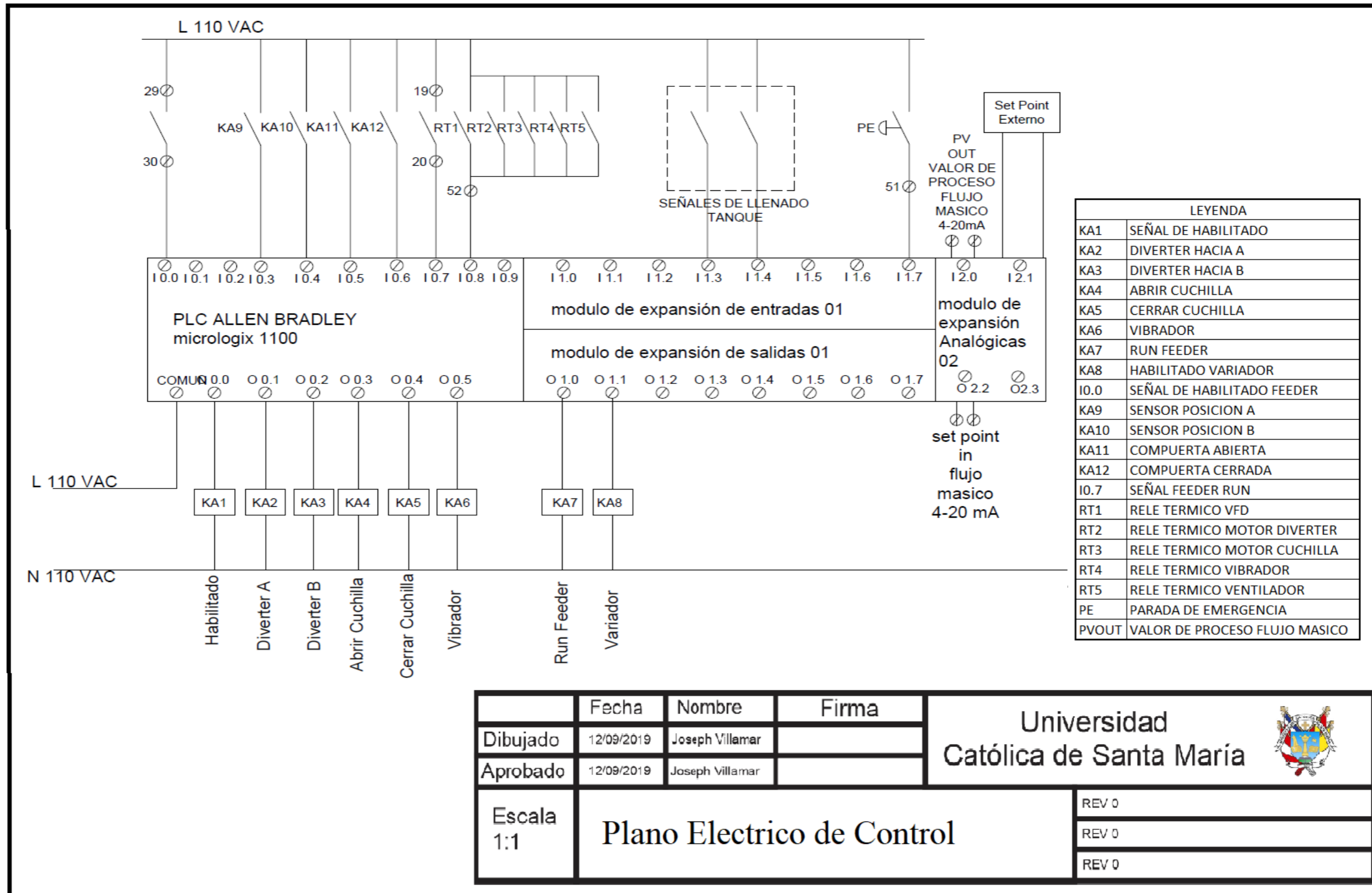


ANEXO 12: Plano de Interconexión de Borneras

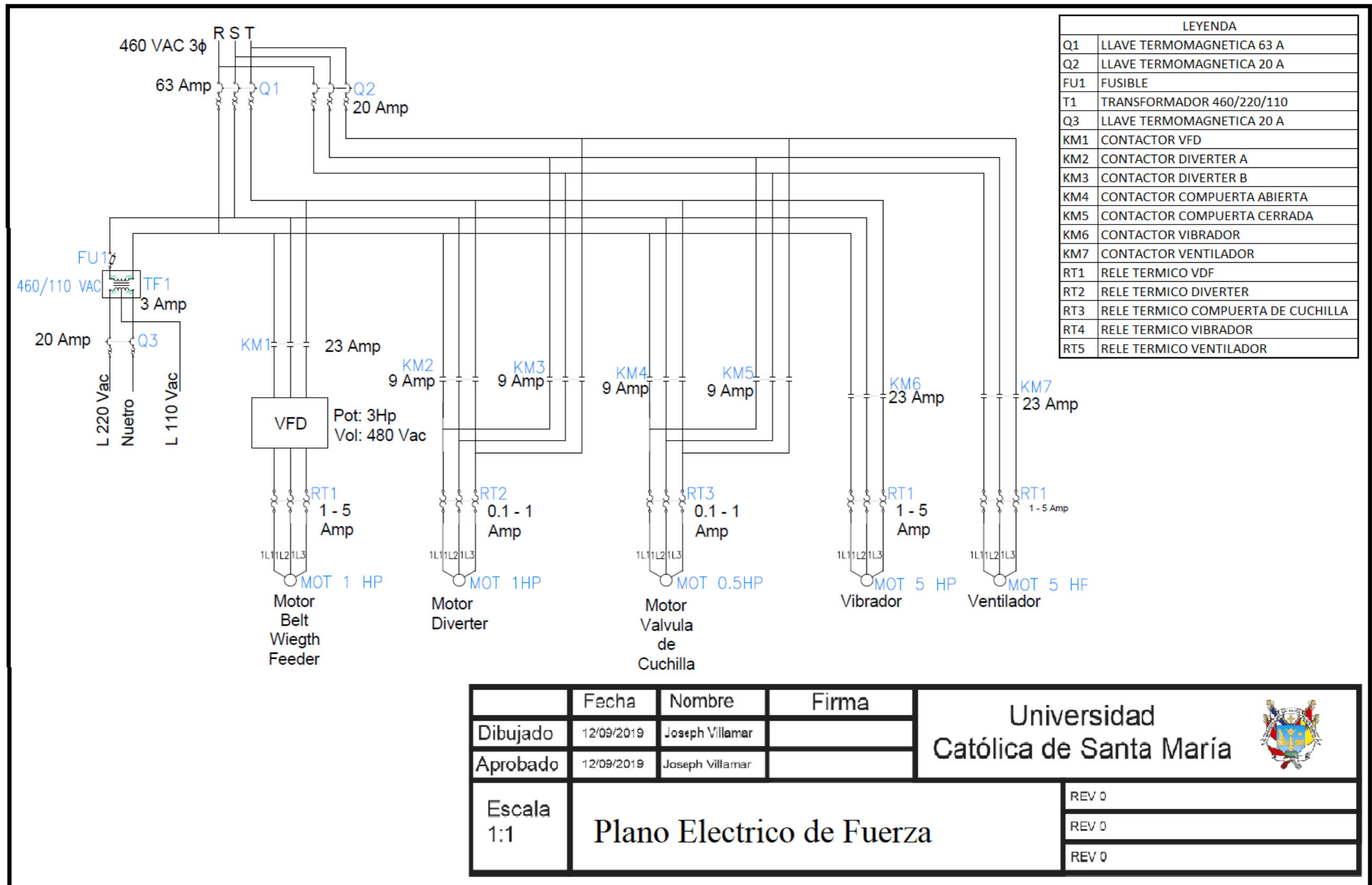
TIPO DE SENAL	VIENE DE :	CONEXIONES	NUMERO DE BORNERA	SE CONECTA A:	SE UBICA EN:
460 VAC	SALA ELECTRICA YUBA	○	2	INTERRUPTOR Q1	TAB. CONTROL
460 VAC	SALA ELECTRICA YUBA	○	3	INTERRUPTOR Q1	TAB. CONTROL
460 VAC	SALA ELECTRICA YUBA	○	4	INTERRUPTOR Q1	TAB. CONTROL
460 VAC	RELE TERMICO RT1	○	U1	MOTOR CABINA	ESTRUCTURA
460 VAC	RELE TERMICO RT1	○	V1	MOTOR CABINA	ESTRUCTURA
460 VAC	RELE TERMICO RT1	○	W1	MOTOR CABINA	ESTRUCTURA
460 VAC	RELE TERMICO RT2	○	U2	MOTOR FRENO	ESTRUCTURA
460 VAC	RELE TERMICO RT2	○	V2	MOTOR FRENO	ESTRUCTURA
460 VAC	RELE TERMICO RT2	○	W2	MOTOR FRENO	ESTRUCTURA
220 VAC	TRANSFORMADOR 3A	○	L	INTERRUPTOR Q2	TAB. CONTROL
220 VAC	TRANSFORMADOR 3A	○	L	INTERRUPTOR Q2	TAB. CONTROL
220 VAC	TRANSFORMADOR 3A	○	L	INTERRUPTOR Q2	TAB. CONTROL
220 VAC	TRANSFORMADOR 3A	○	L	INTERRUPTOR Q2	TAB. CONTROL
220 VAC	TRANSFORMADOR 3A	○	L	INTERRUPTOR Q2	TAB. CONTROL
220 VAC	TRANSFORMADOR 3A	○	L	INTERRUPTOR Q2	TAB. CONTROL
220 VAC	TRANSFORMADOR 3A	○	Z	INTERRUPTOR Q2	TAB. CONTROL
220 VAC	TRANSFORMADOR 3A	○	Z	INTERRUPTOR Q2	TAB. CONTROL
220 VAC	TRANSFORMADOR 3A	○	Z	INTERRUPTOR Q2	TAB. CONTROL
220 VAC	TRANSFORMADOR 3A	○	Z	INTERRUPTOR Q2	TAB. CONTROL
220 VAC	TRANSFORMADOR 3A	○	Z	INTERRUPTOR Q2	TAB. CONTROL
24 VDC	FUENTE DE ALIMENTACION	○	24+	SENSORES	TAB. CONTROL
24 VDC	FUENTE DE ALIMENTACION	○	24+	SENSORES	TAB. CONTROL
24 VDC	FUENTE DE ALIMENTACION	○	24+	SENSORES	TAB. CONTROL
24 VDC	FUENTE DE ALIMENTACION	○	24+	SENSORES	TAB. CONTROL
24 VDC	FUENTE DE ALIMENTACION	○	24-	SENSORES	TAB. CONTROL
24 VDC	FUENTE DE ALIMENTACION	○	24-	SENSORES	TAB. CONTROL
24 VDC	FUENTE DE ALIMENTACION	○	24-	SENSORES	TAB. CONTROL
24 VDC	FUENTE DE ALIMENTACION	○	24-	SENSORES	TAB. CONTROL
220 VAC	SELECTOR S1	○	1	RELE KA3 NO	TAB. CONTROL
220 VAC	CONTACTO KM1	○	2	RELE KA11 NO	TAB. CONTROL
220 VAC	RELE KA12 NO	○	3	RELE KA6 NO	TAB. CONTROL
220 VAC	RELE KA6 NO	○	4	SENSOR PELS	TAB. CONTROL
220 VAC	PARADA EME.IN	○	5	CONTACTO RT2	TAB. CONTROL
220 VAC	CONTACTO RT2	○	6	RELE KA5 NC	TAB. CONTROL
220 VAC	BOTONERAS	○	7	ENTRADA I:0.1	TAB. CONTROL
220 VAC	BOTONERAS	○	8	ENTRADA I:0.2	TAB. CONTROL
220 VAC	SELECTOR S1	○	9	ENTRADA I:0.3	TAB. CONTROL
220 VAC	SELECTOR S1	○	10	ENTRADA I:0.4	TAB. CONTROL
24 VDC	SENSOR CABINA	○	11	RELE KA6	TAB. CONTROL
24 VDC	SENSOR BV1	○	12	RELE KA7	TAB. CONTROL
24 VDC	SENSOR BV2	○	13	RELE KA8	TAB. CONTROL
24 VDC	SENSOR PN1	○	14	RELE KA9	TAB. CONTROL
24 VDC	SENSOR PN2	○	15	RELE KA10	TAB. CONTROL
220 VAC	PARADA, EM. SU	○	16	CONTACTOR KM1	TAB. CONTROL
220 VAC	RELE KA3 NO	○	17	LAMPARA VERDE	TAB. CONTROL
220 VAC	RELE KA3 NO	○	18	LAMPARA VERDE	TAB. CONTROL
220 VAC	RELE KA1-KA2 NO	○	19	BALIZA Y BUZZER	TAB. CONTROL
220 VAC	RELE KA1-KA2 NO	○	20	BALIZA Y BUZZER	TAB. CONTROL
220 VAC	RELE KA1-KA2 NO	○	21	BALIZA Y BUZZER	TAB. CONTROL
220 VAC	RELE KA1-KA2 NO	○	22	BALIZA Y BUZZER	TAB. CONTROL
220 VAC	RESISTENCIA FRN	○	23	CONTACTO RT1	TAB. CONTROL
220 VAC	RF-VFD 11	○	24	ENTRADA I:0.0	TAB. CONTROL
220 VAC	PARADA, EM. TA	○	25	PARADA, EM. SU	TAB. CONTROL
220 VAC	RELE KA5 NC	○	26	RESISTENCIA FRN	TAB. CONTROL
24 VDC	SENSOR REJA1	○	27	RELE KA11	TAB. CONTROL
24 VDC	SENSOR REJA2	○	28	RELE KA12	TAB. CONTROL
24 VDC	SENSOR CABLE	○	29	RELE KA5	TAB. CONTROL
		○	30		TAB. CONTROL
		○	31		TAB. CONTROL
		○	32		TAB. CONTROL
		○	33		TAB. CONTROL
		○	34		TAB. CONTROL

	Fecha	Nombre	Firma	Universidad Católica de Santa María 
Dibujado	12/09/2019	Joseph Villamar		
Aprobado	12/09/2019	Joseph Villamar		
Escala 1:1	Plano de interconexion de Borneras			REV 0 REV 0 REV 0

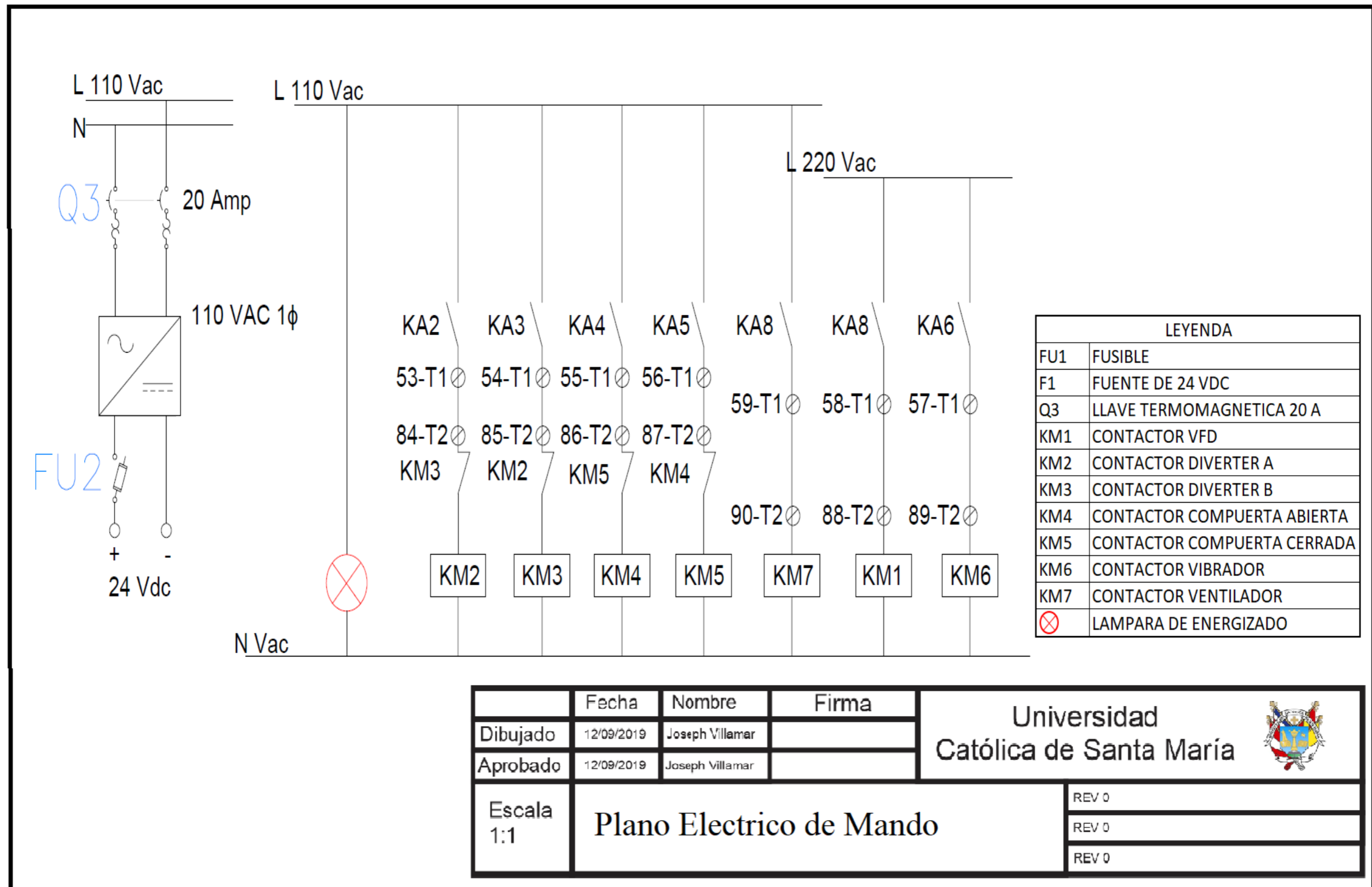
ANEXO 13: Plano Eléctrico de Control – Planta Dosificadora de Pirita.



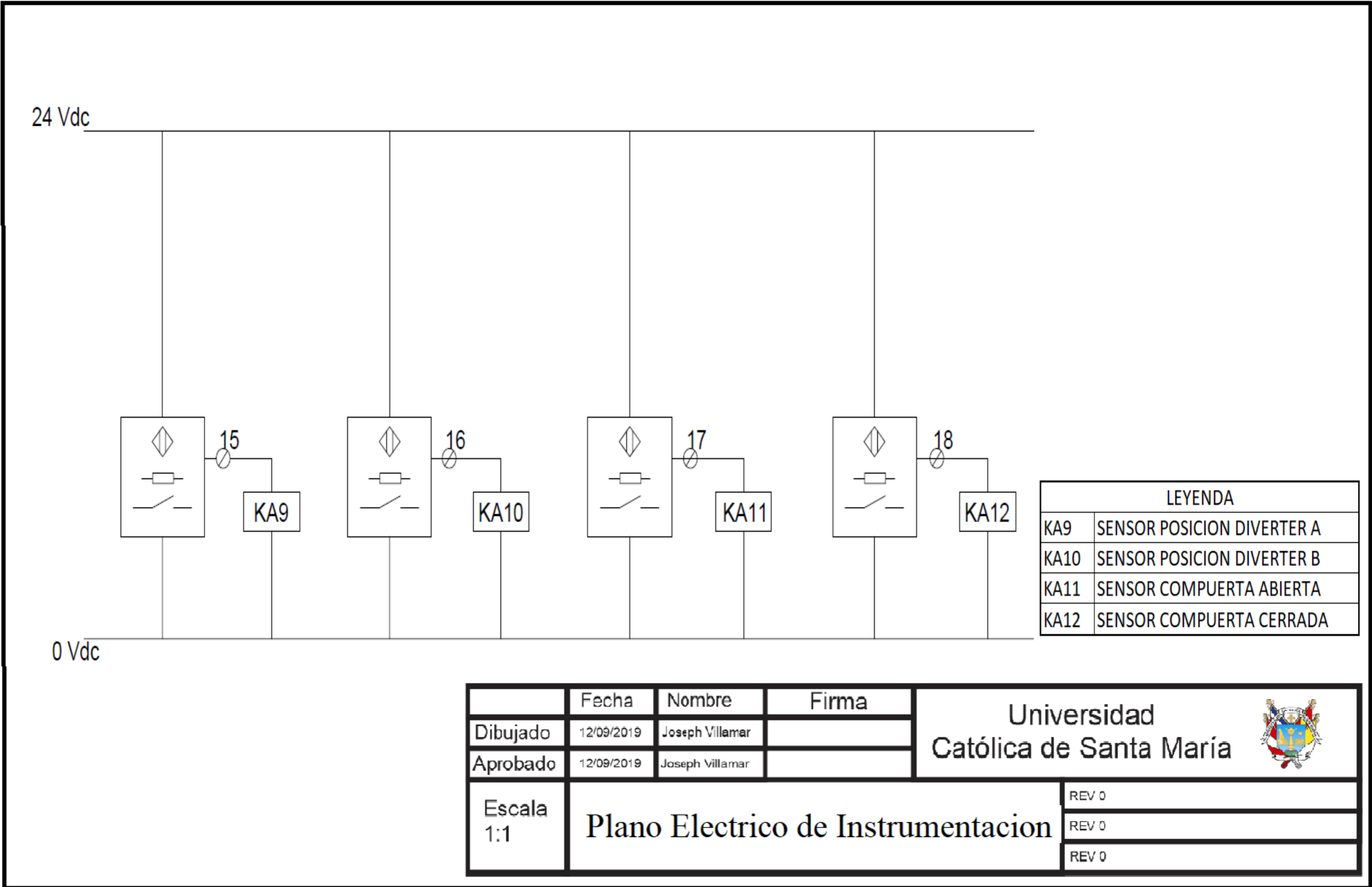
ANEXO 14: Plano Eléctrico de Fuerza – Planta Dosificadora de Pirita.



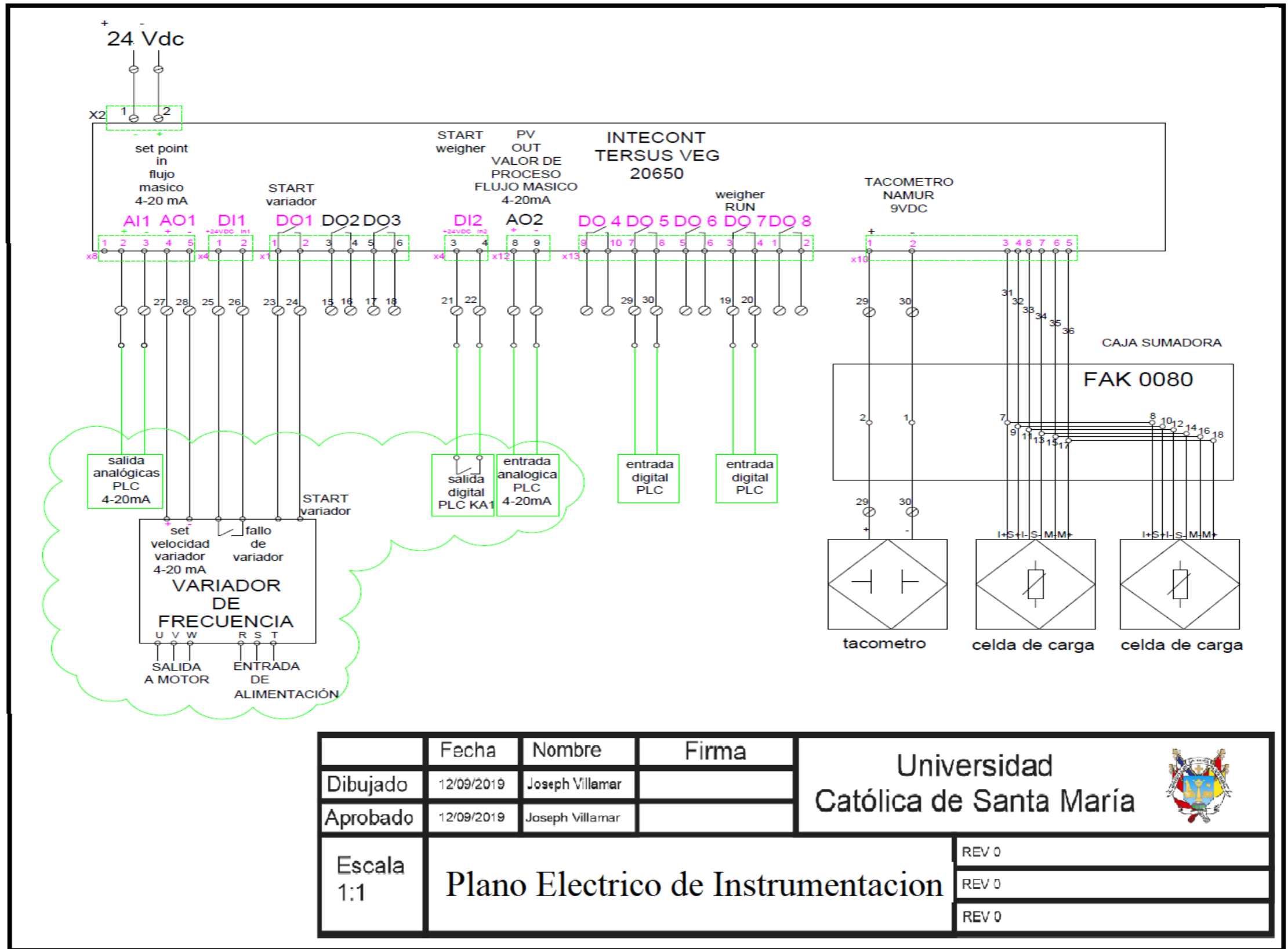
ANEXO 15: Plano Eléctrico de Mando – Planta Dosificadora de Pirita.



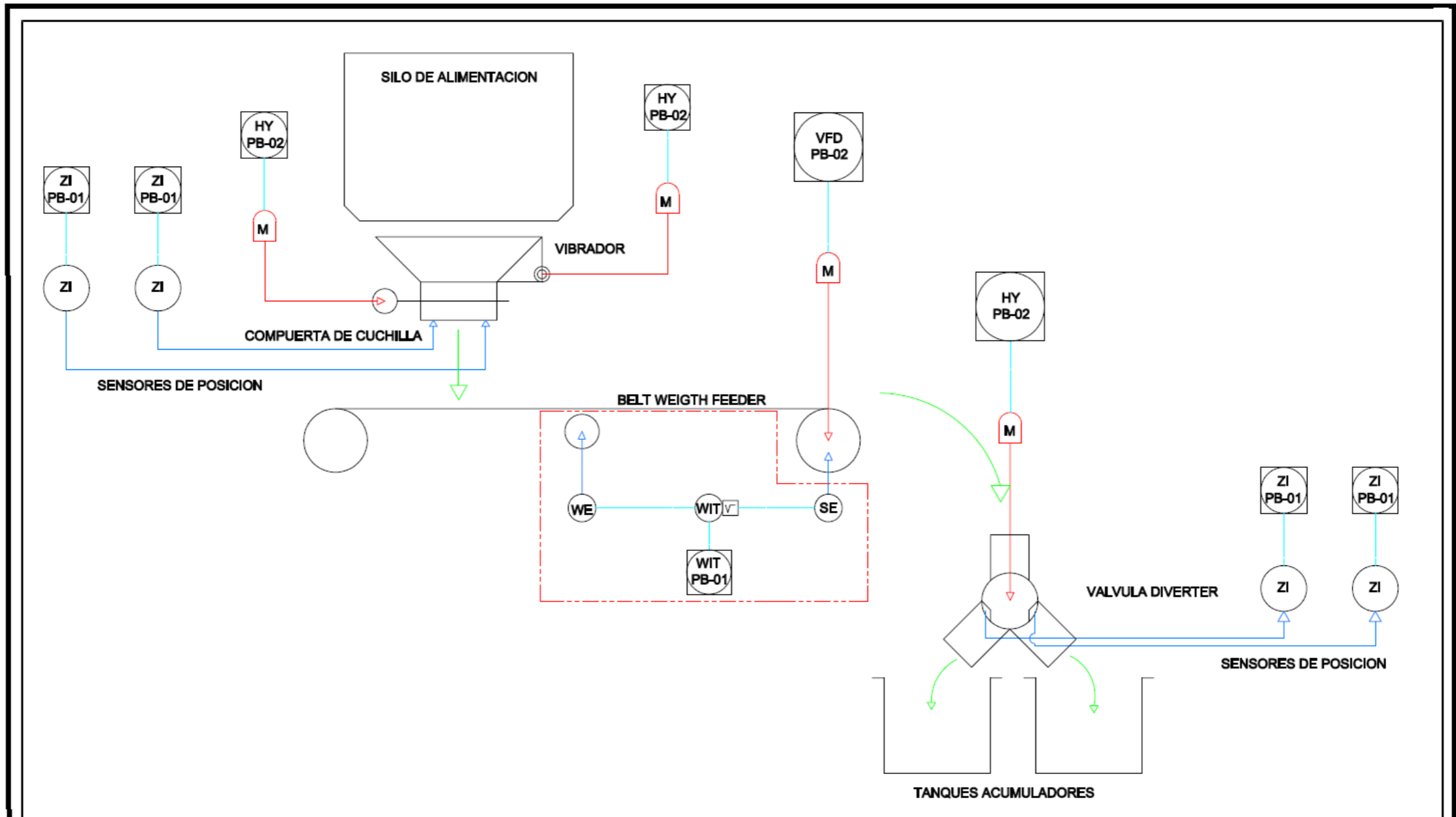
ANEXO 16: Plano de Instrumentación – Planta de Dosificación de Pirita.




ANEXO 17: Plano de Instrumentación Sistema de Dosificación – Planta de Dosificación de Pirita.

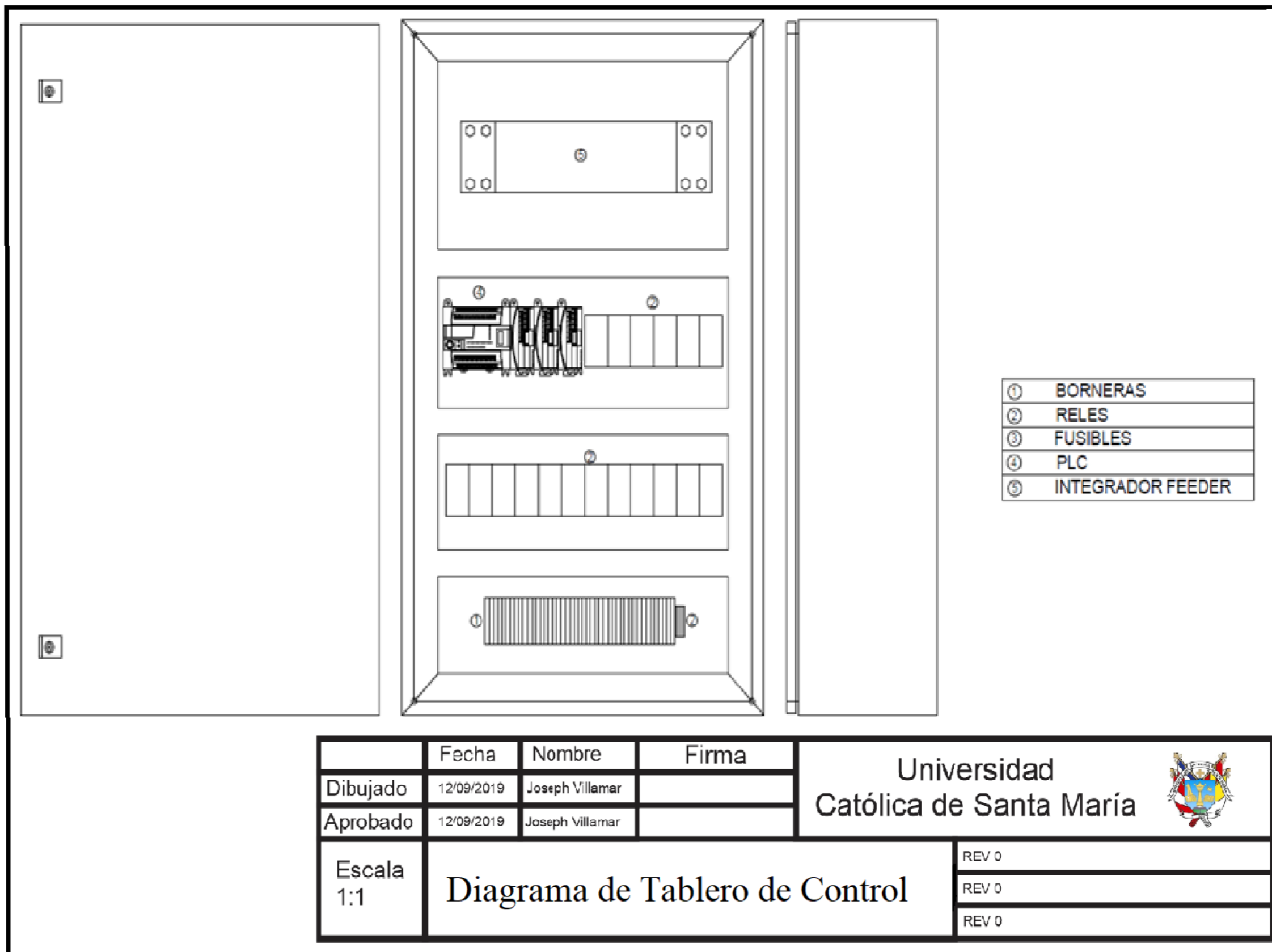


ANEXO 18: Plano de Instrumentación PI&D – Planta de Dosificación de Pirita.

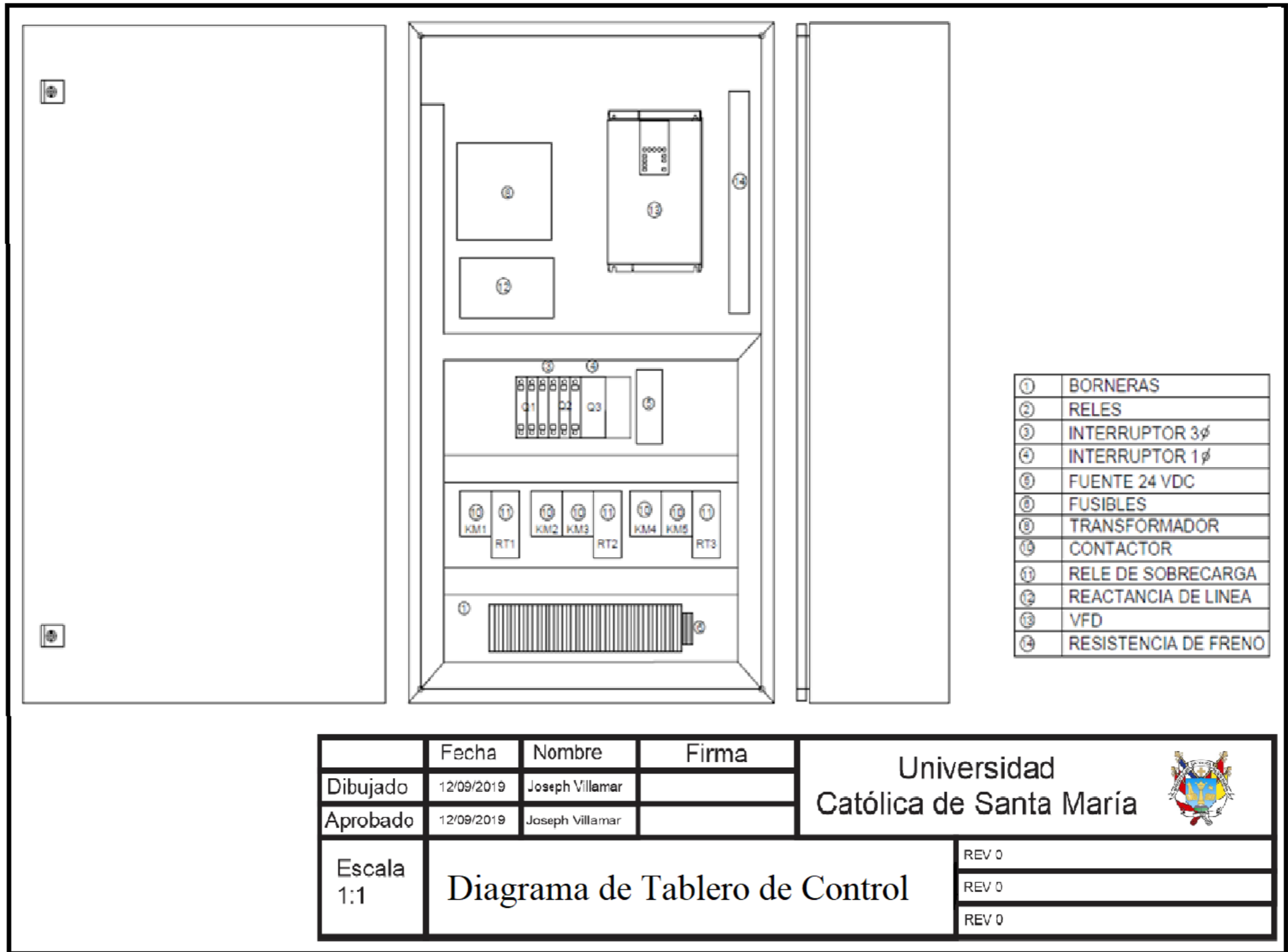


	Fecha	Nombre	Firma	Universidad Católica de Santa María 
Dibujado	12/09/2019	Joseph Villamar		
Aprobado	12/09/2019	Joseph Villamar		
Escala 1:1	Plano de Instrumentacion PI&D			REV 0 REV 0 REV 0

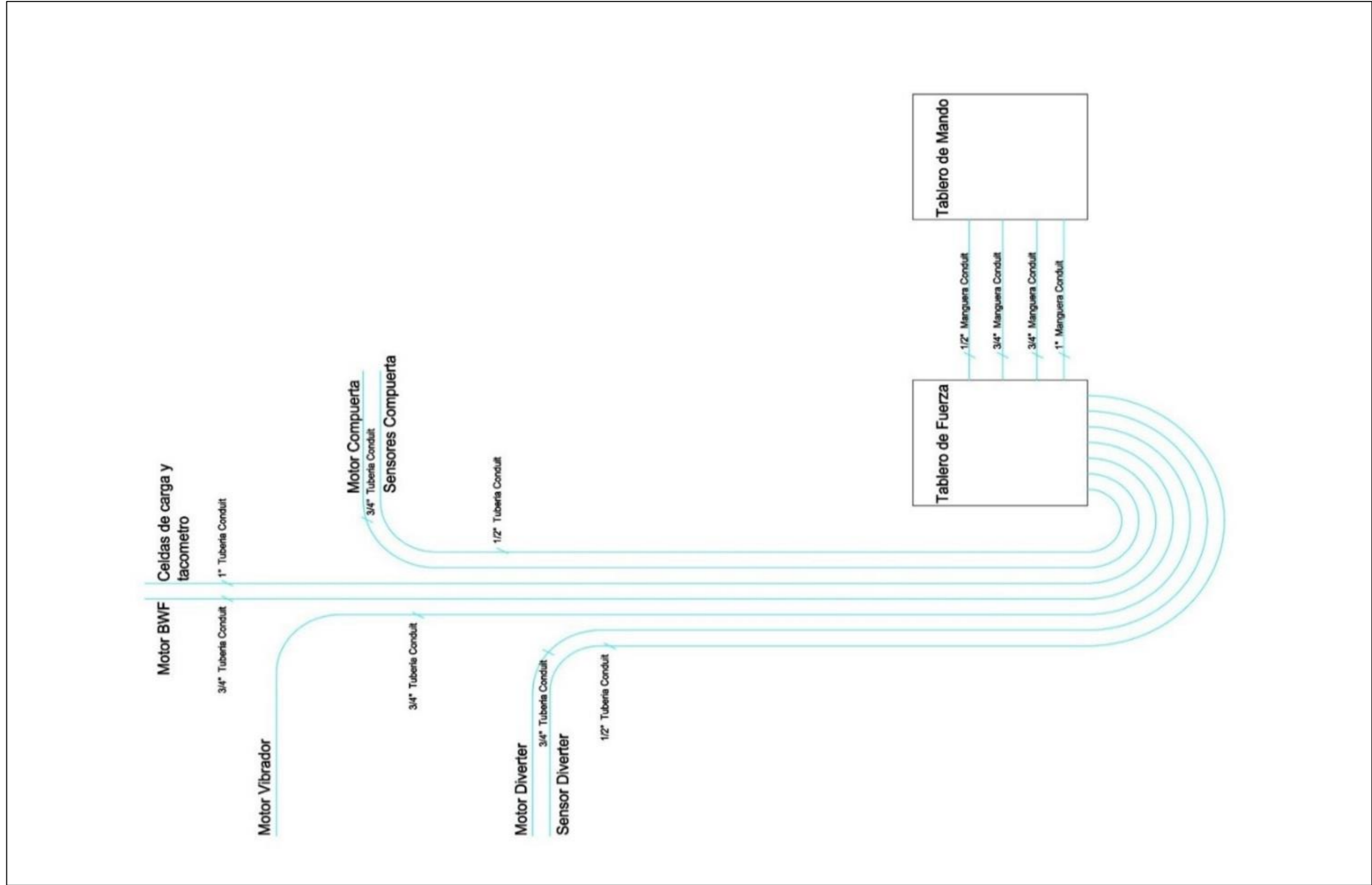
ANEXO 19: Diagrama de Tablero de control – Planta de Dosificación de Pirita.



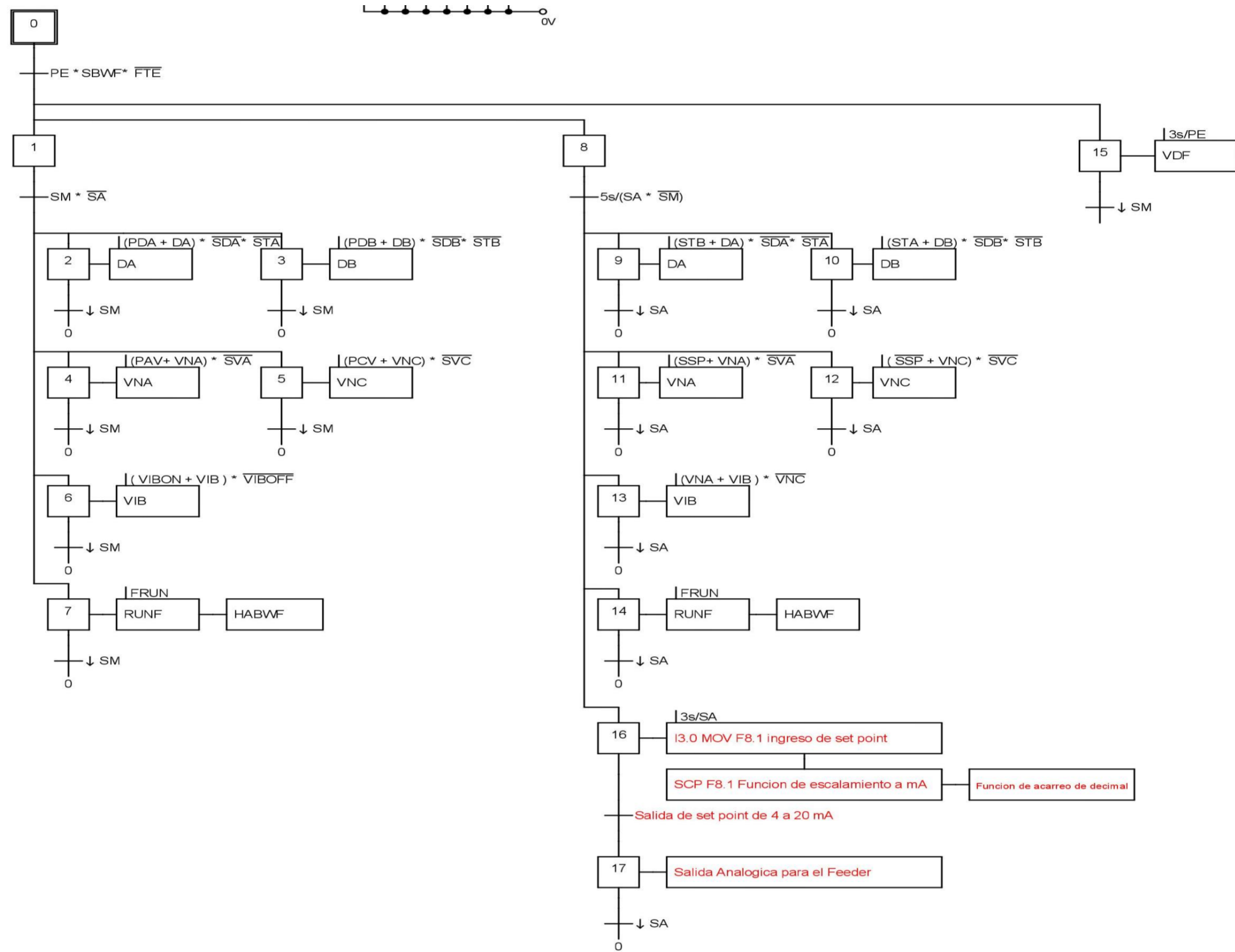
ANEXO 20: Diagrama de Tablero de Fuerza – Planta de Dosificación de Pirita.



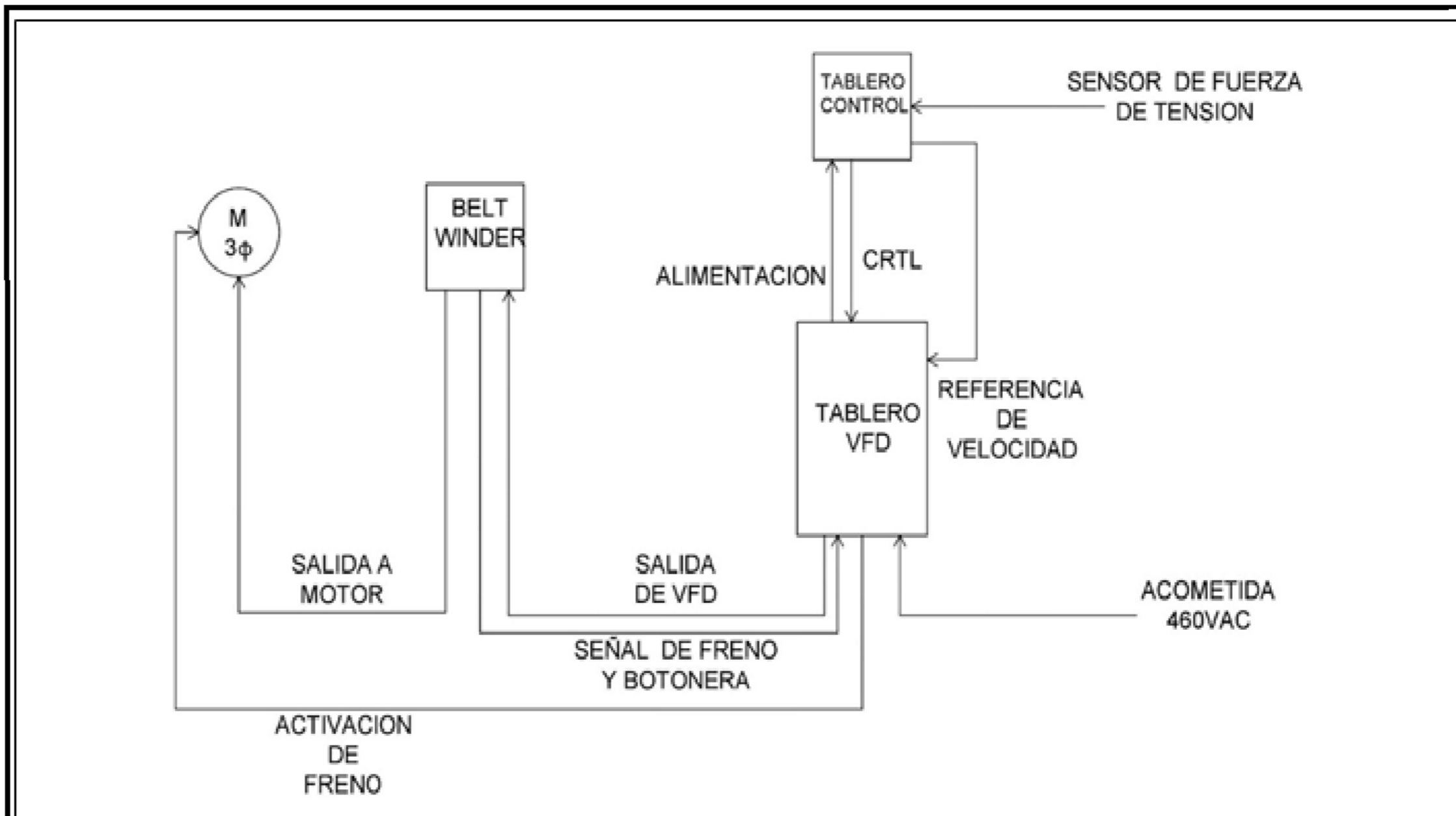
ANEXO 21: Diagrama de Interconexión – Planta de Dosificación de Pirita.




ANEXO 22: Programación Graffcet – Planta de Dosificación de Pirita.

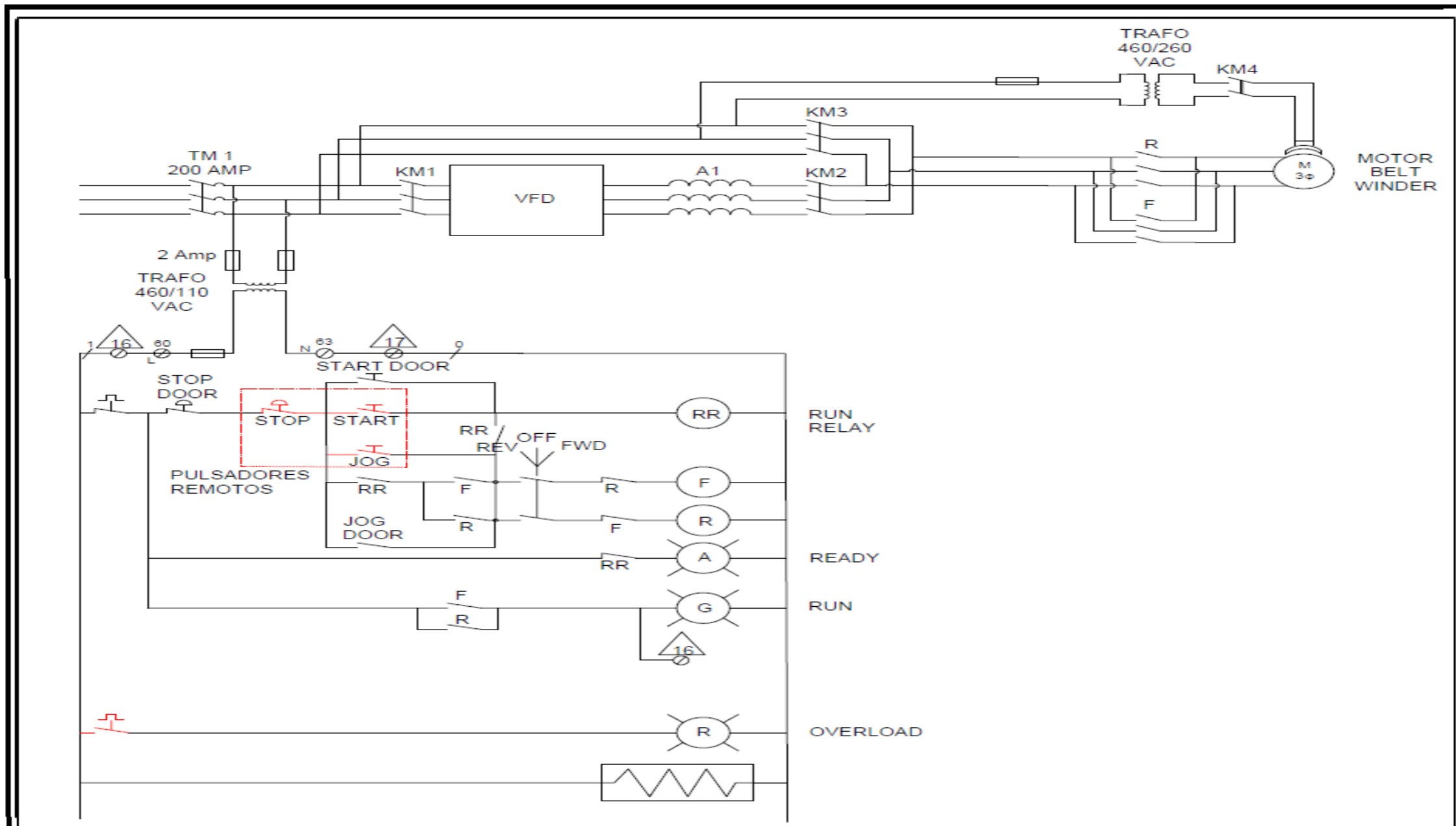



ANEXO 23: Diagrama de Interconexión – TDS.



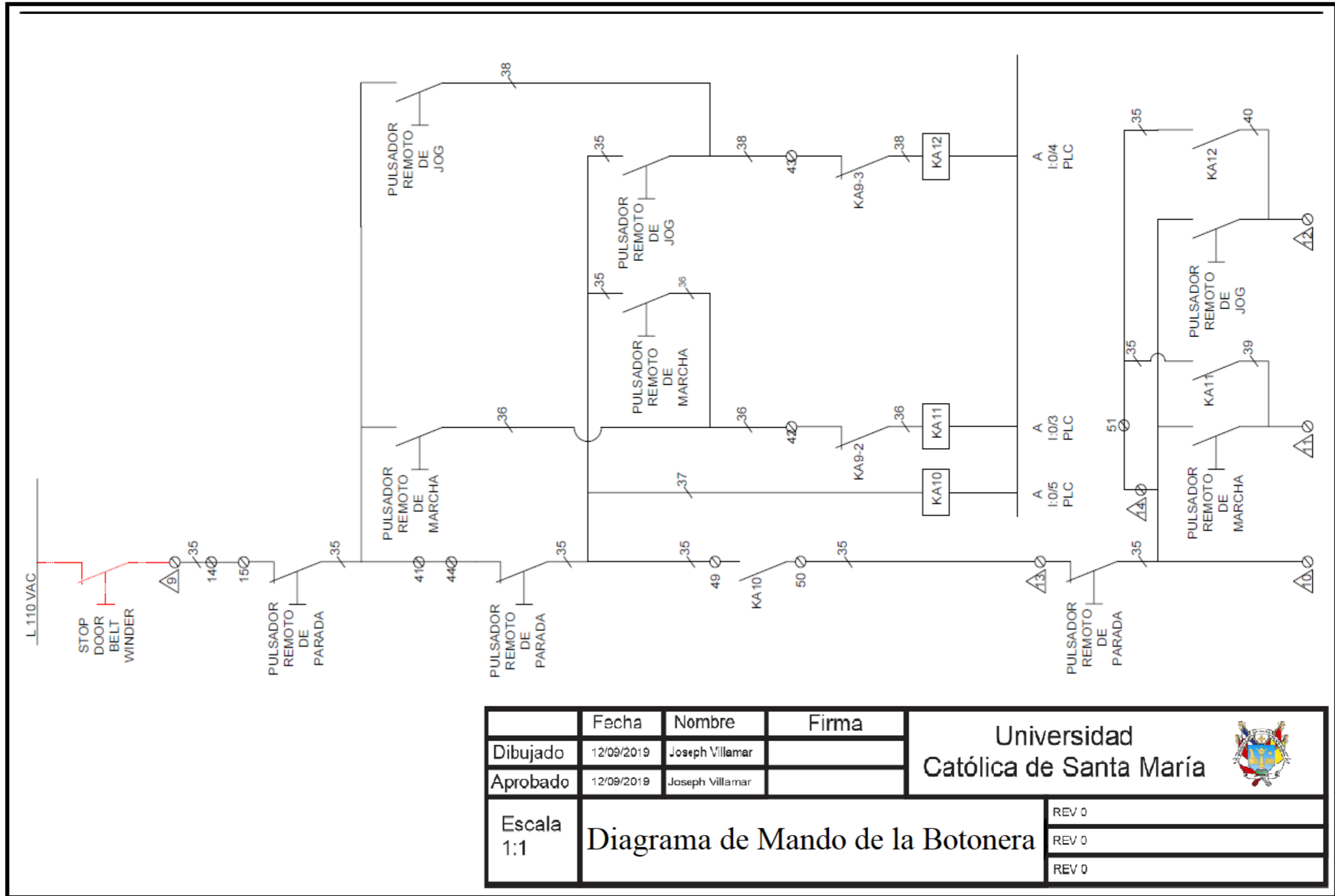
	Fecha	Nombre	Firma	Universidad Católica de Santa María 
Dibujado	12/09/2019	Joseph Villamar		
Aprobado	12/09/2019	Joseph Villamar		
Escala 1:1	Diagrama de Interconexión Eléctrica			REV 0 REV 0 REV 0

ANEXO 24: Plano de Fuerza – TDS.

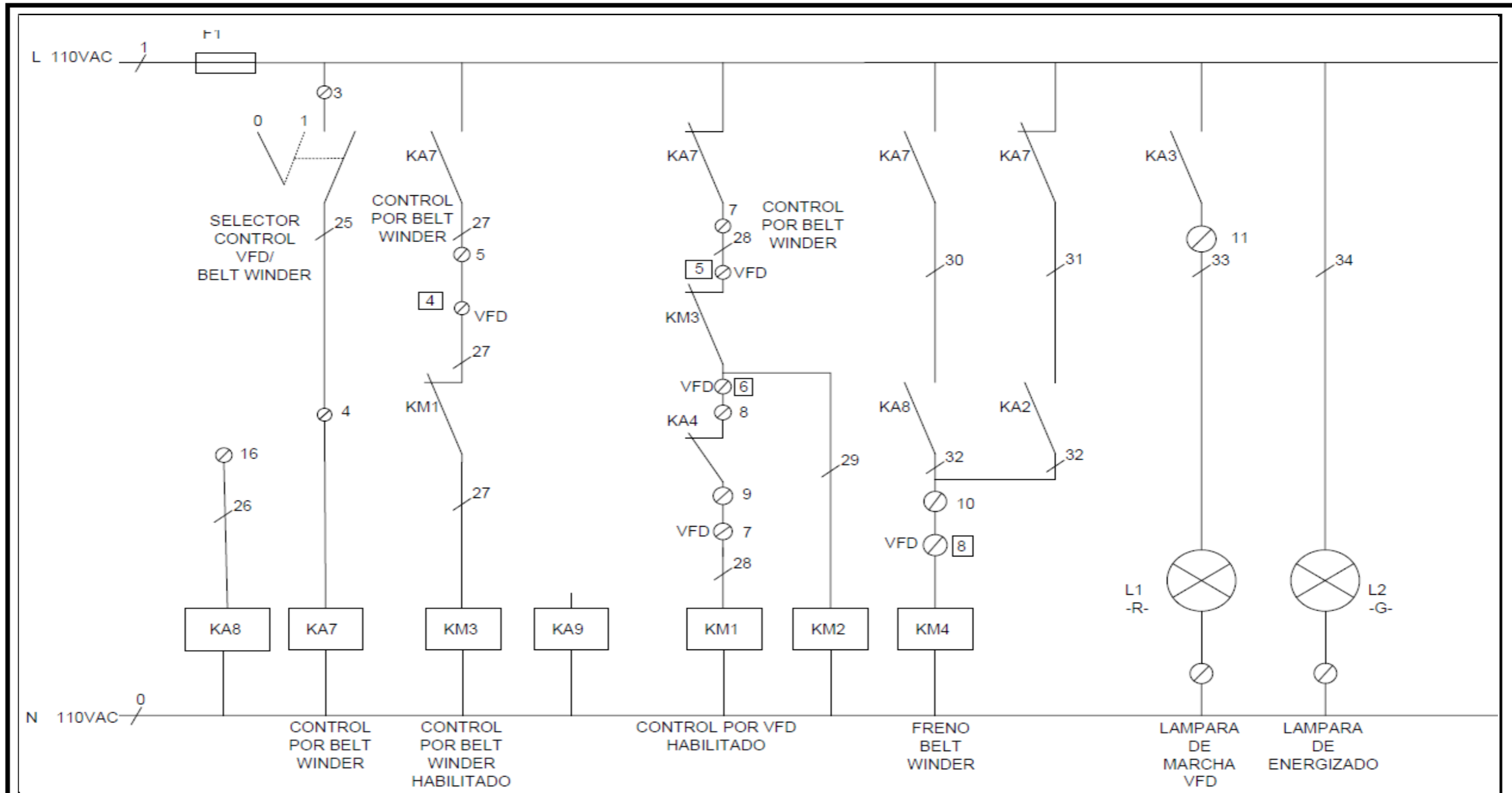



	Fecha	Nombre	Firma	Universidad Católica de Santa María	
Dibujado	12/09/2019	Joseph Villamar			
Aprobado	12/09/2019	Joseph Villamar			
Escala 1:1	Plano de fuerza Belt Winder			REV 0	
				REV 0	
				REV 0	

ANEXO 25: Diagrama de conexión de Borneras

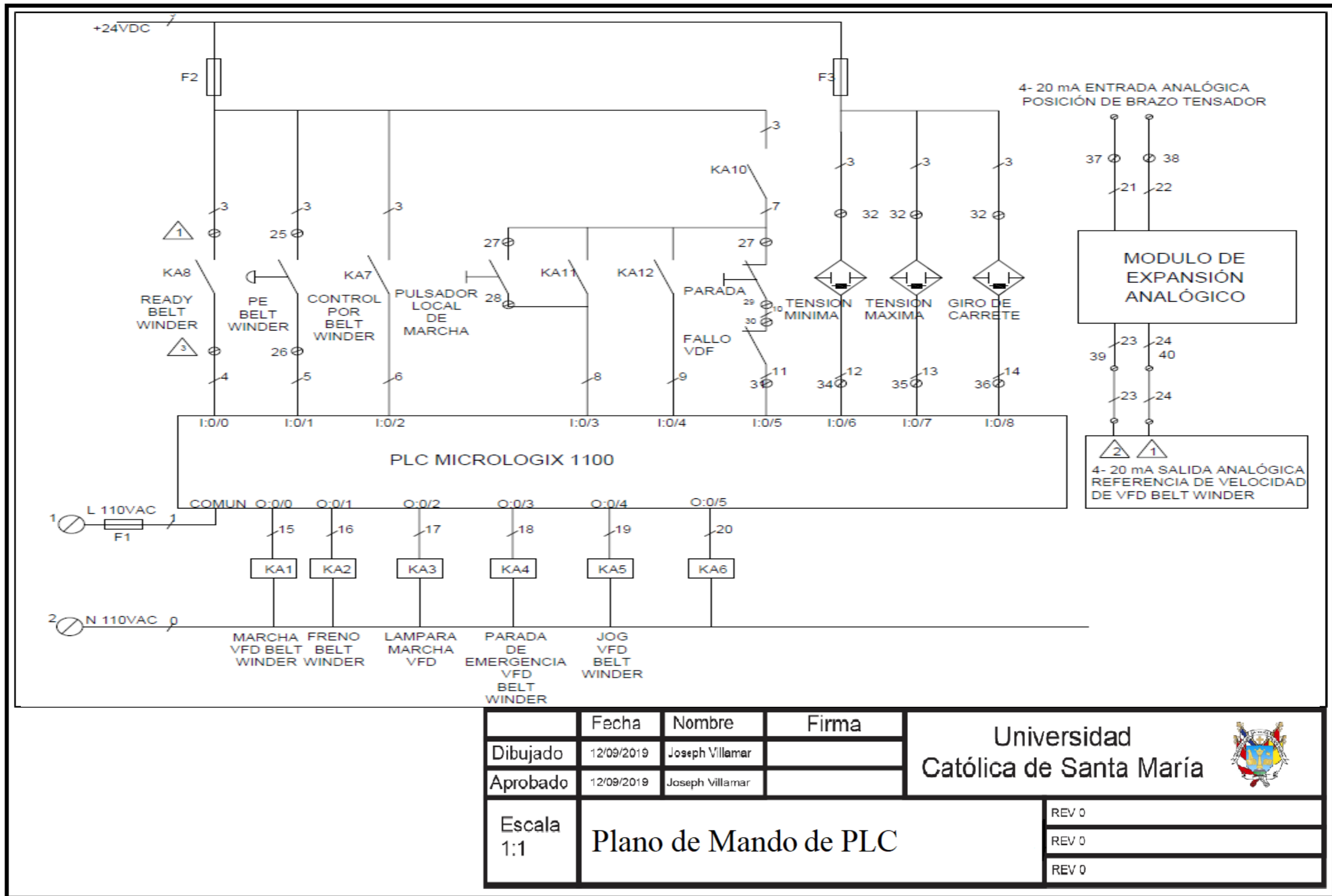


ANEXO 27: Diagrama de Mando – TDS.



	Fecha	Nombre	Firma	Universidad Católica de Santa María 
Dibujado	12/09/2019	Joseph Villamar		
Aprobado	12/09/2019	Joseph Villamar		
Escala 1:1	Plano de Mando tablero de control			REV 0 REV 0 REV 0

ANEXO 28: Diagrama de Mando PLC – TDS.



ANEXO 29: Programación Graffcet TDS.

