REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL REINGRESO DE MATERIAL RECHAZADO EN UN MOLINO DE CARBÓN MEDIANTE LÓGICA DIFUSA

Tesis Presentada por el Bachiller:

Pacheco Zúñiga, Sergio Manuel

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico con Especialidad en Automatización y Control

Asesora:

Mgtr. Delgado Barra, Lucy Angela

Arequipa – Perú

2022

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DICTAMEN APROBATORIO DE TESIS

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA ELECTRONICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 07 de Junio del 2022

Dictamen: 000876-C-EPIE-2022

Visto el borrador del expediente 000876, presentado por:

2011702691 - PACHECO ZUÑIGA SERGIO MANUEL

Titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL REINGRESO DE MATERIAL RECHAZADO EN UN MOLINO DE CARBÓN MEDIANTE LÓGICA DIFUSA

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1546 - DELGADO BARRA LUCY ANGELA
DICTAMINADOR

1547 - RODRIGUEZ GONZALES PEDRO ALEX
DICTAMINADOR

1767 - SULLA TORRES RAUL RICARDO
DICTAMINADOR

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mi asesora Mg. Lucy Delgado Barra por su tiempo y ayuda, no solo en el desarrollo del presente proyecto, si no durante toda mi estadía en la universidad, tendré siempre presente los consejos brindados por su persona.

De igual manera a los buenos viejos amigos de siempre, que con sus ideas y aportes forman parte de este proyecto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

A Manuel y Luzmila, mis padres, fuente eterna de inspiración.

A Soraya por ser apoyo e inspiración en presencia y ausencia.

A mi familia por seguir pendiente en cada paso que doy.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

El presente proyecto describe el desarrollo y simulación de un sistema scada para el control y monitoreo del proceso de reingreso de carbón al molino de carbón en una cementera típica.

Actualmente el proceso de reingreso de material es del modo “manual”, el operador de campo tiene que retirar el material con ayuda de palas y carretillas, para cargarlo a una “big bag” y con ayuda de un montacarga llevarlo hasta la zona de canchas de acopio, que se encuentran a 500 metros del área de molienda de carbón.

El objetivo general del proyecto es diseñar un sistema que permita el reingreso de material rechazado del molino de carbón mediante un elevador de cangilones, así como implementar un sistema de monitoreo SCADA.

El Capítulo I hablará acerca de las necesidades actuales y por qué se propone la automatización del proceso de reingreso de carbón, mientras que en el Capítulo II, hablaremos acerca de todo lo que compete al proceso de molienda de carbón, así mismo, del tipo de control que usaremos para la presente automatización. El Capítulo III detallará la ejecución del proyecto incluyendo la ingeniería básica e ingeniería de detalle involucrada en el proceso, por último, el Capítulo IV mostrará las pruebas de operación del prototipo a pequeña escala a elaborar, incluyendo el sistema SCADA final.

PALABRAS CLAVE: SCADA, Automatización, Instrumentación, Lenguaje Ladder, Control de Procesos y Adquisición de Datos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

This project describes the development and simulation of a SCADA system for the control and monitoring of the coal re-entry process to the coal mill in a cement plant located in the district of Yura, in the department of Arequipa.

Currently the material re-entry process is "manual", the field operator has to remove the material with the help of shovels and a wheelbarrow, to load it into a "big bag" and with the help of a forklift take it to the coal fields located more than 500 meters

The general objective of the project is to design a system that allows the re-entry of rejected material from the coal mill through a bucket elevator, as well as to implement a SCADA monitoring system.

Chapter I will talk about the current needs and why the automation of the coal re-entry process is proposed, while in Chapter II, we will talk about everything that concerns the coal grinding process, as well as the type of control that we will use for the present automation. Chapter III will detail the execution of the project including the basic engineering and detailed engineering involved in the process, finally, Chapter IV will show the operation tests of the small-scale prototype to be developed, including the final SCADA system.

KEY WORDS: SCADA, Automation, Instrumentation, Ladder Language, Process Control and Data Acquisition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE GENERAL

DICTAMEN APROBATORIO DE TESIS ii
AGRADECIMIENTO iii
DEDICATORIA iv
RESUMEN v
ABSTRACT vi
ÍNDICE GENERAL vii
ÍNDICE DE TABLAS x
ÍNDICE DE FIGURAS xi
INTRODUCCIÓN 14
CAPITULO I MARCO METODOLÓGICO 15
1. Planteamiento del Problema 16
1.1. Identificación del Problema 16
1.2. Descripción del Problema 17
1.3. Justificación del Problema 18
1.3.1. Alcances y Limitaciones 18
1.4. Antecedentes 18
1.5. Objetivos 19
1.5.1. Objetivo General 19
1.5.2. Objetivos Específicos 20
1.6. Hipótesis 20
CAPITULO II MARCO CONCEPTUAL 21
2. Marco Teórico 22
2.1. Proceso de Molienda de Carbón 22
2.2. Molino Raymond de Rodillos Comprimidos 23
2.3. Elevador de Cangilones 24
2.3.1. Componentes de un Elevador de Cangilones 25
2.3.2. Clasificación según el tipo de descarga Elevadores de Cangilones 30
2.4. Tolva de Almacenamiento 32
2.4.1. Tipos de Tolvas 32
2.5. Lógica Difusa 33
2.5.1. Conjuntos Difusos 34
2.5.2. Variable Lingüística 39

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.3. Funciones de Pertenencia o Membresía 40
2.6. Sistemas de Control Difuso 41
2.6.1. Entrada 42
2.6.2. Fusificación 42
2.6.3. Reglas de Control 42
2.6.4. Método de Inferencia 43
2.6.5. Defusificación 44
2.6.6. Salida 45
CAPITULO III INGENIERÍA DEL PROYECTO 47
3. Desarrollo del Proyecto 48
3.1. Planificación 48
3.2. Ejecución 48
3.2.1. Memoria de Cálculo 48
3.2.2. Cálculo Faja Transportadora 55
3.2.3. Lista de Cargas 56
3.2.4. Diagrama de Flujo – Flowsheet 56
3.2.5. Filosofía de Control y Elaboración de Grupo de Arranque 67
3.2.6. Elaboración de Típicos de Arranque de Motores 67
3.2.7. Elaboración de Base de Datos, Descripción del PLC y Elección de Instrumentos 70
3.2.8. Elaboración de Planos P&ID y Conexionado 72
3.2.9. Elaboración de Rutinas de Control 76
3.2.10. Ahorro de Energía y Control Ambiental 82
CAPITULO IV PRUEBAS Y RESULTADOS 85
4. Elaboración de Programa y Prototipo 86
4.1. Controlador Difuso Amperaje – Posición 86
4.1.1. Definición de Variables y Conjuntos Difusos 86
4.1.2. Reglas de Control 87
4.1.3. Defusificación 88
4.2. Controlador Difuso Posición – Frecuencia 88
4.2.1. Definición de Variables y Conjuntos Difusos 88
4.2.2. Reglas de Control 90
4.2.3. Defusificación 90
4.3. Simulación en Simulink 91

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3.1. Controlador Difuso Amperaje – Posición 91
4.3.2. Controlador Difuso Posición – Frecuencia 92
4.4. Elaboración de Prototipo 93
4.5. Monitorización con Prototipo 96
4.5.1. Elevador de Cangilones 96
4.5.2. Tolva de Rechazo 97
4.6. Programa en RSLogix 5000 y Sistema SCADA 107
CONCLUSIONES 111
RECOMENDACIONES 112
REFERENCIAS 113
ANEXOS 115
ANEXO 01 FLOW SHEET – MOLIENDA DE CARBÓN 116
ANEXO 02 TÍPICOS DE ARRANQUE 126
ANEXO 03 BASE DE DATOS GRUPO 05 130
ANEXO 04 DIAGRAMA P&ID 134
ANEXO 05 CONEXIONADO ELÉCTRICO DE CONTROL Y FUERZA 136
ANEXO 06 RUTINA DE CONTROL Y CADA 180

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de Diferentes Tipos de Carbón 22
Tabla 2. Diferencia entre conjuntos clásicos y difusos 34
Tabla 3. Métodos de inferencia 44
Tabla 4. Dimensiones Elevador de Cangilones C64-102 51
Tabla 5. Dimensiones de Estructura de Elevador de Cangilones C64-102 51
Tabla 6. Dimensiones Cangilón 52
Tabla 7. Características Cadena 53
Tabla 8. Distancia Standard al Borde de Tres Rodillos 55
Tabla 9. Lista de Cargas Etapa de Recirculación de Carbón 56
Tabla 10. Matriz de Típicos Eléctricos Grupo 5 – Recirculación de Carbón a Molino 68
Tabla 11. Tabla Resumen de Señales e Instrumentos Grupo 5 – Recirculación de Carbón a Molino 71
Tabla 12. Resumen Base de Datos Grupo 5 – Recirculación de Carbón a Molino 72
Tabla 13. Conjuntos Difusos Error Amperaje 76
Tabla 14. Conjuntos Difusos Setpoint Posición 77
Tabla 15. Reglas de Controlador Difuso Amperaje - Posición 77
Tabla 16. Zonas y Limites de Reglas Difusas Controlador Amperaje - Posición 78
Tabla 17. Valores para Funciones de Membresía Conjuntos Salida 78
Tabla 18. Valores de Error Amperaje y Setpoint Posición usando Formula 23 79
Tabla 19. Conjuntos Difusos Error Posición 79
Tabla 20. Conjuntos Difusos Setpoint Frecuencia 80
Tabla 21. Reglas de Controlador Difuso Amperaje – Posición 80
Tabla 22. Zonas y Limites de Reglas Difusas Controlador Posición – Frecuencia 81
Tabla 23.Valores para Funciones de Membresía Conjuntos Salida 81
Tabla 24.Valores de Error Posición y Setpoint Frecuencia usando Formula 23 82
Tabla 25. Características Montacarga Eléctrico 2ET2500 83
Tabla 26. Consumo Total Proyecto de Recirculación de Carbón 83
Tabla 27. Consumo Montacarga Eléctrico 83
Tabla 28. Conjuntos Difusos Error Amperaje incluyendo Rango 87
Tabla 29. Conjuntos Difusos Setpoint Posición incluyendo Rango 87
Tabla 30. Reglas de Controlador Difuso Amperaje – Posición 87
Tabla 31.Conjuntos Difusos Error Posición 89
Tabla 32. Conjuntos Difusos Setpoint Frecuencia 89
Tabla 33. Reglas de Controlador Difuso Posición – Frecuencia 90
Tabla 34. Toma de Lecturas Amperaje – Posición 92
Tabla 35 Toma de Lecturas Posición – Frecuencia 93
Tabla 36. Toma de Lecturas de Corriente y Posición con Prototipo, Salida Frecuencia, SP Amperaje: 1.5A 103
Tabla 37 Toma de Lecturas de Corriente y Posición, Salida Frecuencia, SP Amperaje: 1.8 105

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descarga de Carbón 16
Figura 2. Recipiente de Desecho actual 17
Figura 3. Carbón Antracita 22
Figura 4. Carbón Bituminoso 22
Figura 5. Proceso de Molienda de Carbón 23
Figura 6. Molino de Carbón Raymond 24
Figura 7. Elevadores de Cangilones 25
Figura 8. Cadenas de Elevador de Cangilones 26
Figura 9. Cangilones de Elevador 26
Figura 10. Cabeza del Elevador 27
Figura 11. Bota del Elevador 27
Figura 12. Caja o Envoltura del Elevador 28
Figura 13. Unidad de Accionamiento o Motor del Elevador 28
Figura 14. Componentes de un Elevador de Cangilones 29
Figura 15. Elevador de Cangilones de Descarga Centrifuga 30
Figura 16. Elevador de Cangilones de Descarga Continua 31
Figura 17. Tolva de Almacenamiento de Gruesos 32
Figura 18. Tolva de Almacenamiento de Finos 33
Figura 19. Conjunto Difuso 35
Figura 20. Intersección de Conjuntos Difusos 36
Figura 21. Unión de Conjuntos Difusos 36
Figura 22. Complemento de un Conjunto Difuso 37
Figura 23. Función Triangular Matemática y Gráficamente 41
Figura 24. Función Trapezoidal Matemática y Gráficamente 41
Figura 25 Función Singleton Matemática y Gráficamente 41
Figura 26. Diagrama de Flujo de un Control Difuso 42
Figura 27. Defusificación Método de Centroide 45
Figura 28. Diagrama de Bloques Propuesto para el Proyecto 46
Figura 29. Planificación del Proyecto 48
Figura 30. Dimensiones Silo SCO350/04T66 50
Figura 31. Estructura Elevador de Cangilones 52
Figura 32. Cangilón 53
Figura 33. Cadena de Elevador de Cangilones 53
Figura 34. Accesorio Soporte K1 para Cadena C-188 53
Figura 35. Diagrama de Flujo Grupo 1 57
Figura 36. Diagrama de Flujo Grupo 2 58
Figura 37. Diagrama de Flujo Grupo 3 60
Figura 38. Diagrama de Flujo Grupo 4 61
Figura 39. Diagrama de Flujo Grupo 5 61
Figura 40. Diagrama de Flujo Grupo 6 63
Figura 41. Diagrama de Flujo Grupo 7 64
Figura 42. Diagrama de Flujo Grupo 8 66
Figura 43. Secuencia de Arranque Grupo 5 - Recirculación de Carbón a Molino 68

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 44. Diagrama P&ID de Elevador de Cangilones de Recirculación 73
Figura 45. Diagrama de Conexiones de Señales e Instrumentos en Tablero 9180-RACK01 74
Figura 46. Diagrama de Conexiones del Centro de Control de Motores Grupo 3100 75
Figura 47. Zonas de Reglas Difusas Error Amperaje para Defusificación 77
Figura 48. Zonas de Reglas Difusas Error Posición para Defusificación 80
Figura 49. Conjuntos Difusos de Variable Error Amperaje 86
Figura 50. Conjuntos Difusos de Variable Setpoint Posición 86
Figura 51. Defusificación de Controlador Amperaje – Posición 88
Figura 52. Conjuntos Difusos de Variable Error Posición 88
Figura 53. Conjuntos Difusos de Variable Setpoint Frecuencia 89
Figura 54. Defusificación de Controlador Posición – Frecuencia 90
Figura 55. Simulación en Simulink Controlador Amperaje – Posición 91
Figura 56. Monitorización de Valores para Setpoint Posición 91
Figura 57. Simulación en Simulink Controlador Posición – Frecuencia 92
Figura 58. Monitorización de Valores para Setpoint Frecuencia 92
Figura 59. Ensamblaje Elevador de Cangilones 93
Figura 60. Piezas Usadas para Ensamblaje de Elevador de Cangilones 93
Figura 61. Ensamblaje Tolva de Rechazo y Piezas Usadas 94
Figura 62. Piezas Impresas en 3D, realizadas en software Autodesk Inventor 94
Figura 63. Tolva Ensamblada con Compuerta 95
Figura 64. Elevador de Cangilones Ensamblado 95
Figura 65. Programa para Motor Paso a Paso 96
Figura 66. Elevador de Cangilones, Módulo L298N, Motor Paso a Paso y Potenciómetro Simulador de Corriente 97
Figura 67. PCB L293D, Minimotoreductor y Sensor de Posición de Compuerta de Tolva de Rechazo 97
Figura 68. Borneras de Paso ubicada a Nivel de Compuerta de Tolva 98
Figura 69. Borneras de Paso ubicadas en la Base de Prototipo para Fuentes de Alimentación 98
Figura 70. Diagrama de Conexiones Prototipo 99
Figura 71. Programa en Simulink para Monitorización con Prototipo 100
Figura 72. Bornera de Paso para Conexión a Arduino Uno y Arduino Mega 101
Figura 73. Monitorización de Valores para Setpoint de Posición con Prototipo, Lectura Amperaje: 1.2A 102
Figura 74. Monitorización de Valores para Setpoint de Frecuencia con Prototipo, Lectura Amperaje: 1.2A 102
Figura 75. Monitorización de Valores de Sensor de Posición con Prototipo, Lectura Amperaje: 1.2A 103
Figura 76. Monitorización de Valores para Setpoint de Posición con Prototipo, Lectura Amperaje: 1.8A 104
Figura 77. Monitorización de Valores para Setpoint de Frecuencia con Prototipo, Lectura Amperaje: 1.8A 104
Figura 78.Monitorización de Valores de Sensor de Posición con Prototipo, Lectura Amperaje: 1.2A 105
Figura 79. Prototipo con el Elevador de Cangilones en Movimiento 106
Figura 80. Compuerta de Tolva Cerrada, Media Abierta y Abierta 106

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 81. Rutinas y Subrutinas del proyecto en RSLogix 5000 107
Figura 82. Base de Datos Proyecto Grupo 05 Recirculación 108
Figura 83. Tendencia de SCADA Posición de Compuerta Tolva y Frecuencia..... 109
Figura 84. Alarmas Resultantes Sistema SCADA 109
Figura 85. Ventana Principal Grupo 05 Recirculación de Material 110

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

La industria cementera en Perú ha experimentado un crecimiento masivo en los últimos años, esto debido al incremento del sector inmobiliario y del sector industrial.

Al mismo tiempo, dicho sector busca hoy en día automatizar la totalidad de sus procesos, muestra de ellos son las salas de control, que permiten monitorear todos los procesos para la producción de cemento.

Actualmente la empresa cementera del proyecto a realizar cuenta con 02 molinos de carbón del tipo vertical, estos molinos cuentan con una tolva de rechazo al cual llega el carbón que no logró ser molido por los rodillos primarios y secundarios, dicho material rechazado se carga manualmente a un “big bag” y mediante un montacarga es trasladado a la cancha de acopio de carbón.

Se realizó el diseño de un sistema automatizado para el reproceso de material rechazado en un molino de carbón. El diseño consta de un programa en lenguaje “Ladder” que, con la implementación de sensores, otorga la frecuencia necesaria para abrir la compuerta de la tolva de rechazo para así poder descargar todo el material a un elevador, y este reincorporará el material al molino para proceder con el proceso de molienda. Así mismo, se diseñó un interfaz que aparte de permitir monitorear el proceso en tiempo real mediante gráficas y alarmas, permite también simular los valores de los sensores.

Se detalla además el grupo de arranque, secuencia de arranque, dimensionamiento de equipos de control y la elaboración de planos P & ID.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO I
MARCO METODOLÓGICO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1. Planteamiento del Problema

1.1. Identificación del Problema

La planta cementera cuenta con 02 molinos verticales de carbón operativos (Molino Atox y Molino Raymond), estos molinos están conformados por dos rodillos primarios y dos secundarios, los rodillos primarios aplanan en una mesa giratoria el carbón enviado desde las tolvas de almacenamiento de carbón, mientras que los rodillos secundarios muelen el carbón encima de la misma mesa; este carbón procesado es absorbido por el clasificador, el material que no cumple con las dimensiones especificas (ingresadas por el operador de sala de control) es regresado a la mesa del molino a seguir con el proceso de molienda.

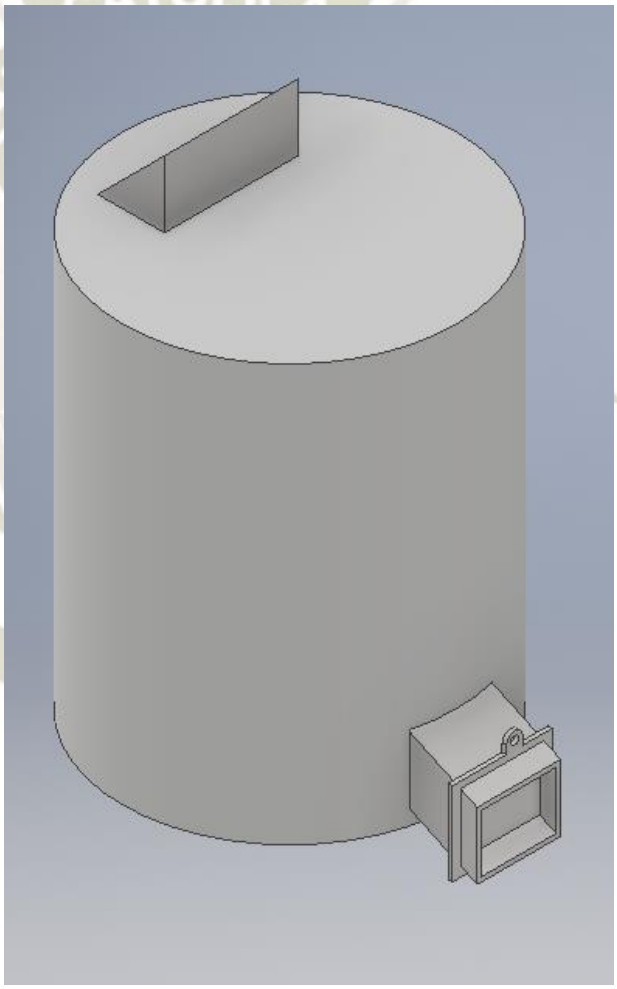


Figura 1. Descarga de Carbón
Fuente: Elaboración Propia, Estructura Similar en Planta Cementera, Autodesk Inventor

Dado que la mesa giratoria se encuentra siempre en movimiento, el material que no logra ser molido, ni absorbido por el clasificador, cae hacia el fondo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

del molino y llega a una tolva de rechazo, dicho material no tiene un proceso automatizado de reingreso al molino.

1.2. Descripción del Problema

El principal problema en la empresa cementera es que los operadores de campo tienen que descargar manualmente el material rechazado del molino de carbón, abriendo la compuerta de la tolva, con ayuda de barras y palas llenan el material en bolsas “big bag” (capacidad, 1000 kg).

Una vez llenadas estas bolsas deben ser trasladadas mediante montacargas a las canchas de acopio, que se encuentran ubicadas a más de 1000 metros del molino de carbón.

Esto obliga al operador de campo a estar en constante supervisión de la tolva de rechazo, para así evitar que al momento de descargar el material a las bolas “big bag” este supere la capacidad de la misma

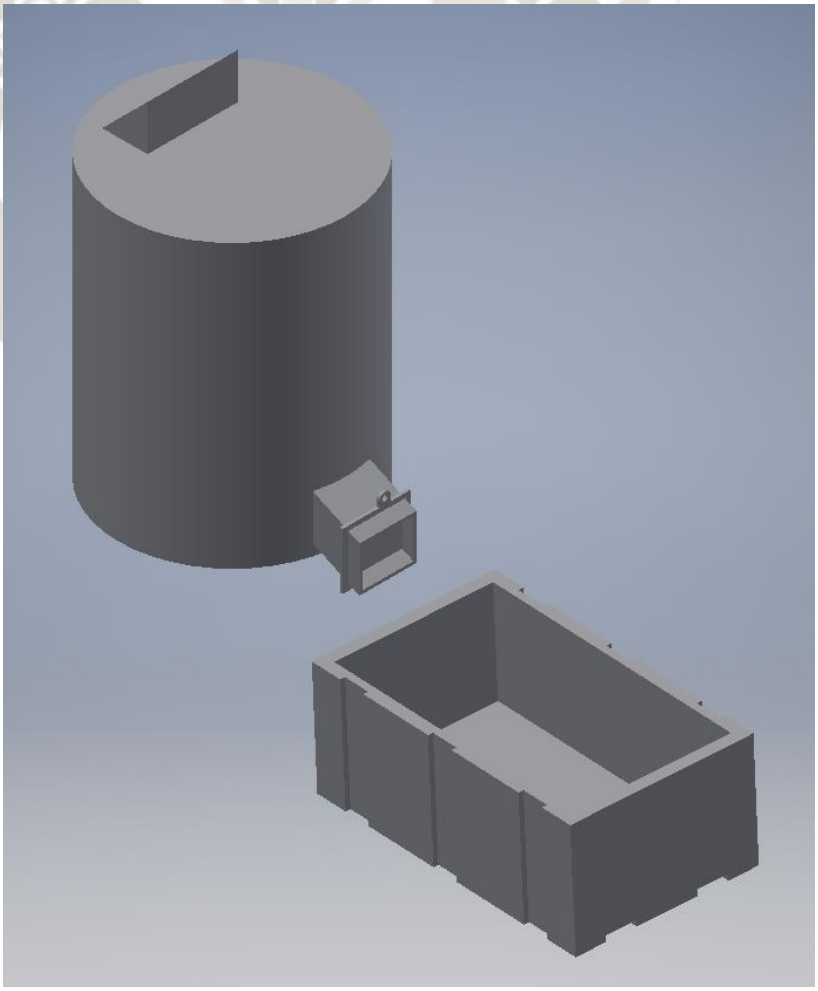


Figura 2. Recipiente de Desecho actual
Fuente: Elaboración Propia, Estructura Similar en Planta Cementera, Autodesk Inventor

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.3. Justificación del Problema

Actualmente toma mucho tiempo el proceso manual de retiro de carbón rechazado de la tolva debajo del molino, por lo que con el diseño del sistema automatizado de reingreso de material rechazado en una molienda de carbón optimizará a gran escala el consumo energético, costo y trabajo humano y la continuidad en la producción.

Además, se podrá realizar el seguimiento de los parámetros del sistema en tiempo real mediante un sistema SCADA, los valores de los diferentes parámetros serán guardados en una base de datos.

1.3.1. Alcances y Limitaciones

Se trabajó en 2 etapas, Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalle:

- La Ingeniería Básica abarcó principalmente de la recopilación de información previa al proyecto, requerimientos del proyecto y especificaciones básicas, se detallan los tipos de sensores y actuadores, así como cantidades necesarias para su posterior direccionamiento.
- En la Ingeniería de Detalle, se realizó el estudio de elección de sensores y actuadores, planos de conexionados y planos de instrumentación, así como la programación en PLC y el sistema SCADA.

1.4. Antecedentes

- **MARTÍNEZ HUAIRA, ÁLVARO ALONSO (2017) :** En su Memoria Profesional titulada "DESARROLLO DE INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE EN INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN MOLINO VERTICAL DE CEMENTOS" describe la diferencia entre el proceso de molienda de cemento en molinos de bolas (horizontales) y molinos verticales, muestra además la ingeniería básica y de detalle con respecto al molino vertical incluyendo dimensionamiento de instrumentación y fuerza. (Martínez, 2017)

- **QUISPE PAREDES, ESMELIN ISMAEL (2018):** En su tesis investigativa "DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SCADA PARA UNA PLANTA DE CAL EN RSVIEW32, APLICANDO UNA RED INDUSTRIAL ETHERNET TCP/IP" realiza la programación en lenguaje Ladder para monitorear y controlar el proceso de transporte Neumático de Cal, usando un controlador PID, resalta la creación de un sistema SCADA para monitorear todo el proceso. (Quispe, 2018)

- **HINOJOSA QUISPE, JOEL HARRY (2017):** En su tesis titulada "DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MOLINO DE BOLAS HORIZONTAL DE 15[TN/HR] APLICADO A UNA PLANTA CONCENTRADORA MEDIANTE EL USO DE SOFTWARE CAD

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ESPECIALIZADO" muestra el proceso de diseño de un molino de bolas, mostrando el cálculo de diámetro y longitud, todo el diseño trabajado en el software Autodesk Inventor. (Hinojosa, 2017)

- **REAL HOJAS, JUAN AUGUSTO (2006):** En su tesis titulada "DISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL PROCESO DE MOLIENDA DE CARBÓN MINERAL PARA SER USADO COMO COMBUSTIBLE INDUSTRIAL" desarrolla el proceso de molienda de carbón, donde describe el tipo de carbón a utilizar, el molino seleccionado, el sistema de alimentación y procesos secundarios como sistema de deshidratación y colección de polvo, así como el diseño de las tolvas de almacenamiento. Al finalizar brinda los requerimientos ambientales y medidas de control para el carbón. (Real, 2006)

- **SUAREZ CASTRILLÓN, ALBERT MIYER – OSORIO CONTRERAS. GABRIEL EDUARDO – SUAREZ CASTRILLÓN, ALEXCI (2014):** En su artículo titulado "DISEÑO DE UNA LÍNEA DE MOLIENDA DE CARBÓN MINERAL COMO ALTERNATIVA DE COMBUSTIBLE" presenta el diseño de una línea dedicada a la pulverización de carbón para alimentar a quemadores de hornos, en este paso para cerámica. La línea incluye tolva de carga, cajón alimentador, cintas transportadoras, molino de martillos, elevador de cangilones y silo de almacenamiento que alimentará a los hornos de cerámica. Los resultados son favorables por la reducción del consumo eléctrico y la reducción de gases peligrosos. (Suarez, Osorio, & Suarez, 2014)

- **CERVANTES GARCÍA, JAIRO HERNANDO (2010):** En su tesis titulada "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA DOSIFICACIÓN DE MINERAL DE HIERRO EN EL MOLINO DE CRUDO EN LA SECCIÓN DE MATERIAS PRIMAS DE CEMEX COLOMBIA S.A. PLANTA LOS PATIOS NORTE DE SANTANDER" aporta un sistema de control automático de dosificación de materia prima para la mejorar la mezcla de componentes para la obtención del producto, además permite visualizar en tiempo real desde sala de control el proceso de dosificación. (Cervantes, 2010)

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema que permita el reingreso de material rechazado de un molino de carbón mediante un elevador para reducir el trabajo del operador de campo, ayudando con el control ambiental y el ahorro de energía.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar la ingeniería básica y de detalle del proyecto.
- Realizar el estudio necesario para le elección y cantidad de sensores y actuadores.
- Realizar la programación del control difuso en PLC.
- Realizar un sistema SCADA del proceso.
- Realizar planos de instrumentación y conexionado.
- Realizar un estudio de ahorro de energía y control ambiental.
- Validar la propuesta a través de un prototipo a pequeña escala.

1.6. Hipótesis

Dado a la poca capacidad que el “big bag” tiene, el operador de campo tiene que estar atento a la tolva de rechazo, en caso supere la capacidad del “big bag” el trabajo se multiplica (implica recoger el carbón del suelo con la ayuda de palas y carretillas), es posible que con el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle, y la elección de sensores y actuadores, se pueda diseñar un sistema automatizado de reingreso de material rechazado al molino de carbón que permita ser controlado desde sala de control y validado con planos de instrumentación y conexionado, esto para reducir la tarea del operador de campo en el área y dé prioridad a otros trabajos, es posible que esto se sume el ahorro del uso del montacarga y energía eléctrica, además de apoyar al control ambiental

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO II
MARCO CONCEPTUAL

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2. Marco Teórico

2.1. Proceso de Molienda de Carbón

El carbón mineral es el combustible fósil más abundante en el mundo, debido a esto se toma como principal fuente de energía para los quemadores del horno y calcinador para la combustión del Clinker, veamos a continuación los tipos y las principales características de carbón usado en la planta cementera:

Tabla 1. Características de Diferentes Tipos de Carbón
Fuente: Elaboración Propia

Clase de Carbón	Color	Densidad (Kg/m^3)	Poder Calorífico (KJ/kg)
Antracita	Negro Brillante	800 – 930	34000
Bituminoso	Negro	670 – 910	3000 – 36000
Coque de Petróleo / Pet Coke	Negro	680 – 760	33472



Figura 3. Carbón Antracita
Fuente: https://geologiaweb.com/rocas-metamorficas/antracita/



Figura 4. Carbón Bituminoso
Fuente: https://geologiaweb.com/rocas-sedimentarias/tipos-carbon/

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La principal función del molino de carbón es reducir el tamaño del carbón grueso almacenado en las canchas de acopio, a un estado simular al polvo llamado "Carbón Fino", luego pasa por un sistema de filtrado, este carbón fino es almacenado en silos para posteriormente ser enviadas a los quemadores del horno y calcinador para la combustión del Clinker, material indispensable para la elaboración del cemento

El proceso de molienda de carbón incluye:

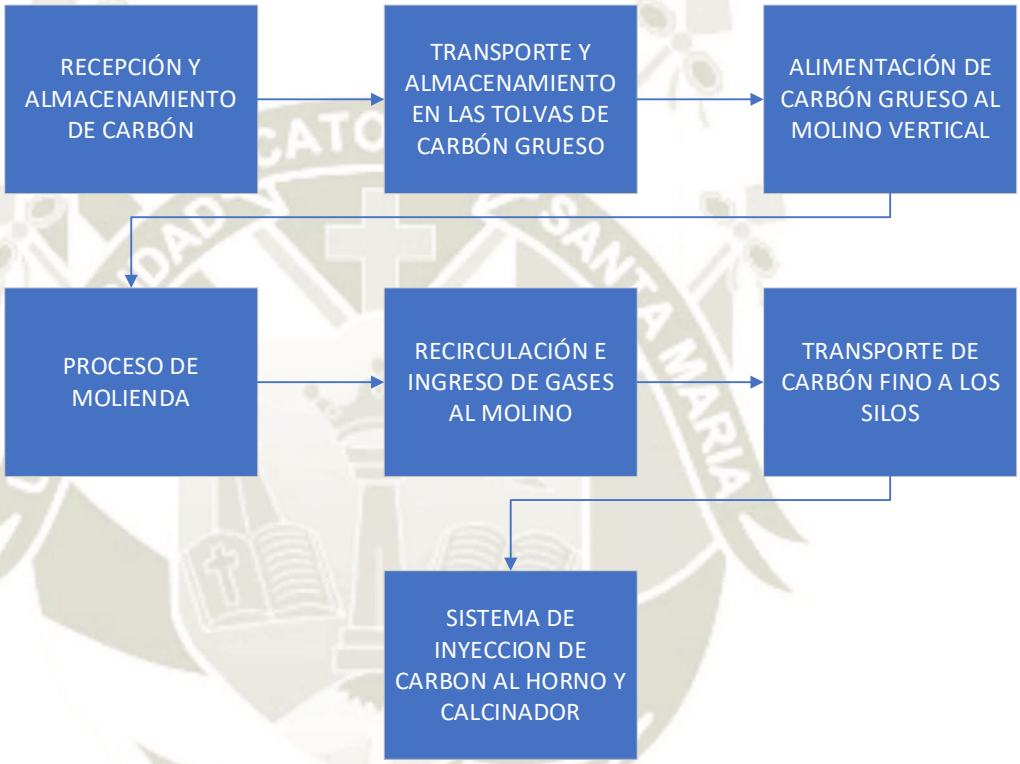


Figura 5. Proceso de Molienda de Carbón
Fuente: Elaboración Propia, adaptado de proceso de molienda de carbón en planta cementera

2.2. Molino Raymond de Rodillos Comprimidos

Este molino consiste en un anillo de molienda sujeto a una solera rotatoria. Los rodillos de molienda están comprimidos por la presión que crean los muelles sobre el anillo de molienda. La velocidad tangencial de la solera de molienda es de 5.3 a 6.5 m/s. (Duda, 1977, pág. 135)

El molino Raymond trabaja conjuntamente con un separador por aire, regulable desde el exterior, que permite variaciones de 20-30% en la finura del producto final, es decir, variaciones del 35% hasta el 90% de paso por el tamiz. La fijación de la finura que se pretende obtener puede realizarse en pleno funcionamiento. (Duda, 1977, pág. 135).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

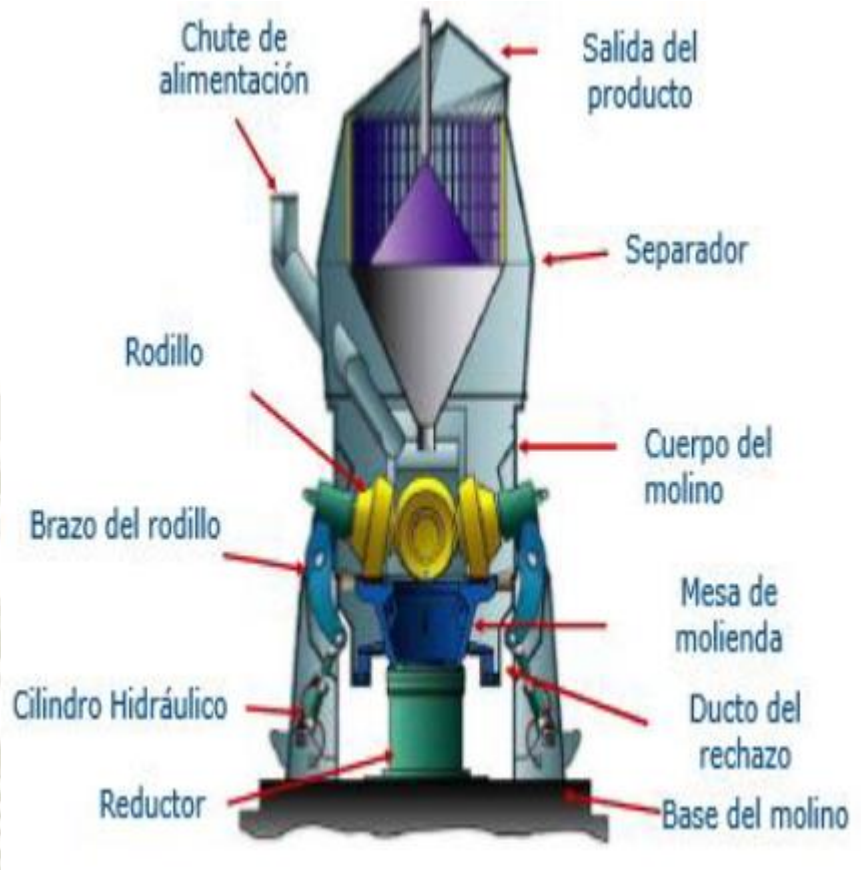


Figura 6. Molino de Carbón Raymond
Fuente: Procesos Línea 3, Yura S.A. (2018)

2.3. Elevador de Cangilones

Los elevadores son aquellos dispositivos transportadores que desplazan material en dirección vertical o próxima a la vertical. Los elevadores verticales son sencillos por su construcción y no necesitan una envoltura de forma compleja o dispositivos de apoyo especiales para el ramal libre, lo cual es indispensable en los elevadores inclinados. (Miravete, Larrodé, Castejón, Cuartero, pág. 465, 1998)

Como órgano de tracción de los elevadores se utilizan cadenas o bandas transportadoras. La elección del tipo de órgano de tracción se condiciona por la característica del elevador y de la carga. Así pues, para trasportar materiales fácilmente movedizos se emplea la banda transportadora que admite mayores velocidades de desplazamiento (hasta 2,5 m/s). las bandas presentan un revestimiento de caucho anti abrasivo, ignifugo, apropiado para productos grasos, la carcasa está formada por lonas de tejido cruzado de nylon no desgarrable, siendo el número de lonas y la calidad de las mismas funciones de las necesidades. Para grandes tensiones se utilizan bandas con carcasa de tejido metálico. (Miravete, Larrodé, Castejón, Cuartero, pág. 465, 1998)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para una gran altura de elevación y cargas de tamaño elevado o alta temperatura, se utiliza cadena. La velocidad de movimiento, siendo el órgano de tracción de cadena, es menor o igual a 1.25 m/s. las cadenas están formadas por eslabones de rodillos, calibradas según DIN, o por mallas forjadas, construidas a partir de aceros especiales aleados, templadas o cementadas, seleccionadas convenientemente de acuerdo con el material, tipo de elevador y dureza de servicio. (Miravete, Larrodé, Castejón, Cuartero, pág. 465, 1998)

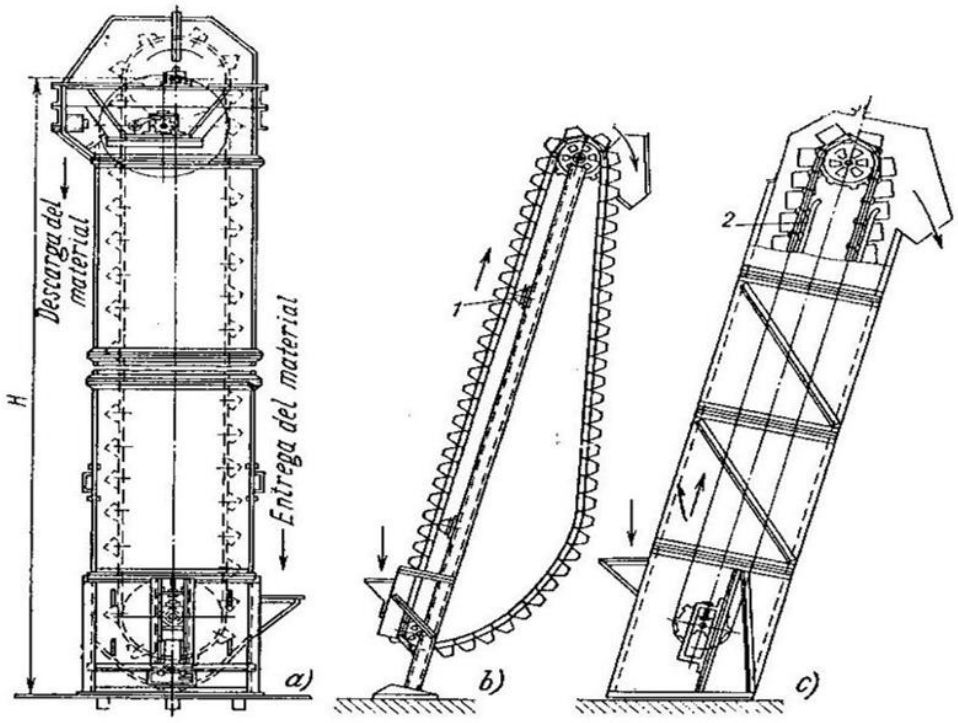


Figura 7. Elevadores de Cangilones
a) Vertical, b) y c) Inclinados
Fuente: Los Transportes en la Ingeniería Industrial (1998)

2.3.1. Componentes de un Elevador de Cangilones

2.3.1.1. Órgano Tractor

Como órgano de tracción de los elevadores puede servir una cadena o una banda transportadora. Este será el encargado de transmitir el movimiento proporcionado por el tambor de accionamiento y sobre la cual van montados los cangilones. (González, pág. 11, 2010)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

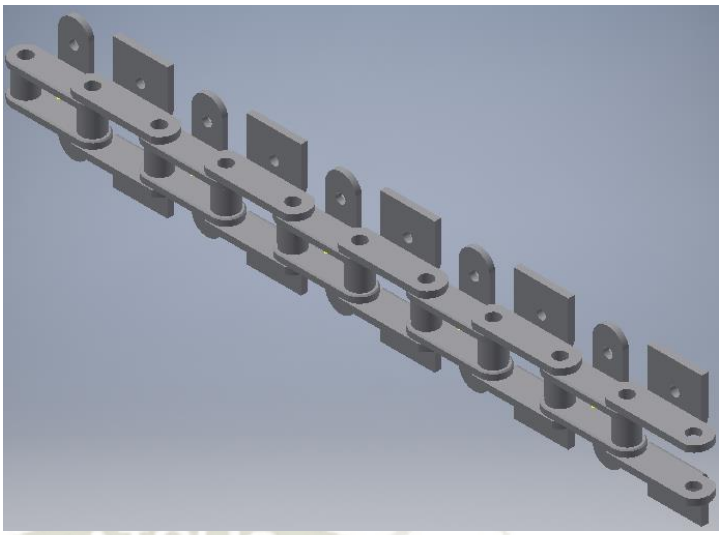


Figura 8. Cadenas de Elevador de Cangilones
Fuente: Elaboración Propia, Autodesk Inventor

2.3.1.2. Cangilón

El desplazamiento de la carga a granel se efectúa con los cangilones, su tamaño y perfil están normalizados según DIN, existen varios diseños y perfiles dependiendo de la naturaleza del producto y a la carga a transportar. (González, pág. 12, 2010)

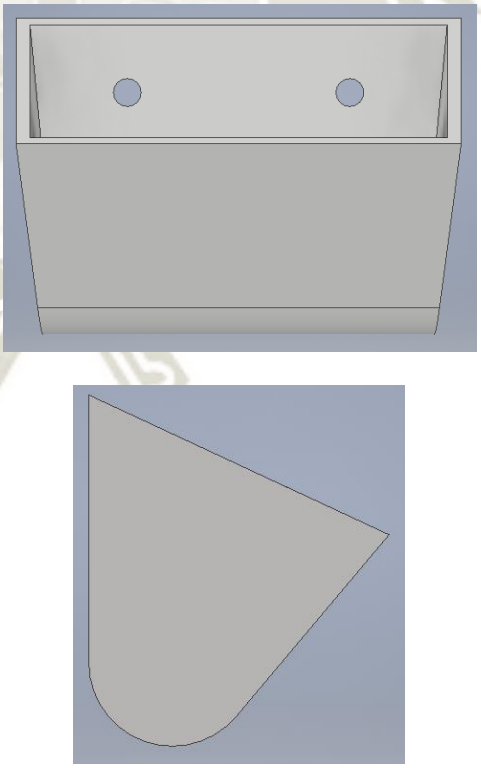


Figura 9. Cangilones de Elevador
Fuente: Elaboración Propia, Autodesk Inventor

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.3.1.3. Cabeza:

Es el elemento situado en la parte superior del elevador, tiene por objetivo soportar el peso del motor, el tambor de accionamiento y la transmisión. La descarga de material se realiza en la cabeza. (González, pág. 13, 2010)

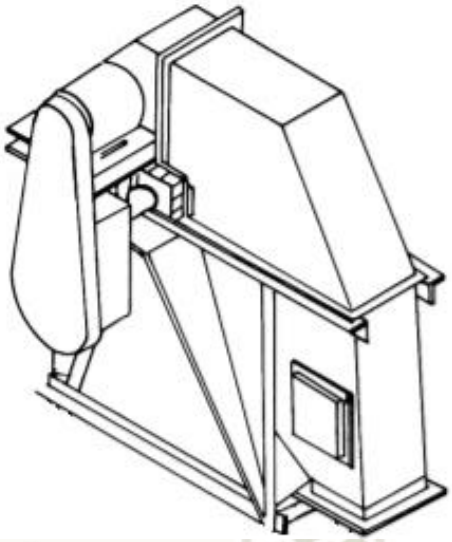


Figura 10. Cabeza del Elevador
Fuente: Catalogo Productos Martin Sprocket & Gear Inc, (2013)

2.3.1.4. Bota

Es el elemento situado en la parte inferior del elevador, está fabricado con chapas de acero y en forma de caja. La carga del material se realiza en la bota a través de la tolva de carga que puede estar situada en la parte superior, inferior o en ambas partes de la bota. (Gonzales, pág. 15, 2010)

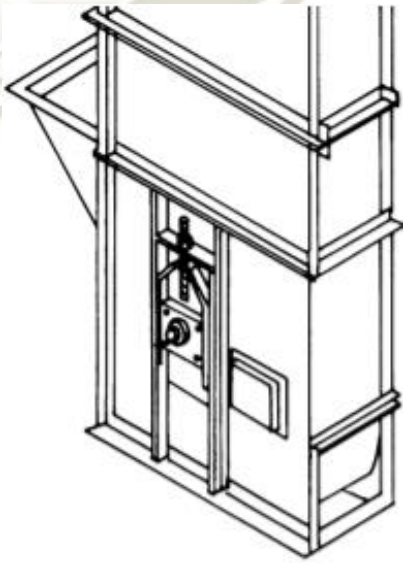


Figura 11. Bota del Elevador
Fuente: Catalogo Productos Martin Sprocket & Gear Inc, (2013)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.3.1.5. Caja:

La caja o envoltura, está formada por estructuras metálicas intermedias que tienen como función proteger los elementos que forman el elevador de cangilones (órgano tractor, cangilones, etc.) así como de dar rigidez a todo el conjunto. (Gonzales, pág. 17, 2010)

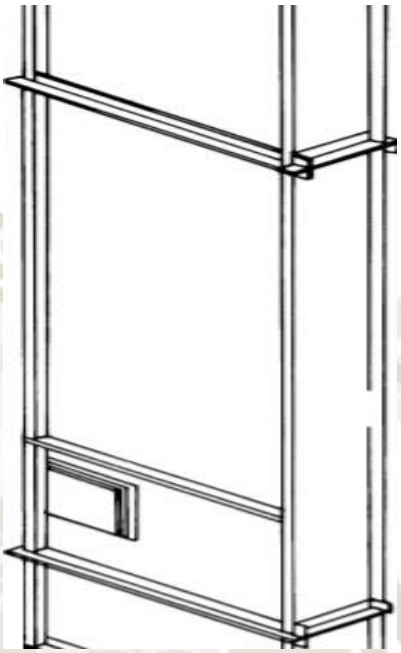


Figura 12. Caja o Envoltura del Elevador
Fuente: Catalogo Productos Martin Sprocket & Gear Inc, (2013)

2.3.1.6. Unidad de Accionamiento

Encargada de accionar y proporcionar movimiento al elevador, se encuentra localizada en la parte superior del elevador, está constituida por un motor y un reductor que puede estar ligado directamente al eje del tambor de accionamiento o a través de un acoplamiento. (Gonzales, pág. 18, 2010)

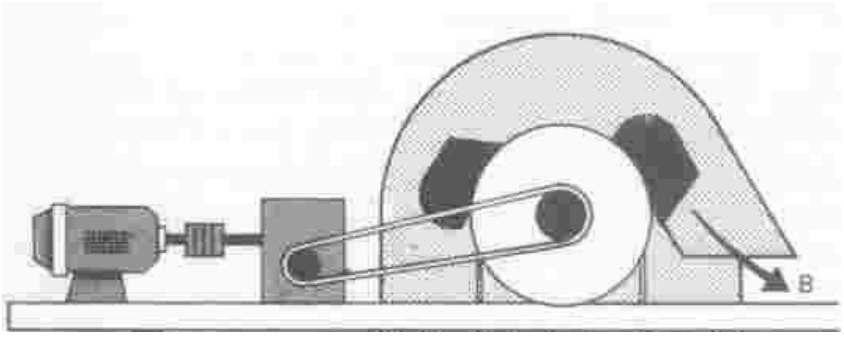


Figura 13. Unidad de Accionamiento o Motor del Elevador
Fuente: Máquinas, Cables y Grúas Empleadas en la Construcción (2017)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En la siguiente figura se ven cada una de los componentes del Elevador de Cangilones:

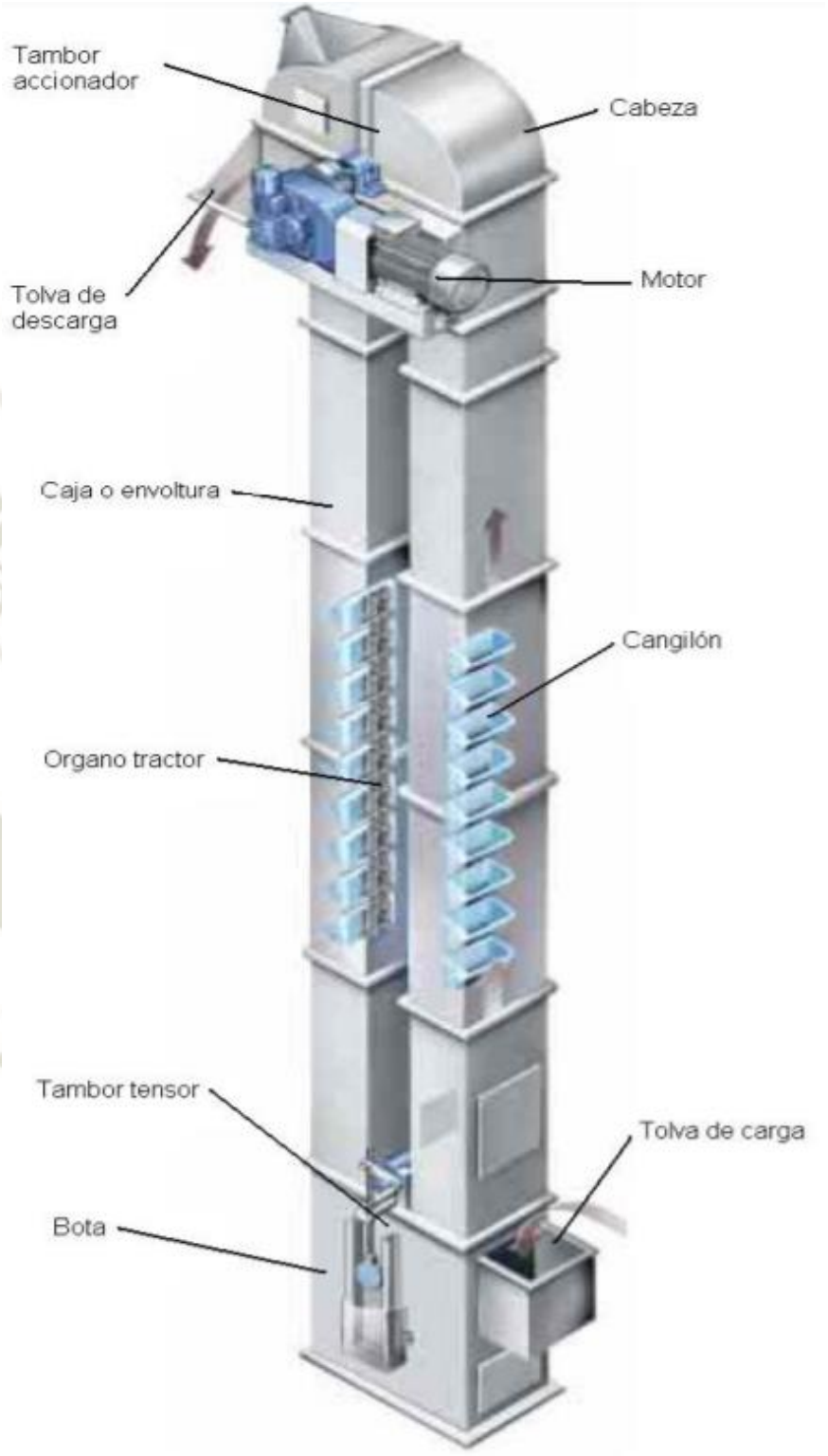


Figura 14. Componentes de un Elevador de Cangilones
Fuente: Interacción de ANSYS con entornos de ventanas a medida. Aplicación al campo de la Ingeniería Mecánica (2010)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.3.2. Clasificación según el tipo de descarga Elevadores de Cangilones

2.3.2.1. Elevadores de Descarga Centrifuga

Pueden manejar materiales que fluyen libremente con tamaño de partículas de pequeñas a medianas. La alimentación estándar dirige el material a los cangilones y la placa curva del fondo reduce la acción de excavado. La velocidad del elevador es suficiente para descarga el material por fuerza centrífuga. (Martin Sprocket & Gear, pág. H-124, 2013)

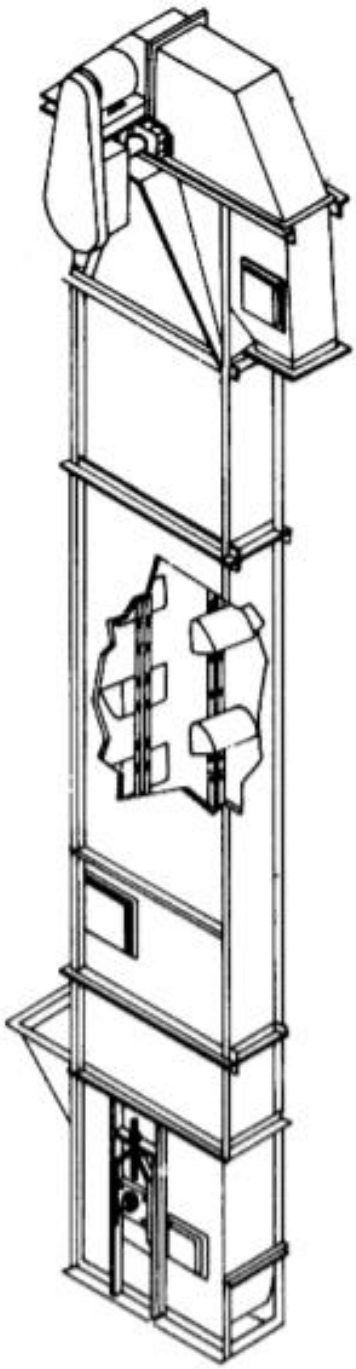


Figura 15. Elevador de Cangilones de Descarga Centrifuga
Fuente: Catalogo Productos Martin Sprocket & Gear Inc, (2013)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.3.2.2. Elevadores de Descarga Continua

Pueden manejar materiales que fluyen libremente, o que fluyen lentamente y abrasivos. Los cangilones se instalan uno pegado al otro y se fabrican con las caras laterales extendidas para formar un conducto y dirigir el material hacia el cangilón. La configuración del cangilón permite que la descarga sea por gravedad ya que el material resbala sobre la parte trasera del cangilón precedente. (Martin Sprocket & Gear, pág. H-124, 2013)

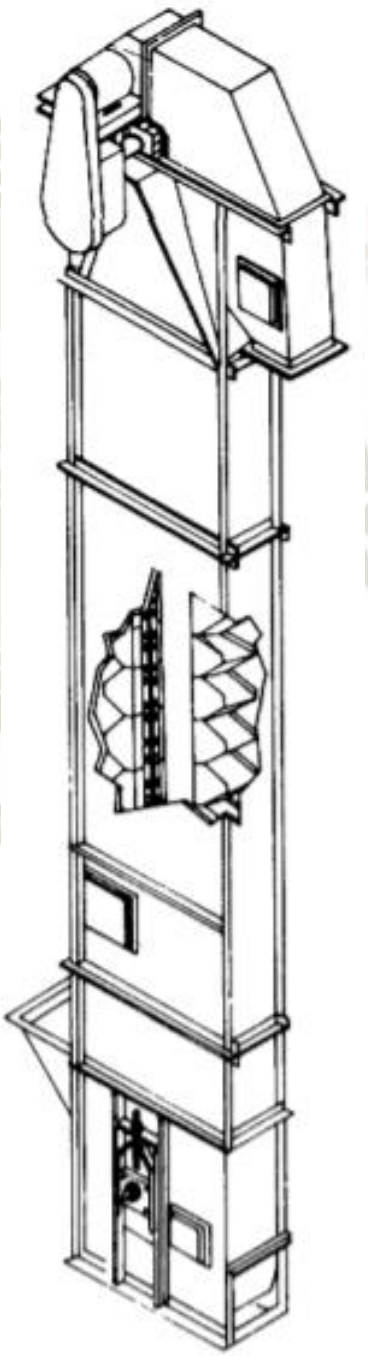


Figura 16. Elevador de Cangilones de Descarga Continua
Fuente: Catalogo Productos Martin Sprocket & Gear Inc, (2013)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.4. Tolva de Almacenamiento

Las tolvas de almacenamiento están diseñadas para almacenar distintos tipos de materiales como puzolana, yeso, etc. Estas tolvas tienen forma cilíndrica y actualmente son de metal, la zona de descarga cuenta con una compuerta tipo cuchilla y es de forma cónica, para que la propia descarga sea por gravedad.

2.4.1. Tipos de Tolvas

2.4.1.1. Tolva de Gruesos:

Las tolvas de gruesos son depósitos que sirven para almacenar el mineral bruto que viene de la cantera, y así alimentar a las chancadoras en forma regular. (Choque, pág. 10, 2016)

Las tolvas de gruesos tienen una capacidad que dependen principalmente de las características del mineral (humedad y granulometría). Estas contienen parrillas en la parte superior las cuales sirven para impedir el paso de mineral grande dentro de la tolva, a fin de evitar problemas en el alimentador en la faja transportadora y/o en la chancadora primaria. (Choque, pág. 10, 2016).

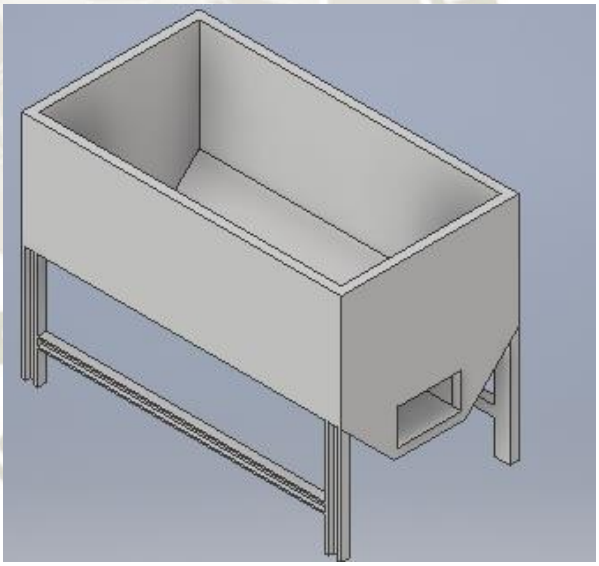


Figura 17. Tolva de Almacenamiento de Gruesos
Fuente: Elaboración Propia, Autodesk Inventor

2.4.1.2. Tolva de Finos:

Las tolvas de finos son depósitos que sirven para almacenar el material fino, ya chancado y abastecer a otro proceso en una forma regular. (Choque, pág. 10, 2016)

Las tolvas de finos usualmente usan la descarga por gravedad, es recomendado para alimentar procesos de manera constante.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

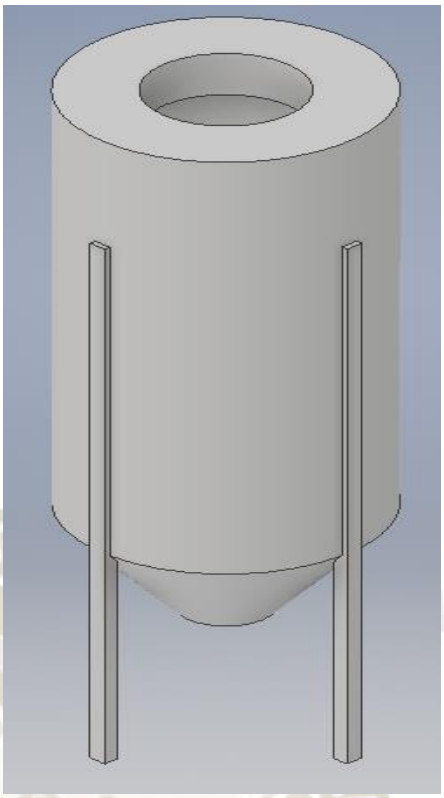


Figura 18. Tolva de Almacenamiento de Finos
Fuente: Elaboración Propia, fotografía tomada en zona de tolvas en empresa cementera

2.5. Lógica Difusa

La lógica difusa es un conjunto de principios matemáticos basados en grados de membresía o pertenencia, cuya función es modelar información. Este modelado se hace con base en reglas lingüísticas que aproximan una función mediante la relación de entradas y salidas del sistema (composición). Esta lógica presenta rangos de membresía dentro de un intervalo entre 0 y 1, a diferencia de la lógica convencional, en la que el rango se limita a dos valores: el cero o el uno. (Cruz, pág. 33, 2010)

Mediante el uso de lógica difusa se puede representar la forma de la lógica humana, por ejemplo, en afirmaciones como “el día es caluroso”, “el automóvil va muy rápido”, etc. En el primero caso, se sabe que hay alta temperatura, pero no se sabe a qué temperatura exactamente nos estamos refiriendo; en el segundo caso, se dice que “el automóvil va rápido”, sin embargo, nunca se podrá especificar su velocidad. (Cruz, pág. 33, 2010)

¿Por qué usar un sistema difuso? Si se requiere automatizar un proceso que controla un trabajador, el sistema difuso tendrá la tarea de emular a dicho trabajador. Además, si se toma en cuenta que el trabajador hace juicios con base en su criterio y experiencia, y que estos juicios y decisiones se realizan en forma lingüística (como “alto”, “lento”, etc.), se puede notar que un sistema

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

convencional no maneja este tipo de entradas, mientras que el sistema difuso sí lo hace. (Cruz, pág. 33, 2010)

Otra ventaja del sistema de control basado en lógica difusa es que no es necesario conocer un modelo matemático del sistema real, pues se puede ver como una caja negra a la cual se le proporcionan entradas, y a través del sistema esta planta generará la salida deseada. En el control convencional si es necesario conocer la planta del sistema. (Cruz, pág. 33, 2010)

Tabla 2. Diferencia entre conjuntos clásicos y difusos
Fuente: Introducción al Razonamiento Aproximado: Lógica Difusa, 2006

Conjuntos Clásicos	**Conjuntos Difusos**
Solo hay dos opciones. El elemento pertenece o no a un conjunto	Los elementos no tienen criterios de membresía precisamente definidos
Blanco o negro	Admite grados de pertenencia
Cero o uno	Gama de grises
Reñidos con la realidad cotidiana y el lenguaje coloquial	Infinitos números entre cero y uno
	Permite formalizar conceptos tales como alto, bajo, frio, rápido
	Los conjuntos difusos permiten representar mejor ciertos tipos de incertidumbre

2.5.1. Conjuntos Difusos

Un conjunto difuso es una clase de objetos con continuos grados de pertenencia. Dicho conjunto se caracteriza por una función de pertenencia que asigna a cada objeto un grado de pertenencia que varía entre cero y uno. (Zadeh, pág. 338, 1965)

Un conjunto difuso se encuentra asociado por un valor lingüístico que está definido por una palabra, etiqueta lingüística o adjetivo. En los conjuntos difusos la función de pertenencia puede tomar valores del intervalo entre 0 y 1, y la transición del valor entre cero y uno es

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

gradual y no cambia de manera instantánea como pasa con los conjuntos clásicos. (Basurto & Sánchez, pág. 6 – A4, 2011)

La siguiente ecuación muestra un conjunto difuso en un universo de discurso:

$$A = \{x, \mu_A(x)) | x \in U\} \quad (1)$$

Donde:

μ_A : función de pertenencia de la variable x
U : Universo de discurso

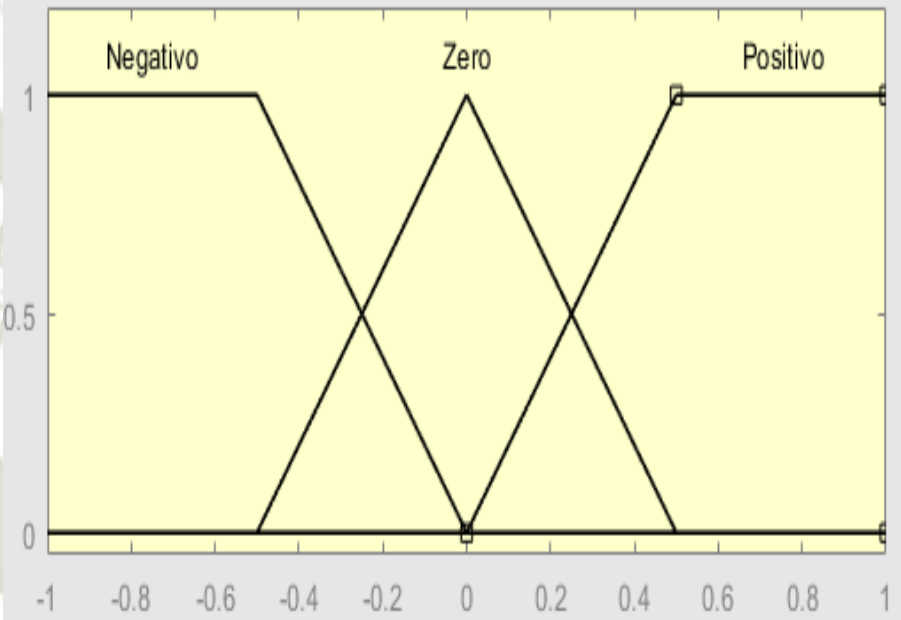


Figura 19. Conjunto Difuso
Fuente: Elaboración Propia, Matlab

En la figura 19 observamos que la función de pertenencia va de 0 a 1, el universo de discurso va de -1 a 1, como valores lingüísticos "Negativo", "Zero" y "Positivo", y como conjuntos difusos [-1, -1, -0.5, 0], [-0.5, 0, 0.5] y [0, 0.5, 1, 1], respectivamente.

2.5.1.1. Operaciones entre conjuntos Difusos

Son 3 las operaciones básicas entre conjuntos difusos: Intersección, Unión y Complemento.

Si se tienen dos conjuntos difusos A y B en el mismo universo X y sus funciones de membresía son $\mu_A(x)$ y $\mu_B(x)$ respectivamente, se definen las siguientes operaciones:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Intersección**

$$\mu_{A\cap B}(x) = min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2)$$

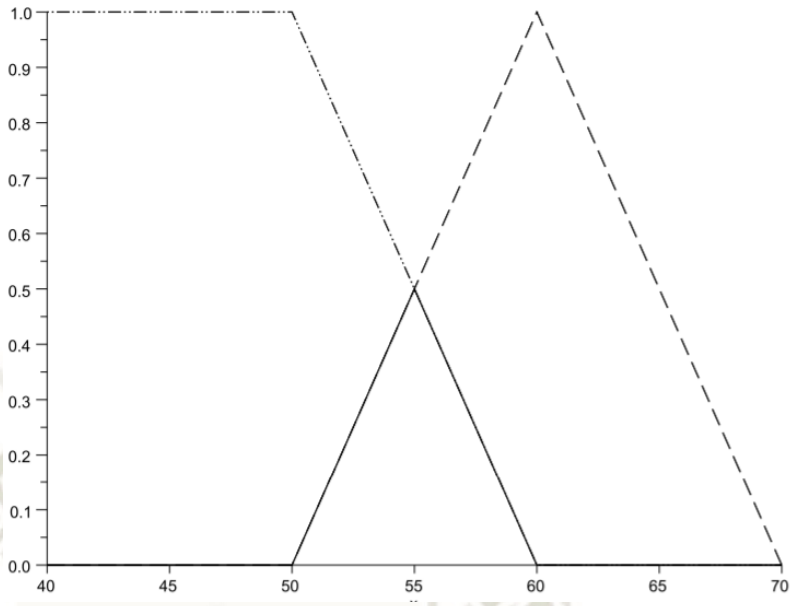


Figura 20. Intersección de Conjuntos Difusos
Fuente: Mathematics of Fuzzy Sets and Fuzzy Logic (2013)

- **Unión**

$$\mu_{A\cup B}(x) = max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (3)$$

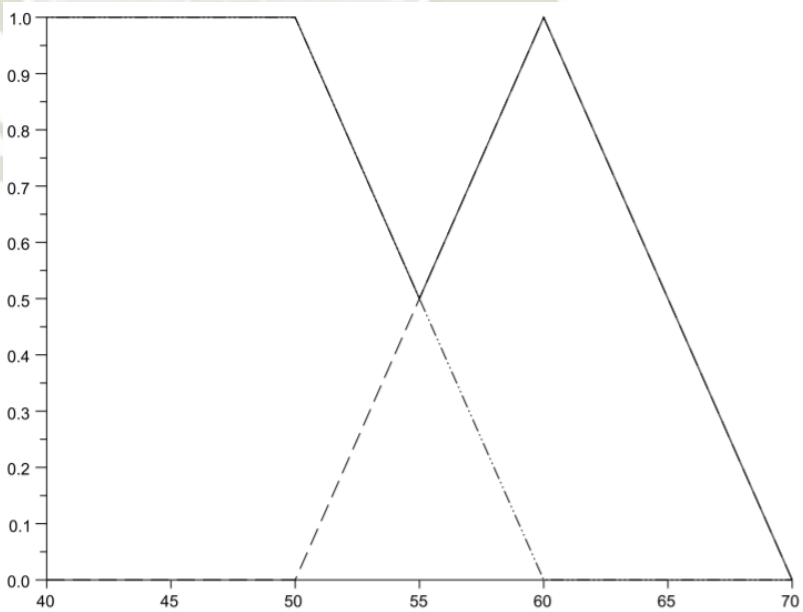


Figura 21. Unión de Conjuntos Difusos
Fuente: Mathematics of Fuzzy Sets and Fuzzy Logic (2013)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Complemento**

$$\mu_{\sim A}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (4)$$

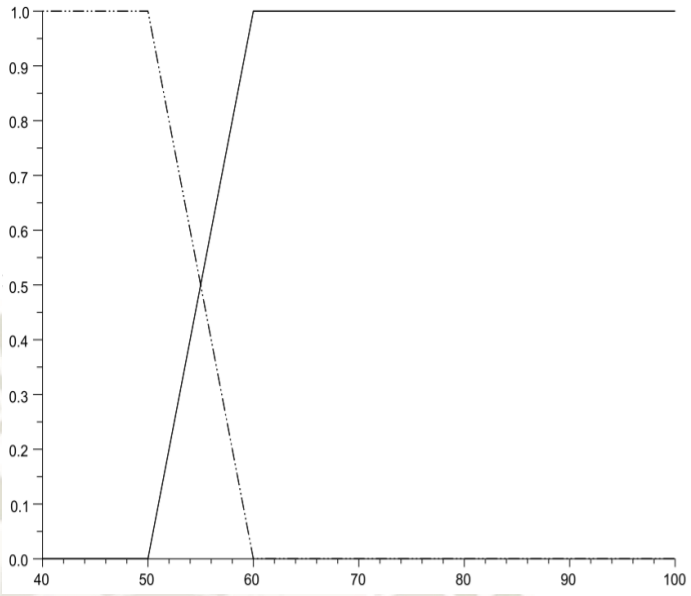


Figura 22. Complemento de un Conjunto Difuso
Fuente: Mathematics of Fuzzy Sets and Fuzzy Logic (2013)

2.5.1.2. Propiedades de las Operaciones entre Conjuntos Difusos

- **Conmutativa**

Para la unión e intersección entre conjuntos difusos, porque no importa el orden:

$$A \cup B = B \cup A \rightarrow max(\mu_A, \mu_B) = max(\mu_B, \mu_A) \quad (5)$$
$$A \cap B = B \cap A \rightarrow min(\mu_A, \mu_B) = min(\mu_B, \mu_A)$$

- **Asociativa**

Para la unión e intersección entre tres conjuntos difusos, porque no importa el orden en que se hacen las uniones e intersecciones:

$$A \cup (B \cup C) \rightarrow max(\mu_A, max(\mu_B, \mu_C)) = max(\mu_A, \mu_B, \mu_C) \quad (6)$$
$$= max(max(\mu_A, \mu_B), \mu_C)$$
$$A \cap (B \cap C) \rightarrow min(\mu_A, max(\mu_B, \mu_C)) = min(\mu_A, \mu_B, \mu_C)$$
$$= min(min(\mu_A, \mu_B), \mu_C)$$

- **Distribución**

Se analiza primero de la unión con respecto a la intersección y después de la intersección con respecto a la unión:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C) \quad (7)$$

$$max(\mu_A, min(\mu_B, \mu_C)) = min\,(max(\mu_A, \mu_B)\,, max(\mu_A, \mu_C))$$

Es validad solo:

Si $\mu_A \geq \mu_B$ y $\mu_A \geq \mu_C$ $\quad \mu_A = \mu_A$

Si $\mu_A \leq \mu_B$ y $\mu_A \leq \mu_C$ $\quad min\,(\mu_A, \mu_C) = min\,(\mu_B, \mu_C)$

Si $\mu_B \geq \mu_A \geq \mu_C$ o $\mu_C \geq \mu_A \geq \mu_B$ $\quad \mu_A = \mu_A$

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C) \quad (8)$$

$$min(\mu_A, max(\mu_B, \mu_C)) = max\,(min(\mu_A, \mu_B)\,, min(\mu_A, \mu_C))$$

Es validad solo:

Si $\mu_A \leq \mu_B$ y $\mu_A \leq \mu_C$ $\quad \mu_A = \mu_A$

Si $\mu_A \geq \mu_B$ y $\mu_A \geq \mu_C$ $\quad max\,(\mu_A, \mu_C) = max\,(\mu_B, \mu_C)$

Si $\mu_B \geq \mu_A \geq \mu_C$ o $\mu_C \geq \mu_A \geq \mu_B$ $\quad \mu_A = \mu_A$

- **Identidad**

La función de membresía de un conjunto vacío es cero, entonces:

$$A \cup \emptyset = A \rightarrow max(\mu_A, 0) = \mu_A \quad (9)$$

El conjunto A se une con el universo, entonces:

$$A \cup X = X \rightarrow max(\mu_A, 1) = 1 \quad (10)$$

La intersección entre un conjunto vacío y un conjunto difuso es:

$$A \cap \emptyset = \emptyset \rightarrow min(\mu_A, 0) = 0 \quad (11)$$

La intersección entre el universo y un conjunto difuso es:

$$A \cup X = A \rightarrow min(\mu_A, 1) = \mu_A \quad (12)$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Transitiva**

  Los números reales son transitivos:

$$\text{Si } A \subseteq B \text{ y } B \subseteq C \text{ entonces } A \subseteq C \tag{13}$$

$$Si\ \mu_A \leq \mu_B\ y\ \mu_B \leq \mu_C\ entonces\ \mu_A \leq \mu_C$$

- **Idempotencia**

  Dos propiedades:

$$A \cup A = A \rightarrow\ max(\mu_A, \mu_A) = \mu_A \tag{14}$$

$$A \cap A = A \rightarrow min(\mu_A, \mu_A) = \mu_A$$

- **Involutiva**

  Se complementan dos veces:

$$\bar{\bar{A}} = A \rightarrow \mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_{\bar{A}} = 1 - (1 - \mu_A) = \mu_A \tag{15}$$

- **Leyes de Morgan**

  El complemento de la unión de dos conjuntos es igual a la intersección de sus complementos:

$$\overline{A \cup B} = \bar{B} \cap \bar{A} \rightarrow 1 - max(\mu_A, \mu_B) = min\ (1 - \mu_A, 1 - \mu_B) \tag{16}$$

$$\begin{aligned} &\text{Si } \mu_A = \mu_B && 1 - \mu_A = 1 - \mu_A \\ &\text{Si } \mu_A > \mu_B && 1 - \mu_A = 1 - \mu_A \\ &\text{Si } \mu_A < \mu_B && 1 - \mu_B = 1 - \mu_B \end{aligned}$$

$$\overline{A \cap B} = \bar{B} \cup \bar{A} \rightarrow 1 - min(\mu_A, \mu_B) = max\ (1 - \mu_A, 1 - \mu_B) \tag{17}$$

$$\begin{aligned} &\text{Si } \mu_A = \mu_B && 1 - \mu_A = 1 - \mu_A \\ &\text{Si } \mu_A > \mu_B && 1 - \mu_B = 1 - \mu_B \\ &\text{Si } \mu_A < \mu_B && 1 - \mu_A = 1 - \mu_A \end{aligned}$$

2.5.2. Variable Lingüística

Una variable lingüística es aquella cuyos valores son palabras o sentencias que van a enmarcarse en un lenguaje predeterminado. Para estas variables lingüísticas se utilizará un nombre y un valor lingüístico sobre un universo de discurso. Además, podrán dar lugar a

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

sentencias generadas por reglas sintácticas, a las que se les podrá dar un significado mediante distintas reglas semánticas. (Basurto & Sánchez, pág. 7 – A4, 2011)

En 1973, el profesor Lofti Zadeh propuso un concepto de variables lingüísticas o difusas. Se piensa en ellas como los objetos lingüísticos o palabras, más que en números. La entrada del sensor es un sustantivo, por ejemplo, "temperatura", "velocidad", "flujo", "presión", etc. Dado que un error es sólo la diferencia de valores, no se puede pensar en él de la misma manera. Las mismas variables lingüísticas son adjetivos que modifican las variables (por ejemplo: error "grande y positivo", error "cero", error "pequeño y negativo" y error "grande y negativo"). Como mínimo, uno podría simplemente tener variables "positivos", "cero" y "negativas" para cada uno de los parámetros. Rangos adicionales como "muy grandes" y "muy pequeñas" podrían también ser agregadas para extender la respuesta a condiciones excepcionales y no lineales, pero no son necesarias en sistemas básicos. (Basurto & Sánchez, pág. 7 – A4, 2011)

El centro de las técnicas de modelado difuso es la idea de variables lingüística. Desde su raíz, una variable lingüística es el nombre de un conjunto difuso. Si se tiene un conjunto difuso llamado "largo" éste es una simple variable lingüística y puede ser empleada como una regla-base en un sistema basado en la longitud de un proyecto en particular. Si la duración- proyecto es larga entonces la terminación de tareas es DECRECIENTE. Una variable lingüística encapsula las propiedades de aproximación o conceptos de imprecisión en un sistema y da una forma de calcular adecuada. Esto reduce la aparente complejidad de describir un sistema que debe concordar con su semántica. Una variable lingüística representa un espacio difuso. (Basurto & Sánchez, pág. 7 – A4, 2011)

2.5.3. Funciones de Pertenencia o Membresía

La función de pertenencia proporciona una medida del grado de similaridad de un elemento de U con el conjunto difuso. La forma de la función de pertenencia utilizada depende del criterio aplicado en la resolución de cada problema y cambia en función del punto de vista del usuario. La única condición que debe cumplir una función de pertenencia es que tome valores entre 0 y 1 con continuidad. Las funciones de pertenencia más comúnmente utilizada por simplicidad matemática y su manejabilidad son: triangular, trapezoidal, singleton. (Basurto & Sánchez, pág. 8 – A4, 2011)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\mu(x)\begin{cases}0 & para\ x \le a\\ \dfrac{x-a}{b-a} & para\ a < x \le b\\ \dfrac{x-b}{c-b} & para\ b < x \le c\\ 0 & para\ x > c\end{cases}$$

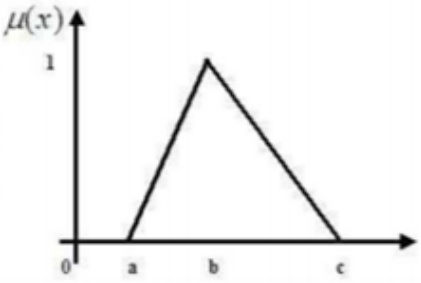


Figura 23. Función Triangular Matemática y Gráficamente
Fuente: Desarrollo e Implementación de un Algoritmo Basado en Lógica Difusa Aplicado a la Solución de Problema del Nesting

$$\mu(x)\begin{cases}0 & para\ x \le a\\ \dfrac{x-a}{b-a} & para\ a < x \le b\\ 1 & para\ b < x \le c\\ \dfrac{x-c}{d-c} & para\ c < x \le d\\ 0 & para\ x > d\end{cases}$$

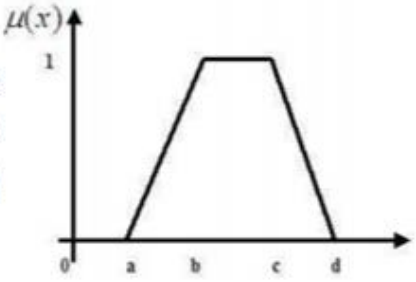


Figura 24. Función Trapezoidal Matemática y Gráficamente
Fuente: Desarrollo e Implementación de un Algoritmo Basado en Lógica Difusa Aplicado a la Solución de Problema del Nesting

$$\mu(x)\begin{cases}0 & para\ x < a\\ m & para\ x = a\\ 0 & para\ x > a\end{cases}$$

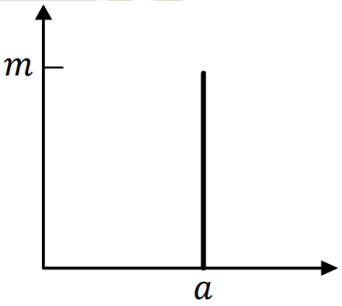


Figura 25 Función Singleton Matemática y Gráficamente
Fuente: Desarrollo e Implementación de un Algoritmo Basado en Lógica Difusa Aplicada a la Solución de Problema del Nesting

2.6. Sistemas de Control Difuso

El controlador difuso es aquel que emplea principios de lógica difusa y permite convertir estrategias lingüísticas, basadas en experiencias, en un sistema de control automático.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

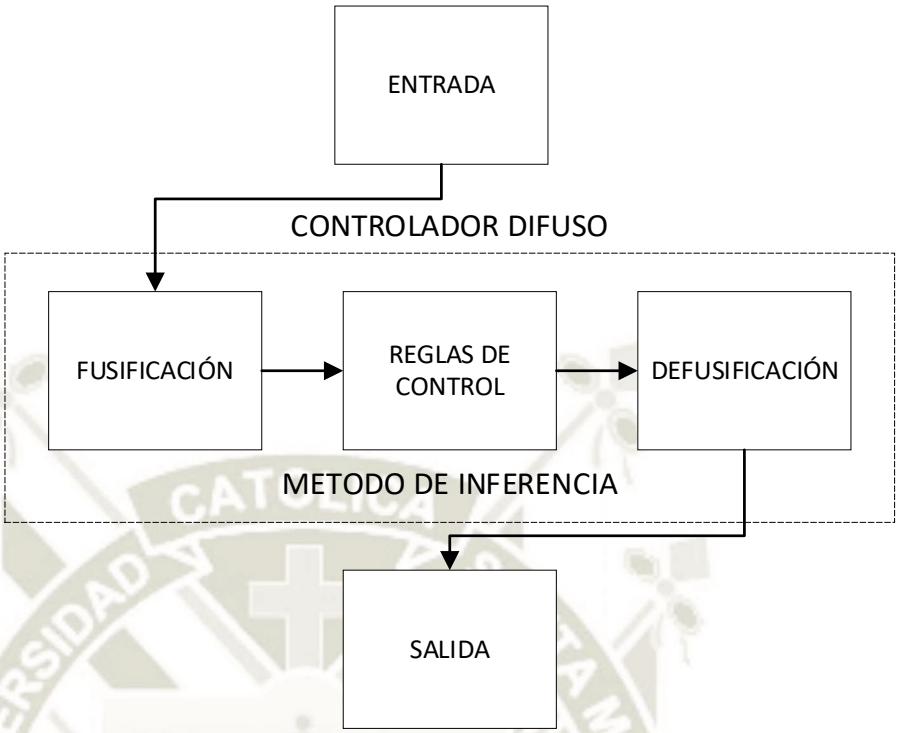


Figura 26. Diagrama de Flujo de un Control Difuso
Fuente: Elaboración Propia, adaptado de controladores difusos genéricos

Expliquemos cada etapa del controlador:

2.6.1. Entrada

Adiciona las señales antes de introducirlas al procesador digital.

2.6.2. Fusificación

Convierte la magnitud de la señal en una cantidad difusa, obteniendo el valor de pertenencia que tiene en cada uno de los valores lingüísticos.

Es el proceso de a asignar valores de membresía o pertenencia a un valor numérico de entrada para cada una de las etiquetas difusas que forman la variable lingüística; por ejemplo, la variable lingüística "Temperatura de la Sala" puede tomar los valores "baja", "semi-baja", "media" y "alta"; para este caso la entrada al fusificador es un valor de temperatura preciso, y la salida estará formada por los valores de verdad de cada una de las etiquetas "baja", "semi-baja", "media" y "alta". (Jiménez, pág. 17, 2007)

2.6.3. Reglas de Control

En las reglas de control, es donde se encuentran las reglas lingüísticas si – entonces, que definen cómo se debe controlar el sistema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Estas se eligen usando los siguientes criterios:

2.6.3.1. Selección de Variables

Las variables de entrada se seleccionan basándose en la experiencia y en conocimientos de ingeniería y el cambio de error (derivada del error). La importancia de usar la variación de error se ilustra con un caso cotidiano, como es el hecho de atravesar una avenida, para lo cual no solo consideramos la distancia entre un auto y la persona que va a cruzar la calle, sino también consideramos muy relevante la rapidez con la que el auto se desplaza (Jiménez, pág. 20, 2007)

2.6.3.2. Tipos de Regla de Control

Encontramos dos:

- **Reglas de Evaluación de estado**

  Tipo de regla más usado, veamos el siguiente ejemplo en el sistema MISO (múltiples entradas, única salida):

  Si x es A_1, …, y y es B_1, entonces z es C_1

  Si x es A_2, …, y y es B_2, entonces z es C_2

  Si x es A_3, …, y y es B_3, entonces z es C_3

  ⋮

  Si x es A_n, …, y y es B_n, entonces z es C_n (18)

- **Reglas de Evaluación de Objeto**

  Este tipo de reglas involucra la evaluación del estado actual, así como el resultado de la acción de control. Se aplica en esquemas de control difuso de tipo predictivo. (Jiménez, pág. 21, 2007)

2.6.4. Método de Inferencia

El método de inferencia, es el algoritmo que seguirá el controlador para inferir la conclusión a partir de las premisas, es decir, a partir de las señales entrantes y las reglas de control. (Chica & Naula, pág. 48, 2019)

A continuación, se muestran cuatro tipos de métodos de inferencia, estos son:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 3. Métodos de inferencia
Fuente: Elaboración Propia

Método de Inferencia	Definición
Inferencia de Mamdani por mínimos	$min(\mu, \mu_w(z)), \forall z$ (2)
Inferencia del producto de Larsen	$\mu \times \mu_w(z), \forall z$ (3)
Inferencia del producto drástico	$\begin{cases} \mu & para\ \mu_w(z) = 1 \\ \mu_w(z) & para\ \mu = 1 \\ 0 & para\ \mu < 1\ y\ \mu_w(z) < 1 \end{cases}$ (4)
Inferencia del producto limitado	$max\ (\mu + \mu_w(z) - 1,0)$ (5)

2.6.5. Defusificación

La etapa de defusificación convierte el conjunto difuso resultante de la inferencia en una cantidad certera para generar la señal de control. El método del centro de áreas es el más usado, por lo que conoceremos más de él.

Se calcula el centro de gravedad de la distribución de las salidas de control difuso para obtener la señal de control, la cual se aplica al sistema a controlar. Para el caso de un universo discreto, la salida defusificada se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$Z_0 = \sum_{j=1}^{n} \frac{\mu_{zz}(W_j) * W_j}{\sum_{j=1}^{n} \mu_z(W_j)} \quad (23)$$

Donde n es el número de niveles de cuantización del universo de salida y μ_z es una función de pertenencia de salida resultante. Este método corta la función de membresía de los respectivos términos lingüísticos, de acuerdo con sus valores de pertenencia, formando áreas nuevas las cuales son sobrepuestas para formar una sola. Balanceando esta área se obtiene el valor preciso de salida. (Jiménez, pág. 24, 2007)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

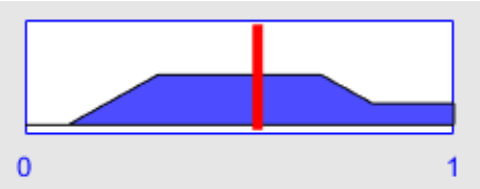


Figura 27. Defusificación Método de Centroide
Fuente: Elaboración Propia, Matlab

2.6.6. Salida

En la salida se genera la señal de control a partir de la cantidad defusificada acondicionándola al actuador.

En el presente proyecto se utilizarán 2 controladores difusos, a continuación, su diagrama de bloques:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

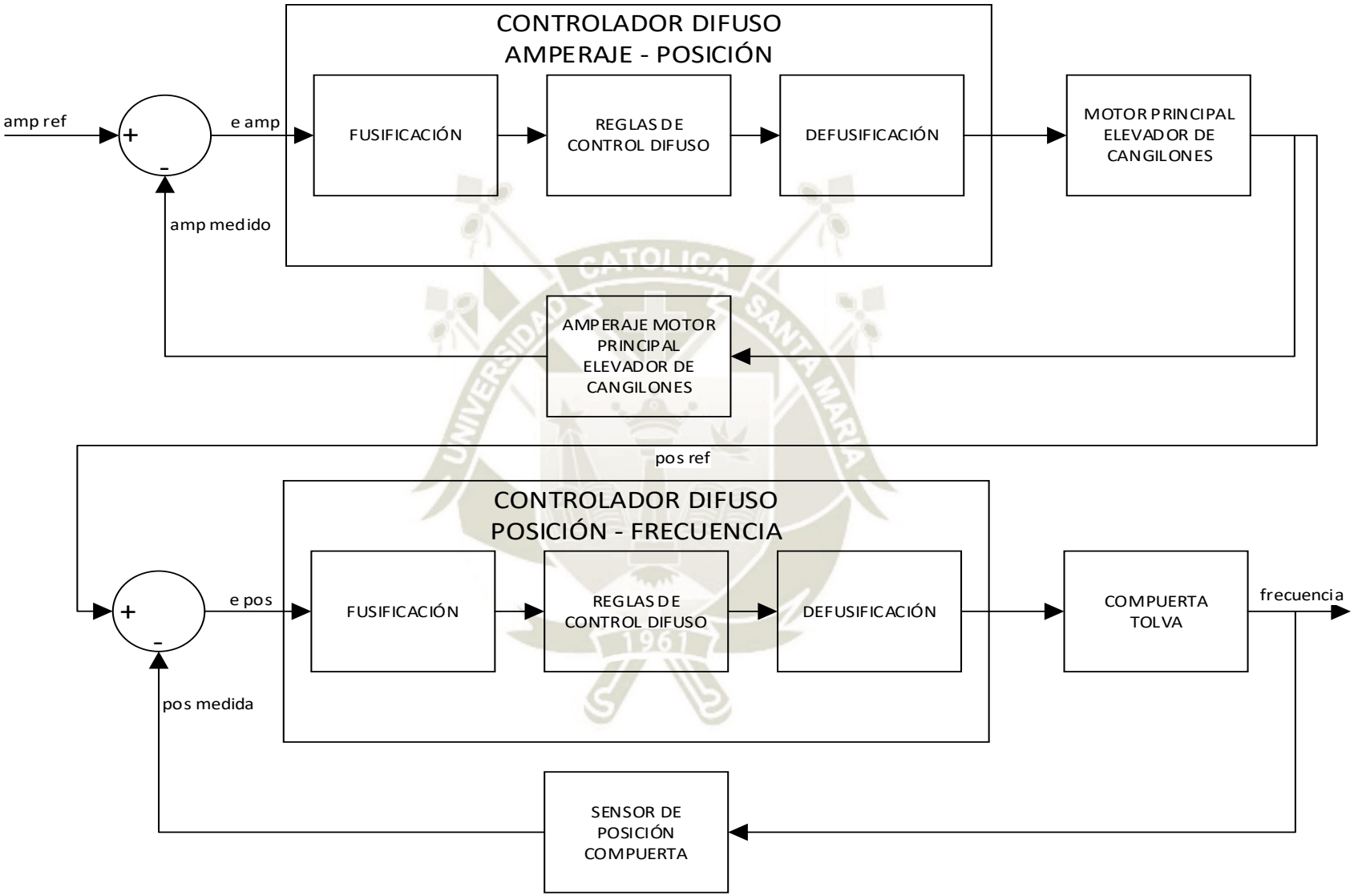


Figura 28. Diagrama de Bloques Propuesto para el Proyecto
Fuente. Elaboración Propia, adaptado de controladores difusos genéricos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO III
INGENIERÍA DEL PROYECTO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3. Desarrollo del Proyecto

Para la estructura de los subprocesos se está considerando una estructura común a todas las plantas cementeras que existen. Además, los volúmenes y tamaños indicados también se ajustan a los tamaños estándares de las plantas cementeras actuales.

3.1. Planificación

Se estableció un orden para el cumplimiento del proyecto, este se muestra a continuación:

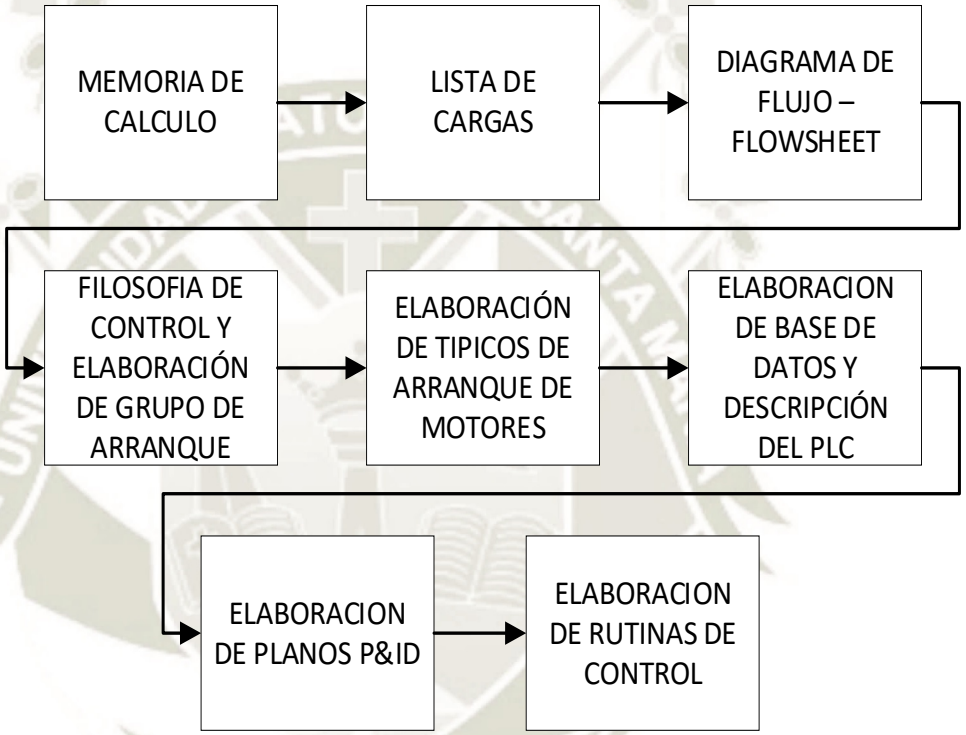


Figura 29. Planificación del Proyecto
Fuente: Elaboración Propia

3.2. Ejecución

3.2.1. Memoria de Cálculo

Se realiza la memoria de cálculo para determinar dimensiones de cada elemento estructural tanto del silo de almacenamiento como del elevador de cangilones.

El catálogo proporcionado por SYMAGA para la tolva de almacenamiento de material rechazado ayudará con el correcto dimensionamiento para el ancho, altura, boca de ingreso, boca de salida con respecto a su capacidad; mientras que, el catálogo proporcionado por MARTIN, nos ayudará a encontrar la mejor opción para el elevador de cangilones, incluyendo tipo de elevador, dimensiones de estructura del mismo, cangilones, cadena, sprocket en

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

cabeza y sprocket en bota, de igual manera a partir de la capacidad a transportar y del material.

Para empezar, tenemos que tener claro la capacidad a transportar por hora, a continuación, se muestra la capacidad en toneladas por hora:

3.2.1.1. Capacidad a Transportar

Por experiencia del personal el campo se verifico que el molino de carbón rechaza un total de 52 toneladas por turno, considerando que en la planta cementera se trabajan en 3 turnos, cada uno de 8 horas, la capacidad a transportar será:

$$Capacidad\ a\ Transportar = Capacidad\ Planta * Días/Horas \quad (24)$$

Entonces:

$$52 * \frac{1\ día}{8\ horas} = 6.5\ Ton/Hora\ o\ 14332.5\ Lb/Hora$$

3.2.1.2. Cálculo de Silos

Para esto es necesario hallar el volumen de almacenamiento, tenemos como datos:

$$Vol.de\ Almacenamiento = Capacidad\ Planta/Densidad \quad (25)$$

- Capacidad de Planta: 52000 Kg
- Densidad de Carbón Antracita: 977.126 Kg/m3 o 61 Lb/Pie3

Usando la ecuación 25, el volumen será:

$$Volumen\ de\ Almacenamiento = \frac{52000\ Kg}{977.126\ Kg/m^3} = 53.22\ m^3$$

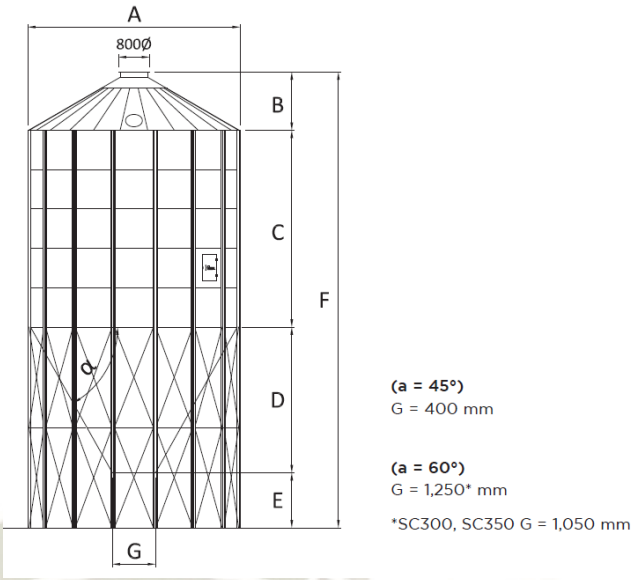
Queda claro que nuestro volumen de almacenamiento requerido es de 53.22 m3, con este volumen elegimos de acuerdo al catálogo de SYMAGA el silo SCO350/04T66, con capacidad máxima de 55 m3.

El mismo catalogo nos propone usar una compuerta tipo cuchilla de 1.5 KW de potencia para la expulsión de material hacia el elevador de cangilones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Código	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)
	3.5	790	4560	2711	1580
SCO350/O4T66	F (mm)	G (mm)	Angulo (°)	Capacidad (m3)	
	9630	1050	66	55	

Figura 30. Dimensiones Silo SCO350/04T66
Fuente: Catalogo Symaga Silos

3.2.1.3. Cálculo de Elevador de Cangilones

La altura desde el nivel del suelo hasta la entrada al molino vertical es de 5 metros, MARTIN recomienda el uso del elevador de Descarga Centrifuga, con cangilones montados en cadena, dado que el carbón antracita es un material de abrasividad media.

Debemos tener en cuenta que:

$$PCH = \frac{Libras\ por\ Hora}{Densidad} \qquad (26)$$

- Densidad de Carbón Antracita: 977.126 Kg/m3 o 61 Lb/Pie3
- Capacidad a Transportar: 6.5 Ton/Hora o 14332 Lb/Hora
- Distancia entre Centros: 5.75 m o 226.2 pulgadas

Entonces, la capacidad a transportar a pies cúbicos por hora será:

$$PCH = \frac{14332\ Lb/Hora}{61\ Lb/Pie^3} = 234.95\ Pie^3/Hora$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Como se comentó inicialmente, para la elección del elevador de cangilones, nos basamos en el catálogo brindado por la empresa MARTIN, en ese sentido el modelo elegido será el C64-102, que nos ofrece los siguientes datos:

Tabla 4. Dimensiones Elevador de Cangilones C64-102
Fuente: Catalogo Productos Martin Sprocket & Gear Inc, 2013

<table>
<tr><td rowspan="3">Número de Elevador</td><td>Capacidad</td><td colspan="4">Cangilones</td></tr>
<tr><td>Máx. P.C.H.
280</td><td>Ancho
6</td><td>Proyección
4</td><td>Profundidad
4 1/4</td><td>Espacio
13</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cadena</td><td colspan="3" rowspan="2">Tamaño Máximo de Partícula</td></tr>
<tr><td>Nro.
C188</td><td>Paso
2.609</td><td>P.P.M.
255</td><td>100%
1/2</td><td>10%
2 1/2</td></tr>
<tr><td rowspan="4">C64-102</td><td colspan="2" rowspan="2">Tamaño Nominal de la Caja</td><td colspan="3">Sprocket en Cabeza</td></tr>
<tr><td>Nro. de Dientes
24</td><td>Diámetro de Paso
20</td><td>RPM
43</td></tr>
<tr><td>Ancho
9 3/4</td><td>Profundidad
35</td><td colspan="3">Sprocket en Bota</td></tr>
<tr><td>Nro. de Dientes
18</td><td colspan="2">Diámetro de Paso
15</td><td colspan="2">Diámetro de Eje
1.5</td></tr>
</table>

Como se observa la capacidad a transportar a pies cúbicos por hora es de 280, entonces cumple y supera el requerimiento del proyecto, tenemos como datos adicionales:

Las dimensiones del elevador de cangilones de descarga centrifuga recomendada por MARTIN son las siguientes:

Tabla 5. Dimensiones de Estructura de Elevador de Cangilones C64-102
Fuente: Catalogo Productos Martin Sprocket & Gear Inc, 2013

<table>
<tr><td colspan="2">NRO. DE ELEVADOR DE CADENA</td><td colspan="2">C64 - 102</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">CUERPO</td><td>A</td><td>9 3/4</td><td rowspan="10">BOTA</td><td>F</td><td>13</td></tr>
<tr><td>B</td><td>35</td><td>G</td><td>9</td></tr>
<tr><td rowspan="9">CABEZA</td><td>R</td><td>29 3/4</td><td>H</td><td>26 1/2</td></tr>
<tr><td>S</td><td>10</td><td>J</td><td>43</td></tr>
<tr><td>T</td><td>28 1/2</td><td>K</td><td>72</td></tr>
<tr><td>U</td><td>42</td><td>L</td><td>17 1/2</td></tr>
<tr><td>V</td><td>19 1/2</td><td>M</td><td>14 1/2</td></tr>
<tr><td>Y</td><td>17 1/2</td><td>N</td><td>13 1/2</td></tr>
<tr><td>Z</td><td>30 1/2</td><td rowspan="2">P</td><td rowspan="2">13</td></tr>
<tr><td>D-1</td><td>13</td></tr>
</table>

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

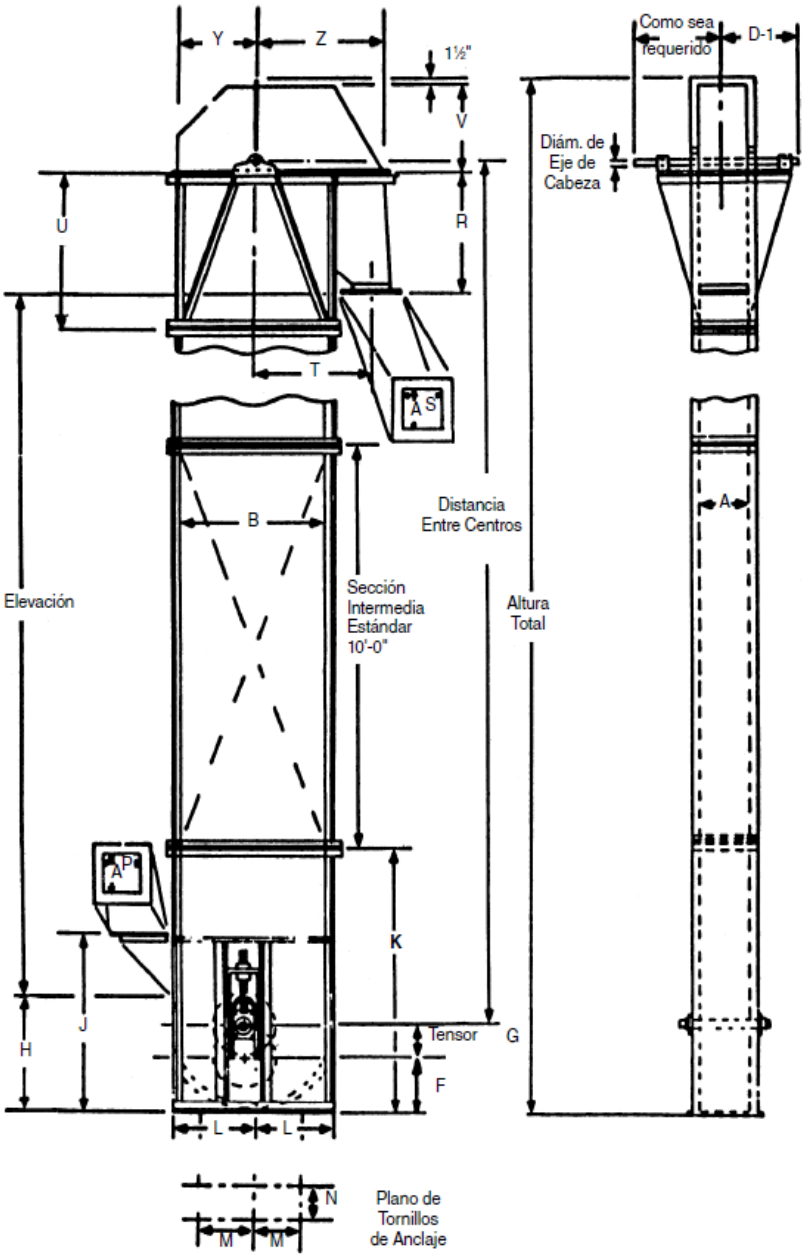


Figura 31. Estructura Elevador de Cangilones
Fuente: Catalogo Productos Martin Sprocket & Gear Inc. (2013)

- **Cangilón:**
  El cangilón propuesto por el catálogo de MARTIN, es uno de tipo AA, fabricado en hierro dúctil fundido ya que proporciona excelente resistencia al desgaste y son resistentes a cualquier tipo de impacto, además que son aplicados para altas temperaturas:

Tabla 6. Dimensiones Cangilón
Fuente: Catalogo Productos Martin Sprocket & Gear Inc, 2013

Tamaño del Cangilón			Espacio entre Cangilones (Pulgadas)	Peso (Lb)	Capacidad Pies Cúbicos X - X
A	B	C			
6	4	4 1/4	13	2.7	0.01

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

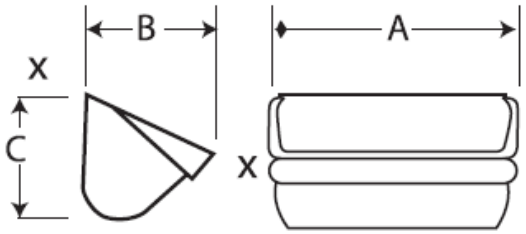


Figura 32. Cangilón
Fuente: Catalogo Productos Martin Sprocket & Gear Inc, (2013)

- **Cadena:**

La cadena propuesta por MARTIN, es la C-188, es de combinación fundida en acero inoxidable, es especial para elevadores de cangilones porque son simétricos, por lo que van en cualquier dirección guiados por los sprockets, transporta materiales abrasivos. Para el soporte con los cangilones se usará el accesorio K1, que es un candado para cadena con soportes a los costados.

Tabla 7. Características Cadena
Fuente: Catalogo Productos Martin Sprocket & Gear Inc, 2013

No. de Cadena	Paso (Pulgadas)	P.P.M.	Peso Promedio (Libras/Pie)
C-188	2.609	225	4.8



Figura 33. Cadena de Elevador de Cangilones
Fuente: Cadenas y Ruedas para las Industrias del Cemento y Minería, Catalogo Estanda.



Figura 34. Accesorio Soporte K1 para Cadena C-188
Fuente: Catalogo Cadenas KANA, SYL International

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Con la elección de la cadena, se puede comprobar matemáticamente el diámetro de los Sprocket con la siguiente ecuación:

$$D_{Sprocket} = \frac{P}{Sen\left(\frac{180}{Z}\right)} \quad (27)$$

Donde:

P : Paso de Cadena

Z : Número de Dientes

Entonces:

$$D_{Sprocket\ Cabeza} = D_{SC} = \frac{2.609}{Sen\ (180/24)} = 19.99 \cong 20\ Pulgadas$$

$$D_{Sprocket\ Bota} = D_{SB} = \frac{2.609}{Sen\ (180/18)} = 15.02 \cong 15\ Pulgadas$$

Hallamos la velocidad de los Sprockets, con la ecuación 28:

$$N = \frac{V_{Cadena} * 12}{\pi * D_{SC}} \quad (28)$$

Entonces:

$$N = \frac{225 * 12}{\pi * 19.99} = 42.99 \cong 43\ RPM$$

Del mismo modo, calculamos la longitud de la cadena, con la ecuación 29:

$$Longitud\ Cadena = 4.79' + (2 * Distancia\ entre\ Centros) \quad (29)$$

$$Longitud\ Cadena = 4.79' + (2 * 18.85) = 42.49\ Pies$$

Calculamos el Número de Cangilones con la ecuación 30:

$$\#\ de\ Cangilones = 4.4 + (1.85 * Distancia\ entre\ Centros) \quad (30)$$

$$\#\ de\ Cangilones = 4.4 + (1.85 * 18.85) = 39.28$$
$$\cong 40\ Cangilones$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

De igual manera que con la compuerta del silo, MARTIN, recomienda usar un motor de 1.5 Kw para el Elevador de Cangilones.

3.2.2. Cálculo Faja Transportadora

Para la elección de la faja transportadora nos guiamos del manual CEMA, este nos recomienda los siguientes valores:

- Velocidad de la faja: 400 PPM
- Angulo de Reposo: 35°
- Angulo de Sobrecarga: 25°
- Ancho de la faja: 18 Pulgadas
- Capacidad Gravimétrica: 6.5 Ton/Hora

Sabemos que la cantidad de material, por la ecuación 26, a transportar en pies cúbicos por hora es de 234.95 Pie^3/Hora.
CEMA recomienda convertir la capacidad deseada en pie cúbico por hora a la capacidad equivalente a una velocidad de faja de 100 PPM

$$C_{eq} = PCH * \frac{100}{v} \tag{31}$$

$$C_{eq} = 234.95 * \frac{100}{400} = 58.74\ Pie^3/Hora$$

Nos guiamos de la tabla 7, provista del manual CEMA y sacamos los siguientes datos:

- At – Sección Transversal de Carga: 0.188
- Capacidad en 100 PPM: 1128

Tabla 8. Distancia Standard al Borde de Tres Rodillos
Fuente: Catalogo NEMA

Ancho de la faja (pulg)	A_t – Sección transversal de carga (pie^2)							Capacidad en 100 PPM (pie^3/Hr)						
	Angulo de sobrecarga							Angulo de sobrecarga						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	0.089	0.108	0.128	0.147	0.167	0.188	0.209	537	653	769	886	1005	1128	1254

Comprobamos el porcentaje de llenado de la faja, comparando la capacidad máxima con la capacidad a transportar del proyecto:

$$\frac{58.74}{1128} * 100\% = 4.80\%$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Verificamos que el porcentaje de llenado es mínimo para los estándares mínimos de fajas transportadores en industrias, por lo que decidimos no recurrir a la instalación de la faja.

3.2.3. Lista de Cargas

Teniendo en cuenta que los equipos se dimensionaron para la elaboración de la presente lista de cargas y el Flowsheet, se muestran las cargas consideradas para la etapa de recirculación de material:

Tabla 9. Lista de Cargas Etapa de Recirculación de Carbón
Fuente: Elaboración Propia

LISTA DE CARGAS RECIRCULACIÓN DE CARBÓN									
	Código	Equipo	Potencia (KW)	Voltaje (V)	Amperaje (A)	Dirección de Arranque	Modo de Arranque	Rango E300	IP/Nodo
1	9181-1	Compuerta de Tolva de Rechazo, Motor	1.5	460.00	3.00	VFD	POWER FLEX 40	-	
2	9182-1	Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Principal	1.5	460.00	3.00	FVNR	E300	0.5 - 30	192.168.2.1
3	9182-2	Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Auxiliar	0.8	460.00	1.50	FVNR			

3.2.4. Diagrama de Flujo – Flowsheet

Se identificaron todas las cargas del proceso de molienda de carbón para la elaboración del presente diagrama de flujo, esto para entender el proceso general y resaltar el sub proceso de recirculación de material. (ver Anexo 1)

3.2.4.1. Recepción y Almacenamiento del carbón

Los camiones ingresan a la zona de descarga de las canchas de acopio y descargan el material en las tolvas, estas cuentan con tres compuertas y cada compuerta posee una parrilla. Mas adelante, a la descarga de las compuertas, se encuentra la faja 8520 que transporta el carbón hacia la faja 8525, y esta lleva el carbón hacia el apilador 8530, este apilador es el encargado de homogeneizar el material y almacenarlo hasta que sea necesario su transporte hacia el proceso de molienda. (ver Anexo 1.1)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El almacenamiento del carbón en las canchas de realiza en 1 piñas de 6000 TN.

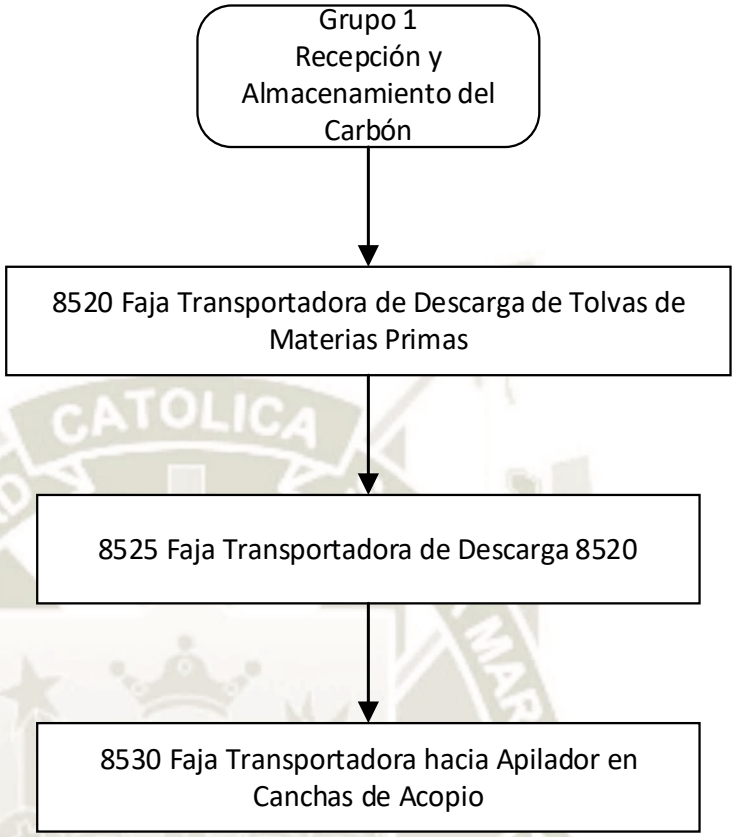


Figura 35. Diagrama de Flujo Grupo 1
Fuente: Elaboración Propia

3.2.4.2. Transporte y Almacenado en las Tolvas de Carbón Grueso

El carbón es transportado por un cargador frontal hacia la tolva de alimentación de la faja 8540, la descarga de esta va hacia la faja 8545, luego el material es distribuido mediante la compuerta 9110 hacia dos fajas transportadoras: la 9112 alimenta al proceso de molienda de carbón del molino Raymond, mientras que la faja 9550 alimenta el carbón al molino ATOX.

Como se indicó el carbón es llevado por la faja 9112, luego por la faja 9114 a razón de 110 TN/h, este material es descargado hacia la compuerta de tres vías 9116 que direcciona el material a las tres tolvas de almacenamiento, cuya capacidad es de 110 m3 cada una, inicialmente estas tolvas estaban destinadas para cada tipo de carbón: PetCoke en tolva 9121, Antracita en tolva 9123 y Bituminoso en tolva 9125, estas tolvas de carbón grueso proveniente de las ca chas de acopio se encargarán de alimentar el proceso de molienda de carbón en el molino vertical Raymond.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la faja 9112 actúa un filtro de despolvorización 9111 que descarga el polvo recolectado a través de una compuerta en la misma faja 9112 y en la faja 9114 actúa el filtro de despolvorización 9113 que descarga el polvo recolectado mediante una compuerta en la misma faja 9114.

La descarga de la faja 9114 y las cargas de las tolvas de almacenamiento de carbón grueso comparten un mismo filtro de despolvorización 9115 que descarga el polvo recolectado sobre la tolva 9123. (ver Anexo 1.2)

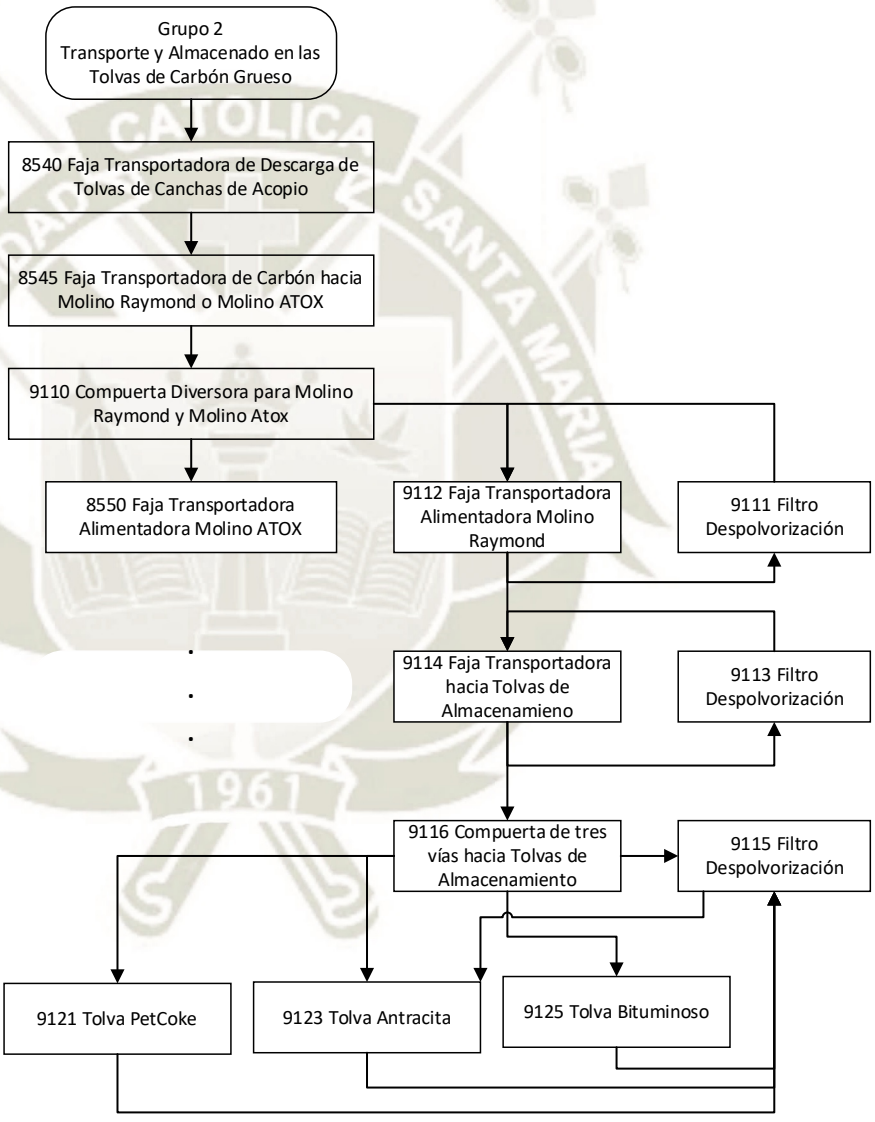


Figura 36. Diagrama de Flujo Grupo 2
Fuente: Elaboración Propia

3.2.4.3. Alimentación de Carbón Grueso al Molino Vertical

La dosificación del carbón grueso hacia el molino vertical se realiza desde las tolvas de almacenamiento, donde balanzas dosificadoras controlan el flujo de material de descarga, esta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

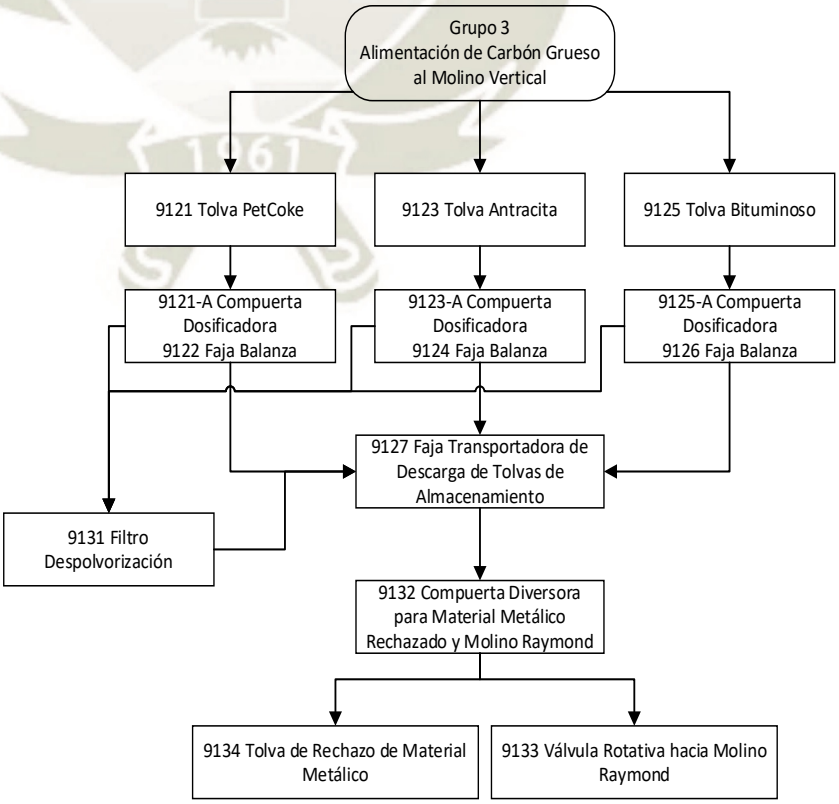
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

característica permite dosificar la cantidad exacta de carbón necesario para conseguir mezclas de diferentes tipos de carbón o de ser necesario enviar solo un tipo de material. Cada tolva cuenta con una balanza y compuerta: la tolva 9121 cuenta con la compuerta 9121-A y balanza 9122, la tolva 9123 cuenta con la compuerta 9123-A y balanza 9124, mientras que la tolva 9125 cuenta con la compuerta 9125-A y la balanza 9126.

Existe el filtro de despolvorización 9131 que recolecta el material particulado de las balanzas dosificadores de carbón grueso (9122, 9124 y 9126) y de la descarga de la faja transportadora 9127, y lo descarga a través de una válvula rotativa 9131-B nuevamente sobre la faja 9127.

El carbón descargado de las balanzas es recibido por la faja transportadora 9127 con capacidad de 55 TN/h, en esta faja se encuentra un detector de metales 9130 que envía una señal a la compuerta diversora 9132 para que direccione material hacia la tolva de rechazo 9134 de 18 m3 de capacidad.

En condiciones normales de trabajo, la compuerta diversora 9132 direcciona el flujo de carbón grueso hacia la válvula rotativa 9133 que envía el material a flujo constante hacia el molino vertical de carbón para su procesamiento. (ver Anexo 1.3)



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 37. Diagrama de Flujo Grupo 3
Fuente: Elaboración Propia

3.2.4.4. Proceso de Molienda

La válvula rotativa 9133 ubicada a la descarga de la faja 9127 asegura un flujo constante de carbón al interior del molino vertical para su procesamiento.

El molino vertical de carbón Raymond cuenta con tres rodillos de molienda que pulverizan el carbón grueso, el cual es alimentado mediante un ducto ubicado en la parte central de la tornamesa del molino, este material es llevado bajo los rodillos por acción de la fuerza centrífuga generada por el giro de la tornamesa del molino, que es accionada por un reductor de tres etapas, los rodillos de molienda son presionado contra el material a procesar por el propio peso del rodillo y un ensamble llamado resorte de precarga.

Al interior del molino vertical fluye una corriente de gas caliente proveniente del horno, estos gases ingresan por debajo del molino y se mueven hacia la parte del exterior del tornamesa, donde las partículas más pequeñas son arrastradas por la corriente de aire caliente y transportadas a la parte superior del molino donde se encuentra el clasificador dinámico, este equipo retiene las partículas de tamaño medio y las envía nuevamente al cono de alimentación del molino y de ahí nuevamente a la tornamesa para su reproceso.

Las partículas que logran atravesar el clasificador son arrastradas con la corriente de aire fuera del molino.

El material grueso de la tornamesa, que no fue procesado es rechazado por la fuerza centrífuga de la mesa y por acción de los rodillos al momento de iniciar la operación de molienda; este material actualmente es descargado a la cámara de rechazo por medio de los scrapers, luego llevado hacia sacos de 1.5 TN de capacidad para almacenarlo y luego ser transportado a las canchas de acopio. (ver Anexo 1.4)

Es aquí donde entra el nuevo subproceso de recirculación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

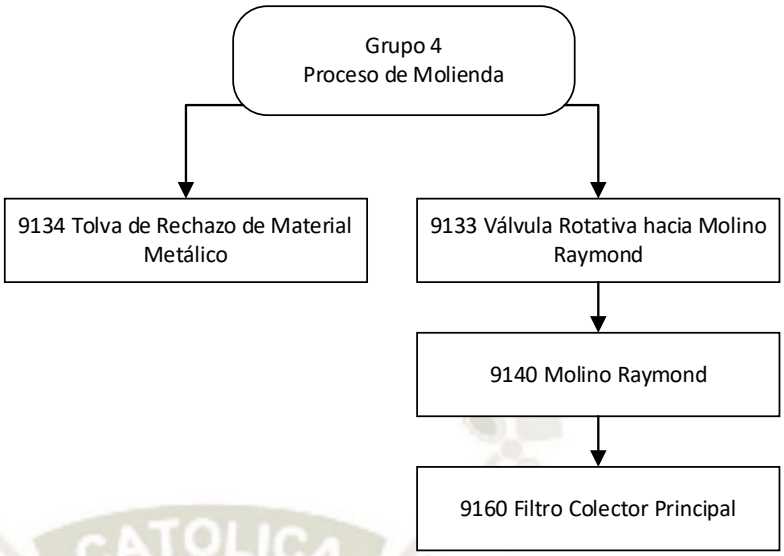


Figura 38. Diagrama de Flujo Grupo 4
Fuente: Elaboración Propia

3.2.4.5. Recirculación de Carbón a Molino

El material que no logre ser triturado por el molino se descargará a la tolva 9181, la compuerta 9181-1 dosificará la alimentación de carbón al elevador 9182 para transportarla a la faja transportadora 9127. (ver Anexo 1.5)

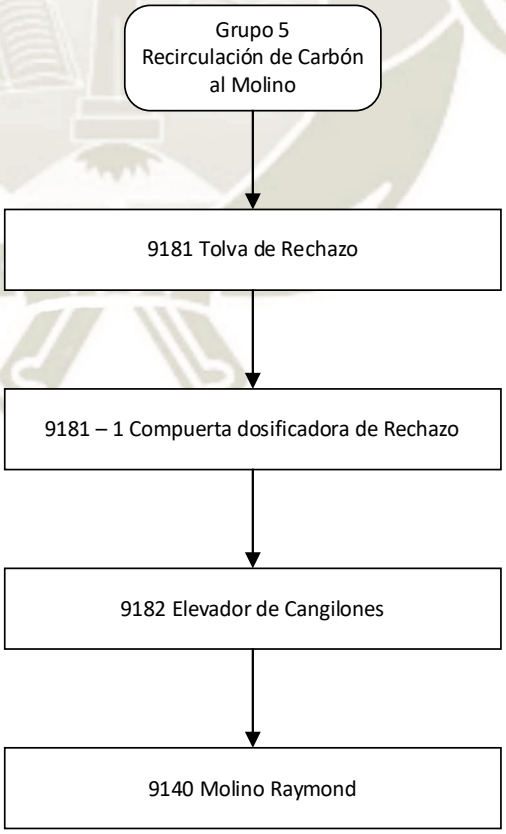


Figura 39. Diagrama de Flujo Grupo 5
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.4.6. Recirculación e Ingreso de Gases al Molino

Cuando el molino de carbón está detenido, el sistema de gas hacia el molino es aislado mediante el cierre de la compuerta de aislamiento motorizada tipo cuchilla 9152, para que los gases que provienen del horno no ingresen al molino.

Previo al arranque del molino, la compuerta de aislamiento 9152 debe permanecer cerrada, como también se debe verificar el sistema de lubricación, el cual debe estar operando media hora a una hora antes del arranque del molino.

Durante el arranque, el sistema de gases del molino permanece aislado, para que el ventilador 9170 entre en operación con el fin de evacuar el aire contenido en el molino y el filtro colector principal 9160.

El ingreso de los gases al molino se realiza mediante la apertura de la compuerta de aislamiento 9152, este gas pasa por un ciclón 9150 en el cual se produce la separación del gas y material remanente, para que el gas que ingre al molino este lo más limpio posible, todo este flujo de gases esta propulsado por el ventilador 9153. (ver Anexo 1.6)

3.2.4.7. Transporte de Carbón Fino a los Silos

El carbón procesado fino contenido en el flujo de aire ingresa al filtro colector principal 9160. Este filtro se encarga de recuperar por completo el carbón fino contenido, el aire resultante debe ser lo más limpio posible para ser expulsado al medio ambiente, por medio de la chimenea 9179. Este proceso de filtración es potenciado por el ventilador 9170.

El flujo de aire de descarga del filtro 9160 puede ser también recirculado nuevamente hacia el molino mediante la apertura de la compuerta 9171. Para la operación normal del molino vertical de carbón deben permanecer abiertas las compuertas 9172 y 9173, y cerrar la compuerta de aislamiento 9171.

El filtro 9160 está provisto del equipo analizador de gases 9178 que analiza el aire que está siendo expulsado al medio ambiente y verifica que los valores estén en el rango de los límites permisibles de la legislación actual.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

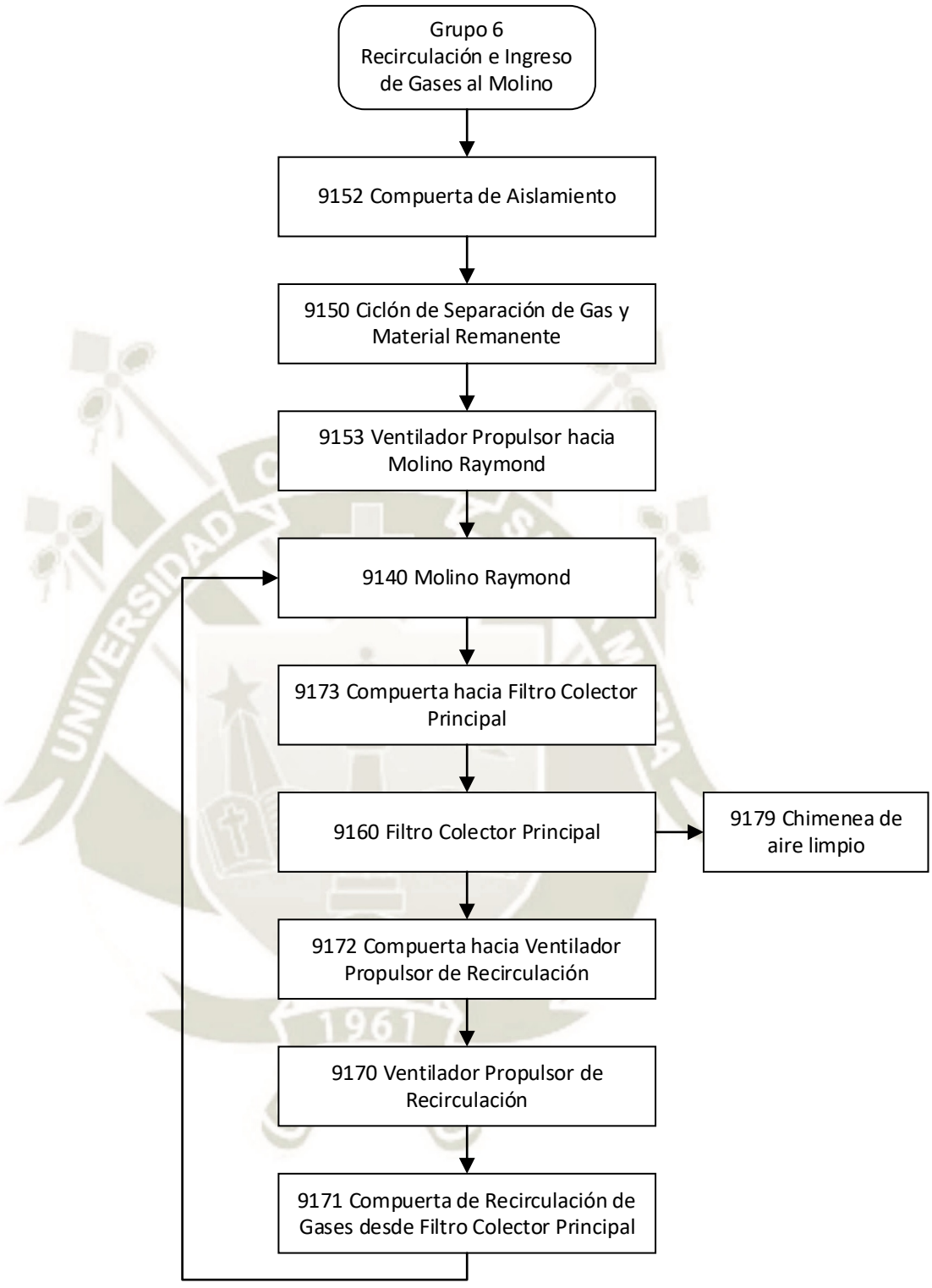


Figura 40. Diagrama de Flujo Grupo 6
Fuente: Elaboración Propia

En la base del filtro colector se ubica un transportador helicoidal unidireccional 9162 con capacidad de 37 TN/h, que descarga el material a una válvula rotativa 9163, esta dosifica el material en el

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

transportador helicoidal bidireccional 9165 con capacidad de 37 TN/h. Este transportador puede descargar directamente en el silo 9650 de 210 m3 de capacidad o llevar el material hacia la válvula rotativa 9166, que descargará al silo 9660 de 210 m3.

El carbón fino es finalmente almacenado en dos silos 9650 para el quemador del calcinador y 9660 para el quemador del horno. (ver Anexo 1.7)

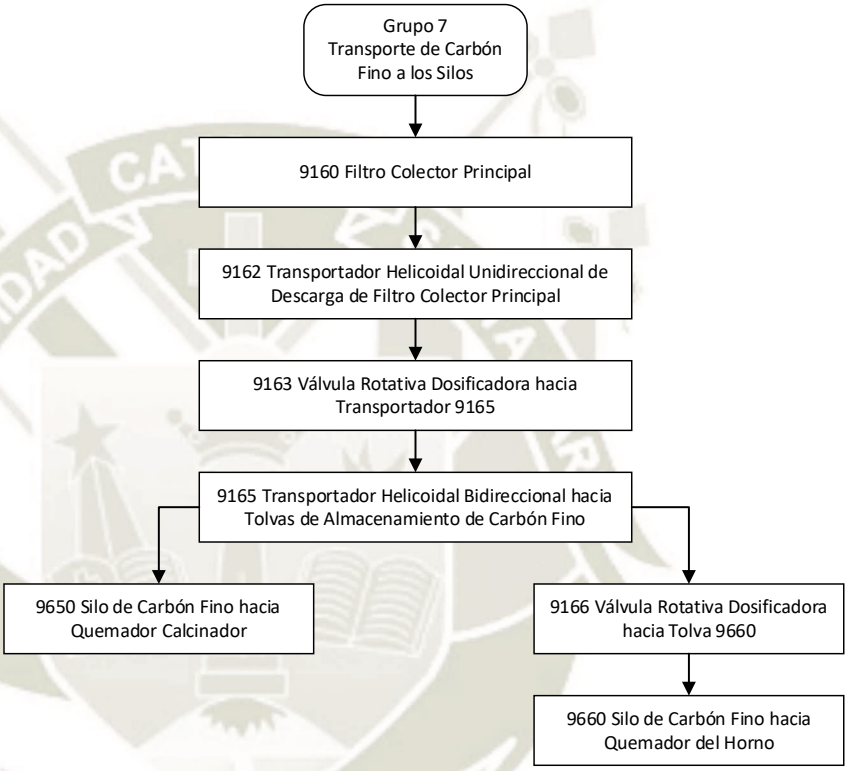


Figura 41. Diagrama de Flujo Grupo 7
Fuente: Elaboración Propia

3.2.4.8. Sistema de Inyección de Carbón al Horno y Calcinador

Luego de que el carbón fino es almacenado en los silos, este debe ser enviado a los quemadores del horno y calcinador. El flujo de material es controlado por balanzas.

El silo de carbón fino 9650 descarga material a la válvula rotativa 9654 a través de la compuerta 9654-A, la descarga constante de la válvula rotativa va hacia una tolva intermedia 9655-C con capacidad de 1 m3, esta tolva alimenta a la balanza PFISTER 3667 a través de la compuerta 9667-B. Esta balanza PFISTER controla el flujo y libera el polvo fino de carbón en el flujo de aire generado por el soplador 9668, que llevará la mezcla hacia la compuerta 9676 y de ahí al quemador principal del horno 3.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En caso sea necesario retirar carbón fino de la tolva 9650, existe un transportador helicoidal 9657 que toma material bajo la válvula rotativa 9654 y lo envía hacia un volquete.

El silo de carbón fino 9660 descarga material a la válvula rotativa 9670 a través de la compuerta 9670-A, la descarga constante de la válvula rotativa va hacia una tolva intermedia 9671-C con capacidad de 1 m3, esta tolva alimenta a la balanza PFISTER 9671 a través de la compuerta 9671-B. esta balanza PFISTER controla el flujo y libera el polvo fino de carbón en el flujo de aire generado por el soplador 9672, que llevara la mezcla hacia la compuerta 9678 y de ahí a los quemadores del calcinador.

En caso sea necesario retirar carbón fino de la tolva 9660, existe un transportador helicoidal 9673 que toma material bajo la válvula rotativa 9670 y lo envía hacia un volquete.

En operación normal la tolva 9660 envía el carbón fino hacia el quemador de horno 3 y la tolva 9650 envía el carbón fino hacia el calcinador, pero además de estos dos sistemas existe un tercer circuito que es capaz de tomar carbón de cualquier de las dos tolvas 9650 y/o 9660, y alimentar cualquiera de los dos usuarios, tanto al quemador principal de horno 3 como a los quemadores del calcinador.

Proveniente de la tolva 9650, la compuerta 9665-A, seguido de la válvula rotativa 9665 el carbón llega la tolva 3667-C de igual manera, proveniente de la tolva 9660, la compuerta 9670-A, seguida de la válvula rotativa 9664 y el transportador helicoidal 9666, el carbón llega a la tolva 9667-C.

Esta tolva 9667-C con capacidad de 1 m3 alimenta a la balanza PFISTER 9667 a través de la compuerta 9667-B. Esta balanza PFISTER controla el flujo y libera el polvo fino de carbón en el flujo de aire generador por el soplador 9668, que llevará la mezcla hacia la compuerta diversora 9677. Una dirección lleva el material hacia la compuerta 9676 y de ahí al quemador principal del Horno 3. Otra dirección lleva el carbón fino hacia la compuerta diversora 9678 y de ahí a los quemadores del calcinador. (ver Anexo 1.8)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

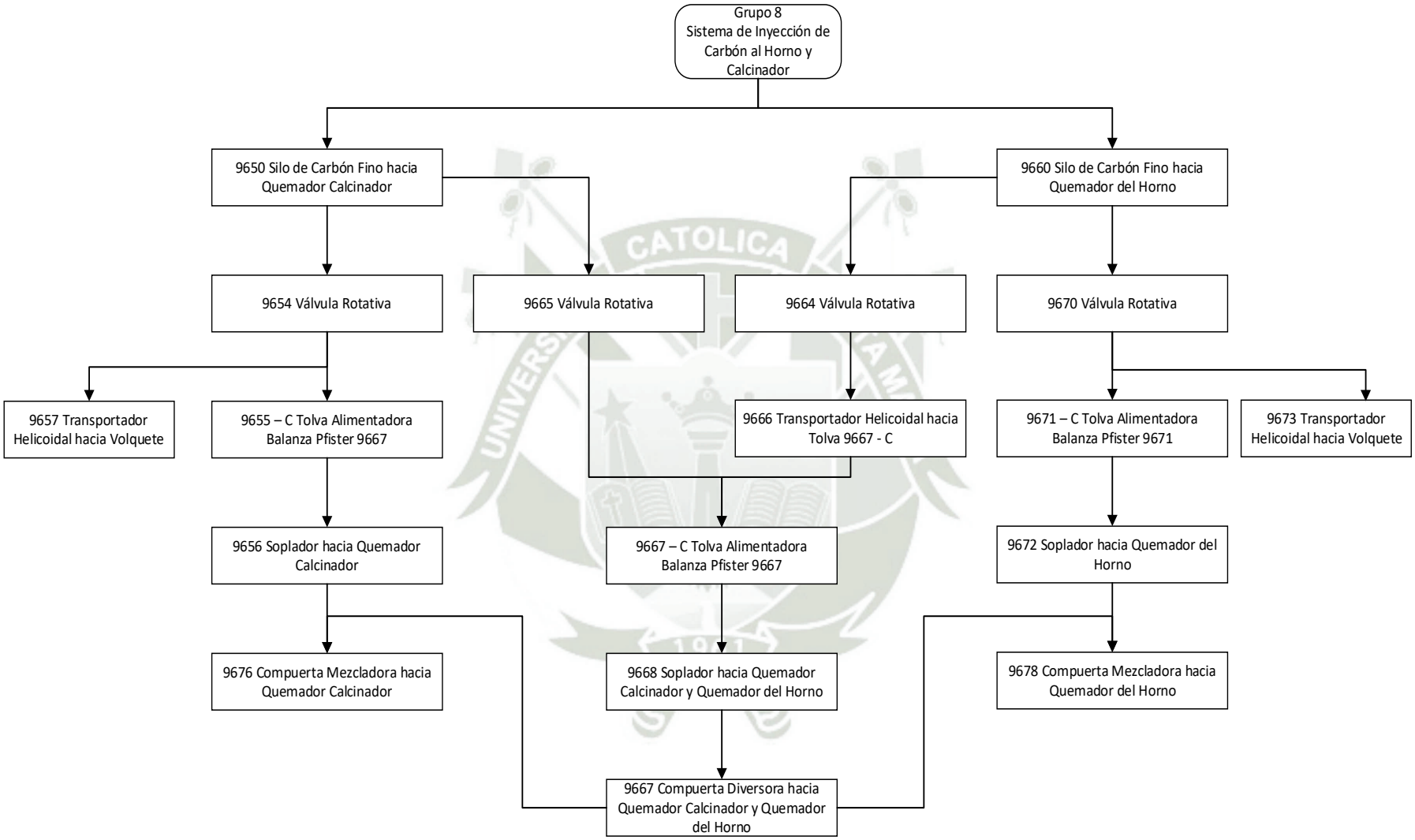


Figura 42. Diagrama de Flujo Grupo 8
Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.5. Filosofía de Control y Elaboración de Grupo de Arranque

Tengamos en cuenta que el presente proyecto agrega un subproceso al proceso de molienda de carbón general, en ese sentido ya existe una filosofía de control y grupos de arranque establecidos, que son:

- Recepción y Almacenamiento del Carbón
- Transporte y Almacenado en las Tolvas de Carbón Grueso
- Alimentación de Carbón Grueso al Molino Vertical
- Proceso de Molienda
- Recirculación de Carbón a Molino
- Recirculación e Ingreso de Gases al Molino
- Transporte de Carbón Fino a los Silos
- Sistema de Inyección de Carbón al Horno y Calcinador

A continuación, desarrollaremos el nuevo subproceso de Recirculación de Carbón a Molino

3.2.5.1. Grupo 5 – Recirculación de Carbón a Molino

Intervienen los siguientes equipos:

- 9182-1 Elevador de Cangilones de Recirculación, Principal
- 9181-1 Compuerta de Tolva de Rechazo
- 9182-2 Elevador de Cangilones de Recirculación, Auxiliar
- 9127-1 Faja Transportadora de Ingreso a Molino
- 9133-1 Válvula Rotativa de Ingreso a Molino

El funcionamiento de este grupo es secuencial y comprende desde el almacenamiento de material en la tolva de rechazo, pasando por un elevador hasta el ingreso de carbón rechazado a molino. El arranque de este grupo implica que el grupo 4 “Proceso de Molienda” esté en funcionamiento.

El primer equipo en arrancar sería el elevador de cangilones 9182-1, (considerando que la faja transportadora 9127-1 y la válvula rotativa 9133-1 ya están en operación por el grupo 4), ya que tiene que operar a su corriente nominal, en segundo lugar, la compuerta de la tolva de rechazo 9181-1 se abrirá dependiendo del control difuso realizado a la corriente del motor del elevador. (ver Figura 43)

3.2.6. Elaboración de Típicos de Arranque de Motores

Se realizo un estudio de todos los típicos de arranque existentes del subproceso de recirculación de carbón. (Ver Anexo 2)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

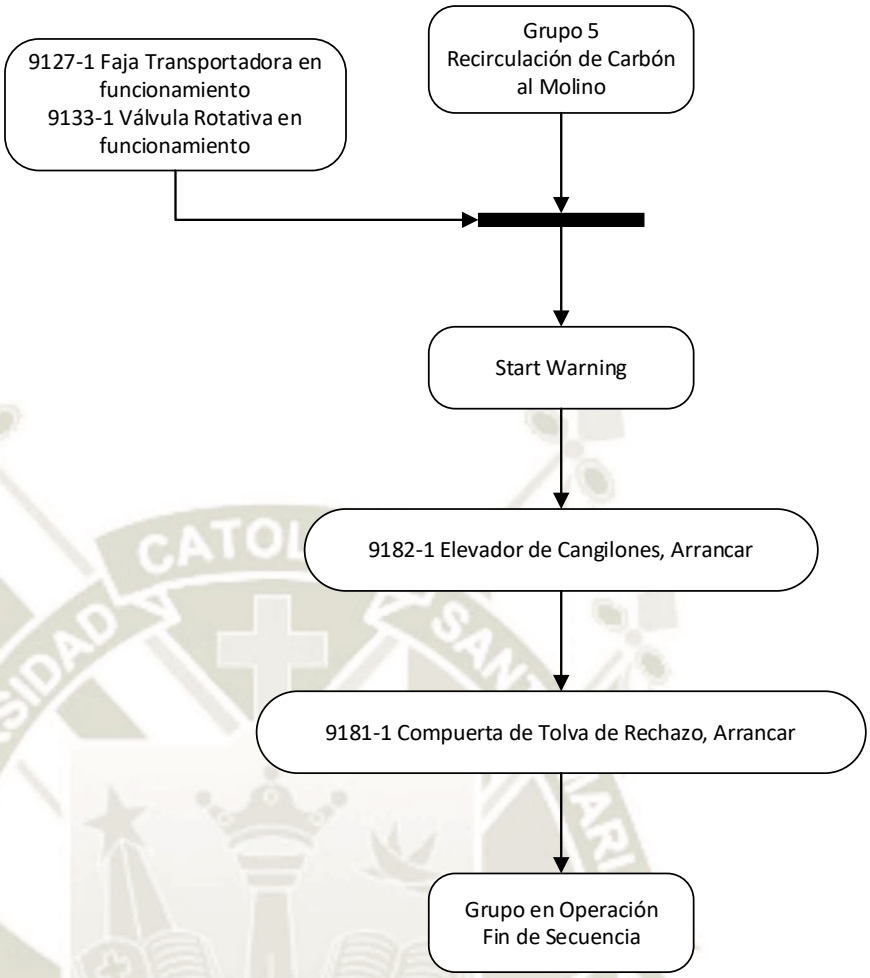


Figura 43. Secuencia de Arranque Grupo 5 - Recirculación de Carbón a Molino
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. Matriz de Típicos Eléctricos Grupo 5 – Recirculación de Carbón a Molino
Fuente: Elaboración Propia

MATRIZ TÍPICOS ELÉCTRICOS							
Sala Eléctrica	T. de Control	Proceso	Típico	Tipo Arranque	Dispositivo Comunicación	Cantidad	Observación Atípicos
Molino de Carbón	TC-9180-01	Recirculación de Carbón	1	FVNR	AB-E300	1	
			2	FVNR	-	1	
			3	VFD	-	1	POWERFLEX 40

Los típicos de arranque son:

- FVNR E300 (Típico 1)
- FVNR (Típico 2)
- VFD (Típico 3)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.6.1. Full Voltage No Reversible E300

Arranque directo, al ser no reversible el motor gira en un solo sentido, a su vez, se usa un relé de sobrecarga E300, se utilizará en el elevador de cangilones 9182-1.

Contará, además, con una llave de mando que nos indicará la forma de trabajo, manual (arrancar en sitio) y/o automática (arrancar en forma remota).

El relé de sobrecarga E300 (comunicación Ethernet) nos brinda las siguientes señales:

Intervienen los siguientes equipos:

- Automático (AUTO)
- Listo (RDY)
- Parada de Emergencia (HS)
- Run Status (RUN)
- Comando (CMD)
- Corriente (II)

3.2.6.2. Full Voltage No Reversible

Arranque directo, al ser no reversible el motor gira en un solo sentido, se utilizará para el motor auxiliar del elevador de cangilones 9182-2.

Contará, además, con una llave de mando que nos indicará la forma de trabajo, manual (arrancar en sitio) y/o automática (arrancar en forma remota).

Las señales que nos brindará el PLC son las siguientes:

- Automático (AUTO)
- Listo (RDY)
- Run Status (RUN)
- Comando (CMD)

3.2.6.3. Variable Frequency Drive

Arranque realizado por variador de frecuencia, la velocidad y el sentido con el que hará funcionar el motor será enviado por el control difuso del sistema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El variador brindará la opción de arranque manual y arranque remoto.

Las señales que nos brindará el variador son las siguientes:

- Comando (CMD)
- Feedback de Velocidad (FI)
- Setpoint de Velocidad (FCO)
- Listo (RDY)
- Run Status (RUN)

3.2.7. Elaboración de Base de Datos, Descripción del PLC y Elección de Instrumentos

Los instrumentos elegidos siguen estos criterios genéricos para todos los elevadores de cangilones montados en la planta cementera:

3.2.7.1. Elevador de Cangilones:

Los instrumentos elegidos para el elevador de cangilones son los siguientes:

- Detector de Movimiento, Motor Principal.
- Detector de Movimiento, Motor Auxiliar.
- Switch de Nivel de Bota

3.2.7.2. Tolva de Rechazo:

Los instrumentos elegidos para la Tolva de Rechazo, son los siguientes:

- Sensor de Peso (Galga extensiométrica)
- Sensor de Posición
- Switch de Posición Inicio de Carrera
- Switch de Posición Fin de Carrera

En la Tabla 11 se mostrarán las señales e instrumentos para el subproceso de recirculación.

Ya que se identificaron todas las señales e instrumentos del nuevo subproceso de recirculación de carbón, se realiza la base de datos, estos están divididas por equipos involucrados en el subproceso, cabe resaltar al ser nuevo el subproceso, se instalará un nuevo gabinete (TC-9180-01), este tendrá señales Ethernet, entradas digitales, salidas tipo relé, entradas analógicas y salidas analógicas. (ver Anexo 03)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 11. Tabla Resumen de Señales e Instrumentos Grupo 5 – Recirculación de Carbón a Molino
Fuente: Elaboración Propia

ID EQUIPO	SUB CODIGO	EQUIPO	DESCRIPCIÓN DE SEÑAL / INSTRUMENTO	MARCA
9182-1	AUTO	Elevador de Canguilones de Recirculación, Motor Principal	Automático	AB-E300
3982-1	RDY	Elevador de Canguilones de Recirculación, Motor Principal	Listo	
9182-1	HS	Elevador de Canguilones de Recirculación, Motor Principal	Parada de Emergencia	
9182-1	RUN	Elevador de Canguilones de Recirculación, Motor Principal	Run Status	
9182-1	CMD	Elevador de Canguilones de Recirculación, Motor Principal	Comando	
9182-1	II	Elevador de Canguilones de Recirculación, Motor Principal	Corriente	
9182	MD1	Elevador de Canguilones de Recirculación	Detector de Movimiento, Motor Principal	IPF
9182	MD2	Elevador de Canguilones de Recirculación	Detector de Movimiento, Motor Auxiliar	IPF
9182	LSH	Elevador de Canguilones de Recirculación	Switch de Nivel de Bota	KROHNE
9182-2	AUTO	Elevador de Canguilones de Recirculación, Motor Auxiliar	Automático	
9182-2	RDY	Elevador de Canguilones de Recirculación, Motor Auxiliar	Listo	
9182-2	RUN	Elevador de Canguilones de Recirculación, Motor Auxiliar	Run Status	
9181-1	AUTO	Compuerta de Tolva de Rechazo, Motor	Automático	POWERFLEX 40
9181-1	RDY	Compuerta de Tolva de Rechazo, Motor	Listo	
9181-1	RUN	Compuerta de Tolva de Rechazo, Motor	Run Status	
9181	ZS1	Compuerta de Tolva de Rechazo	Switch de Posición Inicio de Carrera	SCHMERSAL
9181	ZS2	Compuerta de Tolva de Rechazo	Switch de Posición Fnal de Carrera	SCHMERSAL
9181-1	CMD	Compuerta de Tolva de Rechazo, Motor	Comando	
9182-2	CMD	Elevador de Canguilones de Recirculación, Motor Auxiliar	Comando	
9181-1	FI	Compuerta de Tolva de Rechazo	Feedback de Velocidad	POWERFLEX 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

9181-1	ZI	Compuerta de Tolva de Rechazo	Posición de Compuerta	PEPPERL+FUCHS
9181	WT	Tolva de Rechazo	Peso de Tolva	ATO
9181	FCO	Compuerta de Tolva de Rechazo	Setpoint de Velocidad	POWERFLEX 40

De acuerdo a lo mostrado en el siguiente cuadro el controlador a utilizar es un 1756-L83E de Rockwell Automation, incluye además con un módulo ethernet 1756-EN2T que cuenta con un total de nodos de hasta 256. Para la conexión de sensores y actuadores, se contará con los módulos 1756-IM16I y 1756-IF8I, de entrada, digital y analógica respectivamente, mientras que para salida digital tipo relé y analógica, cuenta con los módulos 1756-OW16I y 1756-OF8I respectivamente.

Tabla 12. Resumen Base de Datos Grupo 5 – Recirculación de Carbón a Molino
Fuente: Elaboración Propia

RESUMEN

RESUMEN DE RACK´s	**LEYENDA**	**CANTIDAD**	**TIPO DE MODULO**
	DI	11	Entradas Digitales
	DO	2	Salidas Digitales
	AI	3	Entradas Analógicas
	AO	1	Salidas Analógicas
	ETHERNET	6	Señales Comunicación
	DEVICENET	0	Señales Comunicación

NOMBRE DE TABLERO **TC_9180_01**

CHASIS: 6	**CONTROLLOGIX**	**TC_9180_01**	Módulos	Módulos	Señales	Señales Libres	**MODELO DE TARJETA**
		Chasis 1	1	1			**1756-A10**
		Fuente	1	1			**1756-PA75**
		Procesador	1	1			**1756-L83E**
		Módulo ethernet	1	1	6		**1756-EN2T**
		Módulos de Entradas Digitales	1	1	11	5	**1756-IM16I**
		Módulos de Salidas Tipo Relé	1	1	2	14	**1756-OW16I**
		Módulos de Entradas Analógicas	1	1	3	5	**1756-IF8I**
		Módulos de Salidas Analógicas	1	1	1	7	**1756-OF8I**

3.2.8. Elaboración de Planos P&ID y Conexionado

Los planos P&ID muestran los instrumentos con los que cuentan cada uno de los equipos, así como las señales que van por comunicación que se mostrarán en el SCADA, para el presente proyecto se realizó el diagrama P&ID del subproceso de Recirculación de Carbón al Molino, en este se muestran las señales de detector de movimiento del

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

elevador (MD), switch de posición de la compuerta de la tolva de rechazo (ZS), así como, setpoint de velocidad del motor de la compuerta (FCO) y posición de la compuerta (ZI). (Ver Anexo 4)

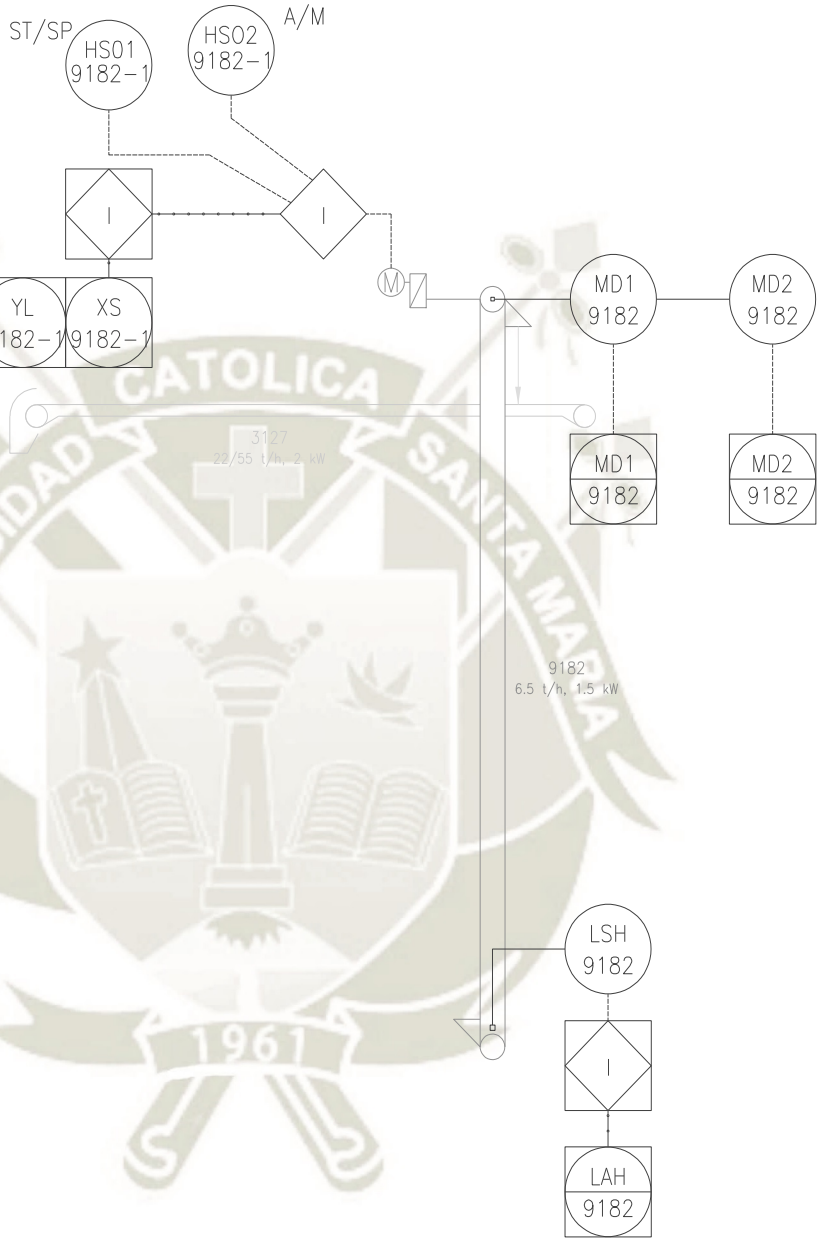


Figura 44. Diagrama P&ID de Elevador de Cangilones de Recirculación
Fuente: Elaboración Propia

Además, se realizaron los planos de conexionado eléctrico, en estos se muestran a los instrumentos y señales usadas conectadas a las entradas y/o salidas del PLC, así como el conexionado a los CCM. (Ver Anexo 5)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

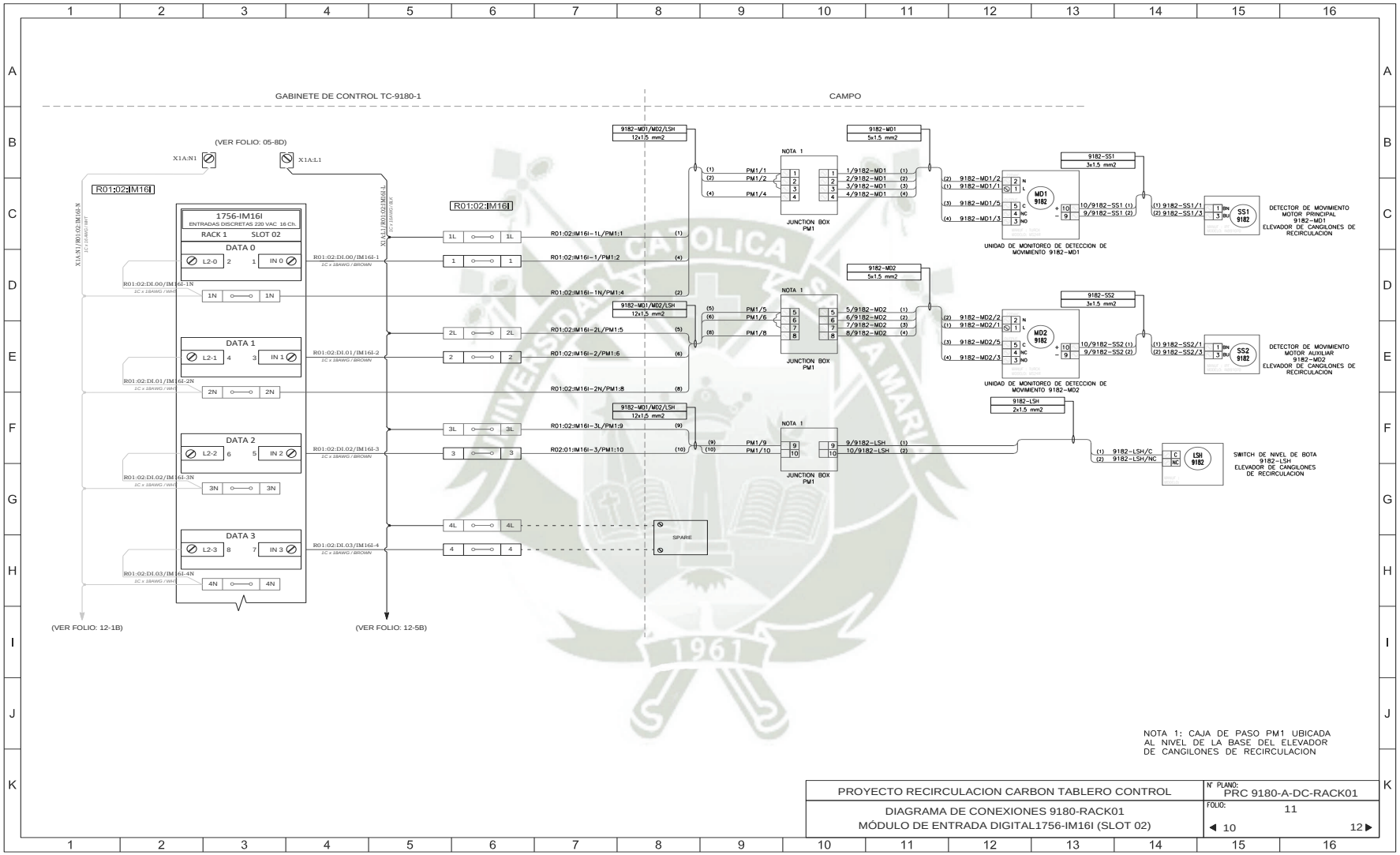


Figura 45. Diagrama de Conexiones de Señales e Instrumentos en Tablero 9180-RACK01
Fuente: Elaboración Propia Autodesk Autocad

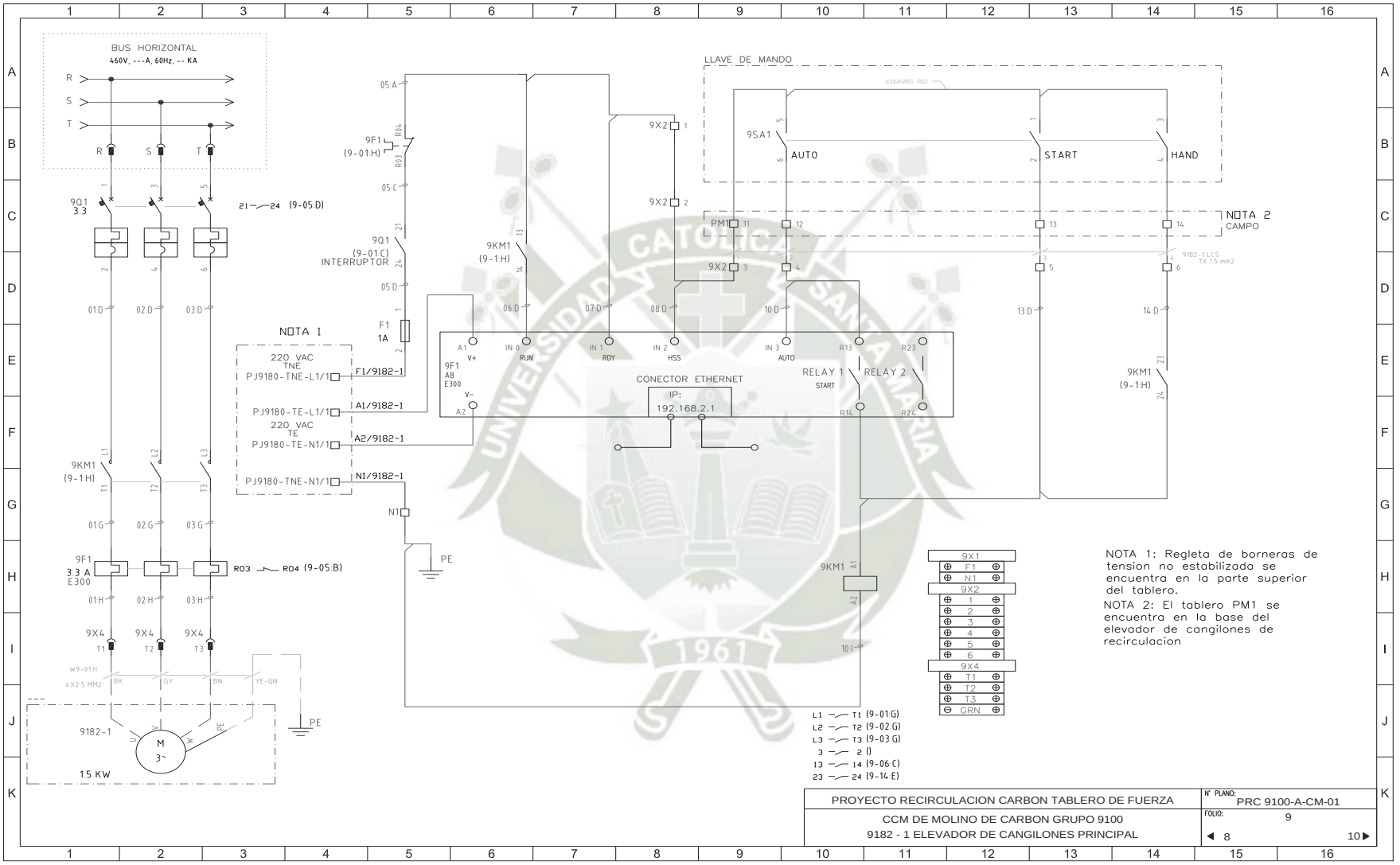


Figura 46. Diagrama de Conexiones del Centro de Control de Motores Grupo 3100

Fuente: Elaboración Propia Autodesk Autocad

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.9. Elaboración de Rutinas de Control

Las rutinas de control se elaboran en base a los grupos y secuencias de arranque, siendo esto lo que se plasmará en la rutina.

Los controladores de Rockwell Automation usan el software RSLogix 5000 y/o Studio 5000, para el caso de la cementera se usará el software RSLogix 5000, este software permite programar en 4 lenguajes diferentes: Texto Estructurado, Diagrama de Bloques, Grafcet y Ladder o Escalera, para nuestro proyecto usaremos el ultimo.

La empresa cementera usa el concepto de reutilización de código (instrucciones Add-On), dado que algunas rutinas son parecidas y repetitivas, especialmente en motores de compuertas, de fajas y elevadores.

Por temas de confidencialidad para el presente informe se mostrará una alternativa en el software RSLogix 5000, así mismo un SCADA alternativo en el software RSView32. (Ver Anexo 6)

Considerando el diagrama de bloques de la figura 28, se propone los siguientes controladores difusos:

3.2.9.1. Controlador Difuso Amperaje – Posición

El primer controlador difuso tiene como entrada un error de amperaje del motor de cangilones y como salida un setpoint de posición para la compuerta de la tolva de rechazo. El error de amperaje es resultante de la resta de un setpoint dado del motor del elevador de cangilones y del valor actual de consumo de corriente del mismo elevador. El valor de Setpoint del motor del elevador se haya cuando este está con los cangilones de carga llenos a su máxima capacidad, mientras que el valor actual se da gracias al módulo E300.

Tanto la entrada como la salida tendrán 5 conjuntos difusos, estos son:

Tabla 13. Conjuntos Difusos Error Amperaje
Fuente: Elaboración Propia

Variable	Descripción
EANG	Error Amperaje Negativo Grande
EANP	Error Amperaje Negativo Pequeño
EAC	Error Amperaje Cero
EAPP	Error Amperaje Positivo Pequeño
EAPG	Error Amperaje Positivo Grande

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 14. Conjuntos Difusos Setpoint Posición
Fuente: Elaboración Propia

Variable	Descripción
SPPMP	Setpoint Posición Positivo Muy Pequeño
SPPP	Setpoint Posición Positivo Pequeño
SPP	Setpoint Posición Positivo
SPPG	Setpoint Posición Positivo Grande
SPPMG	Setpoint Posición Positivo Muy Grande

Las reglas de control propuestas para este controlador son las siguientes:

Tabla 15. Reglas de Controlador Difuso Amperaje - Posición
Fuente: Elaboración Propia

Si	Error Amperaje	es	EANG	entonces	Setpoint Posición	es	SPPMP
Si	Error Amperaje	es	EANP	entonces	Setpoint Posición	es	SPPP
Si	Error Amperaje	es	EAC	entonces	Setpoint Posición	es	SPP
Si	Error Amperaje	es	EAPP	entonces	Setpoint Posición	es	SPPG
Si	Error Amperaje	es	EAPG	entonces	Setpoint Posición	es	SPPMG

Al tener una sola entrada y una sola salida, esta será proporcional por lo que las reglas difusas serán representadas por ecuaciones de las rectas, para esto se plantea separar las reglas por zonas, veamos:

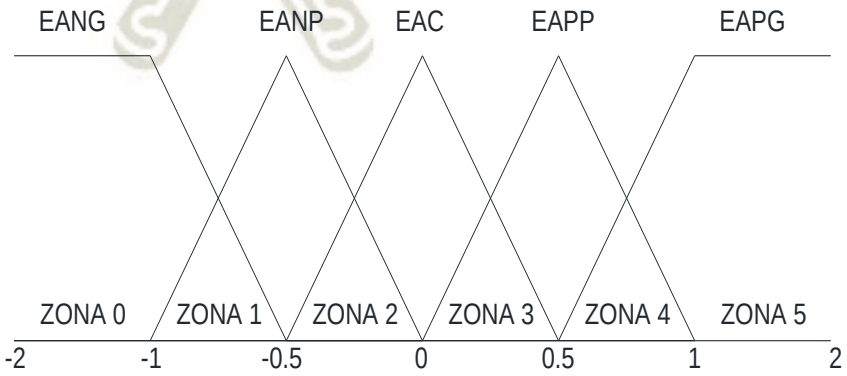


Figura 47. Zonas de Reglas Difusas Error Amperaje para Defusificación
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 16. Zonas y Limites de Reglas Difusas Controlador Amperaje - Posición
Fuente: Elaboración Propia

Zona	Límite de Zona	Salida
Zona 0	EA< -1	$U = 0$
Zona 1	-1 ≤ EA < -0.5	$EANG = -(2 * EA) - 1, EANP = 2(EA + 1), EAC = 0, EAPP = 0, EAPG = 0$
Zona 2	-0.5 ≤ EA < 0	$EANG = 0, EANP = -2 * EA, EAC = (2 * EA) + 1, EAPP = 0, EAPG = 0$
Zona 3	0 ≤ EA < 0.5	$EANG = 0, EANP = 0, EAC = -(2 * EA) + 1, EAPP = 2 * EA, EAPG = 0$
Zona 4	0.5 ≤ EA < 1	$EANG = 0, EANP = 0, EAC = 0, EAPP = -(2 * EA) + 2, EAPG = (2 * EA) - 1$
Zona 5	EA ≥ 1	$U = 20$

Usando la fórmula 23, defusificación por el método centroide podemos obtener valores para la salida, Setpoint de Posición:

$$U = \frac{EANG * SPPMP + EANP * SPPP + EAC * SPP + EAPP * SPPG + EAPG * SPPMG}{EANG + EANP + EAC + EAPP + EAPG}$$

Consideraremos valores de membresía constantes para los conjuntos difusos de salida:

Tabla 17. Valores para Funciones de Membresía Conjuntos Salida
Fuente: Elaboración Propia

Variables Salida	
SPPMP	0
SPPP	5
SPP	10
SPPG	15
SPPMG	20

Aplicando la formula tendremos diferentes valores de salida, veamos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 18. Valores de Error Amperaje y Setpoint Posición usando Formula 23
Fuente: Elaboración Propia

Error	Setpoint Posición
-1	0
-0.9	1
-0.8	2
-0.7	3
-0.6	4
-0.5	5
-0.4	6
-0.3	7
-0.2	8
-0.1	9
0	10
0.1	11
0.2	12
0.3	13
0.4	14
0.5	15
0.6	16
0.7	17
0.8	18
0.9	19
1	20

Se observa que los valores de salida, Setpoint Posición, son proporcionales a la entrada Error de Amperaje.

3.2.9.2. Controlador Difuso Posición – Frecuencia

El segundo controlador tiene como entrada el error de posición de la compuerta de la tolva de rechazo y como salida un setpoint de frecuencia para el motor de la compuerta de la misma tolva. El error de posición es resultante de la resta del setpoint de posición dado del primer controlador difuso y de la posición actual de la compuerta de la tolva dada por un sensor de posición.

De igual manera, la entrada y salida tendrán 5 conjuntos difusos:

Tabla 19. Conjuntos Difusos Error Posición
Fuente: Elaboración Propia

Variable	**Descripción**
EPNG	Error Posición Negativo Grande
EPNP	Error Posición Negativo Pequeño
EPC	Error Posición Cero
EPPP	Error Posición Positivo Pequeño
EPPG	Error Posición Positivo Grande

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 20. Conjuntos Difusos Setpoint Frecuencia
Fuente: Elaboración Propia

Variable	Descripción
SPFNG	Setpoint Frecuencia Negativo Grande
SPFNP	Setpoint Frecuencia Negativo Pequeño
SPFC	Setpoint Frecuencia Cero
SPFPP	Setpoint Frecuencia Positivo Pequeño
SPFPG	Setpoint Frecuencia Positivo Grande

Las reglas de control propuestas para este controlador son las siguientes:

Tabla 21. Reglas de Controlador Difuso Amperaje – Posición
Fuente: Elaboración Propia

Si	Error Posición	es	EPNG	entonces	Setpoint Frecuencia	es	SPFNG
Si	Error Posición	es	EPNP	entonces	Setpoint Frecuencia	es	SPFNP
Si	Error Posición	es	EPC	entonces	Setpoint Frecuencia	es	SPFC
Si	Error Posición	es	EPPP	entonces	Setpoint Frecuencia	es	SPFPP
Si	Error Posición	es	EPPG	entonces	Setpoint Frecuencia	es	SPFPG

De igual manera, al tener una sola entrada y una sola salida, esta será proporcional por lo que las reglas difusas serán representadas por ecuaciones de las rectas, para esto se plantea separar las reglas por zonas, veamos:

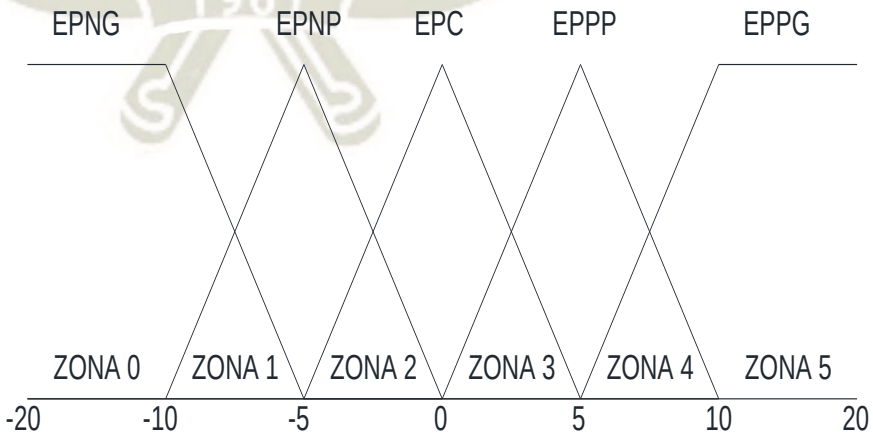


Figura 48. Zonas de Reglas Difusas Error Posición para Defusificación
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 22. Zonas y Limites de Reglas Difusas Controlador Posición – Frecuencia
Fuente: Elaboración Propia

Zona	Límite de Zona	Salida
Zona 0	EP< -10	$U = -60$
Zona 1	-10 ≤ EP < -5	$EPNG = \frac{-EP-5}{5}, EPNP = \frac{EP+10}{5}, EPC = 0,$ $EPPP = 0, EPPG = 0$
Zona 2	-5 ≤ EP < 0	$EPNG = 0, EPNP = -\frac{EP}{5}, EPC = \frac{EP+5}{5},$ $EPPP = 0, EPPG = 0$
Zona 3	0 ≤ EP < 5	$EPNG = 0, EPNP = 0, EPC = \frac{-EP+5}{5},$ $EPPP = \frac{EP}{5}, EPPG = 0$
Zona 4	5 ≤ EP < 10	$EPNG = 0, EPNP = 0, EPC = 0, EPPP = \frac{-EP+10}{5}, EPPG = \frac{EP-5}{5}$
Zona 5	EP ≥ 10	$U = 60$

Nuevamente usamos la fórmula 23, para la defusificación por el método centroide podemos obtener valores para la salida, Setpoint de Frecuencia:

$$U = \frac{EPNG * SPFNG + EPNP * SPFNP + EPC * SPFC + EPPP * SPFPP + EPPG * SPFPG}{EPNG + EPNP + EPC + EPPP + EPPG}$$

Consideraremos valores de membresía constantes para los conjuntos difusos de salida:

Tabla 23.Valores para Funciones de Membresía Conjuntos Salida
Fuente: Elaboración Propia

Variables Salida	
SPFNG	-60
SPFNP	-30
SPFC	0
SPFPP	30
SPFPG	60

Aplicando la formula tendremos diferentes valores de salida, veamos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 24.Valores de Error Posición y Setpoint Frecuencia usando Formula 23

Fuente: Elaboración Propia

Error	Setpoint Frecuencia
-10	-60
-9	-54
-8	-48
-7	-42
-6	-36
-5	-30
-4	-24
-3	-18
-2	-12
-1	-6
0	0
1	6
2	12
3	18
4	24
5	30
6	36
7	42
8	48
9	54
10	60

Se observa que los valores de salida, Setpoint Posición, son proporcionales a la entrada Error de Amperaje.

En el anexo 6 se muestra el programa en lenguaje Ladder desarrollando ambos controladores.

3.2.10. Ahorro de Energía y Control Ambiental

Realizaremos la comparación de dos proyectos con respecto al ahorro de energía, y comentaremos sobre el impacto ambiental que tendrá el presente proyecto.

3.2.10.1. Ahorro de Energía

La empresa cementera estuvo evaluando adquirir un montacarga eléctrico para el traslado del carbón rechazado hasta las chancas de acopio (1000 metros de distancia), se consultó que máquina deseaban adquirir y se definieron por el modelo 2ET2500, marca Caterpillar, que lleva hasta 1.3 Tn, el consumo de esta máquina es de 18.4 KWh.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 25. Características Montacarga Eléctrico 2ET2500
Fuente: Catalogo Caterpillar, Potencia y Rendimiento Montacargas, 2019

Características	2ET2500
Capacidad en el Centro de Carga Nominal	1,300 Kg
Centro de Carga - Distancia	500 mm
Alimentación - Diesel, Gasolina, Gas LP, Eléctrico	Eléctrica
Tipo de Llantas - Sólidas, Sólidas Neumáticas	Solida Neumática
Ruedas - Número Delantera	2x2
Batería - Tipo	Plomo - Ácido
Dimensiones de la Batería (Largo x Ancho x Altura)	20.55 x 32.68 x 24.69
Batería - Capacidad Máxima en Tasa de Descarga de 6 horas (36V)	18.4 kWh
Batería - Capacidad Máxima en Tasa de Descarga de 6 horas (48V)	19.2 kWh
Peso de la Batería, Mínimo (36V)	715 Kg
Peso de la Batería, Mínimo (48V)	679 Kg

Realicemos la comparación:

Tabla 26. Consumo Total Proyecto de Recirculación de Carbón
Fuente: Elaboración Propia

Equipos	**KWH**
Compuerta de Tolva de Rechazo, Motor	2.39
Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Principal	2.39
Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Auxiliar	1.2
TOTAL	**5.98**

Tabla 27. Consumo Montacarga Eléctrico
Fuente: Elaboración Propia

Equipos	**KWH**
Montacarga 2ET2500, Caterpillar	18.4
TOTAL	**18.4**

Como observamos en temas de ahorro de energía conviene de manera sobresaliente el presente proyecto.

3.2.10.2. Control Ambiental

Según OEFA, en su resolución directoral N°561-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, el flujo de gases del proceso de molienda de carbón, incluyendo el transporte de rechazo hasta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

canchas de acopio es de 20,034.00 m^3/h, el tipo de emisión es de partículas; con el proyecto se espera reducir el 5% del flujo indicando en el 2019, ya que se eliminará el proceso de transporte de rechazo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO IV
PRUEBAS Y RESULTADOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4. Elaboración de Programa y Prototipo

Nuevamente consideramos el diagrama de bloques de la figura 28, para proponer la utilización de dos controladores difusos para el presente proyecto:

4.1. Controlador Difuso Amperaje – Posición

Iniciamos con la creación del controlador, considerando las características brindadas en el capítulo anterior

4.1.1. Definición de Variables y Conjuntos Difusos

Las variables lingüísticas para el primer controlador son: Error de Amperaje y Setpoint de Posición. Cada variable tendrá 5 conjuntos difusos mostrados a continuación:

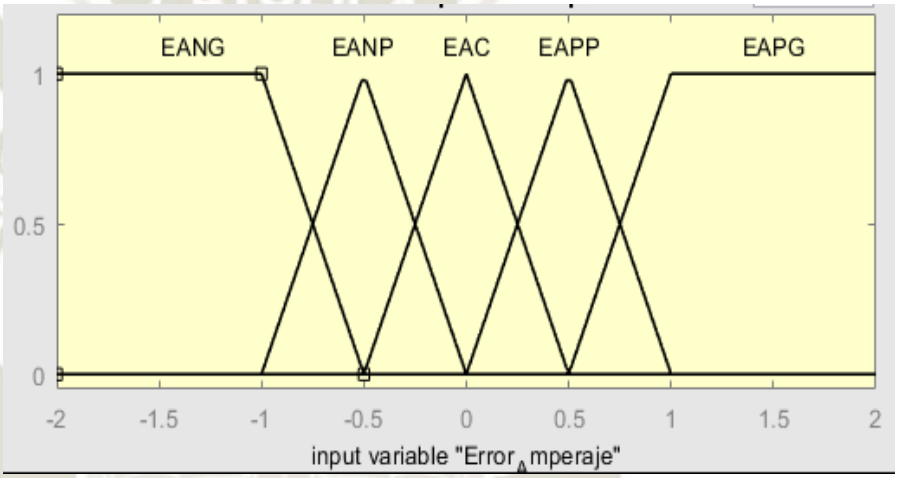


Figura 49. Conjuntos Difusos de Variable Error Amperaje
Fuente: Elaboración Propia, Matlab

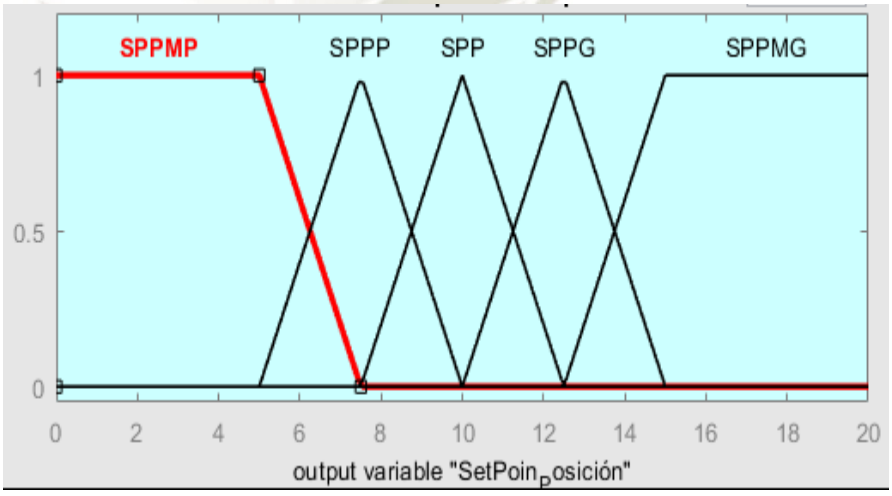


Figura 50. Conjuntos Difusos de Variable Setpoint Posición
Fuente: Elaboración Propia, Matlab

Los conjuntos difusos para la entrada (Rango de [-2 2]) son:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 28. Conjuntos Difusos Error Amperaje incluyendo Rango
Fuente: Elaboración Propia

Variable	Descripción	Tipo de Función	Rango
EANG	Error Amperaje Negativo Grande	Trapezoidal	[-2 -2 -1 0.5]
EANP	Error Amperaje Negativo Pequeño	Triangular	[-1 -0.5 0]
EAC	Error Amperaje Cero	Triangular	[-0.5 0 0.5]
EAPP	Error Amperaje Positivo Pequeño	Triangular	[0 0.5 1]
EAPG	Error Amperaje Positivo Grande	Trapezoidal	[0.5 1 2 2]

Mientras que los conjuntos difusos para la salida (Rango de [0 20]) son:

Tabla 29. Conjuntos Difusos Setpoint Posición incluyendo Rango
Fuente: Elaboración Propia

Variable	Descripción	Tipo de Función	Rango
SPPMP	Setpoint Posición Positivo Muy Pequeño	Trapezoidal	[0 0 5 7.5]
SPPP	Setpoint Posición Positivo Pequeño	Triangular	[5 7.5 10]
SPP	Setpoint Posición Positivo	Triangular	[7.5 10 12.5]
SPPG	Setpoint Posición Positivo Grande	Triangular	[10 12.5 15]
SPPMG	Setpoint Posición Positivo Muy Grande	Trapezoidal	[12.5 15 20 20]

4.1.2. Reglas de Control

Se definieron como reglas las inicialmente propuestas:

Tabla 30. Reglas de Controlador Difuso Amperaje – Posición
Fuente: Elaboración Propia

Si	Error Amperaje	es	EANG	entonces	Setpoint Posición	es	SPPMP
Si	Error Amperaje	es	EANP	entonces	Setpoint Posición	es	SPPP
Si	Error Amperaje	es	EAC	entonces	Setpoint Posición	es	SPP
Si	Error Amperaje	es	EAPP	entonces	Setpoint Posición	es	SPPG
Si	Error Amperaje	es	EAPG	entonces	Setpoint Posición	es	SPPMG

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.3. Defusificación

Para el método de defusificación se usará el método de Centroide, nos apoyamos del software Matlab para verificar la salida:

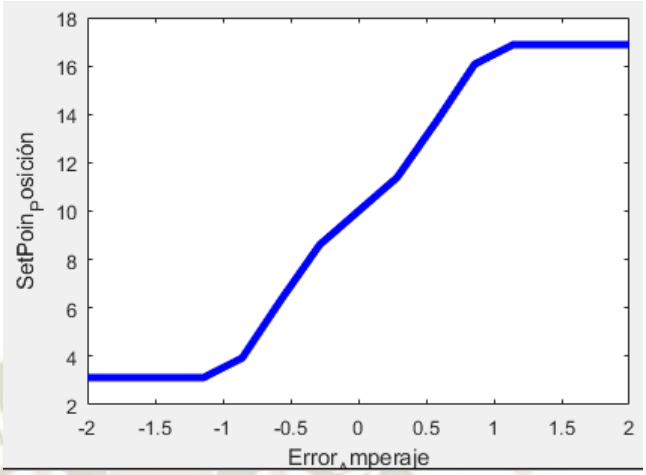


Figura 51. Defusificación de Controlador Amperaje – Posición
Fuente: Elaboración Propia, Matlab

Como se observa en la Figura 51, cuando el valor de entrada es 0, la salida será 10, mientras que cuando el valor de entrada se acerque a -2, el valor de salida se acercará a 0 y viceversa, comprobando que el controlador hace caso a las reglas de control asignadas.

4.2. Controlador Difuso Posición – Frecuencia

Iniciamos con la creación del controlador. considerando las características brindadas en el capítulo anterior

4.2.1. Definición de Variables y Conjuntos Difusos

Las variables lingüísticas para el segundo controlador son: Error de Posición y Setpoint de Frecuencia. De igual manera, cada variable tendrá 5 conjuntos difusos mostrados a continuación:

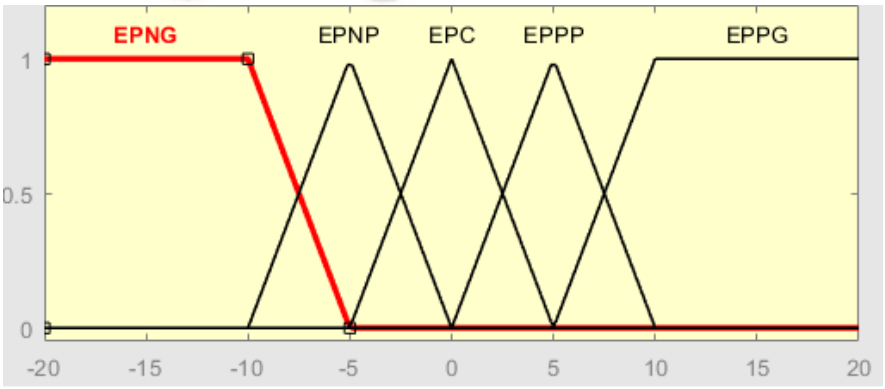


Figura 52. Conjuntos Difusos de Variable Error Posición
Fuente: Elaboración Propia, Matlab

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

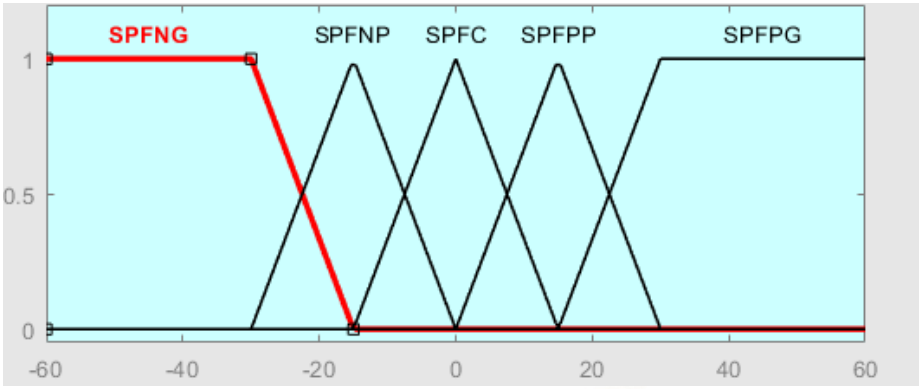


Figura 53. Conjuntos Difusos de Variable Setpoint Frecuencia
Fuente: Elaboración Propia, Matlab

Los conjuntos difusos para la entrada (Rango [-20 20]) son:

Tabla 31.Conjuntos Difusos Error Posición
Fuente: Elaboración Propia

Variable	**Descripción**	**Tipo de Función**	**Rango**
EPNG	Error Posición Negativo Grande	Trapezoidal	[-20 -20 -10 -5]
EPNP	Error Posición Negativo Pequeño	Triangular	[-10 -5 0]
EPC	Error Posición Cero	Triangular	[-5 0 5]
EPPP	Error Posición Positivo Pequeño	Triangular	[0 5 10]
EPPG	Error Posición Positivo Grande	Trapezoidal	[5 10 20 20]

Mientras que los conjuntos difusos para la salida (Rango [-60 60]) son:

Tabla 32. Conjuntos Difusos Setpoint Frecuencia
Fuente: Elaboración Propia

Variable	**Descripción**	**Tipo de Función**	**Rango**
SPFNG	Setpoint Frecuencia Negativo Grande	Trapezoidal	[-60 -60 -30 -15]
SPFNP	Setpoint Frecuencia Negativo Pequeño	Triangular	[-30 -15 0]
SPFC	Setpoint Frecuencia Cero	Triangular	[-15 0 15]
SPFPP	Setpoint Frecuencia Positivo Pequeño	Triangular	[0 15 30]
SPFPG	Setpoint Frecuencia Positivo Grande	Trapezoidal	[15 30 60 60]

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2.2. Reglas de Control

Se definieron como reglas las inicialmente propuestas:

Tabla 33. Reglas de Controlador Difuso Posición – Frecuencia
Fuente: Elaboración Propia

Si	Error Posición	es	EPNG	entonces	Setpoint Frecuencia	es	SPFNG
Si	Error Posición	es	EPNP	entonces	Setpoint Frecuencia	es	SPFNP
Si	Error Posición	es	EPC	entonces	Setpoint Frecuencia	es	SPFC
Si	Error Posición	es	EPPP	entonces	Setpoint Frecuencia	es	SPFPP
Si	Error Posición	es	EPPG	entonces	Setpoint Frecuencia	es	SPFPG

4.2.3. Defusificación

Para el método de defusificación se usará el método de Centroide, nos apoyamos del software Matlab para verificar la salida:

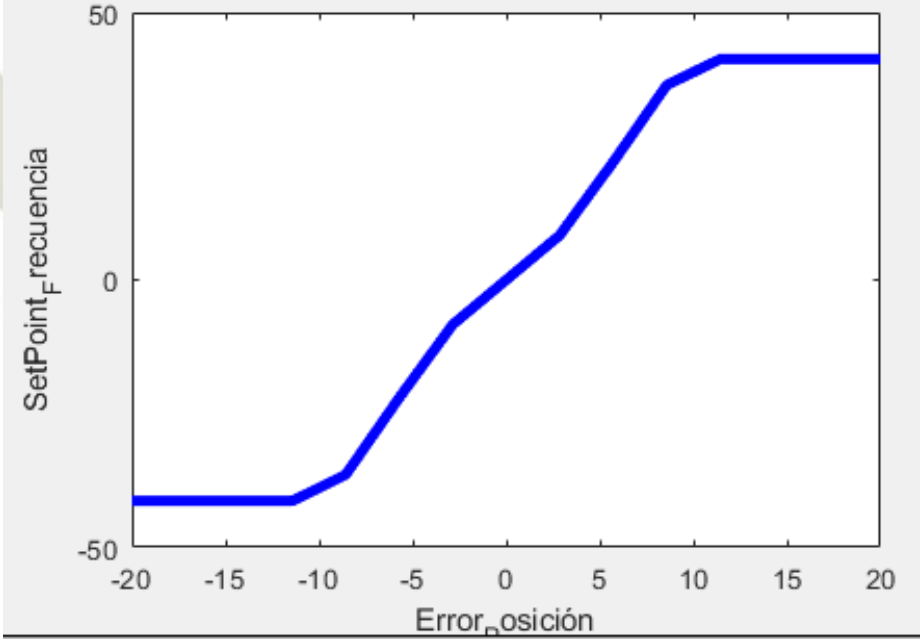


Figura 54. Defusificación de Controlador Posición – Frecuencia
Fuente: Elaboración Propia, Matlab

Como se observa en la Figura 54, cuando el valor de entrada es 0, la salida será 0, mientras que cuando el valor de entrada se acerque a -20, el valor de salida se acercará a -50 y viceversa, comprobando que el controlador hace caso a las reglas de control asignadas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.3. Simulación en Simulink

Simulink es una herramienta de Matlab que nos permite monitorear en tiempo real procesos programados en su sistema, verificaremos la funcionalidad de los 2 controladores difusos propuestos

4.3.1. Controlador Difuso Amperaje – Posición

A continuación, verificamos simulando variables en simulink:

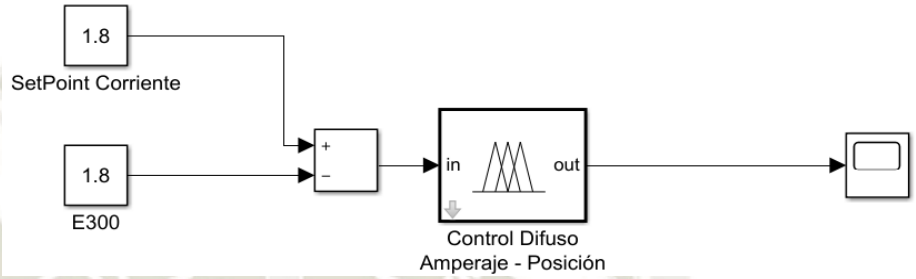


Figura 55. Simulación en Simulink Controlador Amperaje – Posición
Fuente: Elaboración Propia, Simulink

Se muestran diferentes valores para Setpoint Posición (“Y”) tomadas de diferentes lecturas de corriente del módulo E300 simulado, considerando un valor de 1.8A como setpoint de corriente.

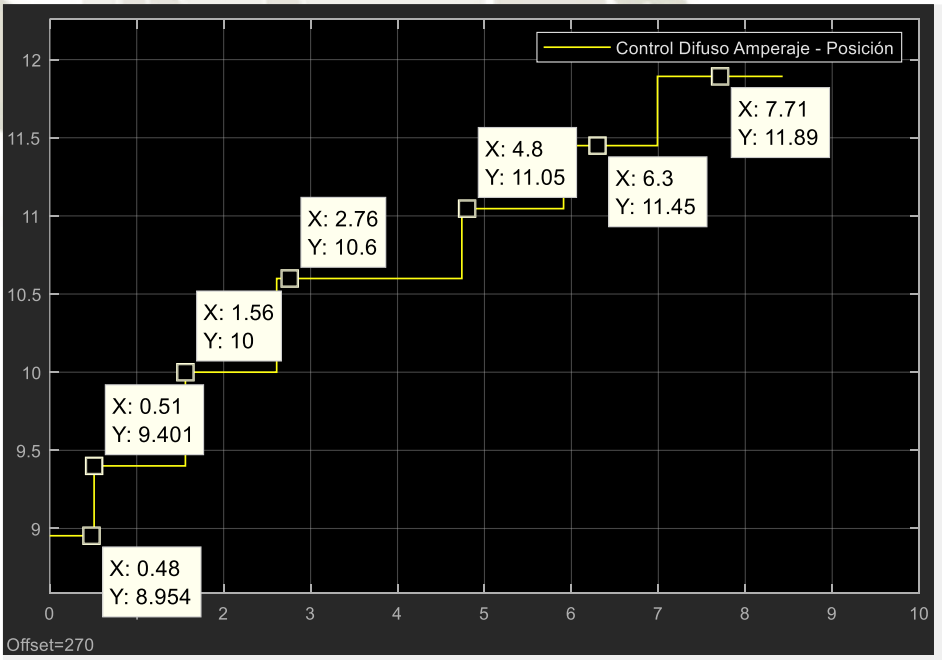


Figura 56. Monitorización de Valores para Setpoint Posición
Fuente: Elaboración Propia, Simulink

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 34. Toma de Lecturas Amperaje – Posición
Fuente: Elaboración Propia

Lectura de Corriente [A]	Setpoint Posición [cm]
2	8.95
1.9	9.40
1.8	10.00
1.7	10.60
1.6	11.05
1.5	11.45
1.4	11.89

4.3.2. Controlador Difuso Posición – Frecuencia

A continuación, verificamos simulando variables en simulink:

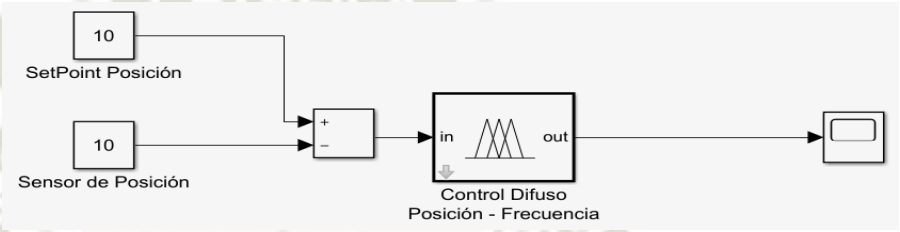


Figura 57. Simulación en Simulink Controlador Posición – Frecuencia
Fuente: Elaboración Propia, Simulink

Se muestran diferentes valores para Setpoint Frecuencia (“Y”) tomadas de diferentes lecturas de sensor de posición simulado, considerando un valor de 10 cm como setpoint de posición.

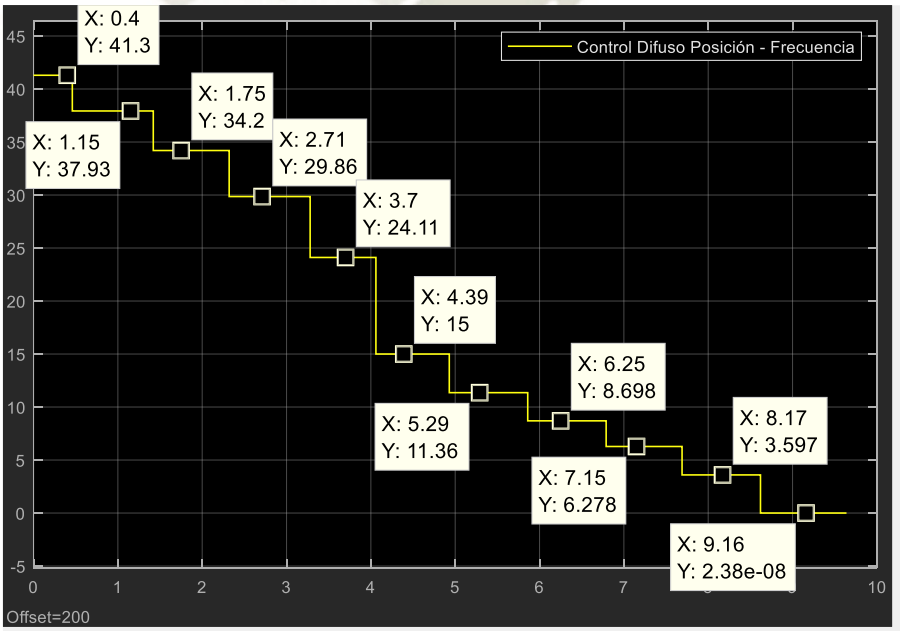


Figura 58. Monitorización de Valores para Setpoint Frecuencia
Fuente: Elaboración Propia, Simulink

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 35 Toma de Lecturas Posición – Frecuencia
Fuente: Elaboración Propia

Lectura de Posición [cm]	Setpoint Frecuencia [Hz]
0	41.30
1	37.93
2	34.20
3	29.86
4	24.11
5	15.00
6	11.36
7	8.70
8	6.28
9	3.60
10	0.00

4.4. Elaboración de Prototipo

Con la memoria de cálculo realizado para el proyecto se dibujaron a medida real cangilones, sprockets, cadenas, tolva y compuerta, en el software Autodesk Inventor Professional que es un software especializado para el diseño de productos e ingeniería.

Visualizaremos el ensamblaje de las piezas en 2 partes, primero para el elevador de cangilones que incluye cadena, cangilones y sprockets:

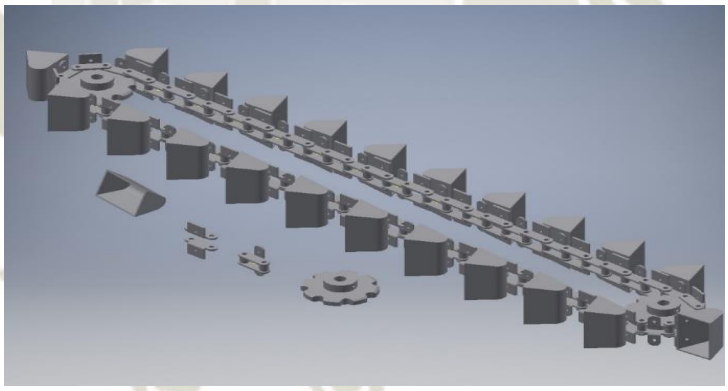


Figura 59. Ensamblaje Elevador de Cangilones
Fuente: Elaboración Propia, Autodesk Inventor

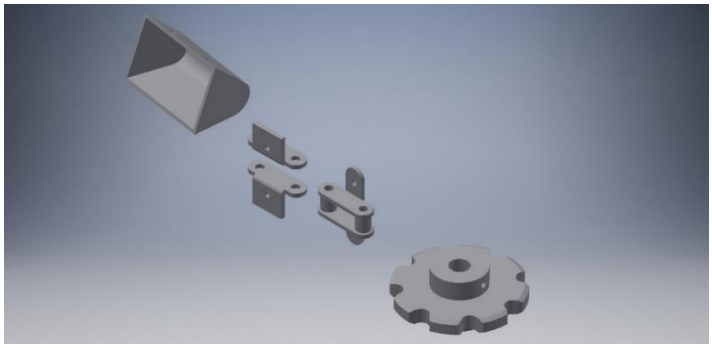


Figura 60. Piezas Usadas para Ensamblaje de Elevador de Cangilones
Fuente: Elaboración Propia, Autodesk Inventor

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Y segundo para la tolva, incluyendo la compuerta fija y compuerta eléctrica tipo tornillo:

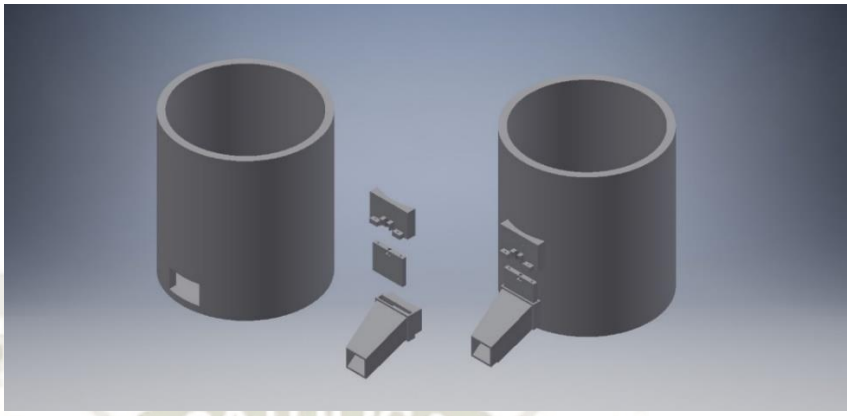


Figura 61. Ensamblaje Tolva de Rechazo y Piezas Usadas
Fuente: Elaboración Propia, Autodesk Inventor

Todas las piezas diseñadas fueron impresas a 3D a escala para tener un prototipo del proceso general.

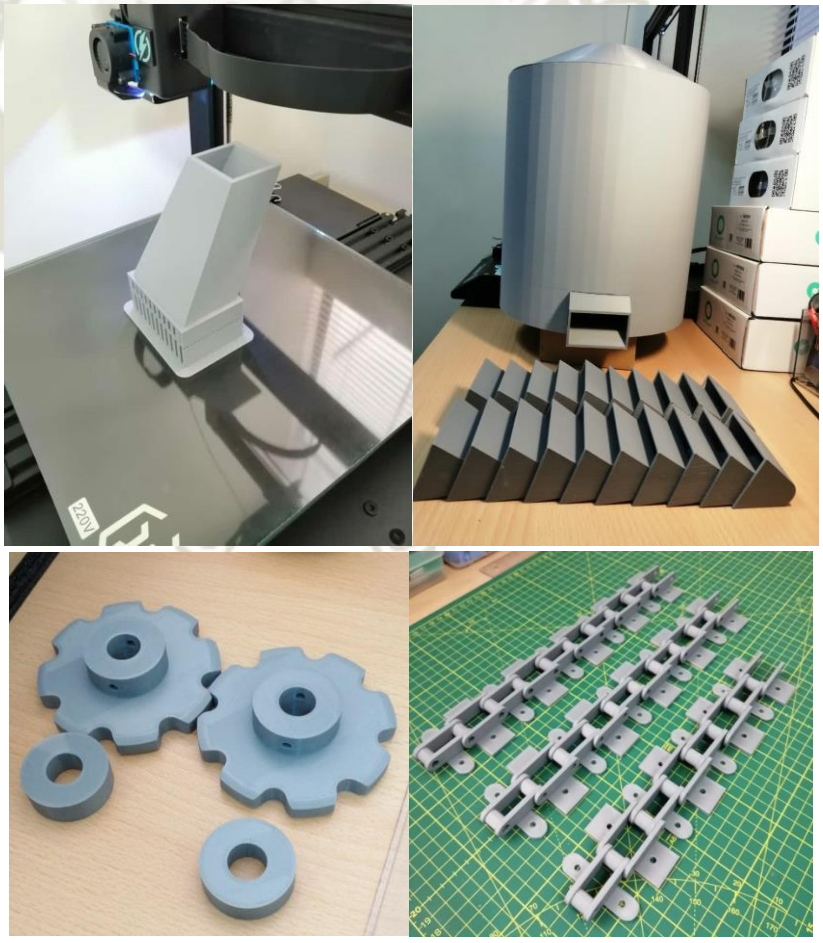


Figura 62. Piezas Impresas en 3D, realizadas en software Autodesk Inventor
Fuente: Elaboración Propia, fotografías tomadas en Taller de Impresión 3D

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Para el ensamble de la tolva de rechazo se usó soldadura en frio y triz, además se consideró el montaje de un minimotoreductor para que la compuerta pueda efectuar el efecto sinfín, así como el montaje de un potenciómetro que hará de sensor de posición, este va unido a la compuerta móvil. (Figura 63)

Para el ensamble del elevador de cangilones se usaron tornillos y tuercas, tanto para la cadena y cangilones, para los sprockets se usaron 2 barras de aluminio (eje principal y secundario) con rodamientos en ambos lados, además se monta un motor paso a paso para ser el actuador del elevador (Figura 64).

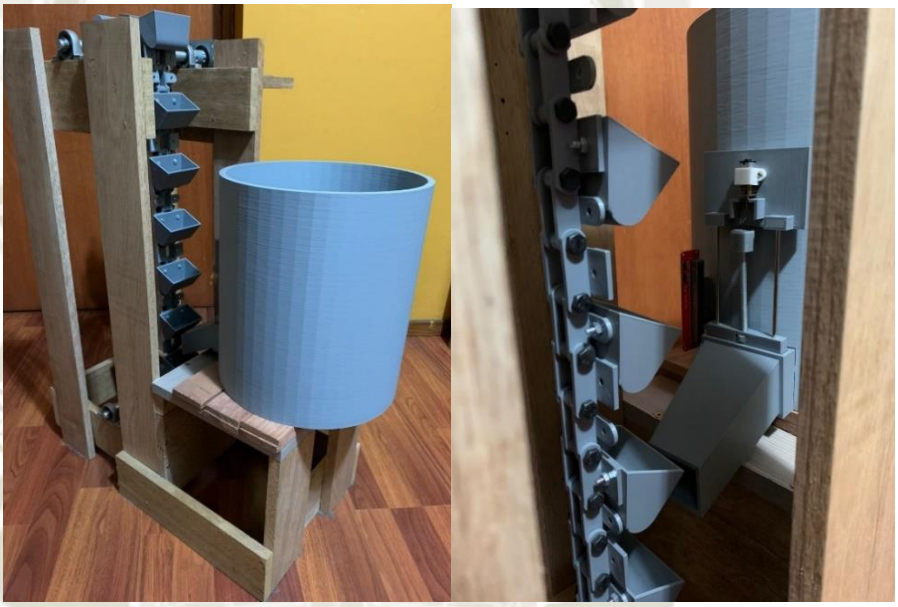


Figura 63. Tolva Ensamblada con Compuerta
Fuente: Elaboración Propia



Figura 64. Elevador de Cangilones Ensamblado
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.5. Monitorización con Prototipo

Se describirá los métodos usados para el funcionamiento del elevador de cangilones y de la compuerta de la tolva, además se mostrará un esquemático general donde se observan los controladores Arduino Uno, Arduino Mega, modulo L298N y PCB L293D.

4.5.1. Elevador de Cangilones

Para el funcionamiento de motor paso a paso del elevador de cangilones se usó el controlador Arduino Uno, además del módulo L298N, este puente H permite el movimiento tanto de motores DC como de motores paso a paso, la programación se muestra a continuación:

```
//Se importa librería para motores paso a paso
#include <Stepper.h>
//Número de pasos que necesita para dar una vuelta
#define STEPS 200

//Nombre al motor, el número de pasos
//y los pines de control
Stepper stepper(STEPS, 8, 9, 10, 11);

void setup()
{
  // Velocidad del motor en RPM
  stepper.setSpeed(50);
}

void loop()
{
  //Girar una vuelta entera en un sentido
  stepper.step(200);
}
```

Figura 65. Programa para Motor Paso a Paso
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 66, se muestra el motor paso a paso montado al eje principal del elevador de cangilones y el módulo L298N, se puede observar también un potenciómetro, este brinda una señal simulada para la corriente consumida del motor, esta señal ira conectada al controlador Arduino Mega de la Tolva de Rechazo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

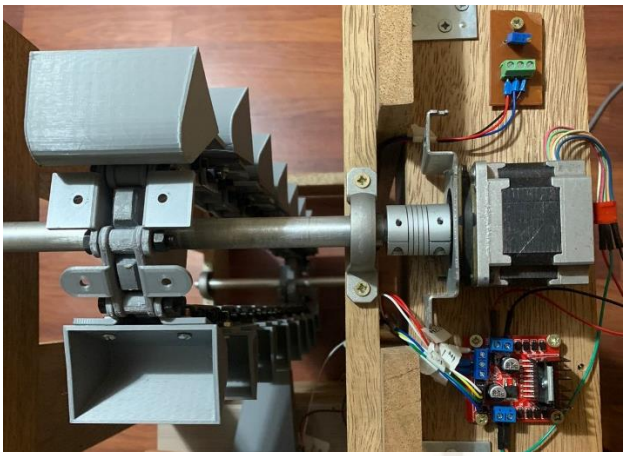


Figura 66. Elevador de Cangilones, Módulo L298N, Motor Paso a Paso y Potenciómetro Simulador de Corriente
Fuente: Elaboración Propia

4.5.2. Tolva de Rechazo

Como se indicó anteriormente, la compuerta de la tolva de rechazo usa un minimotoreductor para el efecto sinfín de la misma compuerta, este es controlado por un integrado L293D, este integrado nos permite no solo direccionar al minimotoreductor, si no que, además, regula su velocidad; se fabricó un PCB para facilitar la conexión en el punto.

En la Figura 67, se muestra el PCB fabricado, así como el minimotoreductor montado en el tornillo sinfín de la compuerta, adicionalmente se observa el potenciómetro deslizante montado con la compuerta, que cumple el papel de sensor de posición.

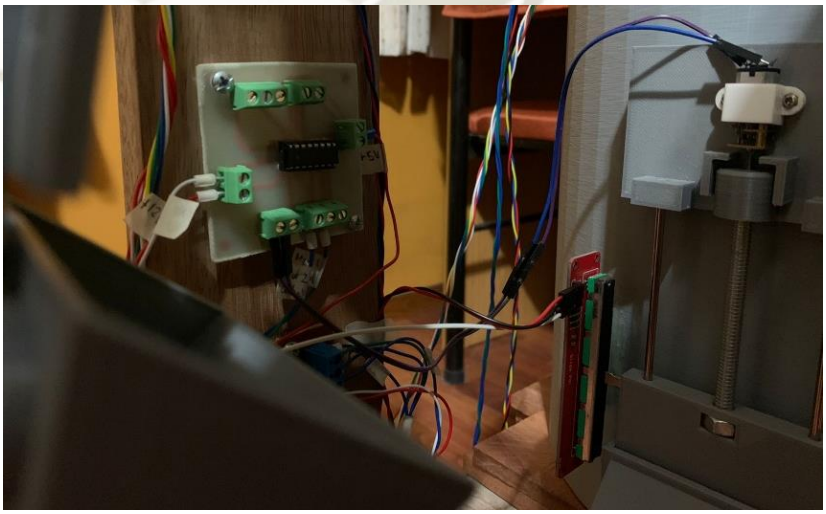


Figura 67. PCB L293D, Minimotoreductor y Sensor de Posición de Compuerta de Tolva de Rechazo
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ambos sistemas, cuentan con borneras de paso, ubicadas estratégicamente para facilitar el conexionado tanto de las fuentes a usar (Fuentes de 12V y 5V) como de la conexión a los controladores Arduino Uno y Arduino Mega.

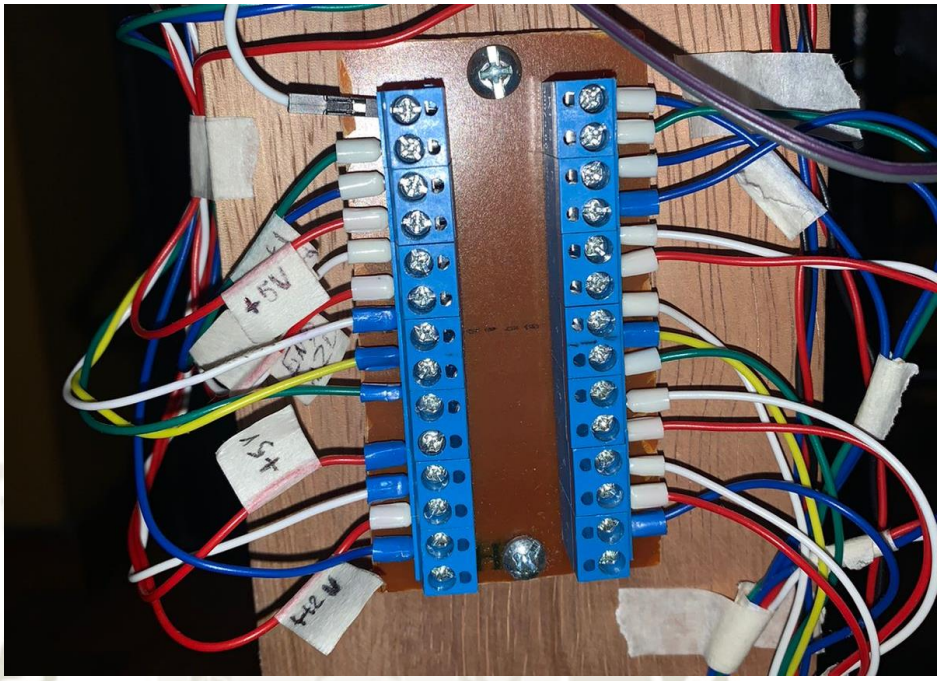


Figura 68. Borneras de Paso ubicada a Nivel de Compuerta de Tolva
Fuente: Elaboración Propia

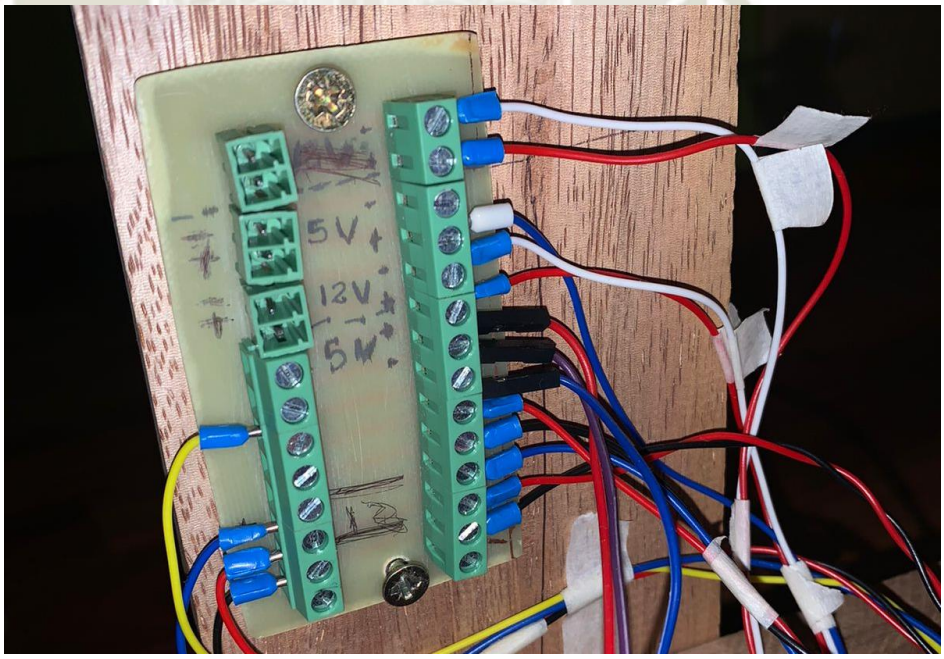


Figura 69. Borneras de Paso ubicadas en la Base de Prototipo para Fuentes de Alimentación
Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se mostrará el diagrama de conexiones de todo el sistema:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

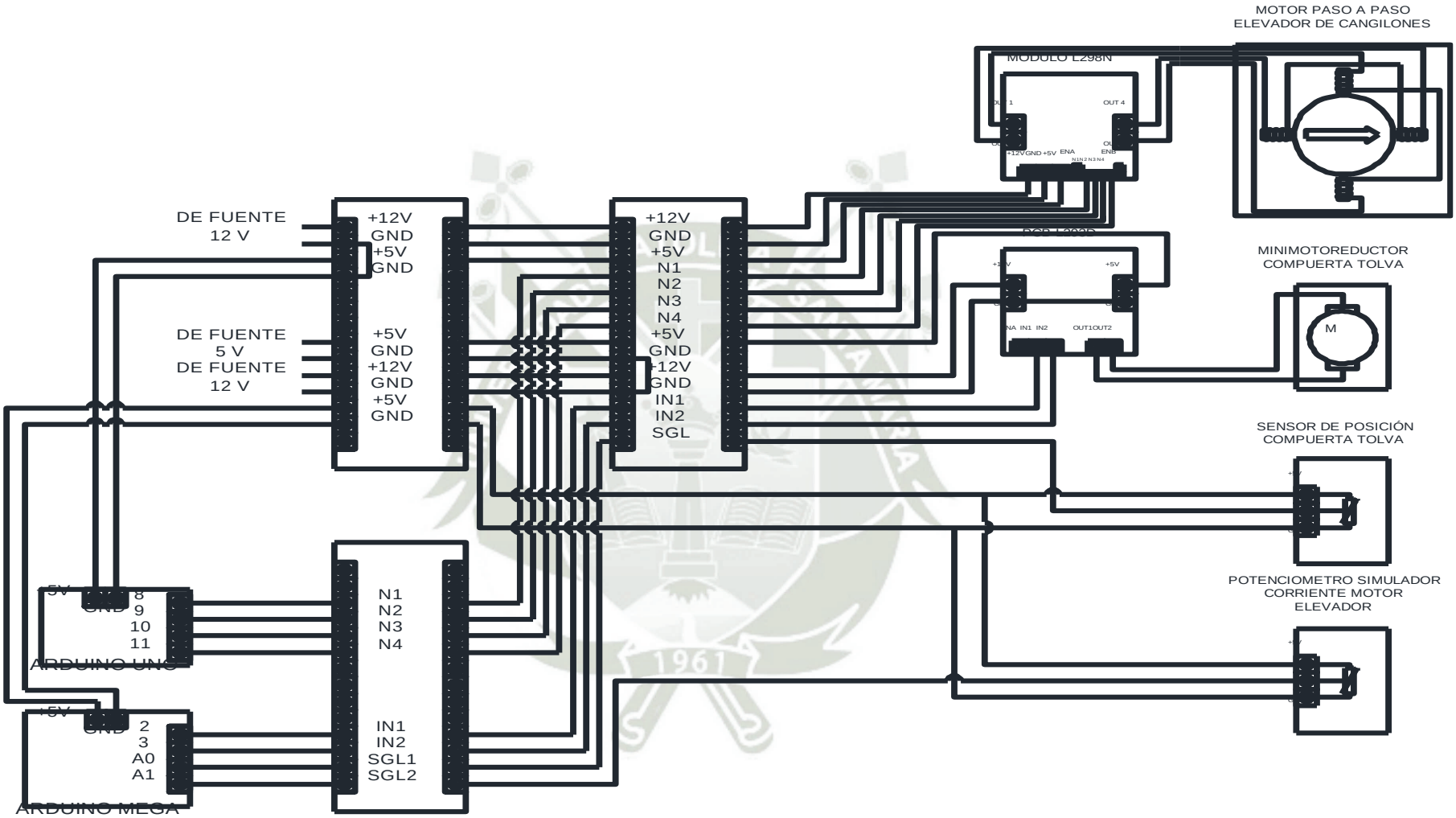


Figura 70. Diagrama de Conexiones Prototipo
Fuente: Elaboración Propia, Autodesk Autocad

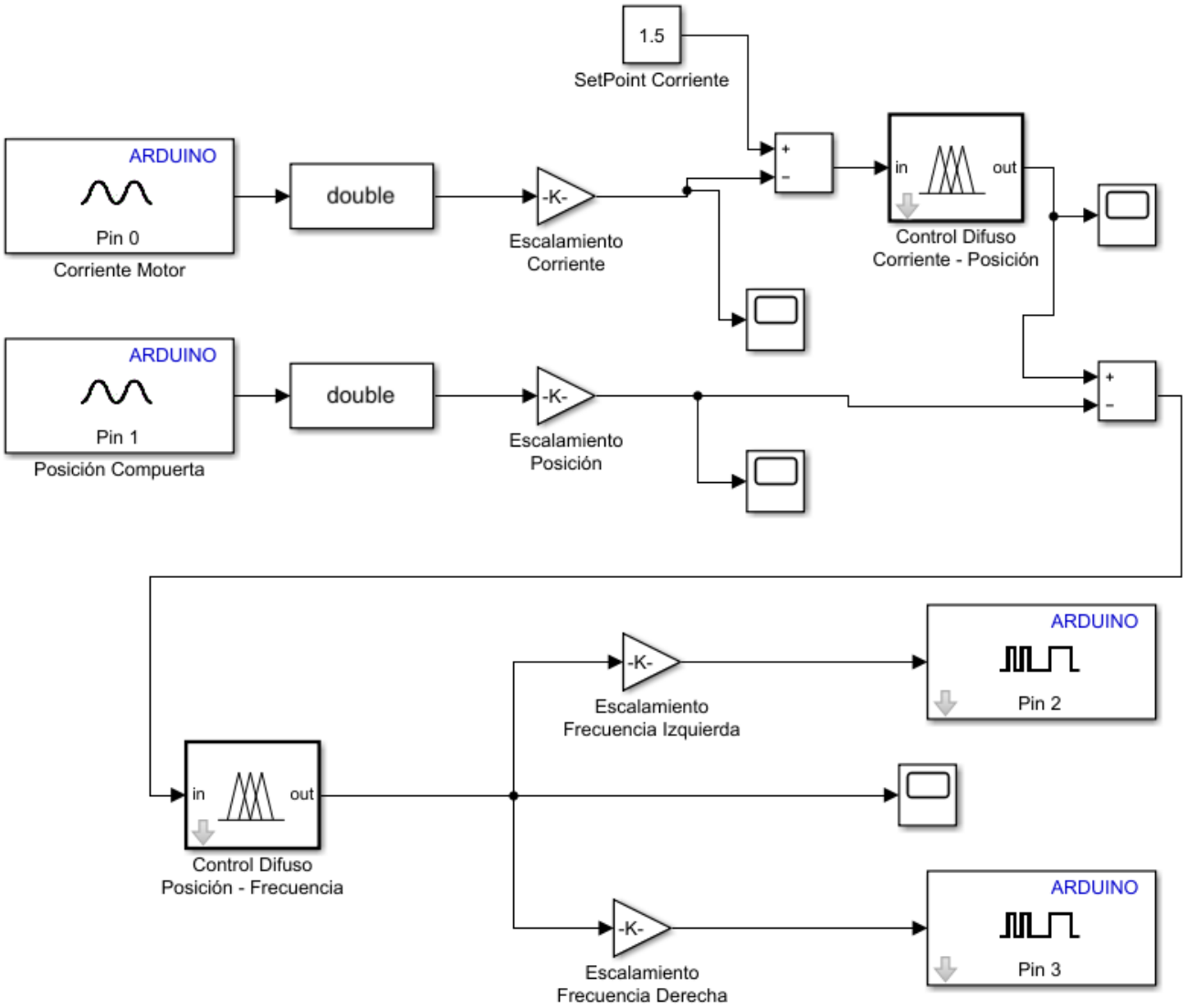


Figura 71. Programa en Simulink para Monitorización con Prototipo
Fuente: Elaboración Propia, Simulink

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

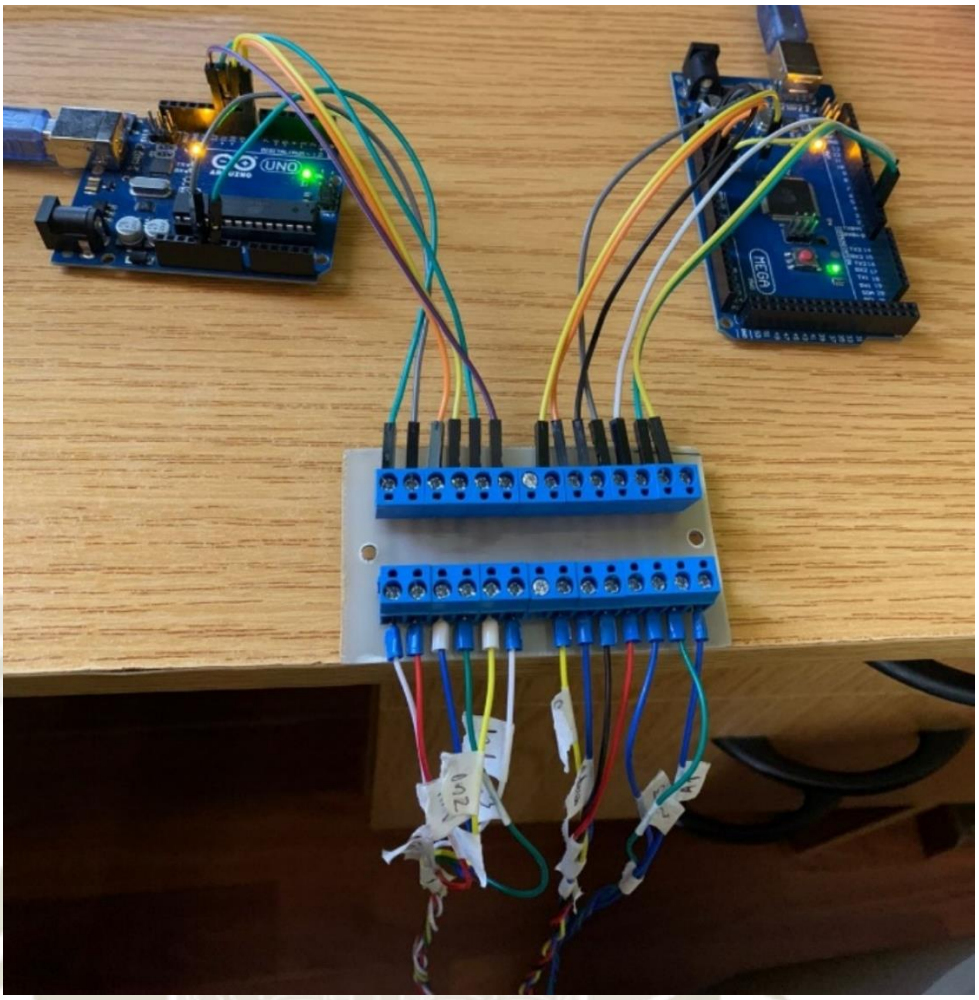


Figura 72. Bornera de Paso para Conexión a Arduino Uno y Arduino Mega
Fuente: Elaboración Propia

Para la monitorización con el prototipo usaremos nuevamente Simulink, esta vez nos apoyaremos del microcontrolador Arduino MEGA, para poder interactuar con los instrumentos y actuadores.

El sensor de posición nos dará el nivel de apertura de la compuerta de la tolva, mientras que un potenciómetro hará de modulo E300, para obtener la lectura de corriente del motor del elevador (en este caso un motor paso a paso).

Para el setpoint se usará un valor de 1.5A, dato que se encontró mediante la memoria de cálculo.

Como se observa en la figura 71, se tiene la lectura de corriente simulada por potenciómetro por el pin A0, dado que la entrada recibe valores de 0 a 1024, esta se debe escalar de 0 a 2, pasa por un bloque de resta con el setpoint de corriente establecido para ser entrada del primero control difuso, el resultado de este es el setpoint de posición, este valor es comparado con el valor del sensor de potenciómetro, pin A01, previamente escalado de 0 a 20,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

nuevamente el resultado de la resta es enviado al segundo control difuso, para otorgarnos un valor de frecuencia entre -60 a 60, este valor debe ser escalado para sentido horario (de 0 a 255) y sentido antihorario (de -255 a 0), para finalmente ser enviado a los pines PWM 2 y 3.

Asumiremos que el elevador de cangilones está trabajando en condiciones normales, no tiene ningún causante de trabamiento, este trabajará a un valor fijo de 1.2A ya que no alcanza su amperaje nominal (1.5A) y mucho menos su máximo amperaje de trabajo (1.8A), los valores de frecuencia para diferentes valores del sensor de posición serán:

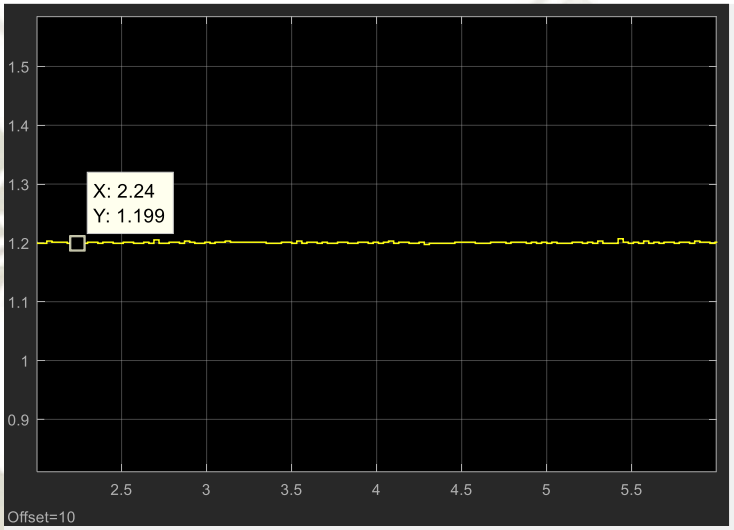


Figura 73. Monitorización de Valores para Setpoint de Posición con Prototipo, Lectura Amperaje: 1.2A
Fuente: Elaboración Propia, Simulink

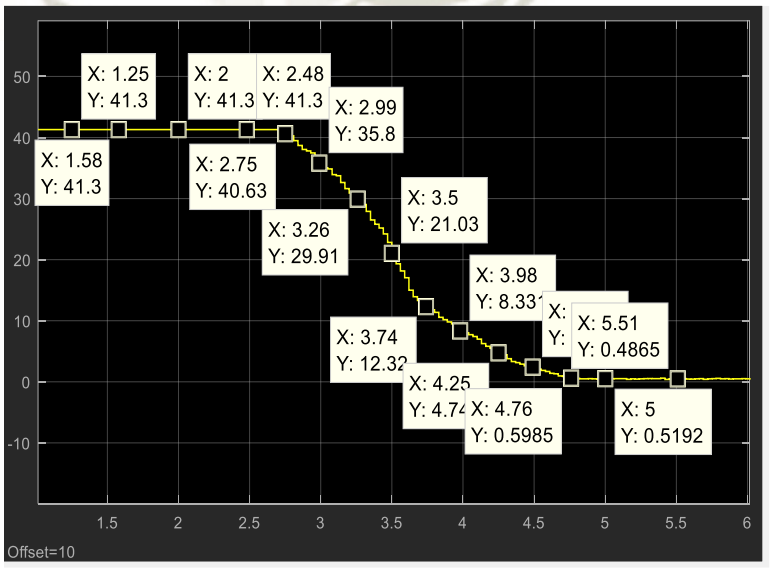


Figura 74. Monitorización de Valores para Setpoint de Frecuencia con Prototipo, Lectura Amperaje: 1.2A
Fuente: Elaboración Propia, Simulink

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

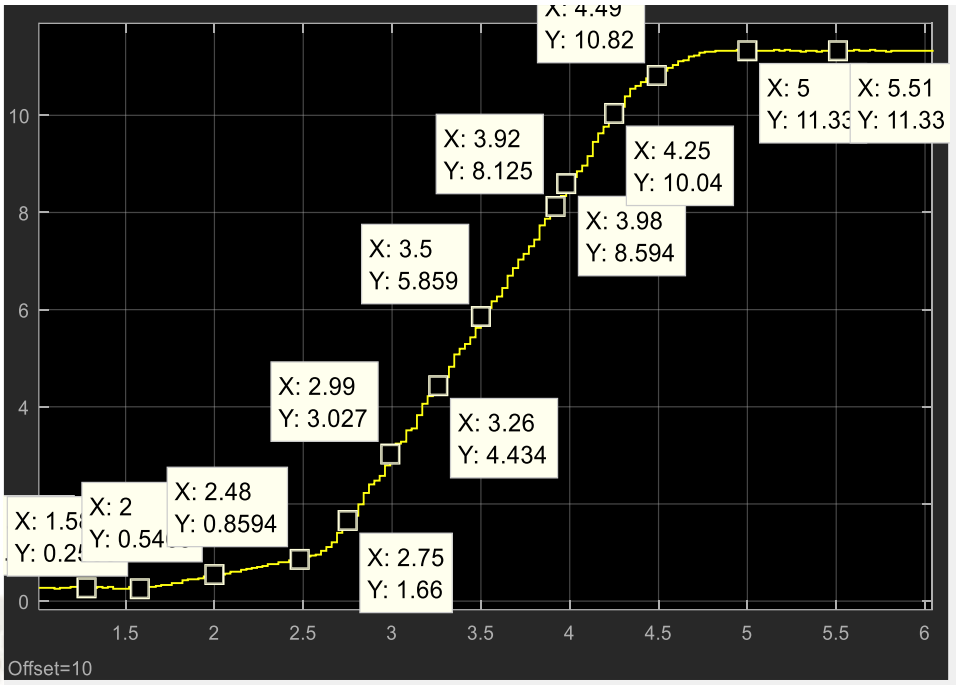


Figura 75. Monitorización de Valores de Sensor de Posición con Prototipo, Lectura Amperaje: 1.2A
Fuente: Elaboración Propia, Simulink

Tabla 36. Toma de Lecturas de Corriente y Posición con Prototipo, Salida Frecuencia, SP Amperaje: 1.5A
Fuente: Elaboración Propia

Setpoint de Corriente [A]	Lectura de Corriente [A]	Setpoint Posición [cm]	Lectura de Posición [cm]	Setpoint Frecuencia [Hz]
1.5	1.2	11.45	0.2734	41.30
1.5	1.2	11.45	0.2539	41.30
1.5	1.2	11.45	0.5469	41.30
1.5	1.2	11.45	0.8594	41.30
1.5	1.2	11.45	1.660	40.63
1.5	1.2	11.45	3.027	35.80
1.5	1.2	11.45	4.434	29.91
1.5	1.2	11.45	5.859	21.03
1.5	1.2	11.45	7.148	12.32
1.5	1.2	11.45	8.594	8.331
1.5	1.2	11.45	10.04	4.748
1.5	1.2	11.45	10.82	2.402
1.5	1.2	11.45	11.33	0.5192
1.5	1.2	11.45	11.33	0.4865

Asumamos que el elevador sufre trabamiento de algún tipo, el monitor de amperaje detectará una subida en su valor de corriente, valor 1.8A, veamos cómo se comportan los controladores

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

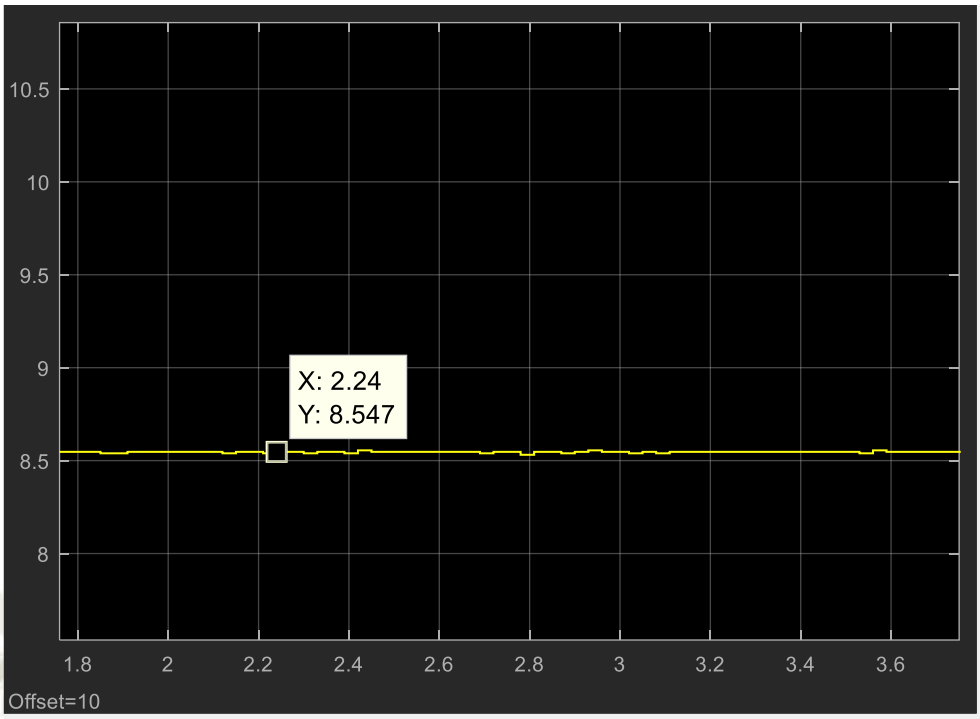


Figura 76. Monitorización de Valores para Setpoint de Posición con Prototipo, Lectura Amperaje: 1.8A
Fuente: Elaboración Propia, Simulink

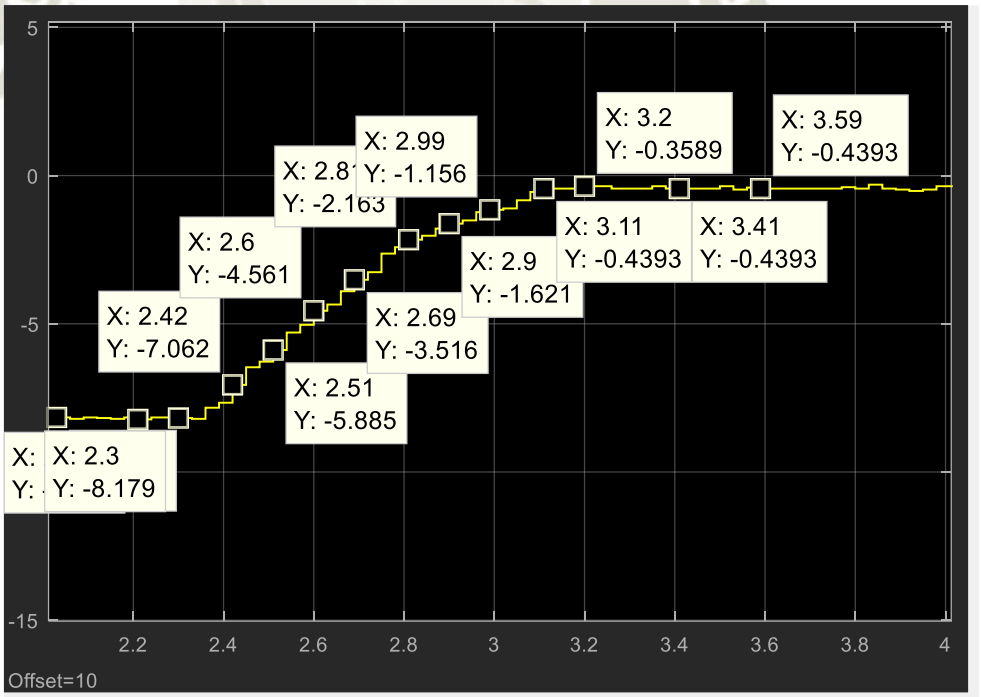


Figura 77. Monitorización de Valores para Setpoint de Frecuencia con Prototipo, Lectura Amperaje: 1.8A
Fuente: Elaboración Propia, Simulink

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

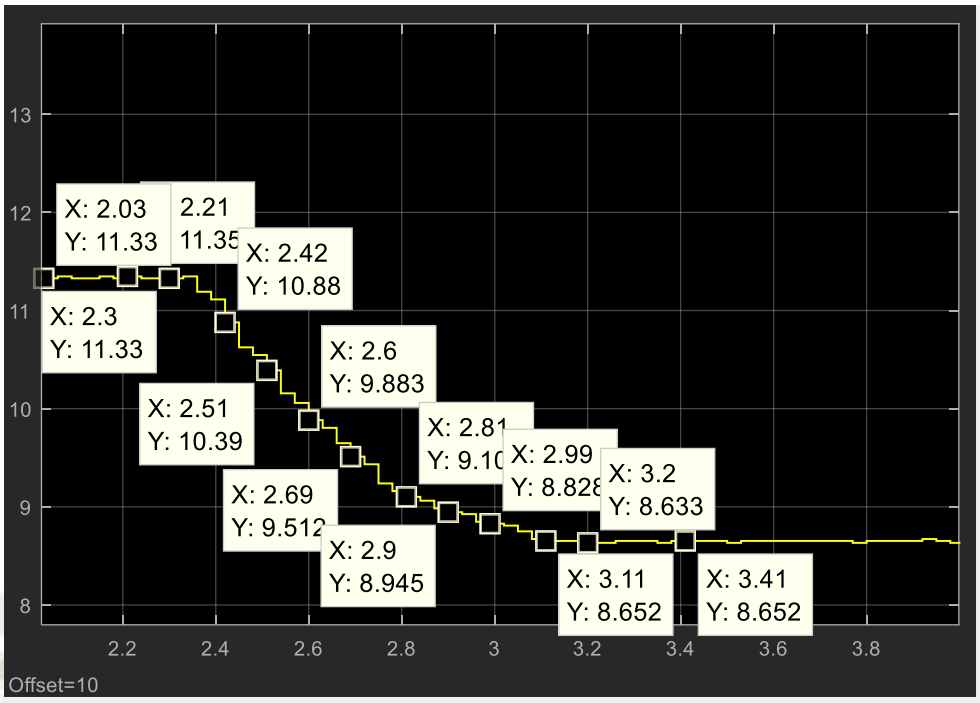


Figura 78.Monitorización de Valores de Sensor de Posición con Prototipo, Lectura Amperaje: 1.2A
Fuente: Elaboración Propia, Simulink

Tabla 37 Toma de Lecturas de Corriente y Posición, Salida Frecuencia, SP Amperaje: 1.8
Fuente: Elaboración Propia

Setpoint de Corriente [A]	Lectura de Corriente [A]	Setpoint Posición [cm]	Lectura de Posición [cm]	Setpoint Frecuencia [Hz]
1.5	1.8	8.55	11.35	-8.227
1.5	1.8	8.55	10.88	-7.062
1.5	1.8	8.55	10.39	-5.885
1.5	1.8	8.55	9.883	-4.561
1.5	1.2	8.55	9.512	-3.516
1.5	1.2	8.55	9.102	-2.163
1.5	1.2	8.55	8.945	-1.621
1.5	1.2	8.55	8.828	-1.156
1.5	1.2	8.55	8.652	-0.4393
1.5	1.2	8.55	8.633	-0.3589

Como se observa al tener un incremento en el módulo de corriente, los controladores mandan a cerrar la compuerta para regular su corriente y que no supere su nominal.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 79. Prototipo con el Elevador de Cangilones en Movimiento
Fuente: Elaboración Propia, Simulink

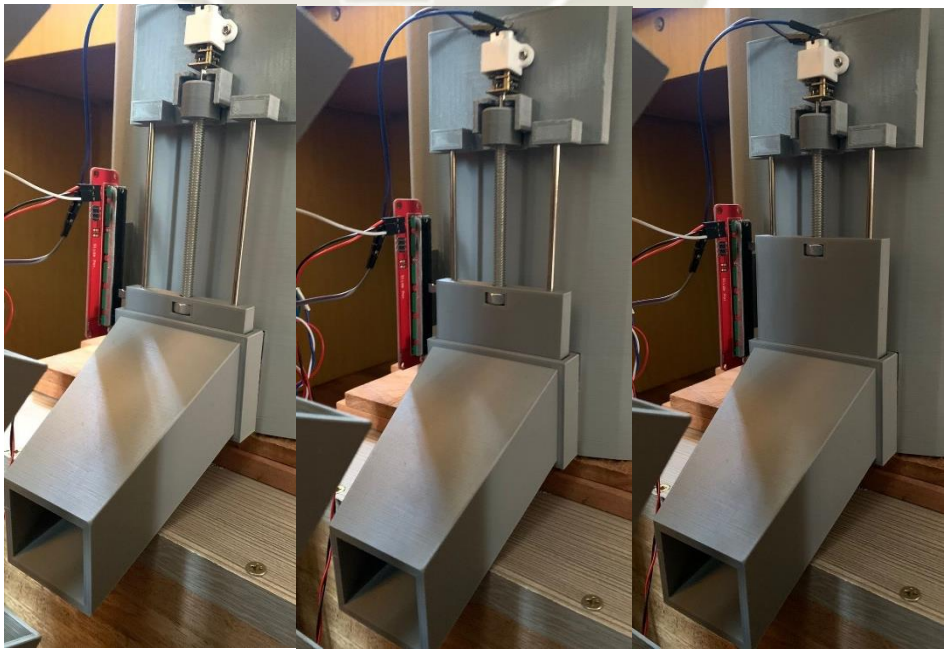


Figura 80. Compuerta de Tolva Cerrada, Media Abierta y Abierta
Fuente: Elaboración Propia, Simulink

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.6. Programa en RSLogix 5000 y Sistema SCADA

Para el programa en RSLogix 5000 se propone usar una rutina principal y 12 subrutinas, 6 para cada controlador difuso. De las 6 subrutinas, 5 por cada conjunto difuso, ahí mismo debe realizar el proceso de defusificación y la última para verificar a que conjunto debe ir y continuar con su proceso de defusificación. Los valores para la defusificación fueron tomados experimentalmente desde el simulink. El programa completo se mostrará en el Anexo 06.

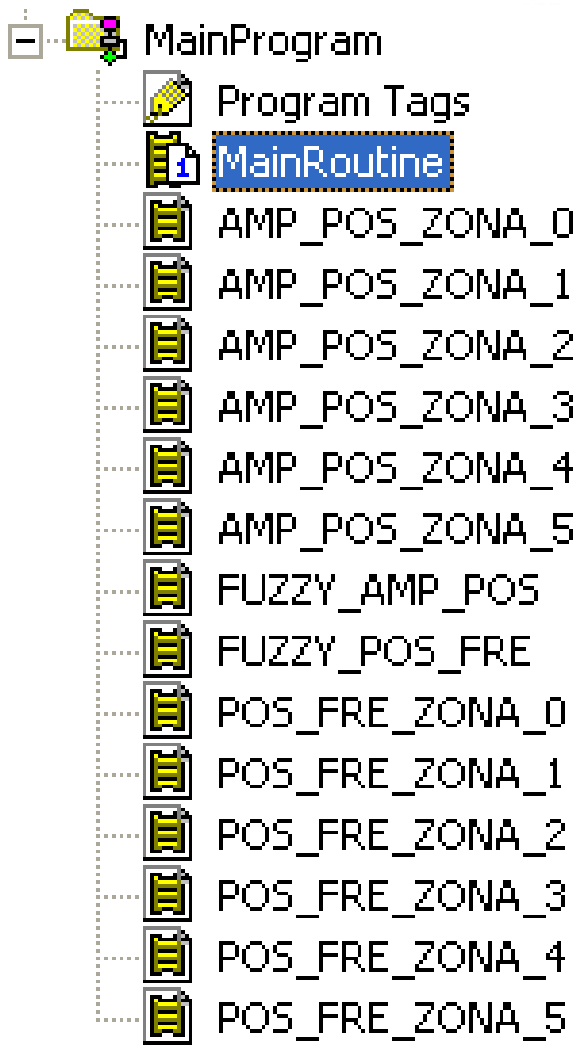


Figura 81. Rutinas y Subrutinas del proyecto en RSLogix 5000
Fuente: Elaboración Propia

El sistema SCADA nos presentará una pantalla principal donde se podrá monitorear todos los equipos del grupo 05 de recirculación de carbón, además de darnos la opción de entrar a ventanas de alarmas y tendencias. Además, cuenta con una base de datos, donde se puede verificar la variación de valores de: 9181_FCO, 9181_FI, 9181_SP_POS, 9181_WI, 9181_ZI y 9182-1_II, considerar que se pueden adicionar más variables.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

	A	B	C	D	E
1	TagName	TagIndex	TagType	TagDataType	
2	Tags\9181_FCO	0	2	1	
3	Tags\9181_FI	1	2	1	
4	Tags\9181_SP_POS	2	2	1	
5	Tags\9181_WI	3	2	1	
6	Tags\9181_ZI	4	2	1	
7	Tags\9182-1_II	5	2	1	
8	Tags\SP	6	2	1	
9	Tags\SPPeso	7	2	1	
10	Tags\Peso_Camara	8	2	1	
11	Tags\Desplazamiento	9	2	1	
12	9181_ZI	10	3	0	

	A	B	C	D	E	F
1	DateAndTime	Millitm	TagIndex	Val	Status	Marker
2	11/04/2022	188	0	0		B
3	11/04/2022	188	1	0	S	B
4	11/04/2022	188	2	10		B
5	11/04/2022	188	3	6001		B
6	11/04/2022	188	4	8		B
7	11/04/2022	188	5	0		B
8	11/04/2022	219	0	0		
9	11/04/2022	219	1	0		
10	11/04/2022	219	2	10		
11	11/04/2022	219	3	6001		
12	11/04/2022	219	4	8		
13	11/04/2022	219	5	0		
14	11/04/2022	266	0	0		
15	11/04/2022	266	1	0		
16	11/04/2022	266	2	10		
17	11/04/2022	266	3	6001		
18	11/04/2022	266	4	8		
19	11/04/2022	266	5	0		
20	11/04/2022	281	0	0		
21	11/04/2022	281	1	0		
22	11/04/2022	281	2	10		
23	11/04/2022	281	3	6001		
24	11/04/2022	281	4	8		
25	11/04/2022	281	5	0		
26	11/04/2022	297	0	0		
27	11/04/2022	297	1	0		
28	11/04/2022	297	2	10		
29	11/04/2022	297	3	6001		
30	11/04/2022	297	4	8		
31	11/04/2022	297	5	0		
32	11/04/2022	344	0	0		
33	11/04/2022	344	1	0		
34	11/04/2022	344	2	10		
35	11/04/2022	344	3	6001		
36	11/04/2022	344	4	8		
37	11/04/2022	344	5	0		
38	11/04/2022	360	0	0		
39	11/04/2022	360	1	0		
40	11/04/2022	360	2	10		
41	11/04/2022	360	3	6001		
42	11/04/2022	360	4	8		
43	11/04/2022	360	5	0		
44	11/04/2022	375	0	0		
45	11/04/2022	375	1	0		
46	11/04/2022	375	2	10		
47	11/04/2022	375	3	6001		
48	11/04/2022	375	4	8		

Figura 82. Base de Datos Proyecto Grupo 05 Recirculación
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Verificaremos en el SCADA la similitud con la simulación de Simulink, consideraremos un valor de lectura de corriente de 1.2A, a posición 0 cm, la frecuencia debe ser lo más cercano a 60 Hz, veamos:

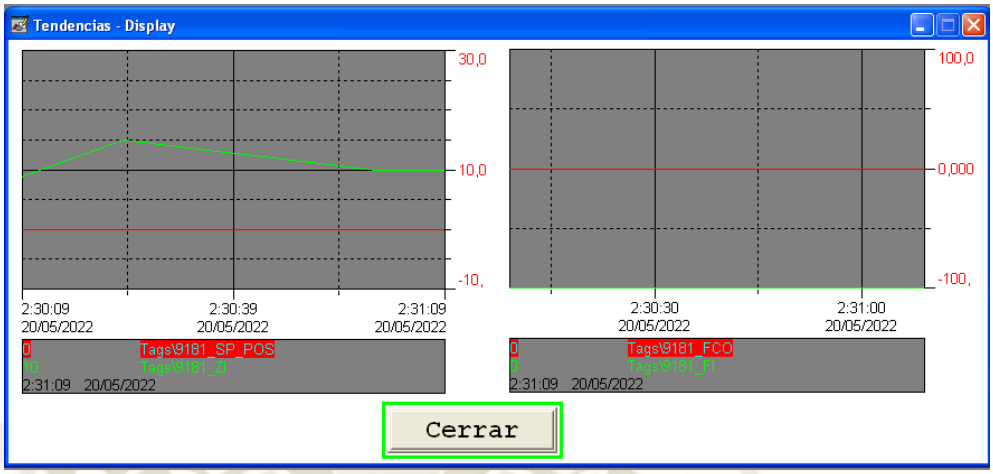


Figura 83. Tendencia de SCADA Posición de Compuerta Tolva y Frecuencia
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 56 observamos que el SP de posición es de 11.5 cm (línea roja) mientras que el sensor de posición (línea verde) está variando acercándose al setpoint, mientras esto pasa se verifica como la frecuencia (línea roja) se acerca cade vez más a 0 Hz, comprobando la funcionalidad de los controladores.

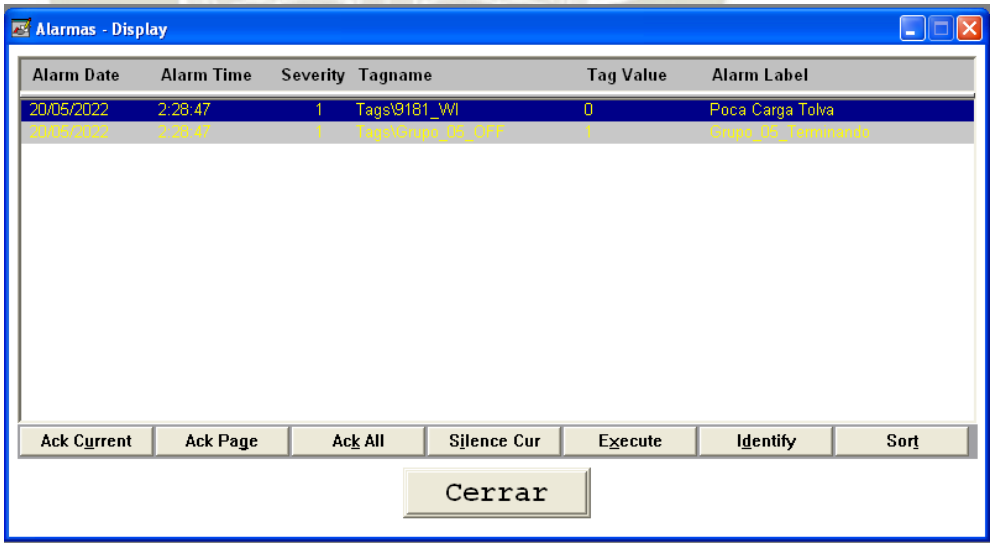


Figura 84. Alarmas Resultantes Sistema SCADA
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

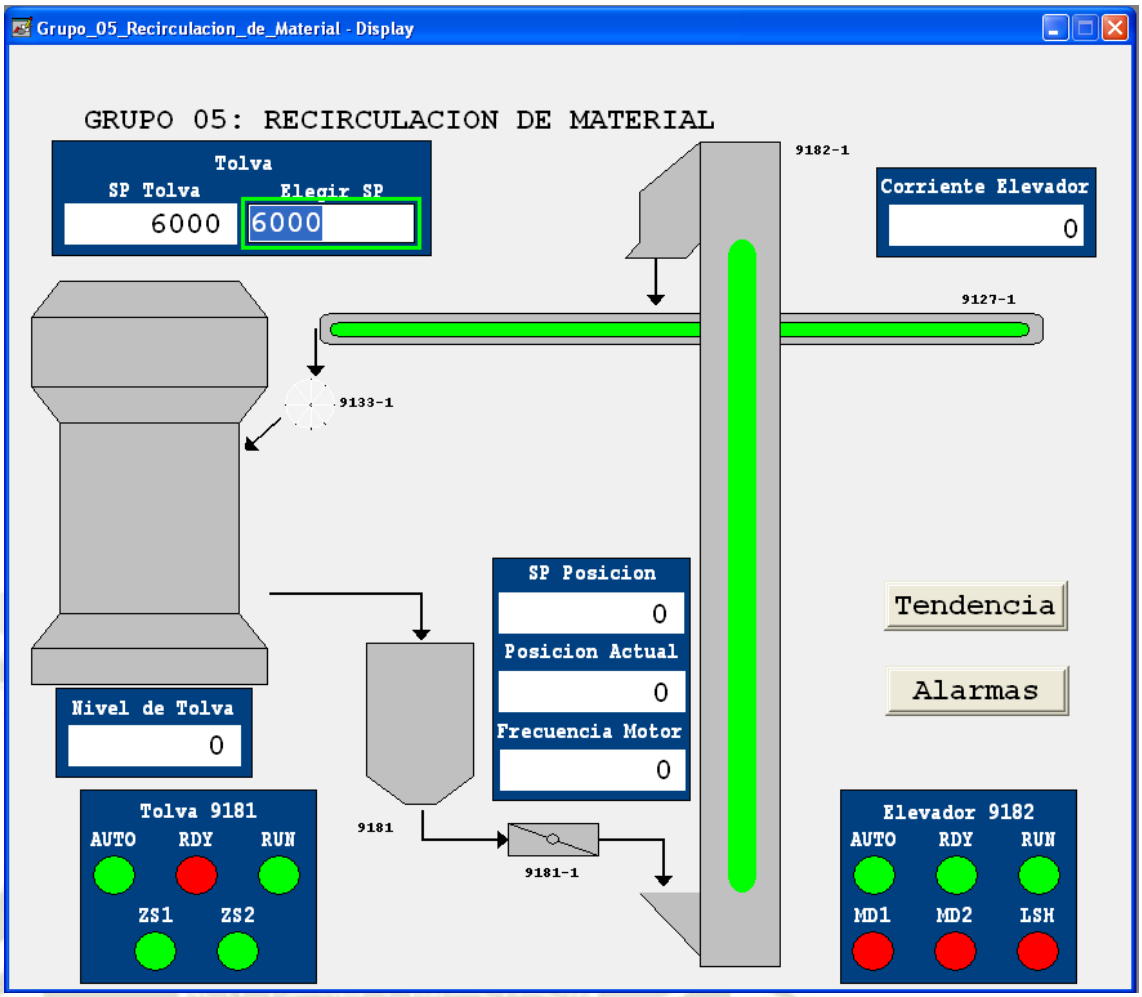


Figura 85. Ventana Principal Grupo 05 Recirculación de Material
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

Se logró diseñar un sistema que permite la recirculación de material en un molino vertical, utilizando diferentes softwares como RSLogix, RSView, Matlab y su herramienta Simulink, los resultados obtenidos en el presente proyecto demuestran la viabilidad del mismo, por ende, se concluye que:

1. Al elaborar el proyecto se decidió por usar dos controladores, esto para facilitar el control de las variables más importantes para el proceso, corriente del elevador de cangilones y posición de la compuerta de la tolva, ambos controladores cuentan con 5 conjuntos difusos para la entrada y para la salida, además son del tipo trapezoidales (2) y triangulares (3) para facilitar su calculo de defusificación mediante ecuación de la recta.
2. Se consideraron todos los sensores y actuadores que debe llevar un elevador de cangilones, con la verificación en campo de elevadores ya montados. Además, se considera dejar espacio para mejoras futuras a los diferentes procesos de Molienda de Carbón.
3. Con el programa propuesto en RSLogix se comprueba la funcionalidad tal cual las simulaciones en Simulink, confirmando operatividad del mismo.
4. El sistema SCADA realizado en el software RSView facilita la verificación de operatividad de los diferentes equipos del grupo de recirculación, tal cual lo pide la planta y sobre todo la actualidad.
5. Los planos de instrumentación y conexionado propuestos ayudarán con la identificación rápida en campo de los instrumentos en caso uno de estos falle por diferentes motivos, cumpliendo con estándares definidos por la empresa cementera.
6. Con la ayuda de la memoria de cálculo se comprobó que existiría un ahorro de energía significativo con respecto a los montacargas eléctricos modernos, así mismo en el tema ambiental, se reduciría la emisión del polvo de carbón ya que no se trasladaría el material.
7. El prototipo a escala del proceso de recirculación demuestra mejor interacción con el proceso que la simulación, verificando de igual manera su operatividad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar estos controles difusos en los diferentes elevadores de cangilones de la empresa cementera, ya que es muy constante el sobrecalentamiento de motores por trabamiento en la base del elevador o por exceso de carga en los cangilones.
2. Podría implementarse elegir un set de corriente en el SCADA en caso el motor usado allá sido reparado anteriormente o en caso que en alguna parte de la estructura del elevador el material se haya encostrado, ya que esto me varía el peso, por lo tanto, tambien la corriente del motor principal.
3. La facilidad de usar módulos de monitoreo de motores, como el E300 o el E3+, es que se monitorea en tiempo real el comportamiento de dicho motor, independiente del motor a usar, en caso se malogre uno, al cambiarlo no se necesita realizar mayor configuración.
4. Usar motores de proyectos anteriores en la planta cementera debido a que en la memoria de calculo se verifico que los motores propuestos a usar no son de gran capacidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS

4B Components Limited (2016). Catálogo de Manejo de Materiales – Datos Técnicos y Referencia de Ingeniería. Morton – USA.

Basurto, J. y Sánchez, M. (2011). Desarrollo e Implementación de un Algoritmo Basado en Lógica Difusa Aplicado a la Solución de Problema del Nesting. Mexico D.F.: UNAM.

Bede, B (2013). Mathematics of Fuzzy Sets and Fuzzy Logic. Washington – USA.

Cervantes, J. (2010). Diseño de Implementación del Sistema de Control Automático para la Dosificación de Mineral de Hierro en el Molino de Crudo en la Sección de Materias Primas de Cemex Colombia S.A. Planta los Patios Norte de Santander. Bucaramanga – Colombia.

Chica, J. y Naula, E. (2019). Control de Estabilización de un Quadcopter Basado en Lógica Difusa para Entornos con Perturbaciones Tipo Ráfagas de Viento Moderadas. Sangolquí – Ecuador.

D'Negri, C. y De Vito, E. (2006). Introducción al Razonamiento Aproximado: Lógica Difusa. Buenos Aires: Revista Argentina de Medicina Respiratoria.

Duda, W. H. (1977). Manual Tecnológico del Cemento. Barcelona: Editores Técnicos Asociados S.A.

ESTANDA (2018). Cadenas y Ruedas para las Industrias del Cemento y Minería.

González, F. (2010). Interacción de ANSYS con Entornos de Ventanas a Medida. Aplicación al Campo de la Ingeniería Mecánica. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.

Hinojosa, J. (2017). Diseño y Simulación de un Molino de Bolas Horizontal de 15 [TN/HR] Aplicado a una Planta Concentradora Mediante el Uso de Software Cad Especializado. Puno: UNAP

Martínez, A. A. (2017). Desarrollo de Ingeniería Básica y de Detalle en Instrumentación y Automatización de un Molino Vertical de Cementos. Arequipa: UNSA.

Martin Sprocket & Gear Inc. (2013). Catalogo Productos – Manejo de Materiales.

MCFA (2019). Montacargas Eléctricos de Llantas Neumáticas

Miravete, A., Larrodé, E., Castejón, L. y Cuartero, J. (2002). Los Transportes en la Ingeniería Industrial. Barcelona: Editorial Reverte S.A.

Quispe, E. (2018). Diseño y Automatización de un SCADA para una Planta de Cal en RSView21, Aplicando una Red Industrial Ethernet TCP/IP. Arequipa: UCSM

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Real, J. (2006). Diseño de un Sistema para el Proceso de Molienda de Carbón Mineral para ser Usado como Combustible Industral. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Suarez, A. & Osorio, G. & Suarez, A. (2014). Diseño de una Línea de Molienda de Carbón Mineral como Alternativa de Combustible. Santander, Colombia: UDP

SYMAGA Silos (2019) Silos Industriales, Ficha Técnica. Madrid - España

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXOS

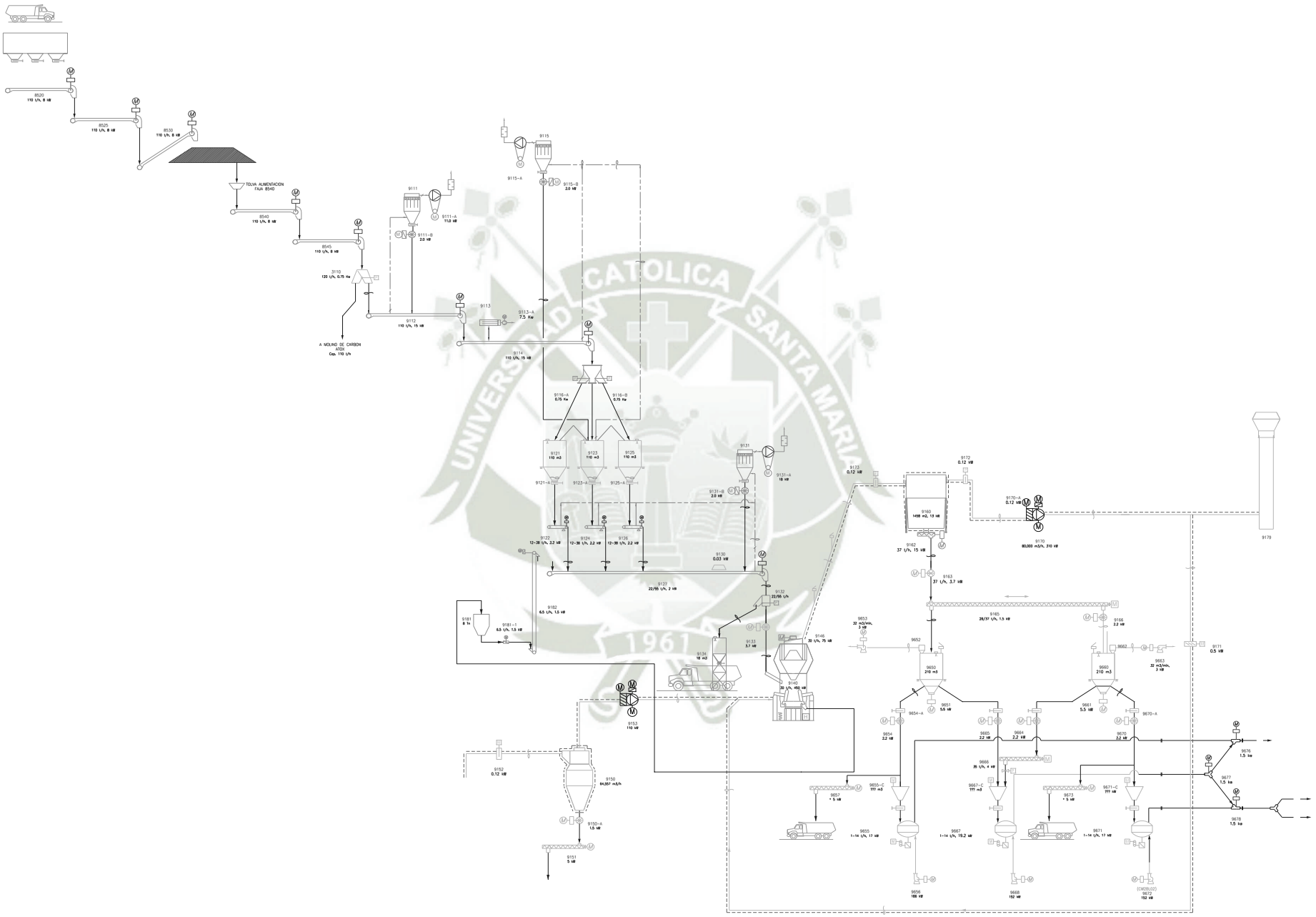
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

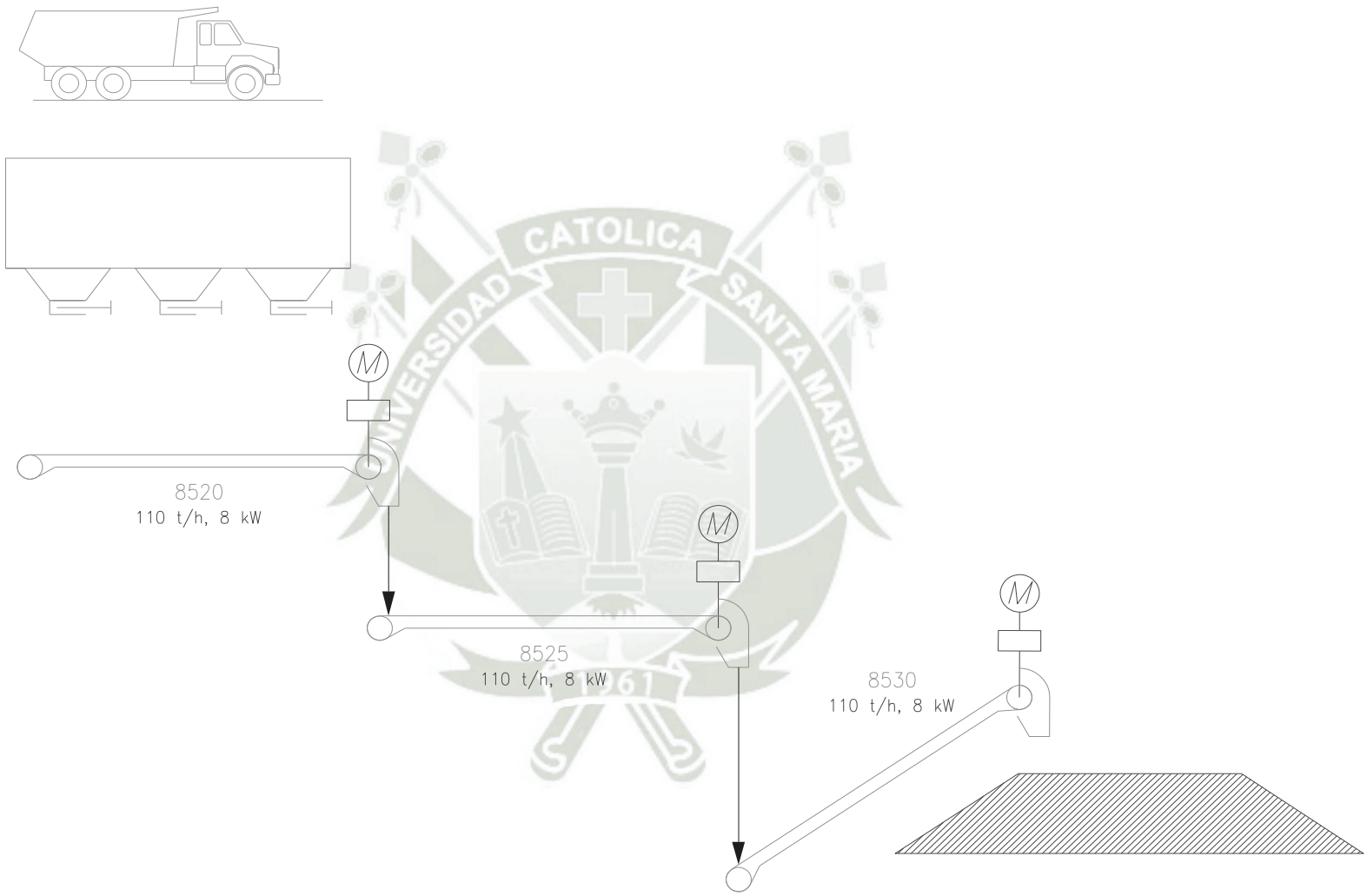
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 01
FLOW SHEET – MOLIENDA DE CARBÓN

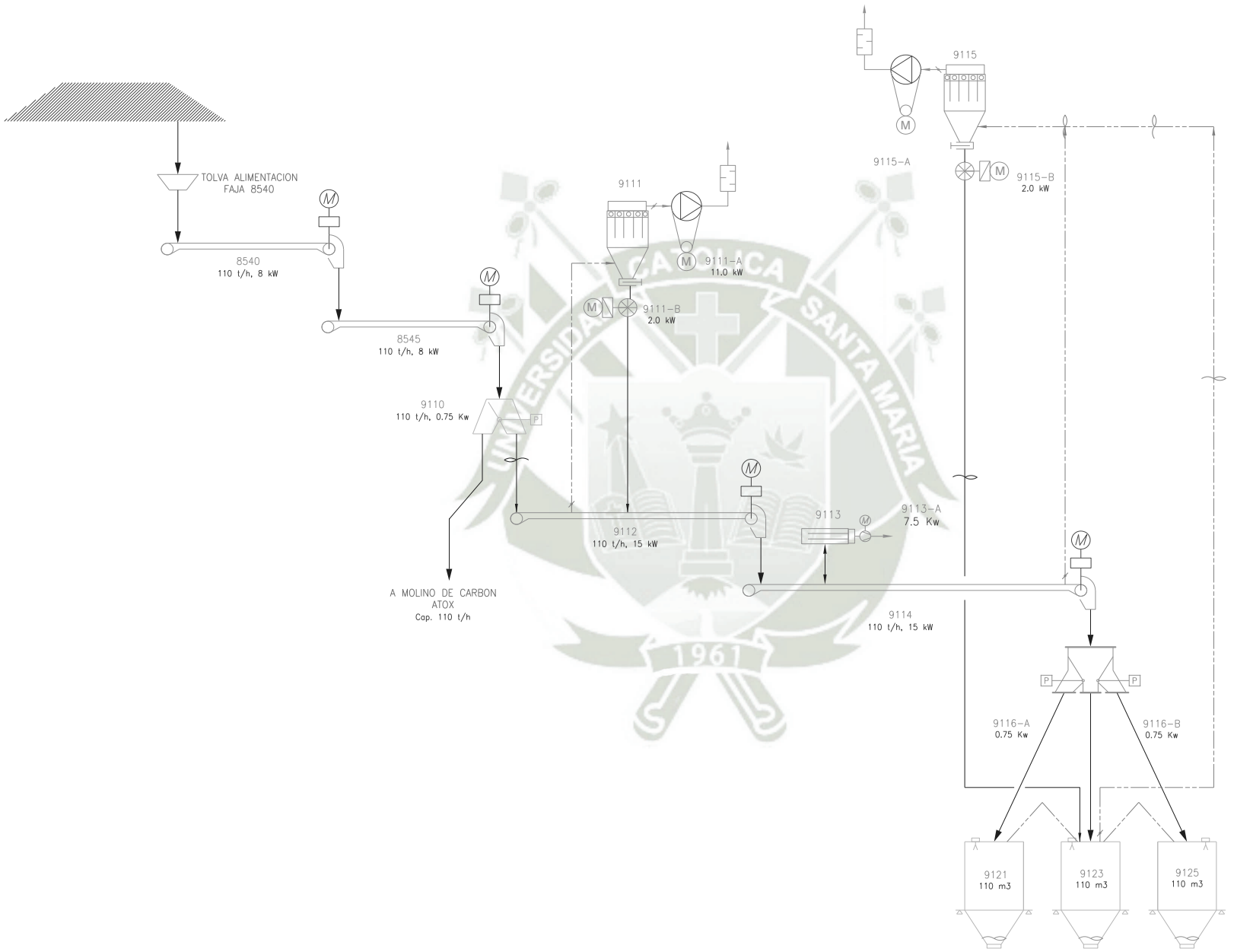
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



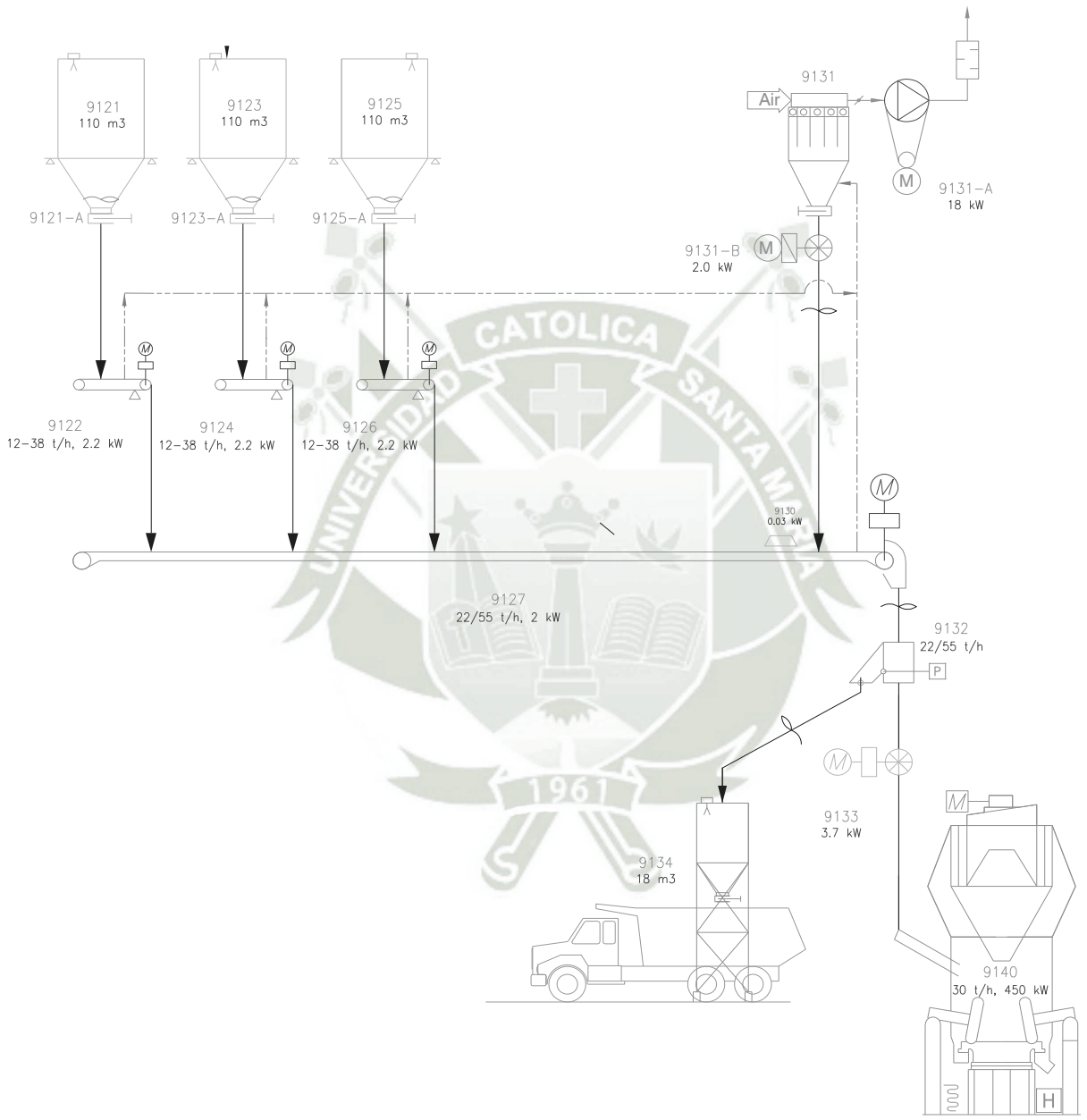
PROYECTO RECIRCULACION DE CARBON FLOW SHEET	N° PLANO: PRC 9000-A-FS-01
DIAGRAMA FLOW SHEET MOLIENDA DE CARBON	FOLIO: 1 ◀ - 2 ▶



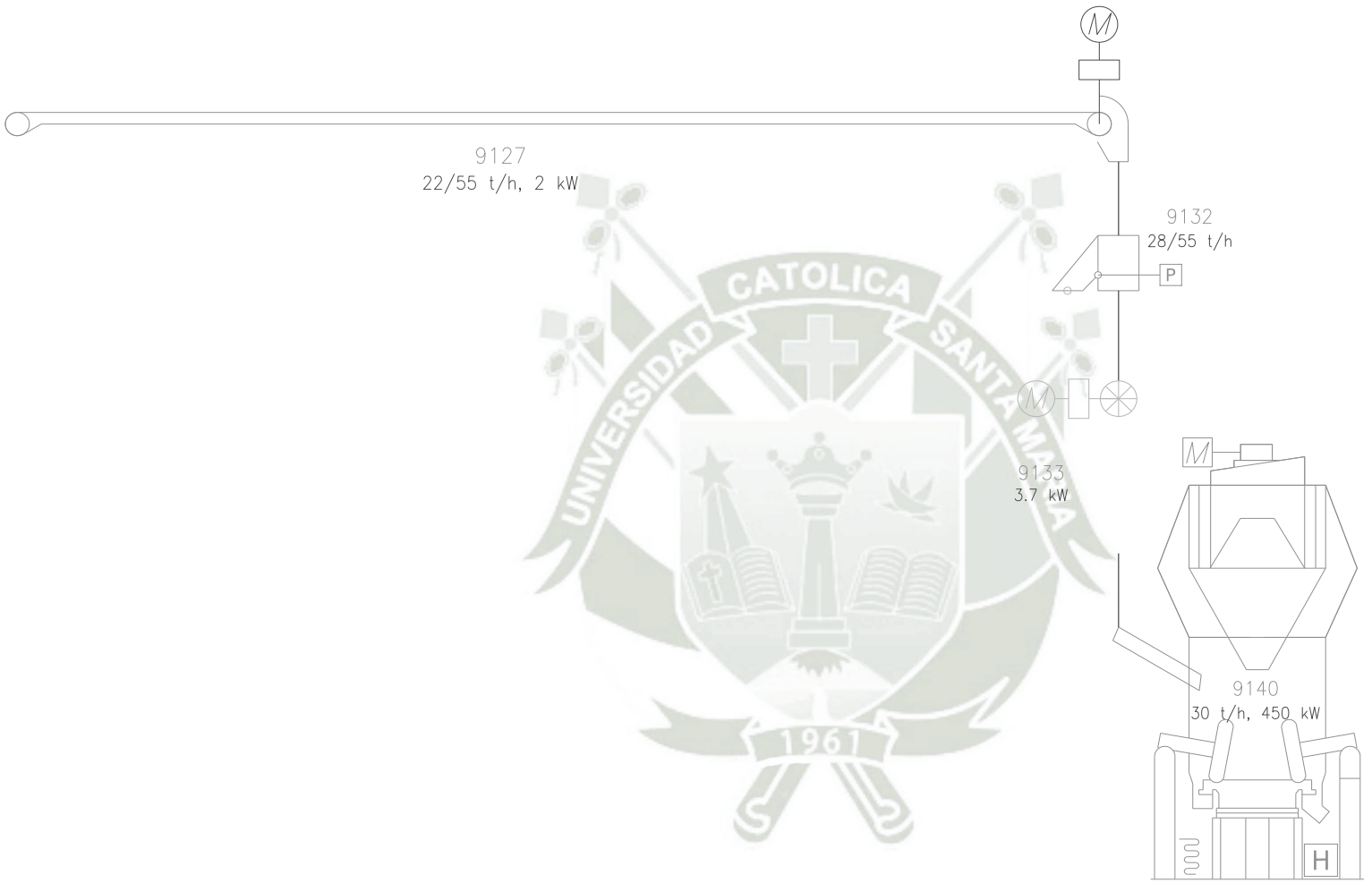
PROYECTO RECIRCULACION DE CARBON FLOW SHEET	N° PLANO: PRC 9000-A-FS-01
DIAGRAMA FLOW SHEET MOLIENDA DE CARBON RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL CARBÓN	FOLIO: 2 ◄ 1 3 ►



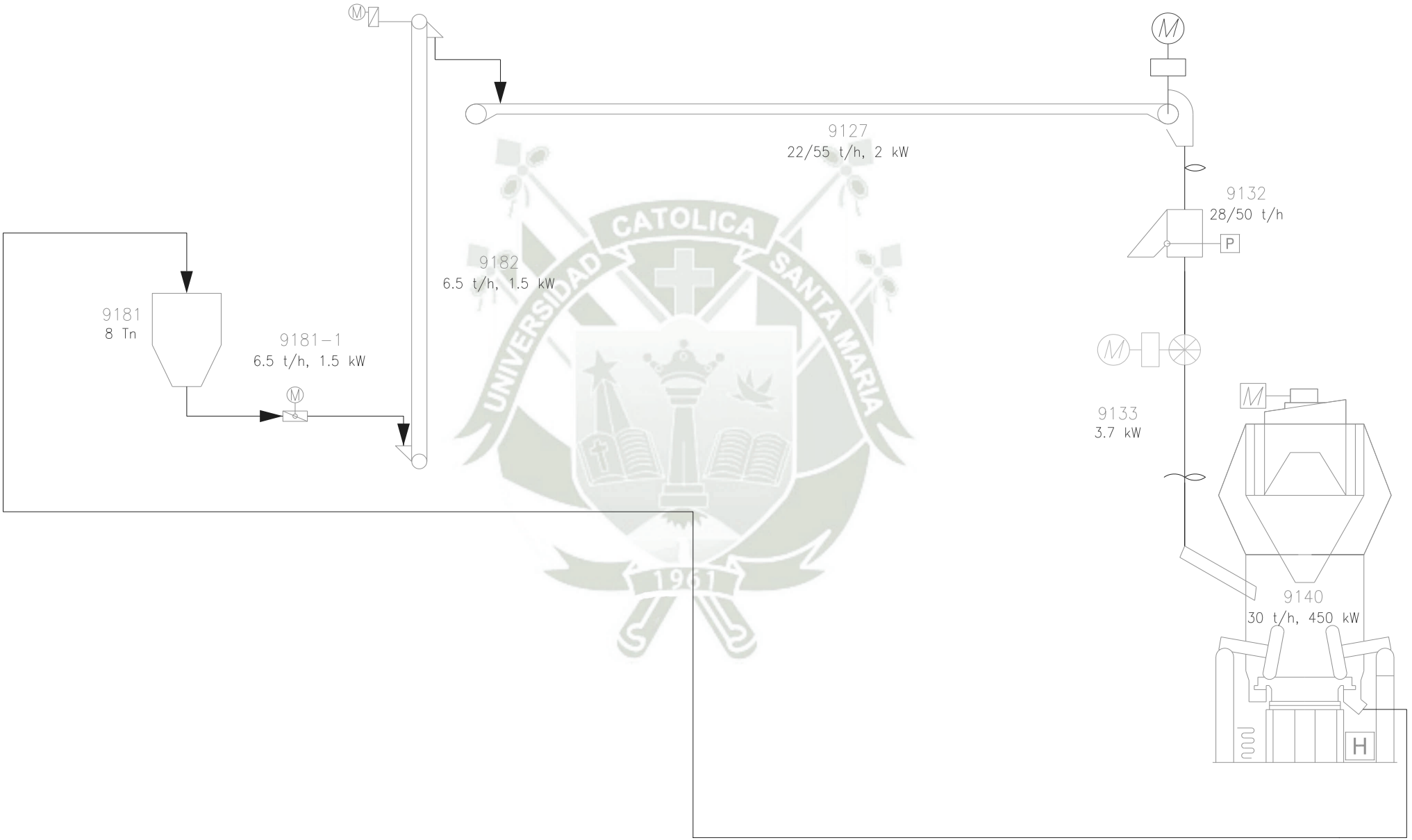
PROYECTO RECIRCULACION DE CARBON FLOW SHEET	N° PLANO: PRC 9000-A-FS-01
DIAGRAMA FLOW SHEET MOLIENDA DE CARBON TRANS Y ALMACENADO EN LAS TOLVAS DE CARBÓN GRUESO	FOLIO: 3 ◀ 2 4 ▶



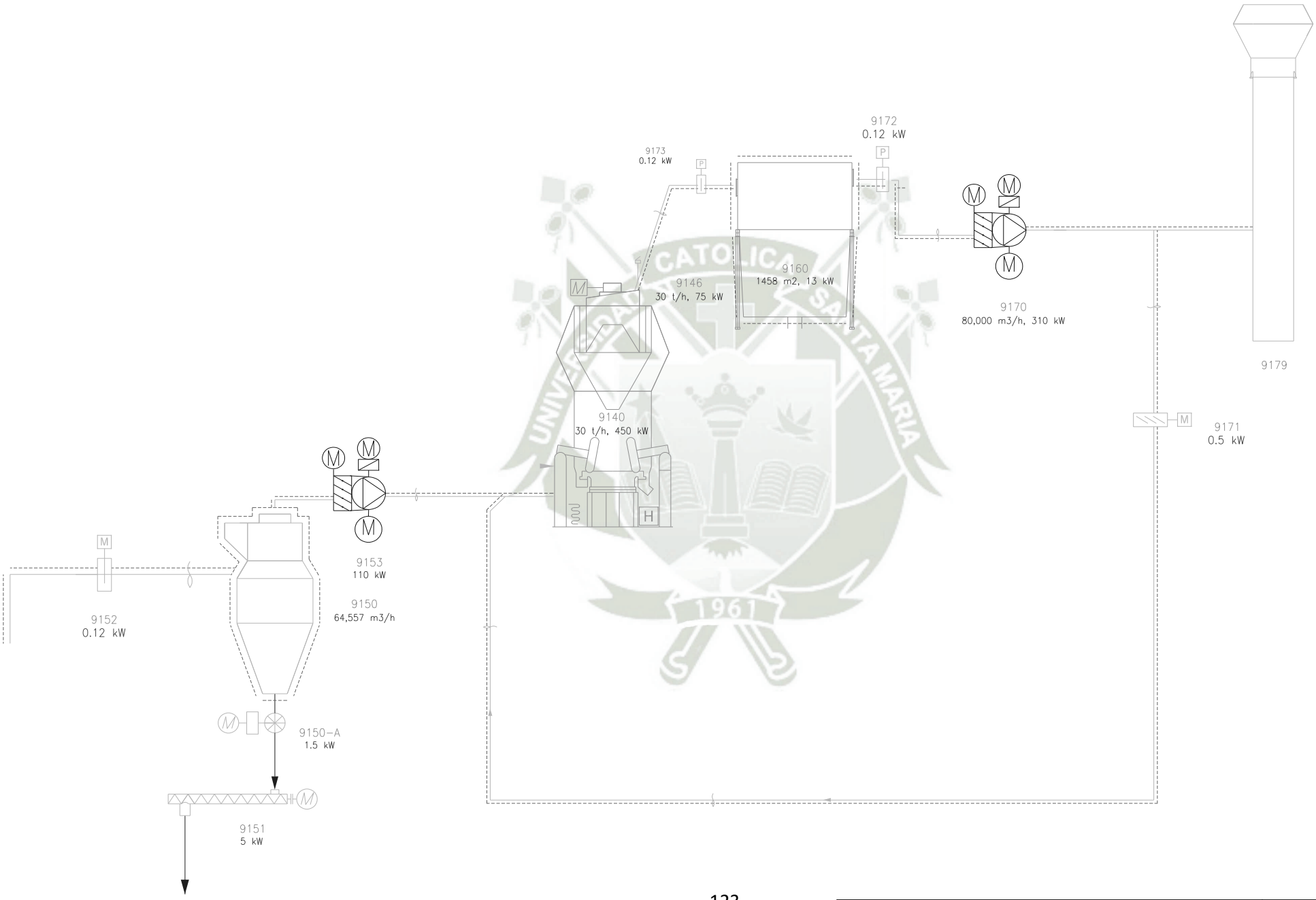
PROYECTO RECIRCULACION DE CARBON FLOW SHEET	N° PLANO: PRC 9000-A-FS-01
DIAGRAMA FLOW SHEET MOLIENDA DE CARBON ALIMENTACION DE CARBON GRUESO AL MOL. VERTICAL	FOLIO: 4 ◀ 3 5 ▶



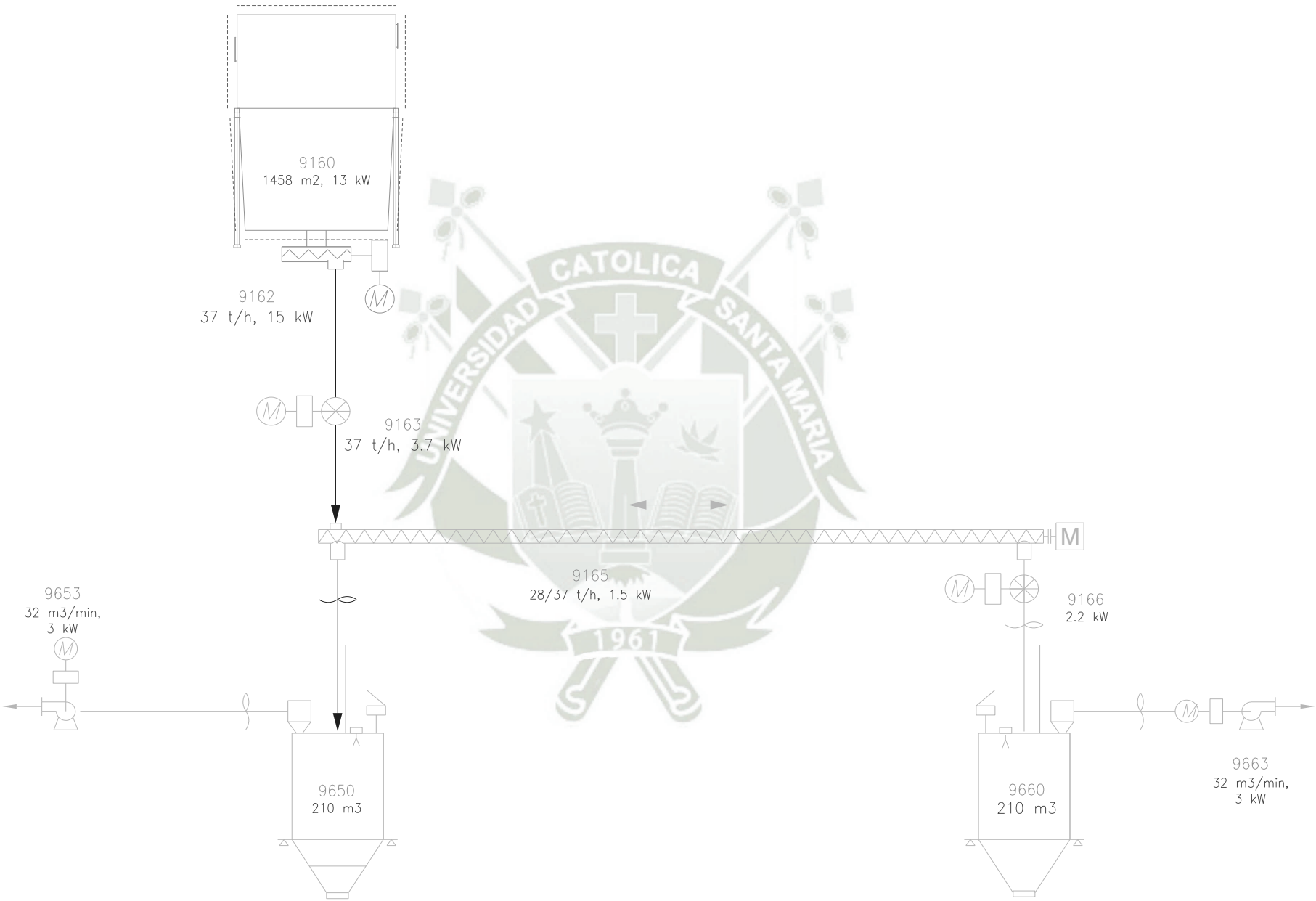
PROYECTO RECIRCULACION DE CARBON FLOW SHEET	N° PLANO: PRC 9000-A-FS-01
DIAGRAMA FLOW SHEET MOLIENDA DE CARBON PROCESO DE MOLIENDA	FOLIO: 5 ◀ 4 6 ▶



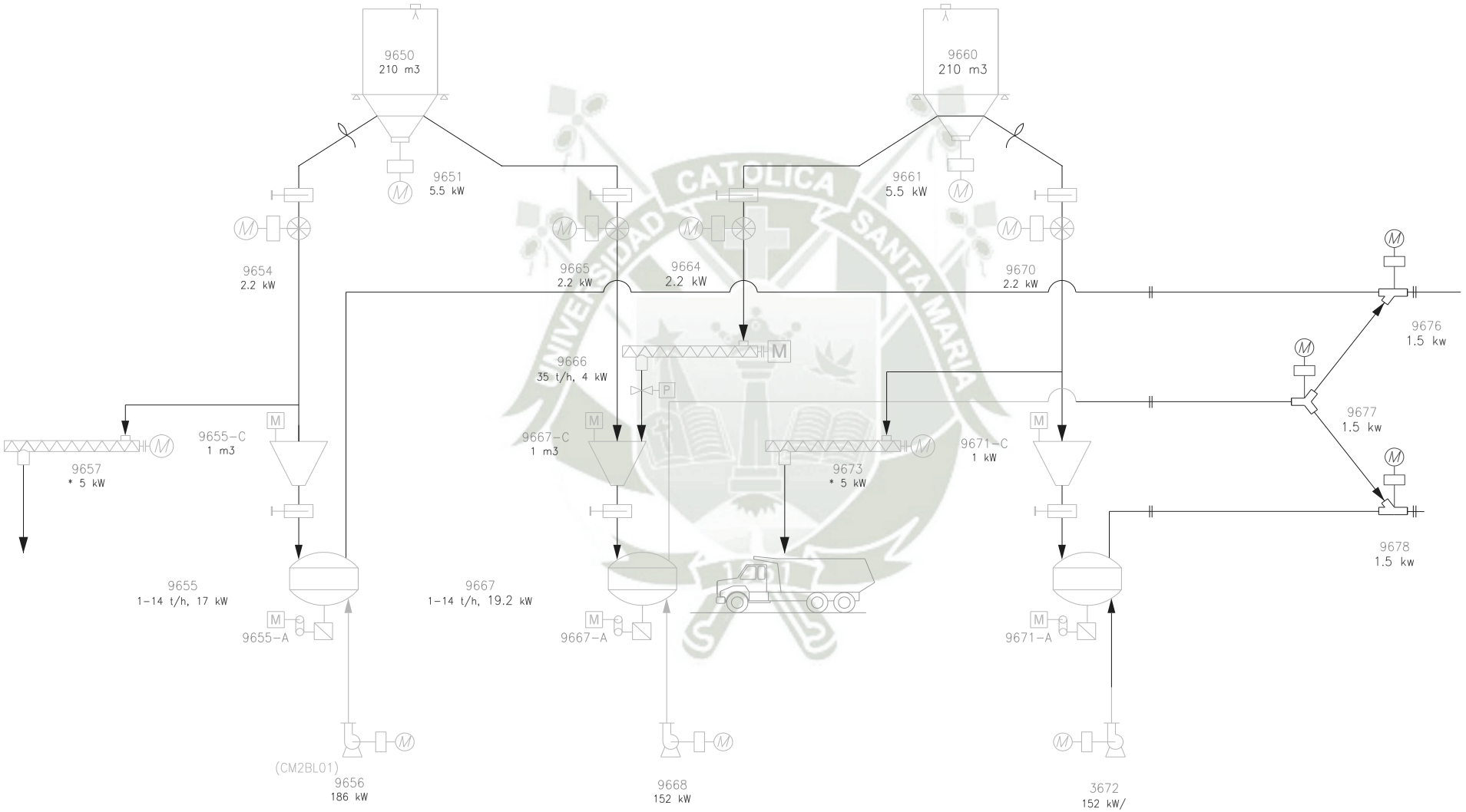
PROYECTO RECIRCULACION DE CARBON FLOW SHEET	N° PLANO: PRC 9000-A-FS-01
DIAGRAMA FLOW SHEET MOLIENDA DE CARBON RECIRCULACIÓN DE CARBÓN AL MOLINO	FOLIO: 6 ◄ 5 7 ►



PROYECTO RECIRCULACION DE CARBON FLOW SHEET	N° PLANO: PRC 9000-A-FS-01
DIAGRAMA FLOW SHEET MOLIENDA DE CARBON RECIRCULACIÓN E INGRESO DE GASES AL MOLINO	FOLIO: 7 ◄ 6 8 ►

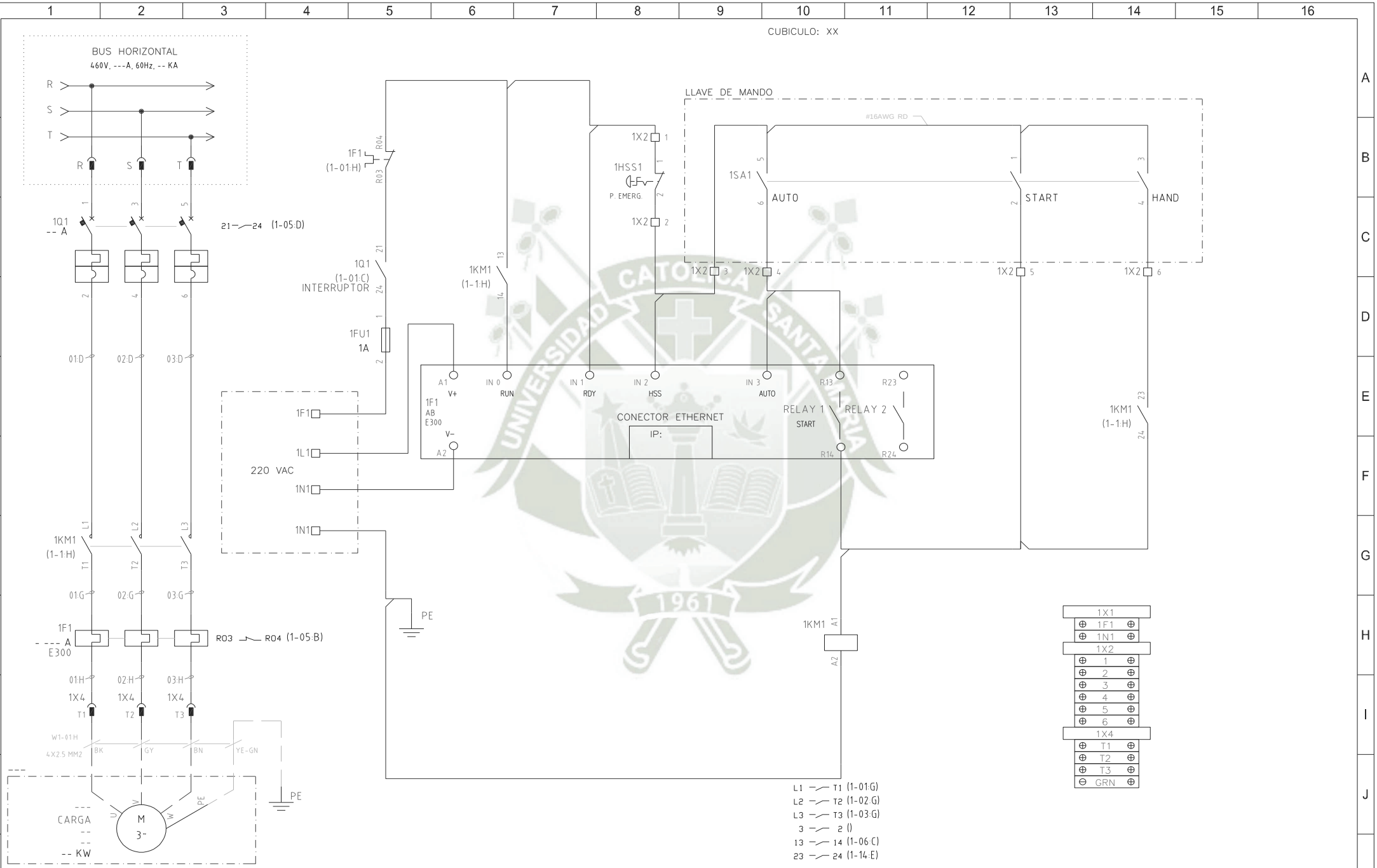


PROYECTO RECIRCULACION DE CARBON FLOW SHEET	N° PLANO: PRC 9000-A-FS-01
DIAGRAMA FLOW SHEET MOLIENDA DE CARBON TRANSPORTE DE CARBÓN FINO A LOS SILOS	FOLIO: 8 ◀ 7 9 ▶



PROYECTO RECIRCULACION DE CARBON FLOW SHEET	N° PLANO: PRC 9000-A-FS-01
DIAGRAMA FLOW SHEET MOLIENDA DE CARBON SIST. DE INYECCION DE CARBÓN AL HORNO Y CALCINADOR	FOLIO: 9 ◄ 8 - ►

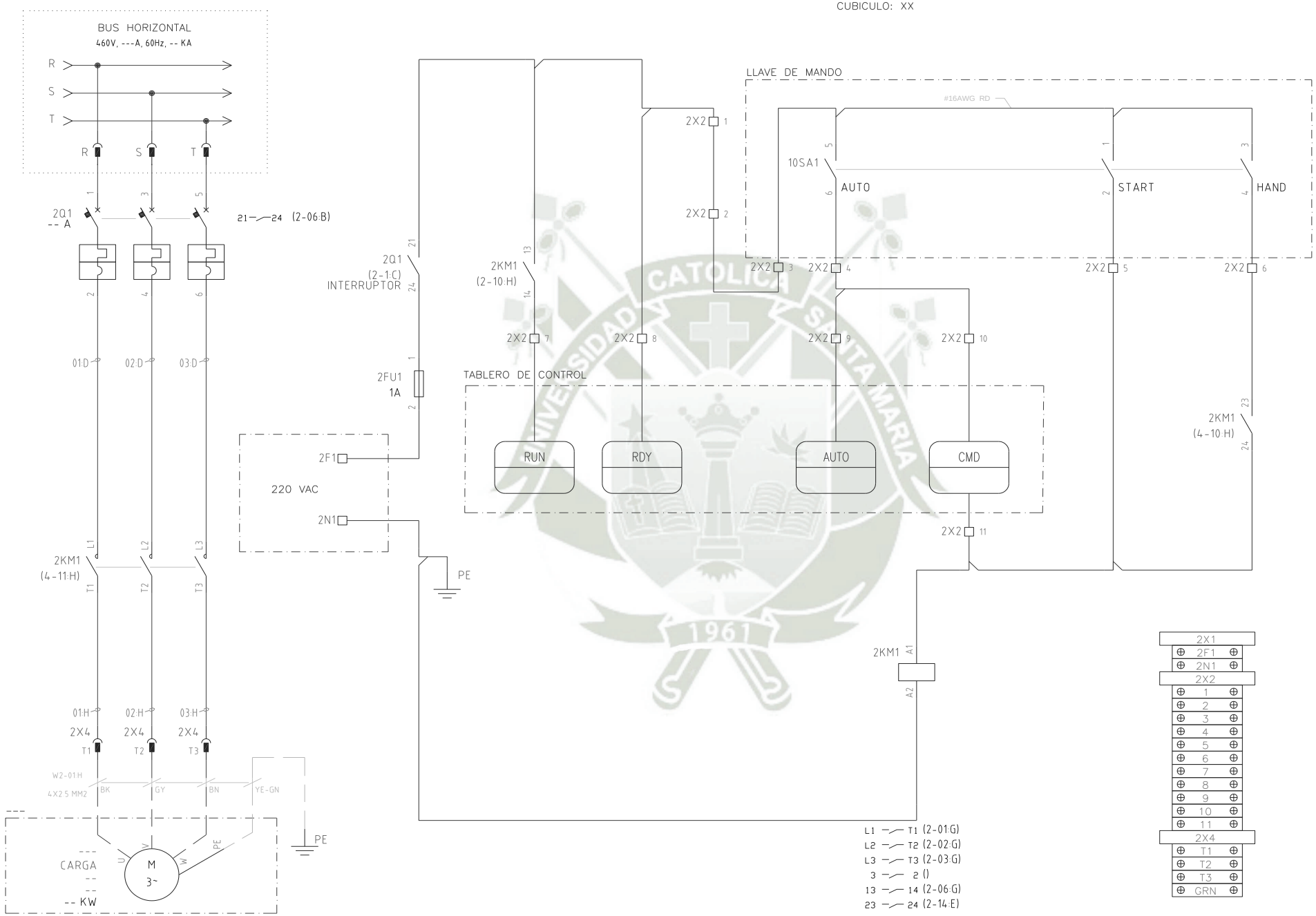
ANEXO 02
TÍPICOS DE ARRANQUE



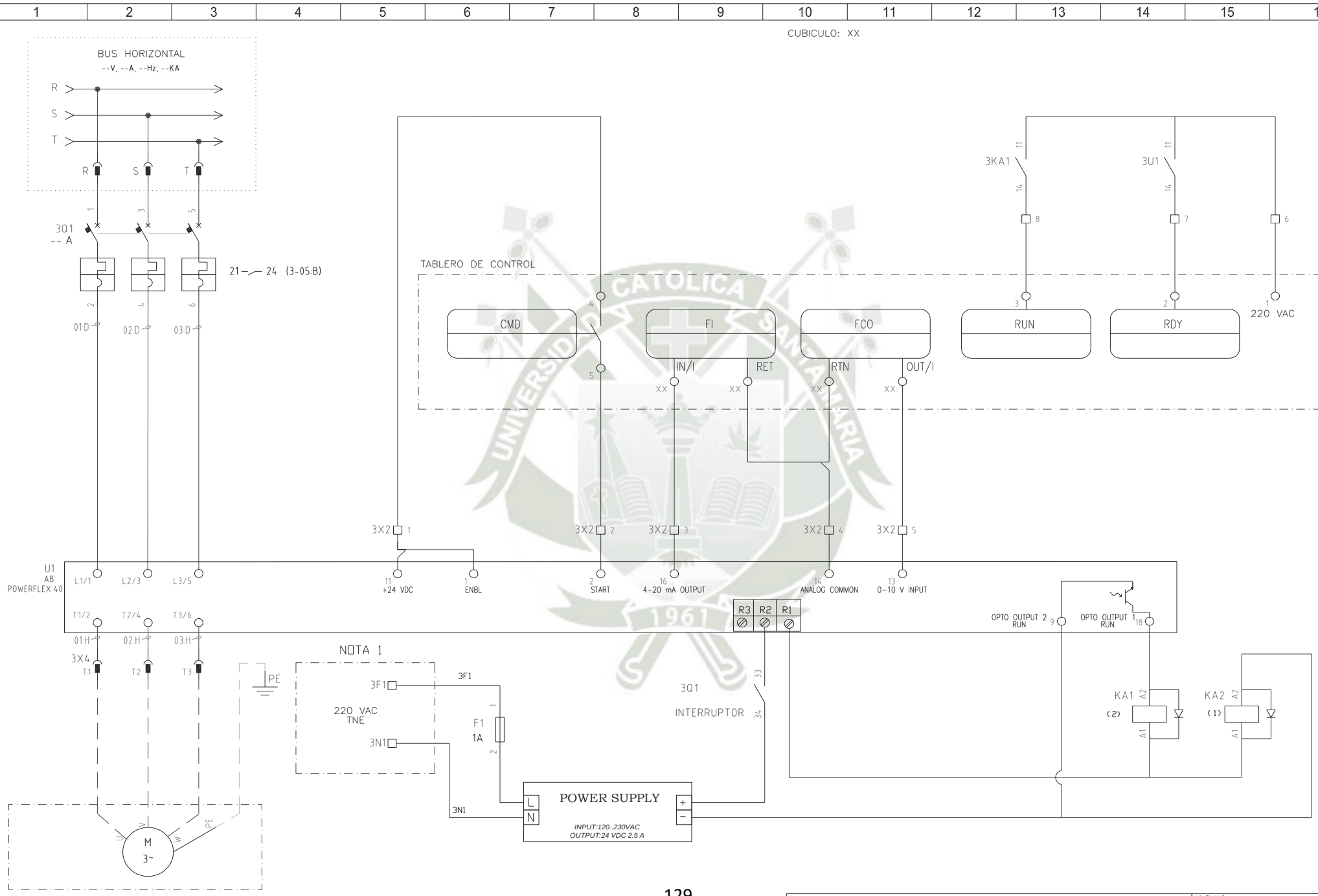
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTA MARÍA 1961

TIPICOS DE ARRANQUE DE MOTORES - RECIRCULACION	N° PLANO: PRC-1 000-A-TCM-01
TIPICO 1 TIPICO FVNR - ARRANQUE DIRECTO NO REVERSIBLE E300	FOLIO: 1 ◄ - 2 ►

CUBICULO: XX



TIPICOS DE ARRANQUE DE MOTORES - RECIRCULACION	N° PLANO: PRC-1 000-A-TCM-01
TIPICO 2 TIPICO FVNR - ARRANQUE DIRECTO NO REVERSIBLE	FOLIO: 2 ◄ 1 3 ►



TIPICOS DE ARRANQUE DE MOTORES - RECIRCULACION	N° PLANO: PRC-1 000-A-TCM-01
TIPICO 1 TIPICO FVNR - ARRANQUE DIRECTO NO REVERSIBLE E300	FOLIO: 3 ◄ 2 - ►

ANEXO 03
BASE DE DATOS GRUPO 05

RESUMEN

RESUMEN DE RACK´s	LEYENDA	CANTIDAD	TIPO DE MODULO
	DI	11	Entradas Digitales
	DO	2	Salidas Digitales
	AI	3	Entradas Analógicas
	AO	1	Salidas Analógicas
	ETHERNET	6	Señales Comunicación
	DEVICENET	0	Señales Comunicación

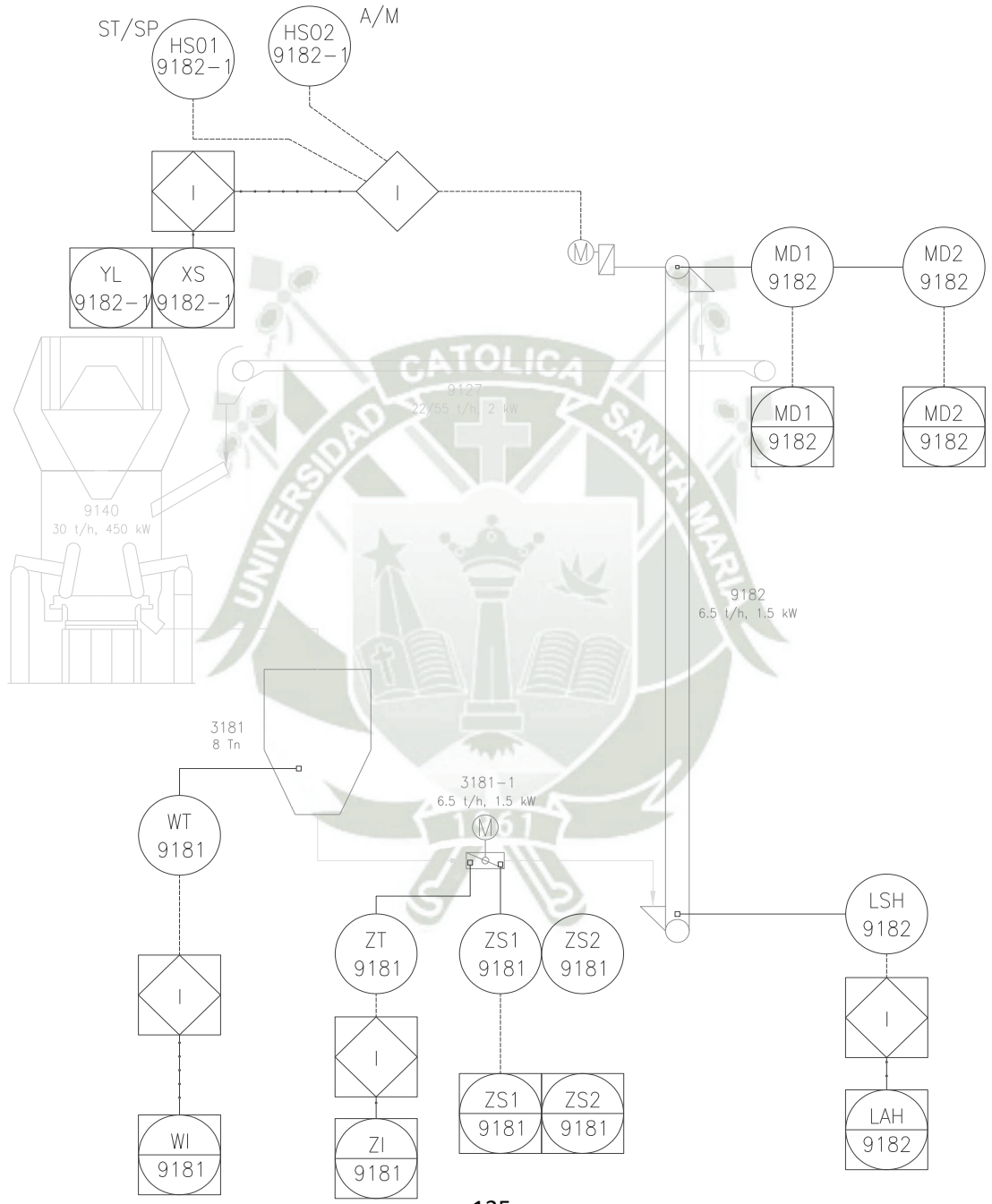
NOMBRE DE TABLERO TC_9180_01

CHASIS:	CONTROLLOGIX	TC_9180_01	Módulos	Señales	Señales Libres	MODELO DE TARJETA
6		Chasis 1	1			1756-A10
		Fuente	1			1756-PA75
		Procesador	1			1756-L83E
		Módulo ethernet	1	0		1756-EN2T
		Módulos de Entradas Digitales	1	0	16	1756-IM16I
		Módulos de Salidas Tipo Relé	1	0	16	1756-OW16I
		Módulos de Entradas Analógicas	1	0	8	1756-IF8I
		Módulos de Salidas Analógicas	1	0	8	1756-OF8I

ID EQUIPO	SUB CODE	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	ID GRUPO	NOMBRE DE GRUPO		GABINETE	DIRECCION	N° SLOT	IP ADRESS	TEMPLATE	MARCA	OBSERVACIONES
9182-1	AUTO	Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Principal	Automático	5	Recirculación de Carbón	ETHERNET	TC_9180_01						
9182-1	RDY	Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Principal	Listo	5	Recirculación de Carbón	ETHERNET	TC_9180_01						
9182-1	HS	Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Principal	Parada de Emergencia	5	Recirculación de Carbón	ETHERNET	TC_9180_01						
9182-1	RUN	Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Principal	Run Status	5	Recirculación de Carbón	ETHERNET	TC_9180_01		**1**	**192.168.2.1**	**FVNR**	**AB-E300**	**Tipico de Arranque 1**
9182-1	CMD	Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Principal	Comando	5	Recirculación de Carbón	ETHERNET	TC_9180_01						
9182-1	II	Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Principal	Corriente	5	Recirculación de Carbón	ETHERNET	TC_9180_01						
9182	MD1	Elevador de Cangilones de Recirculación	Detector de Movimiento, Motor Principal	5	Recirculación de Carbón	DI	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.0	**2**			**IPF**	
9182	MD2	Elevador de Cangilones de Recirculación	Detector de Movimiento, Motor Auxiliar	5	Recirculación de Carbón	DI	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.1	**2**			**IPF**	
9182	LSH	Elevador de Cangilones de Recirculación	Switch de Nivel de Bota	5	Recirculación de Carbón	DI	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.2	**2**			**KROHNE**	
9182-2	AUTO	Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Auxiliar	Automático	5	Recirculación de Carbón	DI	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.3	**2**				
9182-2	RDY	Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Auxiliar	Listo	5	Recirculación de Carbón	DI	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.4	**2**				**Tipico de Arranque 2**
9182-2	RUN	Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Auxiliar	Run Status	5	Recirculación de Carbón	DI	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.5	**2**				
9181-1	AUTO	Compuerta de Tolva de Rechazo, Motor	Automático	5	Recirculación de Carbón	DI	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.6	**2**				
9181-1	RDY	Compuerta de Tolva de Rechazo, Motor	Listo	5	Recirculación de Carbón	DI	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.7	**2**			**POWERFLEX 40**	**Tipico de Arranque 3**
9181-1	RUN	Compuerta de Tolva de Rechazo, Motor	Run Status	5	Recirculación de Carbón	DI	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.8	**2**				
9181	ZS1	Compuerta de Tolva de Rechazo	Switch de Posición Inicio de Carrera	5	Recirculación de Carbón	DI	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.9	**2**			**SCHMERSAL**	
9181	ZS2	Compuerta de Tolva de Rechazo	Switch de Posición Fnal de Carrera	5	Recirculación de Carbón	DI	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.10	**2**			**SCHMERSAL**	
						DI_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.11	**2**				
						DI_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.12	**2**				
						DI_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.13	**2**				
						DI_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.14	**2**				
						DI_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:2:I.Data.15	**2**				
9181-1	CMD	Compuerta de Tolva de Rechazo, Motor	Comando	5	Recirculación de Carbón	DO	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.0	**4**				
						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.1	**4**				
9182-2	CMD	Elevador de Cangilones de Recirculación, Motor Auxiliar	Comando	5	Recirculación de Carbón	DO	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.2	**4**				

						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.3	**4**				
						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.4	**4**				
						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.5	**4**				
						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.6	**4**				
						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.7	**4**				
						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.8	**4**				
						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.9	**4**				
						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.10	**4**				
						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.11	**4**				
						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.12	**4**				
						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.13	**4**				
						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.14	**4**				
						DO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:4:O.Data.15	**4**				
9181-1	FI	Compuerta de Tolva de Rechazo	Feedback de Velocidad	5	Recirculación de Carbón	AI	TC_9180_01	TC_9180_01:6:I.Ch0Data	**6**			**POWERFLEX 40**	
9181-1	ZI	Compuerta de Tolva de Rechazo	Posición de Compuerta	5	Recirculación de Carbón	AI	TC_9180_01	TC_9180_01:6:I.Ch1Data	**6**			**PEPPERL+FUCHS**	
9181	WT	Tolva de Rechazo	Peso de Tolva	5	Recirculación de Carbón	AI	TC_9180_01	TC_9180_01:6:I.Ch2Data	**6**			**ATO**	
						AI_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:6:I.Ch3Data	**6**			**POWERFLEX 40**	
						AI_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:6:I.Ch4Data	**6**				
						AI_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:6:I.Ch5Data	**6**				
						AI_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:6:I.Ch6Data	**6**				
						AI_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:6:I.Ch7Data	**6**				
9181	FCO	Compuerta de Tolva de Rechazo	Setpoint de Velocidad	5	Recirculación de Carbón	AO	TC_9180_01	TC_9180_01:8:O.Ch0Data	**8**				
						AO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:8:O.Ch1Data	**8**				
						AO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:8:O.Ch2Data	**8**				
						AO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:8:O.Ch3Data	**8**				
						AO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:8:O.Ch4Data	**8**				
						AO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:8:O.Ch5Data	**8**				
						AO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:8:O.Ch6Data	**8**				
						AO_SPARE	TC_9180_01	TC_9180_01:8:O.Ch7Data	**8**				

ANEXO 04
DIAGRAMA P&ID



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA

PROYECTO RECIRCULACION DE CARBON PLANO P&ID	N° PLANO: PRC-1 000-A-P&ID-01
GRUPO 5 RECIRCULACION DE CARBON	FOLIO: 1

ANEXO 05
CONEXIONADO ELÉCTRICO DE CONTROL Y FUERZA

PLANOS ELÉCTRICOS – SISTEMA DE CONTROL

TABLERO DE CONTROL – TC–9180–RACK01

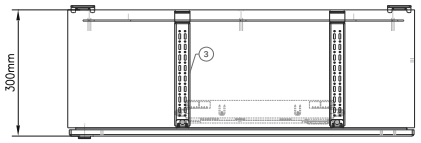
PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 CARATULA	FOLIO: 1 ◄ - 2 ►

ÍNDICE

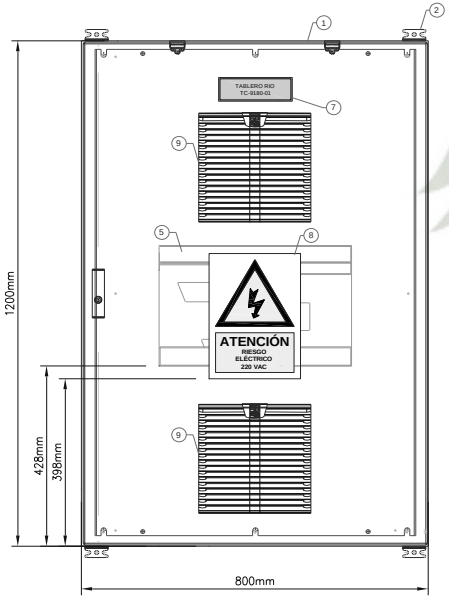
Plano	Descripción
01	CARÁTULA
02	ÍNDICE
03	DISTRIBUCIÓN DE GABINETE
04	DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS
05	DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN NO REGULADA 220 VAC ALIMENTACIÓN A BORNERAS
06	DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN NO REGULADA 220 VAC ALIMENTACIÓN A EQUIPOS
07	DIAGRAMA DE CONEXIONADO DE TERMOSTATO Y VENTILADORES
08	DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN REGULADA 220 VAC A EQUIPOS
09	DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN 24 VDC
10	DIAGRAMA DE ALIMENTACIÓN DE FUENTE CONTROL LOGIX 1756-PA75
11	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS DIGITALES 1756-IM16I RACK 01, SLOT 02
12	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS DIGITALES 1756-IM16I RACK 01, SLOT 02
13	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS DIGITALES 1756-IM16I RACK 01, SLOT 02
14	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS DIGITALES 1756-IM16I RACK 01, SLOT 02
15	DIAGRAMA DE CONEXIÓN SPARE SLOT 03
16	DIAGRAMA DE CONEXIÓN SPARE SLOT 03
17	DIAGRAMA DE CONEXIÓN SPARE SLOT 03
18	DIAGRAMA DE CONEXIÓN SPARE SLOT 03
19	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS DIGITALES 1756-OW16I RACK 01, SLOT 04
20	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS DIGITALES 1756-OW16I RACK 01, SLOT 04
21	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS DIGITALES 1756-OW16I RACK 01, SLOT 04
22	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS DIGITALES 1756-OW16I RACK 01, SLOT 04
23	DIAGRAMA DE CONEXIÓN SPARE SLOT 05
24	DIAGRAMA DE CONEXIÓN SPARE SLOT 05
25	DIAGRAMA DE CONEXIÓN SPARE SLOT 05
26	DIAGRAMA DE CONEXIÓN SPARE SLOT 05
27	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS DIGITALES 1756-IF8I RACK 01, SLOT 06
28	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS DIGITALES 1756-IF8I RACK 01, SLOT 06
29	DIAGRAMA DE CONEXIÓN SPARE SLOT 07
30	DIAGRAMA DE CONEXIÓN SPARE SLOT 07
31	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS DIGITALES 1756-OF8I RACK 01, SLOT 08
32	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS DIGITALES 1756-OF8I RACK 01, SLOT 08

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 INDICE	FOLIO: 2 ◄ 1 3 ►

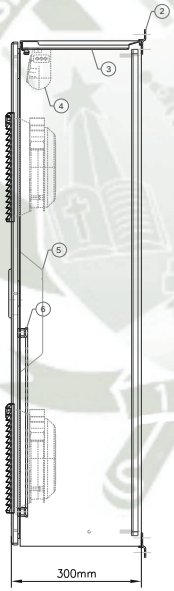
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



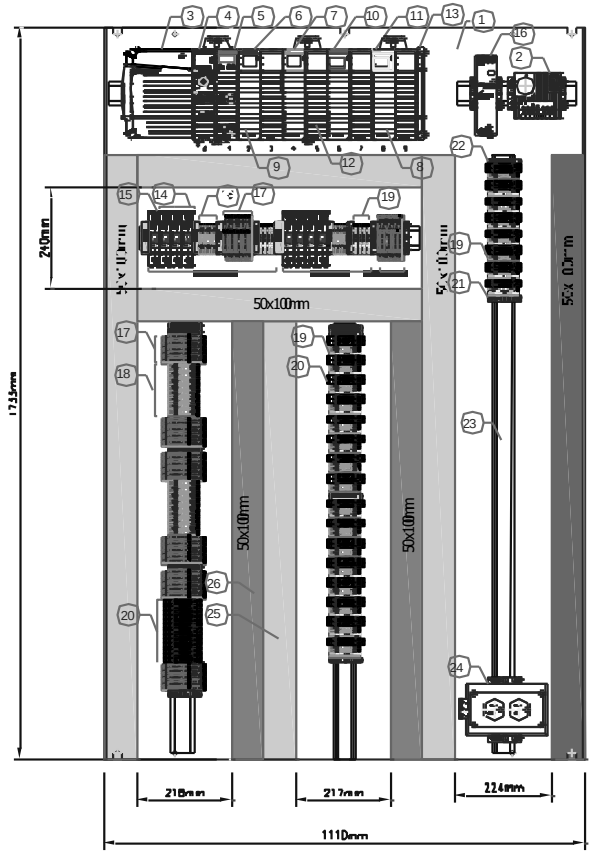
VISTA LATERAL
DERECHA



EQUIPOS PARA EL TABLERO TC-9180-RACK_01				
ITEM	DESCRIPCION DE EQUIPO	CODIGO	MARCA	CANTIDAD
1	Armario compacto, AE, acero inoxidable 800*1200*300 mm (Anc.xAlt.xPro), IP66/NEMA 4x	1017600	Rittal	1 Unid.
2	Soporte de fijación mural inox para KL, EB, BG, AE, CM y EL.	2508010	Rittal	4 Unid.
3	Carriles para montaje interior 300mm (Pr)	2383300	Rittal	2 Unid.
4	Iluminación universal con indicador de movimiento, 18 W, longitud: 345 mm.	4155110	Rittal	1 Unid.
5	Portaesquemas plástico, formato: DIN A3 hor.	2513000	Rittal	1 Unid.
6	Guía de puesta a tierra, horizontal 15*450*5mm	7113000	Rittal	1 Unid.
7	Placa de Identificación del Gabinete	S/C	V&C	1 Unid.
8	Sticker de Riesgo Eléctrico	S/C	V&C	1 Unid.
9	Ventilador con filtro, 600 m3/h, 230 VAC, 50/60 Hz., dimensiones 292*292 mm.	3249100	Rittal	1 Unid.

4	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 DISTRIBUCION DE GABINETE	FOLIO: 3 ◀ 2 4 ▶

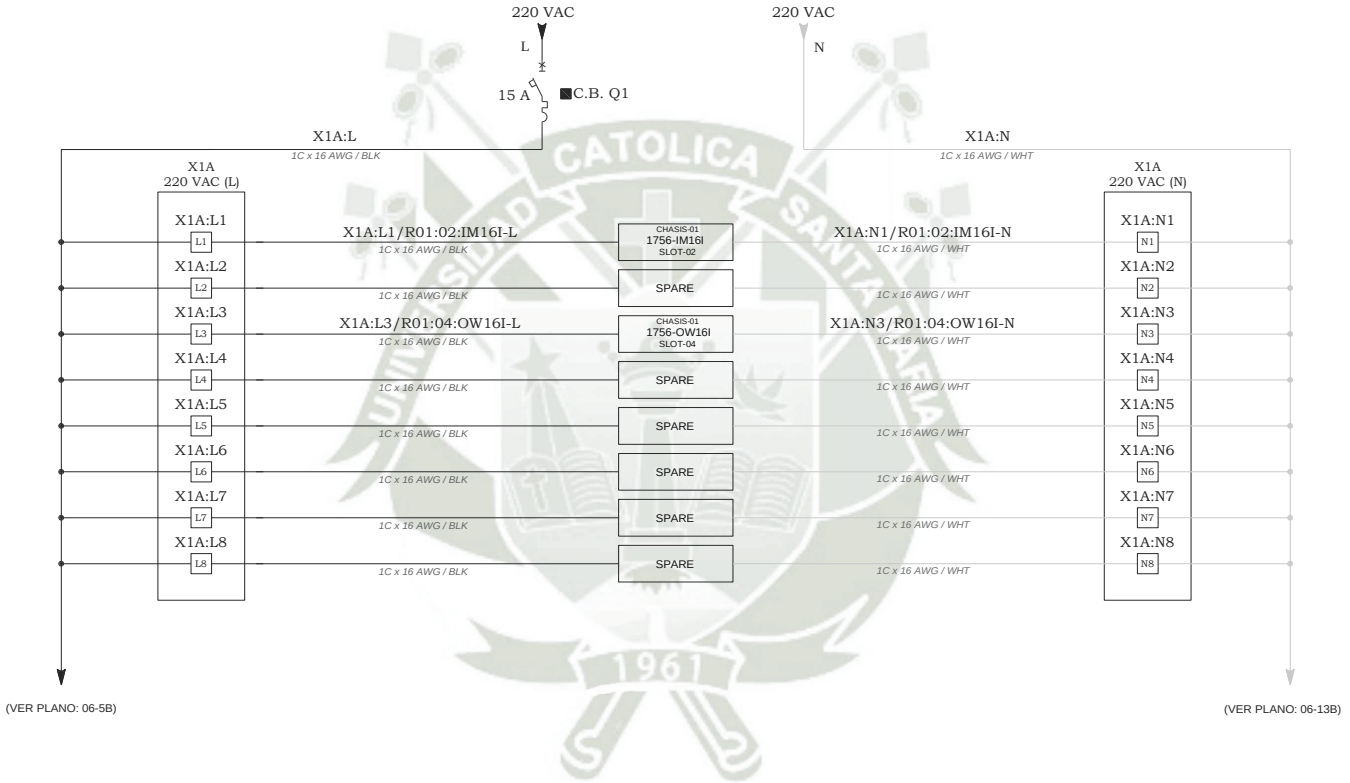
TC - 9100 - 01



EQUIPOS PARA EL GABINETETC9180-01				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE EQUIPO	CÓDIGO	MARCA	CANTIDAD
1	Armario compacto, AE, acero inoxidable 800*1200*300 mm (Anc.xAlt.xPro), IP66/NEMA4x	1017600	Rittal	1 Unid.
2	Termostato interior para armarios	SK3110.000	Rittal	1 Unid.
3	ControlLogix AC Power Supply13A5V.	1756-PA75	Allen Bradley	1 Unid.
4	Controlador ControlLogix	1756-L83E	Allen Bradley	1 Unid.
5	EtherNet 10-100M Interface Module	1756-EN2T	Allen Bradley	1 Unid.
6	159-265 VAC Isolated Input 16 Pts (36 Pin)	1756-IM16I	Allen Bradley	1 Unid.
7	N.O. Isolated Relay Output 16 Pts (36 Pin)	1756-OW16I	Allen Bradley	1 Unid.
8	Bloque terminales de 36 pines con sujeción portornillos.	1756-TBCH	Allen Bradley	4 Unid.
9	Expansor de terminales para cable de calibre 14 Awg.	1756-TBE	Allen Bradley	4 Unid.
10	Isolated Analog Input-Current/Voltage 8 Pts(36 Pin)	1756-IF8I	Allen Bradley	1 Unid.
11	Isolated Analog Output-Current/Voltage 8 Pts(36 Pin)	1756-OF8I	Allen Bradley	1 Unid.
12	Slot Vacío para Módulo de ControLogix	1756-N2	Allen Bradley	4 Unid.
13	10 Slot ControlLogix Chassis	1756-A10	Allen Bradley	1 Unid.
14	1492-SPM Supplementary Protectors, 1-Pole, Trip Curve C, 5 A, No Neutral	1492-SPM1C050	Allen Bradley	7 Unid.
15	1492-SPM Supplementary Protectors, 1-Pole, Trip Curve C, 15 A, No Neutral	1492-SPM1C150	Allen Bradley	2 Unid.
16	Power Supply, 24V DC 5A, 120 W, 100-120 VAC / 200-240 VAC Input Voltage	1606-XLE120E	Allen Bradley	1 Unid.
17	Double-level terminal block, Cross section: 0.14 mm² - 4 mm², AWG: 26 -12, Connection type: Screw connection, Width: 5.2 mm, Color:gray	UTTB 2.5 - 3044636	Phoenix Contact	63 Unid.
18	Feed-through terminal block, Connection method: Screw connection, Cross section: 0.14 mm² - 6 mm², AWG: 26 - 10, Width: 6.2 mm, Color: gray	UT2.5 -3044076	Phoenix Contact	57 Unid.
19	Ground modular terminal block, Connection method: Screw connection, Cross section: 0.14 mm² - 6 mm², AWG: 26 - 10, Width: 6.2 mm, Color: green-yellow	UT 4-PE - 3044128	Phoenix Contact	48 Unid.
20	Fuse modular terminal block, Connection method: Screw connection, Cross section: 0.14 mm² - 6 mm², AWG: 26 - 10, Nominal current: 6.3 A, Nominal voltage: 500 V, Width: 6.2 mm, color: black, Fuse type: G/5x20,	UT 4-HESI-3046032	Phoenix Contact	64 Unid.
21	Soporte final - E/UK - Riel Din	1201442	Phoenix Contact	26 Unid.
22	Marcador para soporte final E/UK.	1004348	Phoenix Contact	16 Unid.
23	Canil simetrico perforado NS 35/7.5.	0801733	Phoenix Contact	5 Unid.
24	EM-DUO 120/15 Toma de corriente doble montada sobre canil con dos conectores hembra 120 VAC/15 A	5600461	Phoenix Contact	1 Unid.
25	Canaleta Blanca de 50x100 mm (incluido tapas).	MC50X100WH2	Panduit	5 Tramos
26	Canaleta Gris de 50x100 mm (incluido tapas).	MC50X100IG2	Panduit	3 Tramos

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 DISTRIBUCION DE EQUIPOS	HOJA: 4 ◀ 3 5 ▶

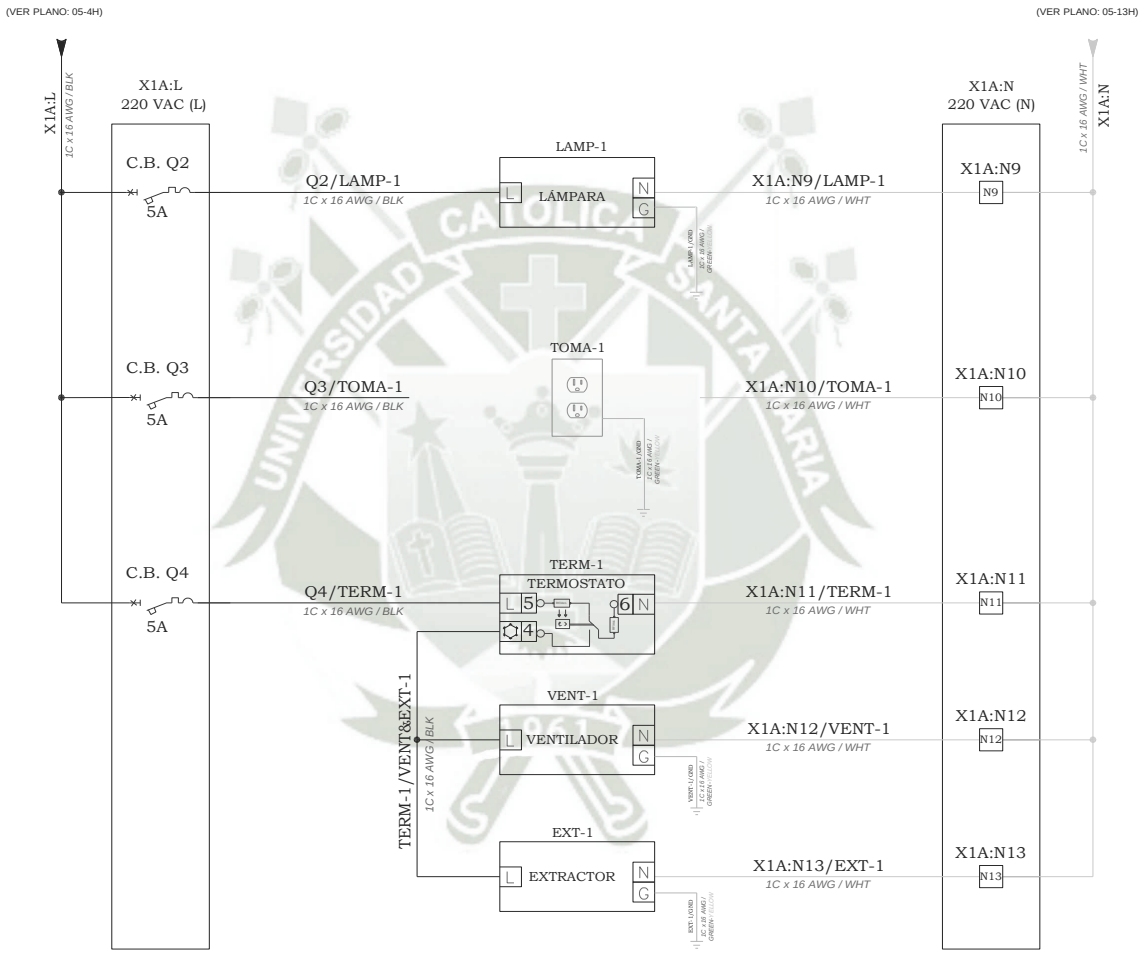
VOLTAJE NO REGULADO 220 VAC



LEYENDA	
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO MONOPOLAR
	BORNERA

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 DIST. NO REGULADA 220 VAC ALIMENTACIÓN A BORNERAS	FOLIO: 5 ◀ 4 6 ▶

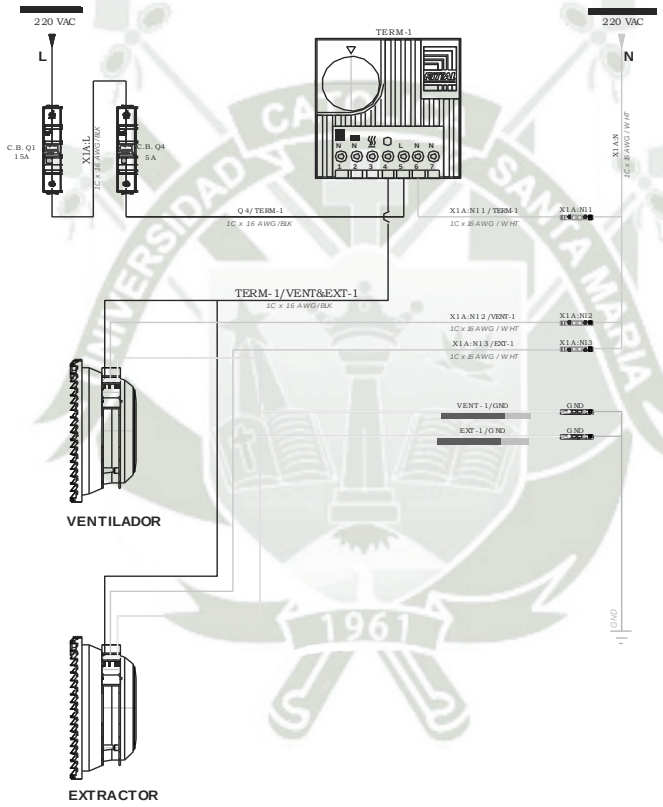
VOLTAJE NO REGULADO DISTRIBUCIÓN 220 VAC



LEYENDA	
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO MONOPOLAR
	BORNERA

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 DIST. NO REGULADA 220 VAC ALIMENTACIÓN A EQUIPOS	FOLIO: 6 ◀ 5 7 ▶

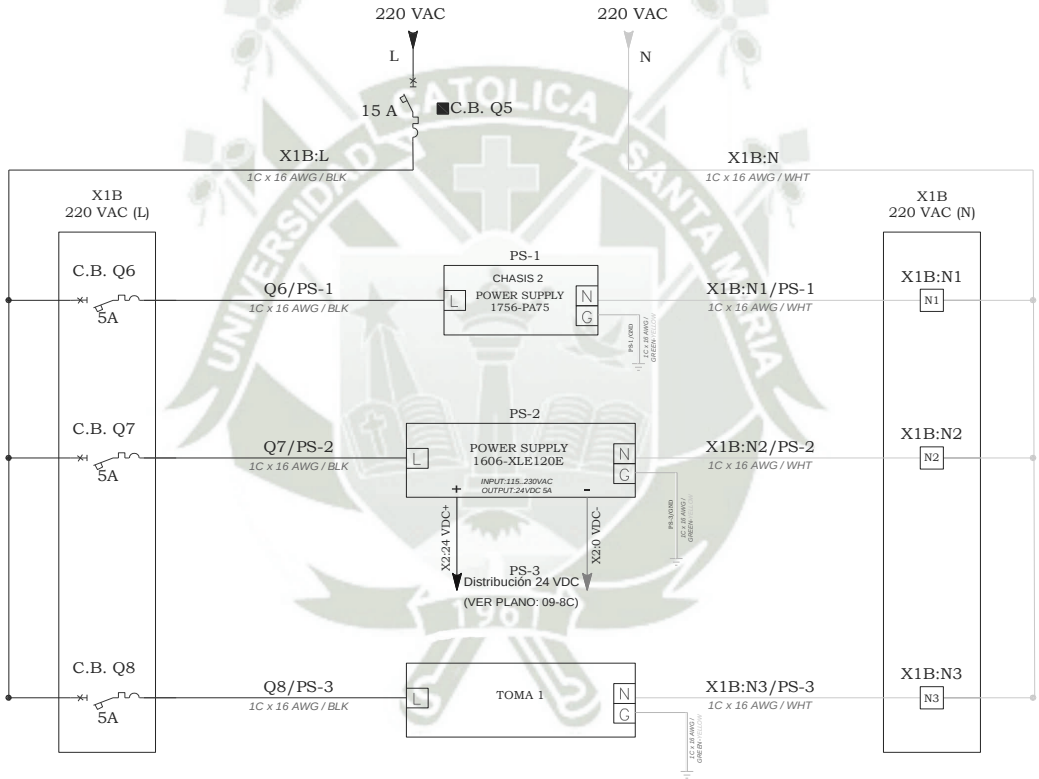
DIAGRAMA DE CONEXIONADO DE TERMOSTATO
Y VENTILADORES



PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 CONEXIONADO DE TERMOSTATO Y VENTILADORES	FOLIO: 7 ◀ 6 8 ▶

VOLTAJE REGULADO DISTRIBUCIÓN 220 VAC

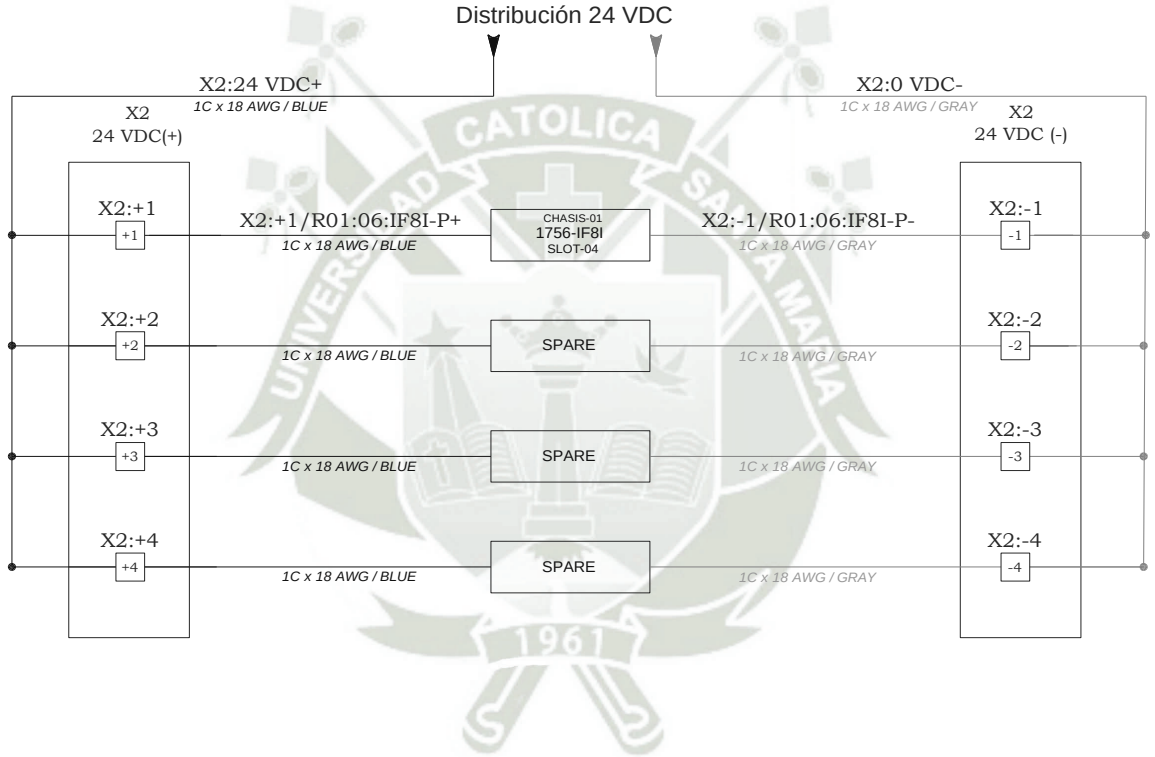
DISTRIBUCIÓN 220 VAC



LEYENDA	
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO MONOPOLAR
	BORNERA

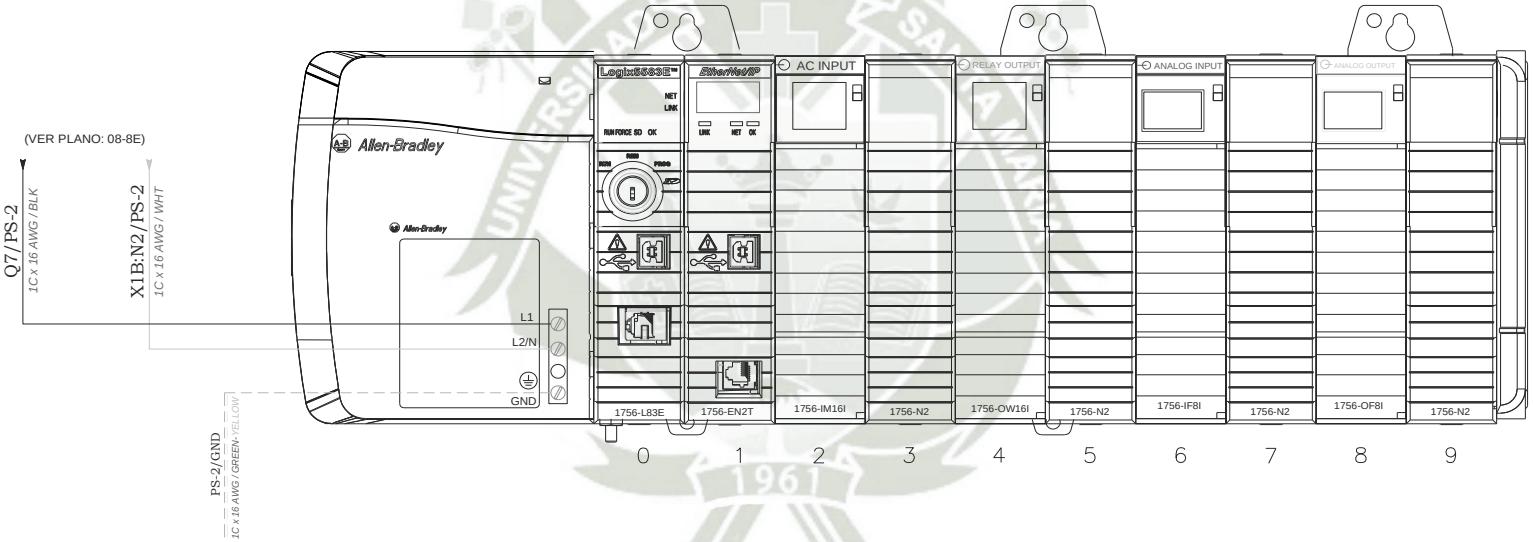
PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 DIST. REGULADA 220 VAC ALIMENTACIÓN A EQUIPOS	FOLIO: 8 ◀ 7 9 ▶

(VER PLANO: 08-8H)

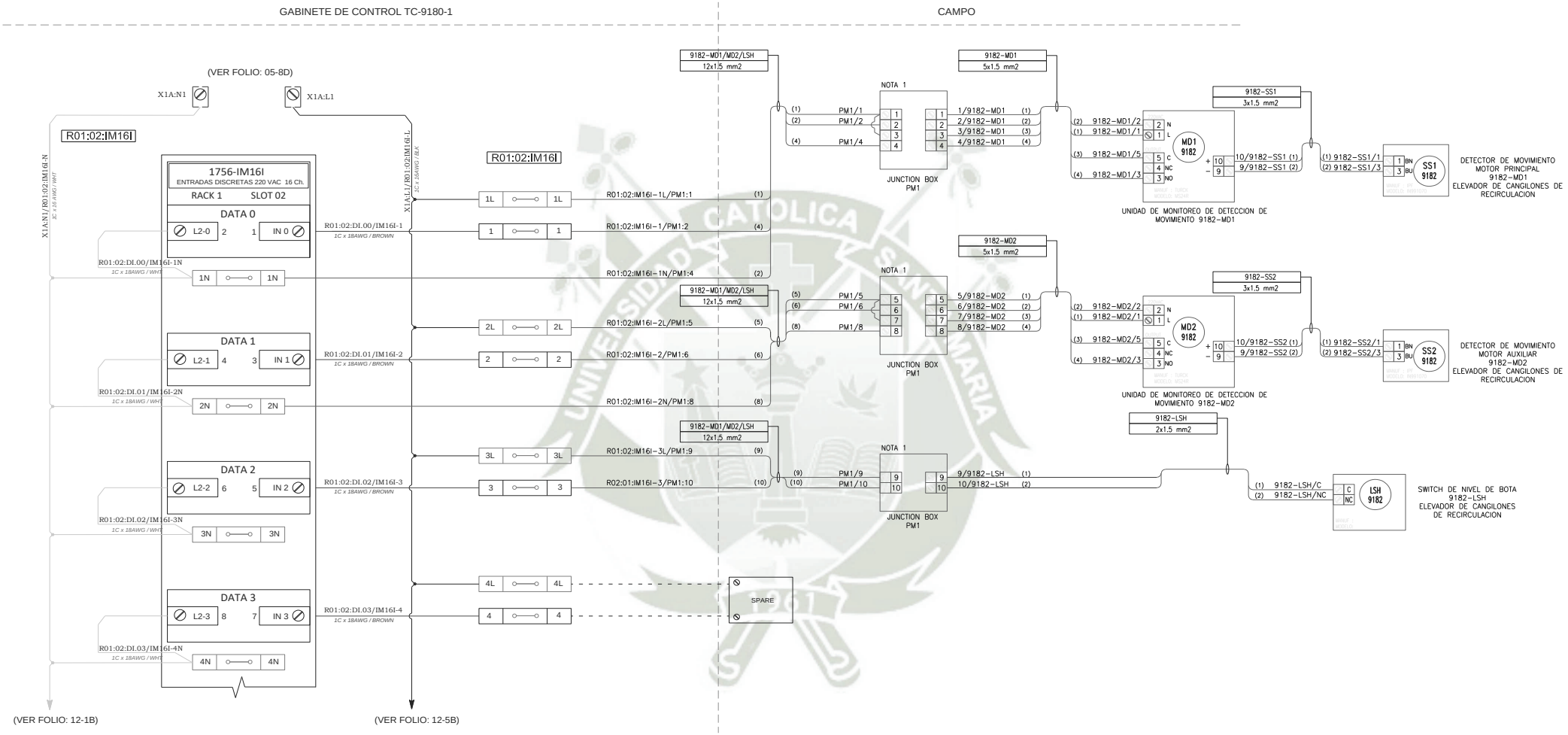


PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 DISTRIBUCIÓN 24 VDC	FOLIO: 9 ◀ 8 10▶

TC-9180-01

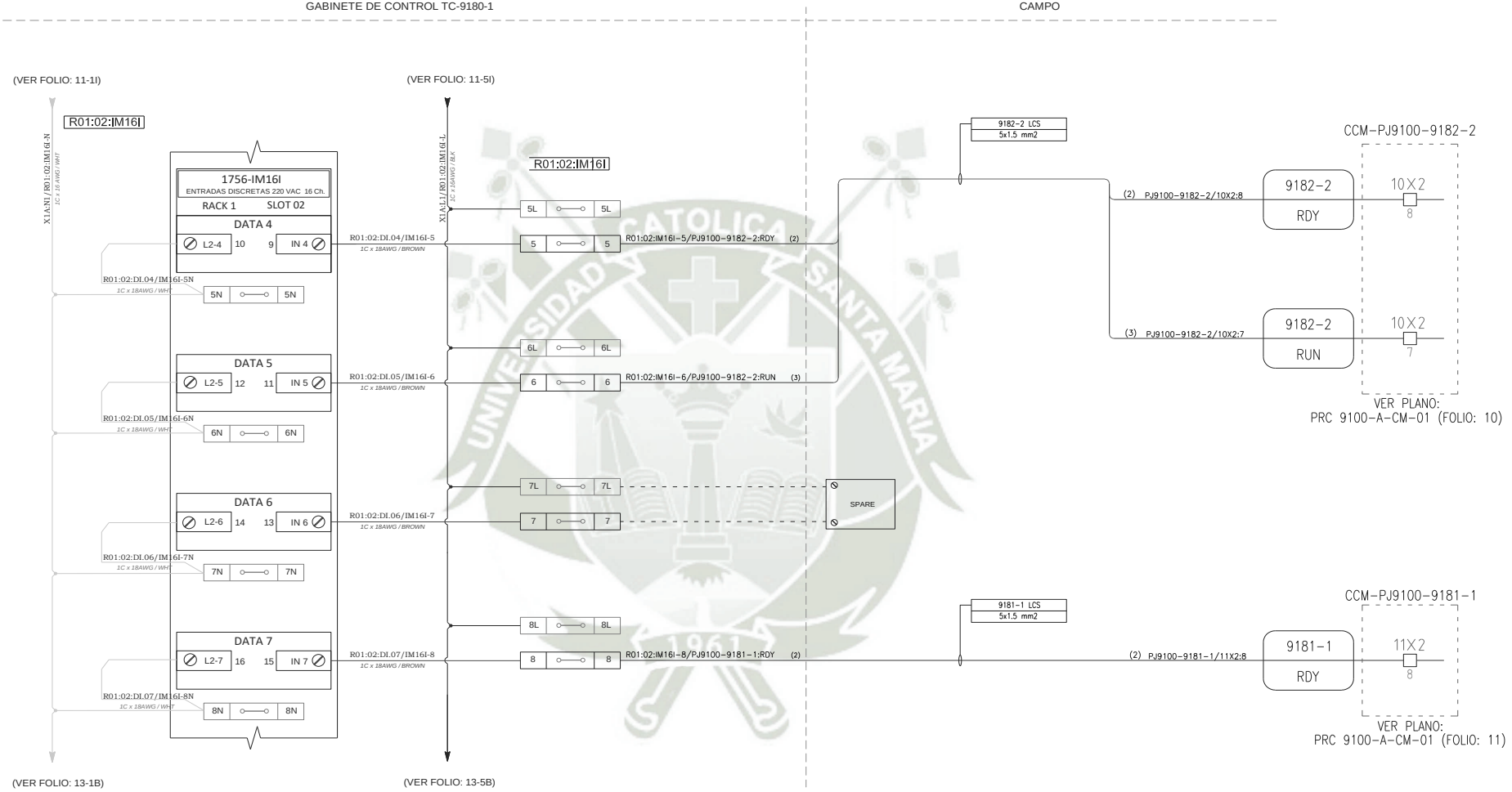


PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 ALIMENTACIÓN DE FUENTE CONTROL LOGIX 1756-PA75	FOLIO: 10 ◀ 9 11▶

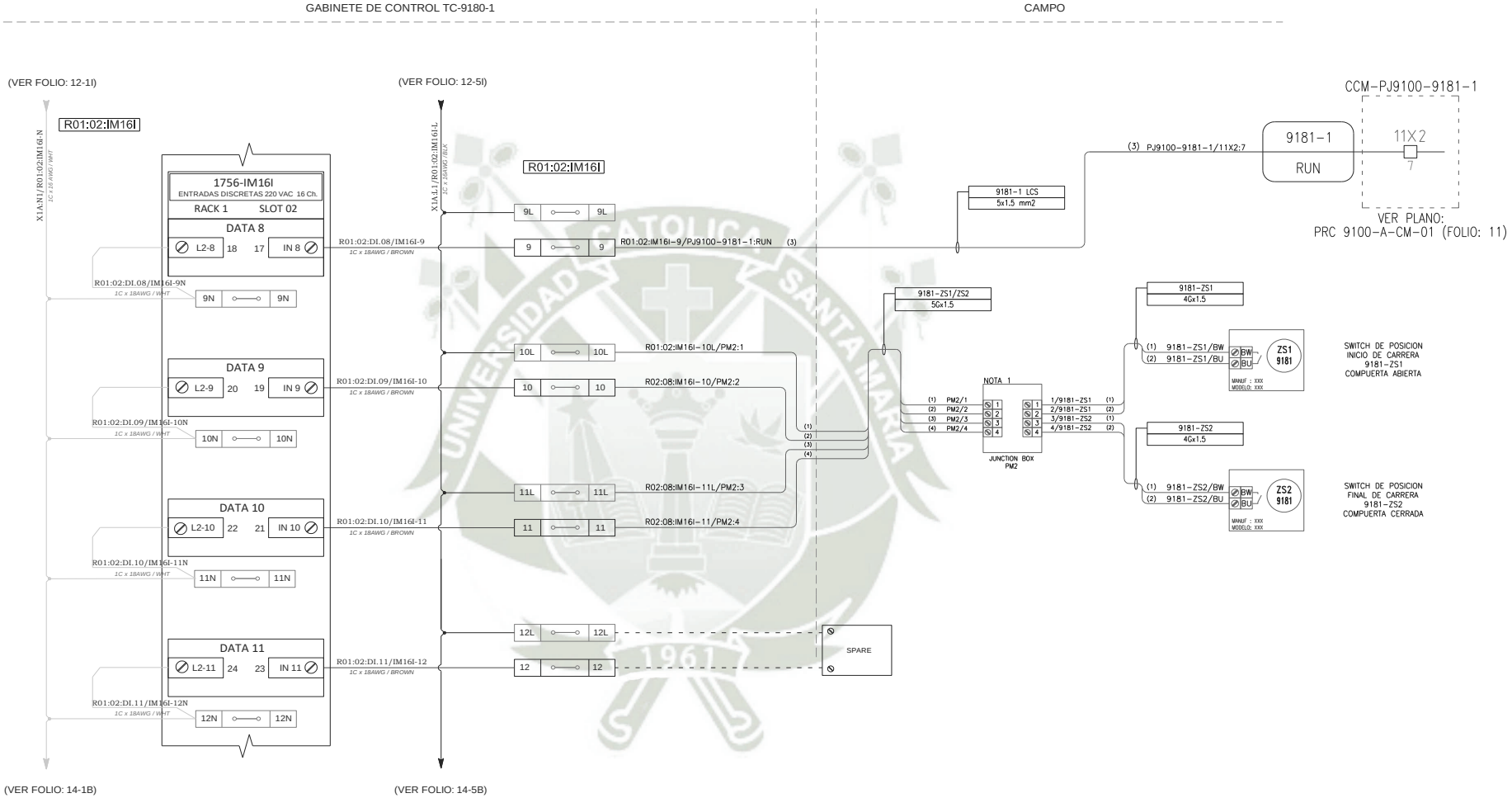


NOTA 1: CAJA DE PASO PM1 UBICADA AL NIVEL DE LA BASE DEL ELEVADOR DE CANGILONES DE RECIRCULACION

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 MÓDULO DE ENTRADA DIGITAL1756-IM16I (SLOT 02)	FOLIO: 11 ◀ 10 12 ▶

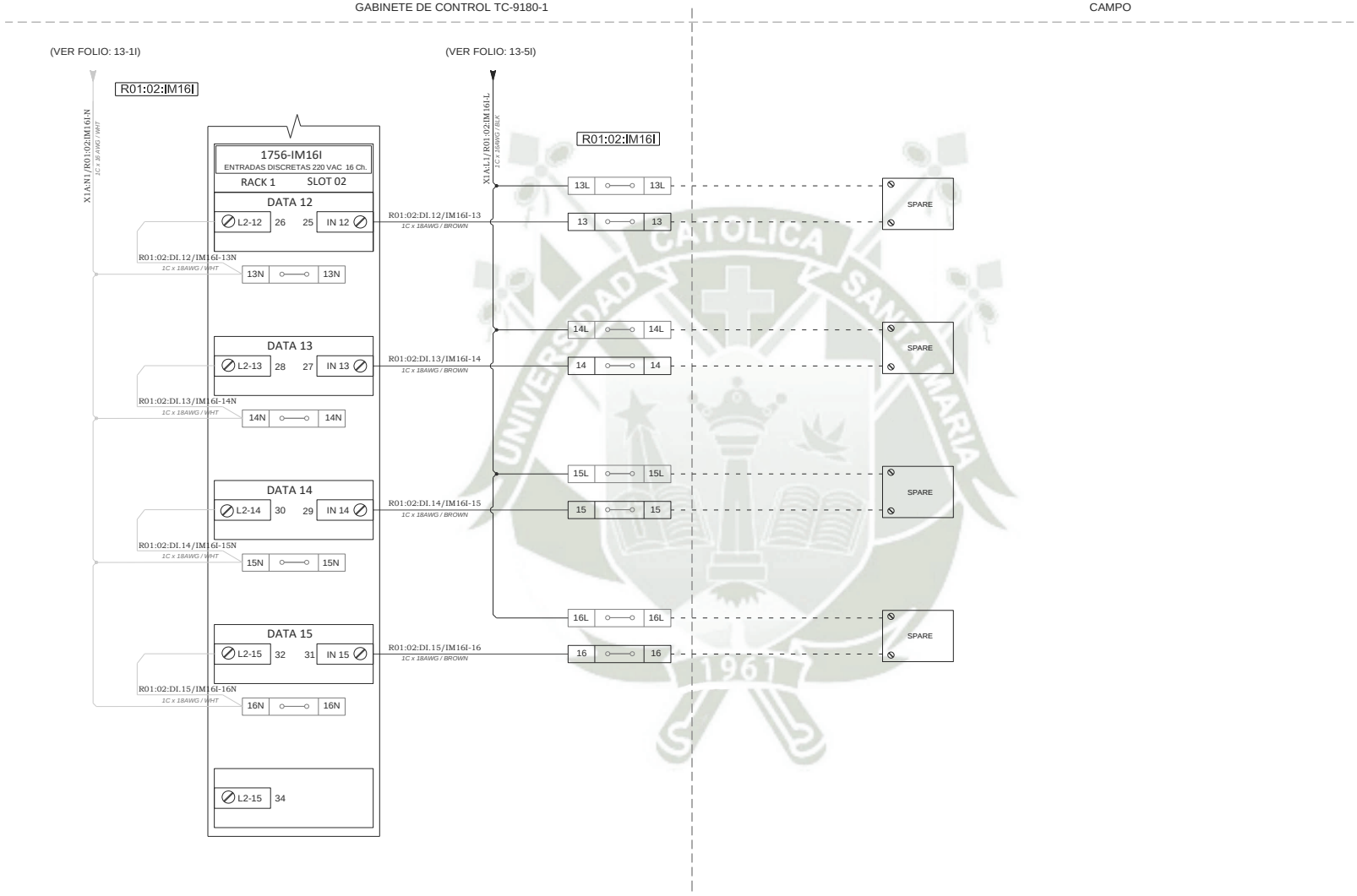


PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 MÓDULO DE ENTRADA DIGITAL1756-IM16I (SLOT 02)	FOLIO: 12 ◀ 11 13▶



NOTA 1: CAJA DE PASO PM2 UBICADA AL NIVEL DE LA TOLVA DE RECHAZO

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 MÓDULO DE ENTRADA DIGITAL1756-IM16I (SLOT 02)	FOLIO: 13 ◀ 12 14 ▶



PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 MÓDULO DE ENTRADA DIGITAL1756-IM16I (SLOT 02)	FOLIO: 14 ◀ 13 15 ▶

SPARE

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 SPARE (SLOT 3)	FOLIO: 15 ◀ 14 16 ▶

SPARE

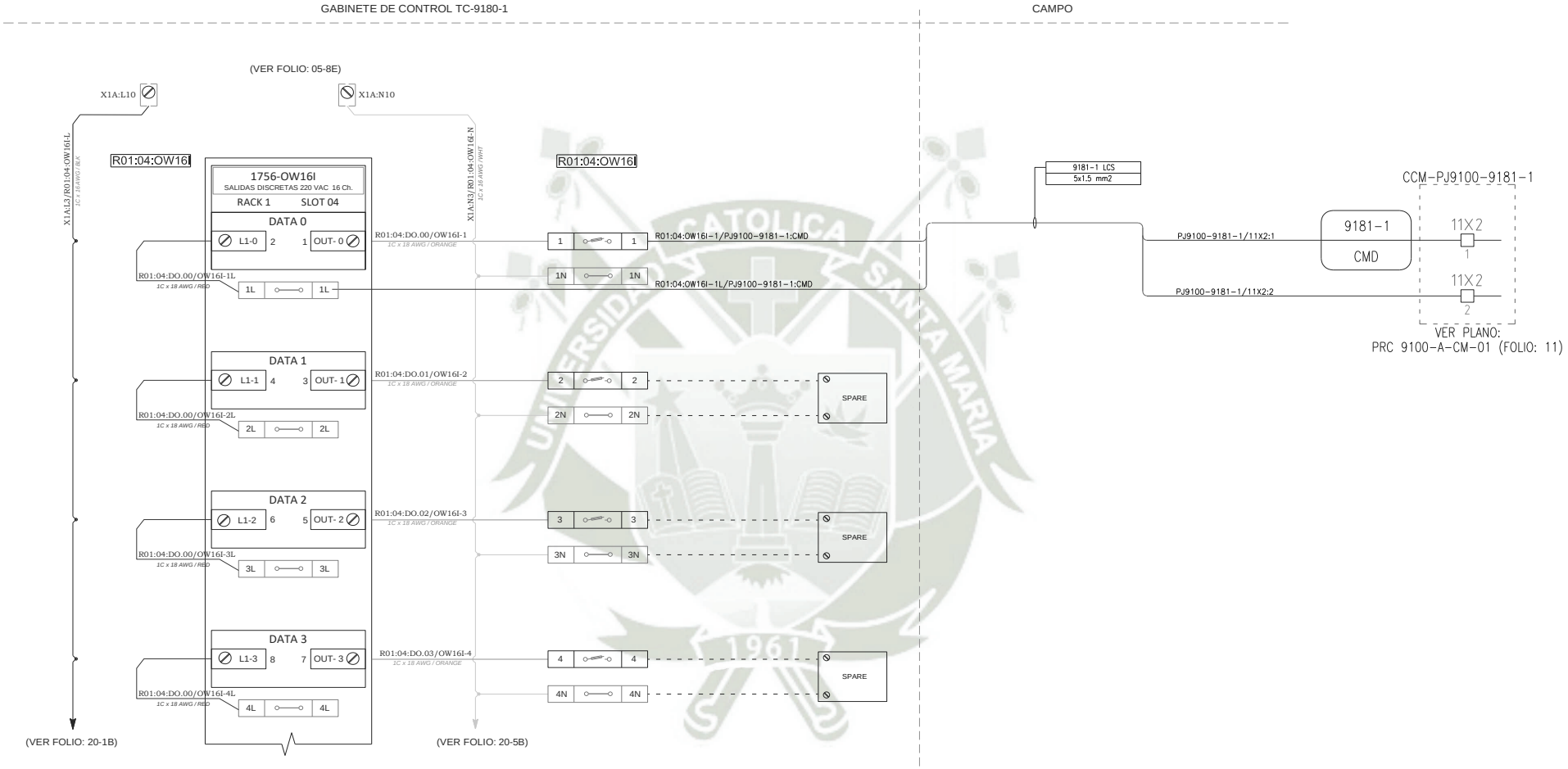
PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 SPARE (SLOT 3)	FOLIO: 16 ◀ 15 17 ▶

SPARE

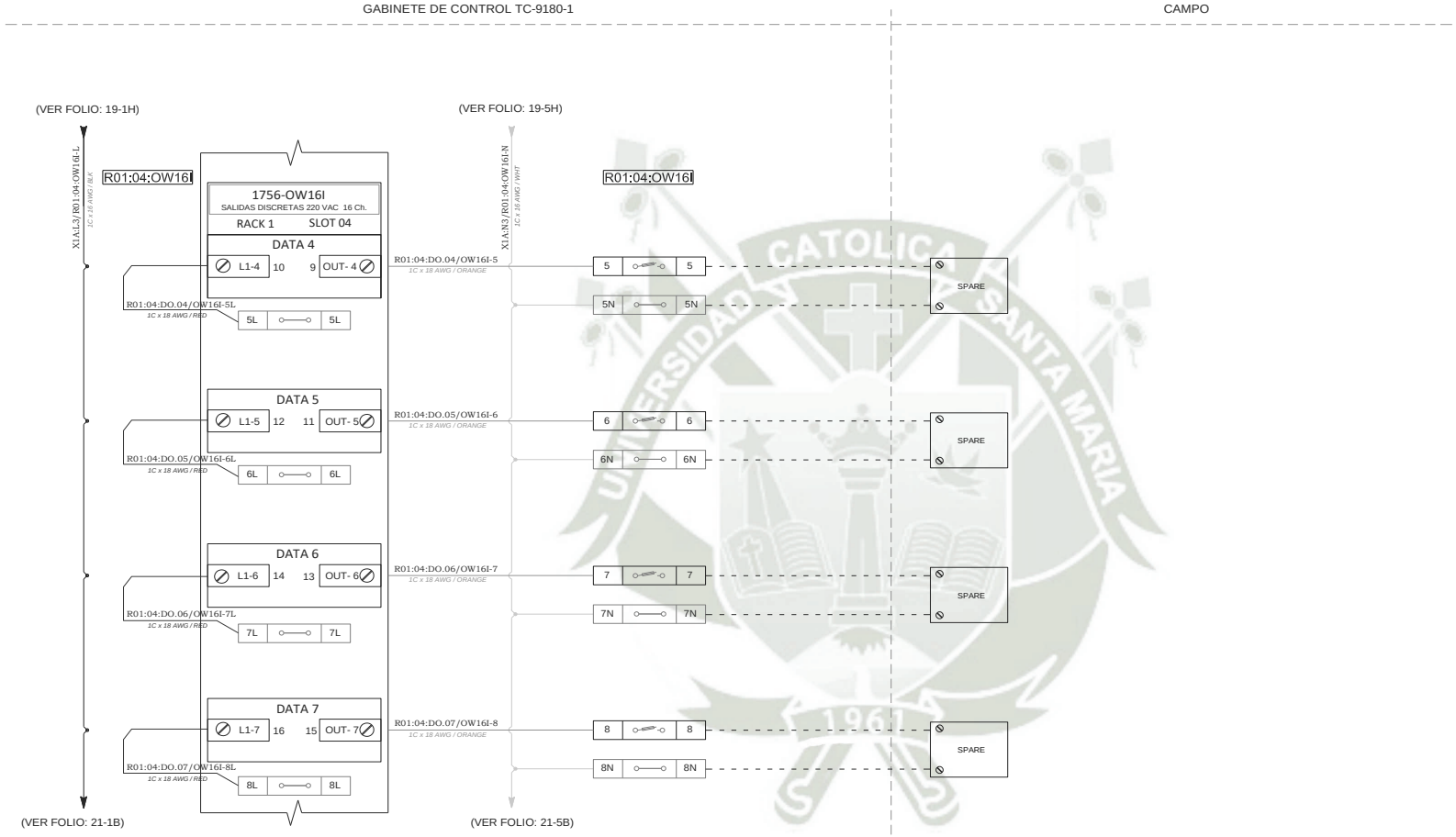
PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 SPARE (SLOT 3)	FOLIO: 17 ◀ 16 18 ▶

SPARE

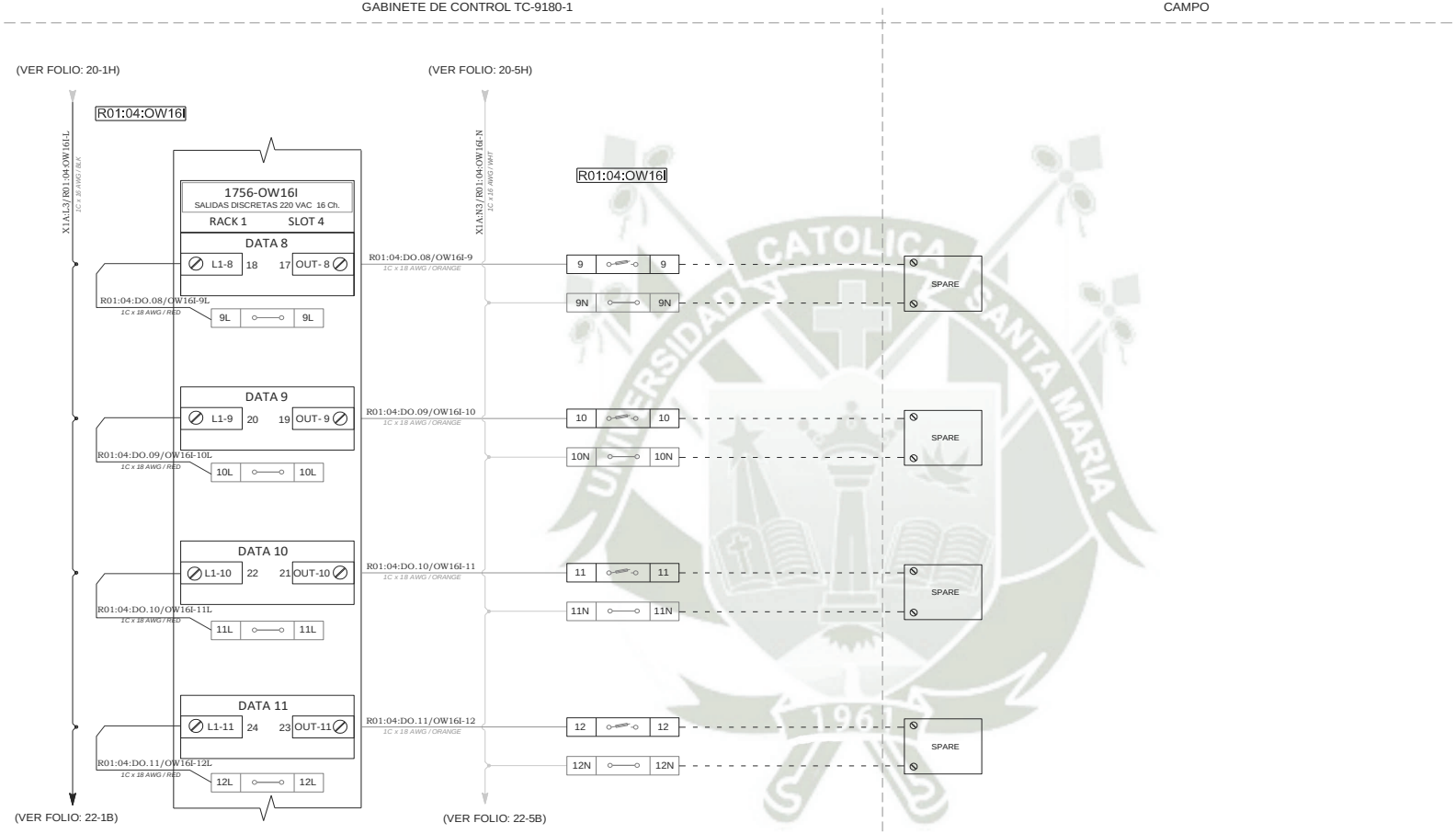
PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 SPARE (SLOT 3)	FOLIO: 18 ◀ 17 19 ▶



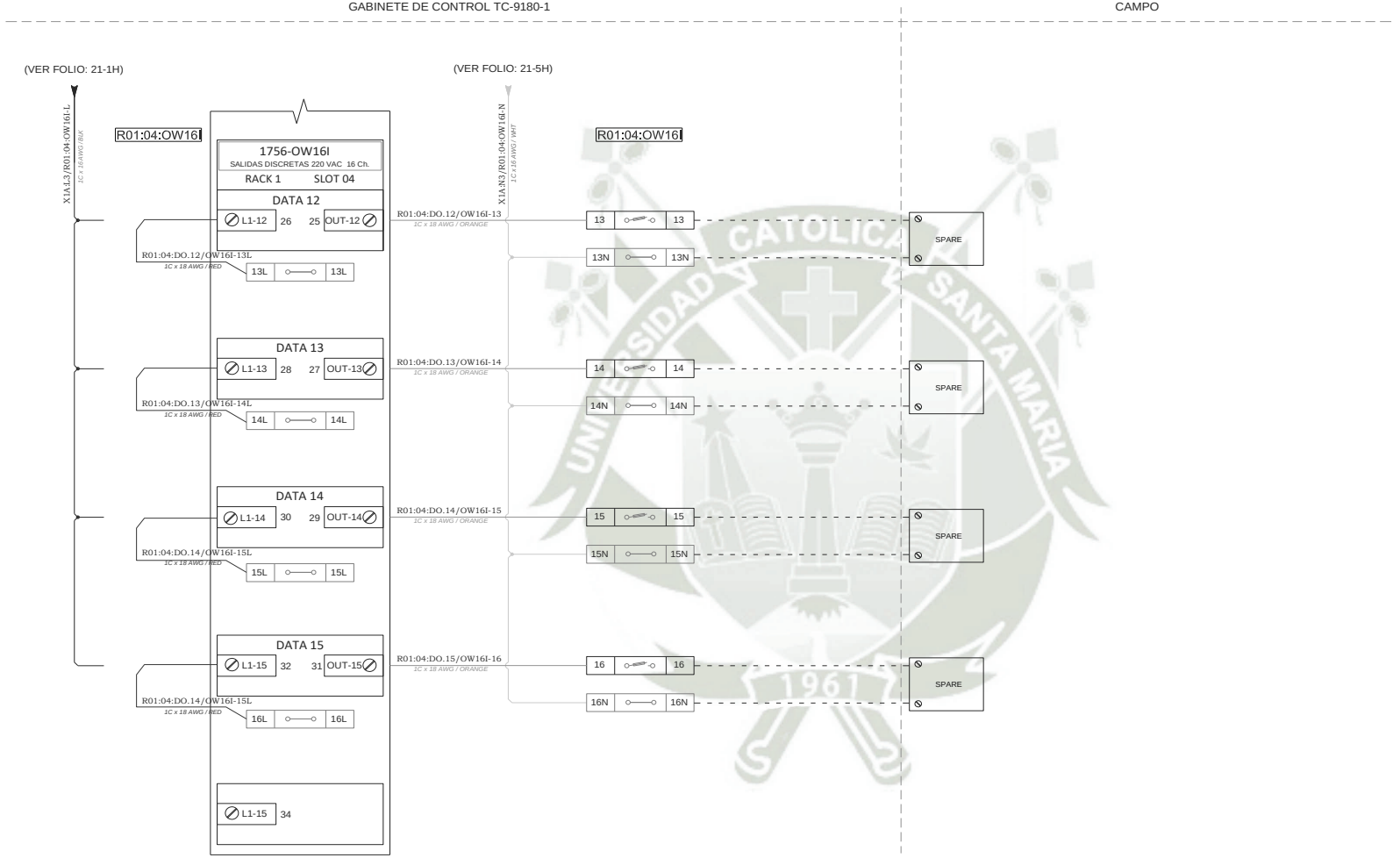
PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 MÓDULO DE SALIDA DIGITAL 1756-OW16I (SLOT 04)	FOLIO: 19 ◀ 18 20 ▶



PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 MÓDULO DE SALIDA DIGITAL 1756-OW16I (SLOT 04)	FOLIO: 20 ◀ 19 21 ▶



PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 MÓDULO DE SALIDA DIGITAL 1756-OW16I (SLOT 04)	FOLIO: 21 ◀ 20 22 ▶



PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 MÓDULO DE SALIDA DIGITAL 1756-OW16I (SLOT 04)	FOLIO: 22 ◀ 21 23 ▶

SPARE

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 SPARE (SLOT 5)	FOLIO: 23 ◀ 22 24 ▶

SPARE

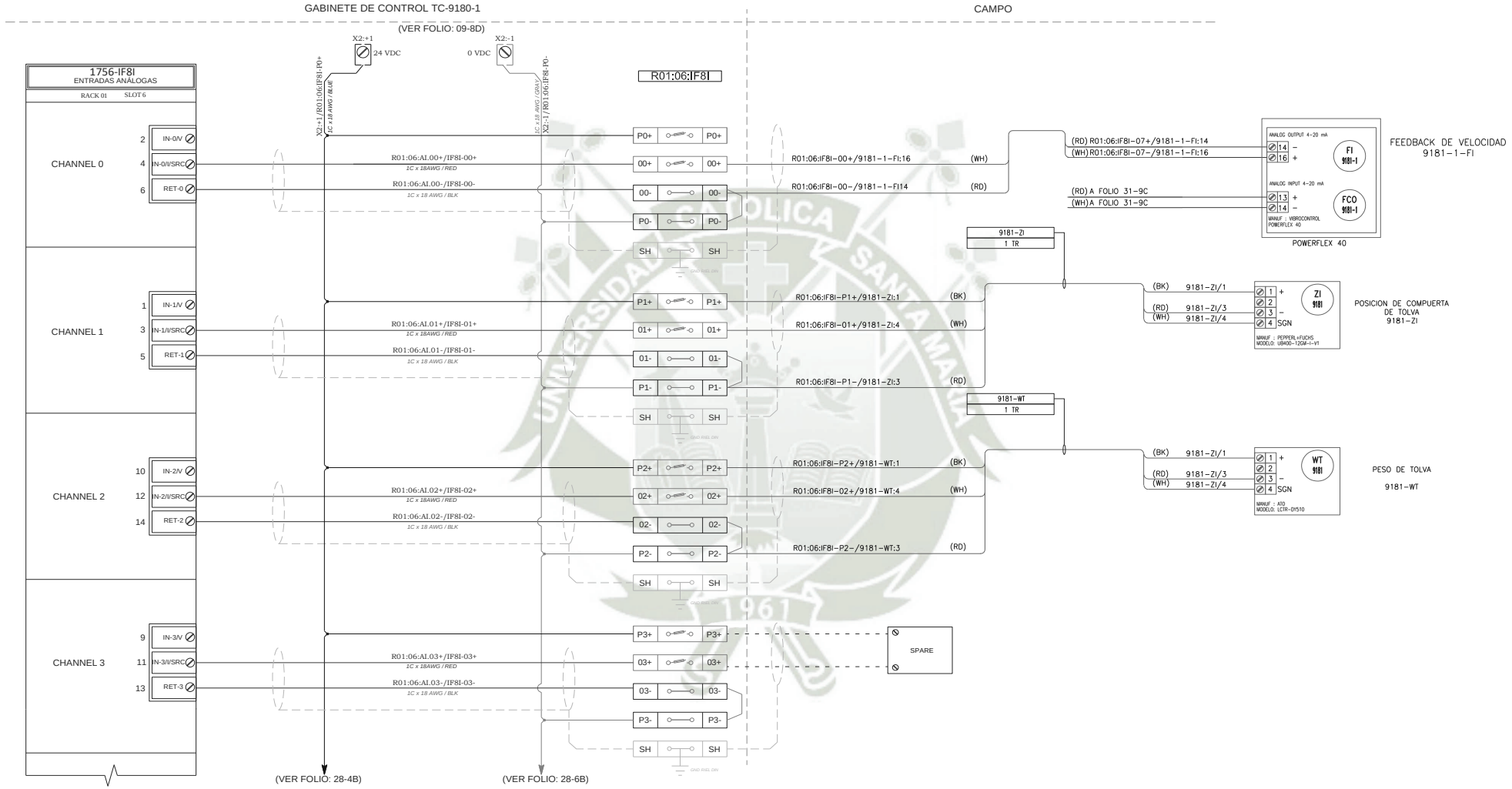
PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 SPARE (SLOT 5)	FOLIO: 24 ◄ 23 25 ►

SPARE

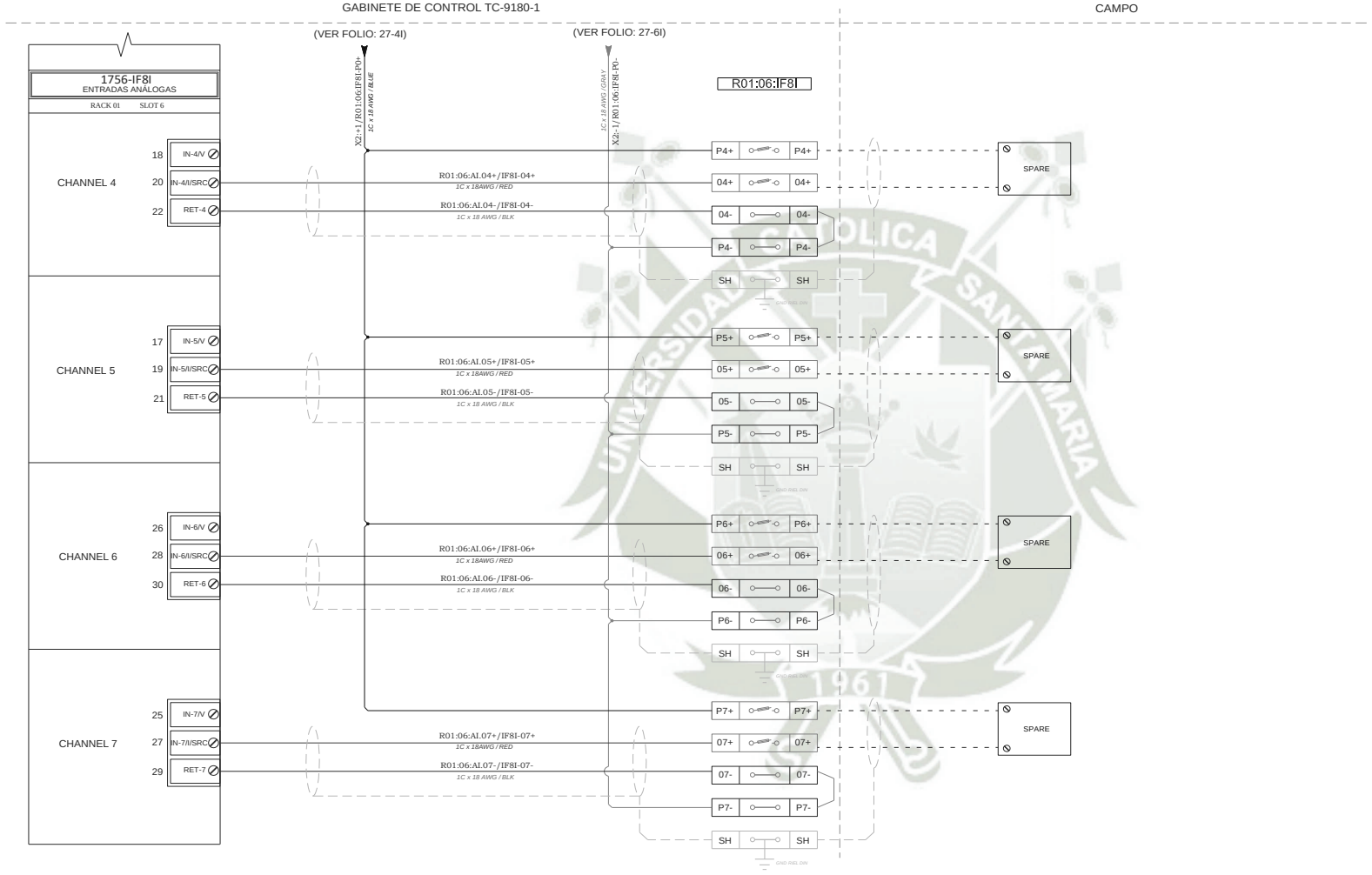
PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 SPARE (SLOT 5)	FOLIO: 25 ◀ 24 26 ▶

SPARE

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 SPARE (SLOT 5)	FOLIO: 26 ◀ 25 27 ▶



PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 MÓDULO DE ENTRADA ANALÓGICA 1756-IF8I (SLOT 06)	FOLIO: 27 ◀ 26 28 ▶



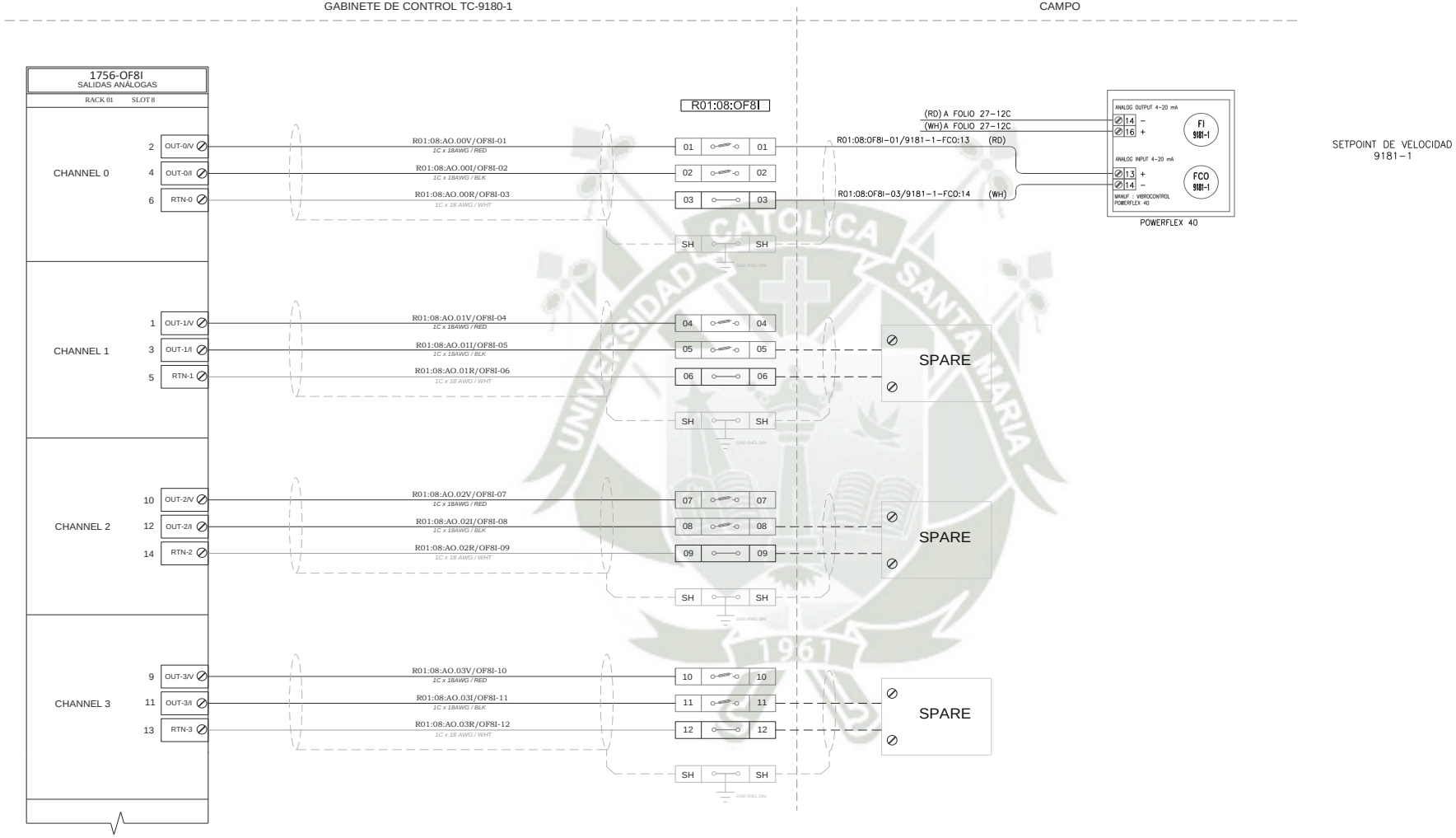
PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 MÓDULO DE ENTRADA ANALÓGICA 1756-IF8I (SLOT 06)	FOLIO: 28 ◀ 27 29 ▶

SPARE

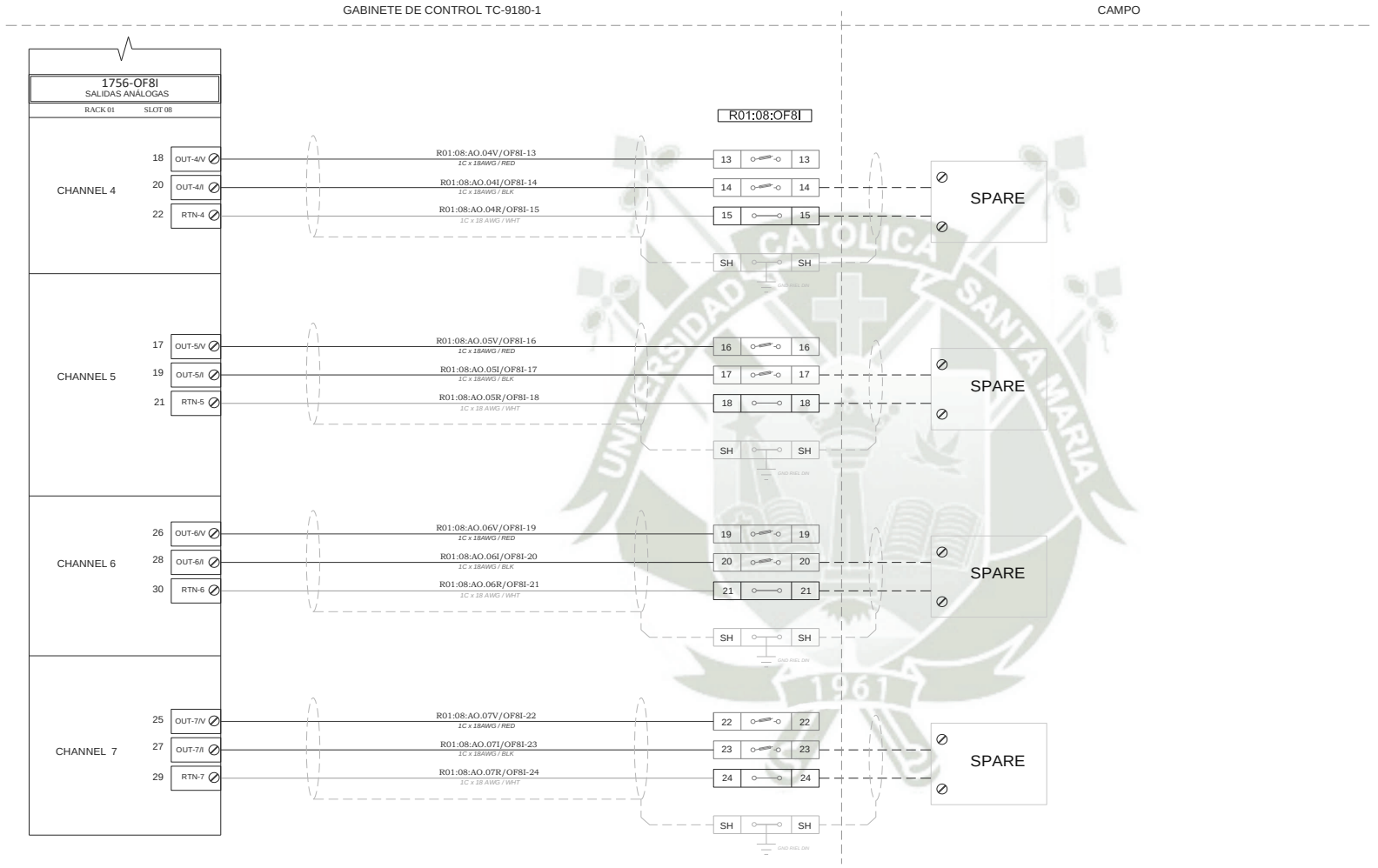
PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 SPARE (SLOT 7)	FOLIO: 29 ◀ 28 30 ▶

SPARE

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 SPARE (SLOT 7)	FOLIO: 30
	◀ 29 31 ▶



PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 MÓDULO DE SALIDA ANALÓGICA 1756-OF8I (SLOT 08)	FOLIO: 31 ◀ 30 32 ▶



PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO CONTROL	N° PLANO: PRC 9180-A-DC-RACK01
DIAGRAMA DE CONEXIONES 9180-RACK01 MÓDULO DE SALIDA ANALÓGICA 1756-OF8I (SLOT 08)	FOLIO: 32 ◀ 31 - ▶

RECIRCULACION_CARBON

CENTRO_DE_CONTROL_DE_MOTORES_9100

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO DE FUERZA	N° PLANO: PRC 9100-A-CM-01
CCM DE MOLINO DE CARBON GRUPO 9100 CARATULA	FOLIO: 1 ◀ - 2 ▶

INDICE GENERAL

FOLIO	DESCRIPCION	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D
1	CARATULA	X			
2	INDICE GENERAL	X			
3	SIMBOLOS ELECTRICOS	X			
4	DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DEL CCM	X			
5	DIAGRAMA UNIFILAR	X			
6	RED DEVICENET	X			
7	ALIMENTACIóN PRINCIPAL 460VAC - COMUNICACIóN	X			
8	DISTRIBUCION DE BORNES DE ALIMENTACION	X			
9	9182-1 ELEVADOR DE CANGILONES DE RECIRCULACION MOTOR PRINCIPAL	X			
10	9182-2 ELEVADOR DE CANGILONES DE RECIRCULACION MOTOR AUXILIAR	X			
11	9181-1 COMPUERTA TOLVA DE RECHAZO	X			

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO DE FUERZA	N° PLANO: PRC 9100-A-CM-01
CCM DE MOLINO DE CARBON GRUPO 9100 INDICE	FOLIO: 2 ◄ 1 3 ►

CODIGO DE COLORES
BK = NEGRO WH = BLANCO RD = ROJO BN = MARRON BU = AZUL GY = GRIS GN = VERDE YE = AMARILLO OG = NARANJA

ELEMENTO	DESCRIPCION IEC
FU	DIAGRAMA UNIFILAR FUSIBLE
L	DIAGRAMA UNIFILAR REACTANCIA DE LINEA
KM	DIAGRAMA UNIFILAR CONTACTOR
Q	DIAGRAMA UNIFILAR INTERRUPTOR
Q	DIAGRAMA UNIFILAR SECCIONADOR MANDO POR PALANCA CON MANETA
U SS	DIAGRAMA UNIFILAR SOFT STARTER
U VFD	DIAGRAMA UNIFILAR VARIADOR DE FRECUENCIA
	DIAGRAMA UNIFILAR CONECTOR

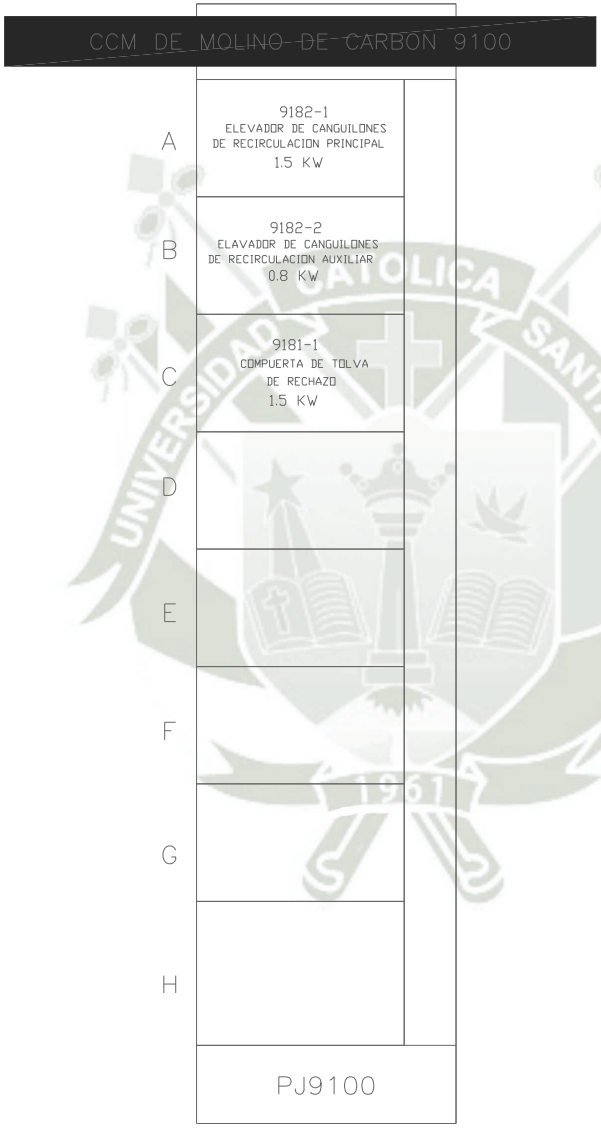
ELEMENTO	DESCRIPCION IEC
M 3~ KA	DIAGRAMA UNIFILAR MOTOR TRIFASICO
F	UNIDAD DE PROTECCION CONTRA SOBRECARGA
F	CONTACTO N. O. UNIDAD DE PROTECCION CONTRA SOBRECARGA
F	CONTACTO N. C. UNIDAD DE PROTECCION CONTRA SOBRECARGA
FU	FUSIBLE
H GN	PILOTO UNIDAD DE SEÑALIZACION COLOR VERDE
HSS	CUERDA DE EMERGENCIA CONTACTO N. C.
HSS	PARADA DE EMERGENCIA CONTACTO N. C.
L	REACTANCIA DE LINEA
KA	RELE AUXILIAR

ELEMENTO	DESCRIPCION IEC
	CONTACTO N. O. RELE AUXILIAR
KA	CONTACTO N. C. RELE AUXILIAR
KM	CONTACTOR DE FUERZA
KM	CONTACTOS DE FUERZA CONTACTOR DE FUERZA
KM	CONTACTO AUXILIAR N. O. CONTACTOR DE FUERZA
KM	CONTACTO AUXILIAR N. C. CONTACTOR DE FUERZA
M 1~	MOTOR MONOFASICO
Q	INTERRUPTOR TRIFASICO
Q	SECCIONADOR TRIFASICO MANDO POR PALANCA CON MANETA
SA	SELECTOR DE 2 POSICIONES AUTO - MANUAL

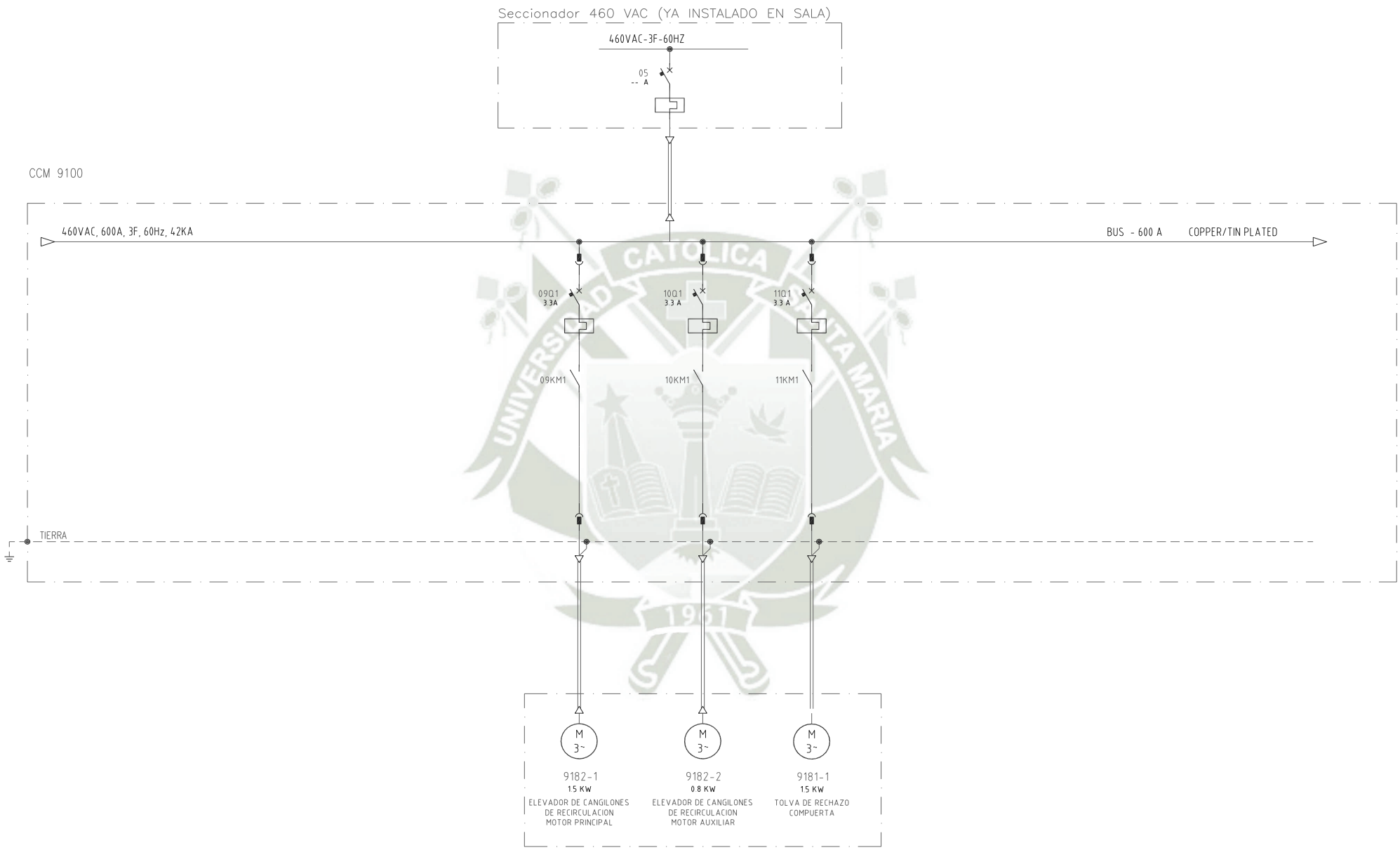
ELEMENTO	DESCRIPCION IEC
SB	PULSADOR MOMENTANEO CONTACTO N. O.
T	TRANSFORMADOR DE TENSION
T CT	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
T GFS	SENSOR DE FALLA A TIERRA
X X	CONECTORES PLUG/JACK
X	BORNERAS
ZS Fe	SWITCH DE PROXIMIDAD INDUCTIVO CONACTO N. O.
ZS Fe	SWITCH DE PROXIMIDAD INDUCTIVO CONACTO N. C.
ZS	LIMIT SWITCH CONACTO N. O.
ZS	LIMIT SWITCH CONACTO N. C.

ELEMENTO	DESCRIPCION IEC
	CABLE APANTALLADO
	-TRANSFORMADOR 440 A 110V
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO DE FUERZA	N° PLANO: PRC 9100-A-CM-01
CCM DE MOLINO DE CARBON GRUPO 9100 SIMBOLOS ELECTRICOS	FOLIO: 3 ◄ 2 4 ►



PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO DE FUERZA	N° PLANO: PRC 9100-A-CM-01
CCM DE MOLINO DE CARBON GRUPO 9100 DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DEL CCM	FOLIO: 4 ◄ 3 5 ►



PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO DE FUERZA	N° PLANO: PRC 9100-A-CM-01
CCM DE MOLINO DE CARBON GRUPO 9100 DIAGRAMA UNIFILAR	FOLIO: 5 ◄ 4 6 ►

TABLERO DE CONTROL – TC 9100

CCM 9100

1756-EN2T — 192.168.2.0 — IP 192.168.2.1 — 9182-1

ELEVADOR DE CANGILONES DE RECIRCULACION, MOTOR PRINCIPAL

MODULO DEVICENET: 1756-EN2T
RACK: 1
SLOT: 1



CONECTOR RJ45

E300 – POWERFLEX40 – 1756-EN2T

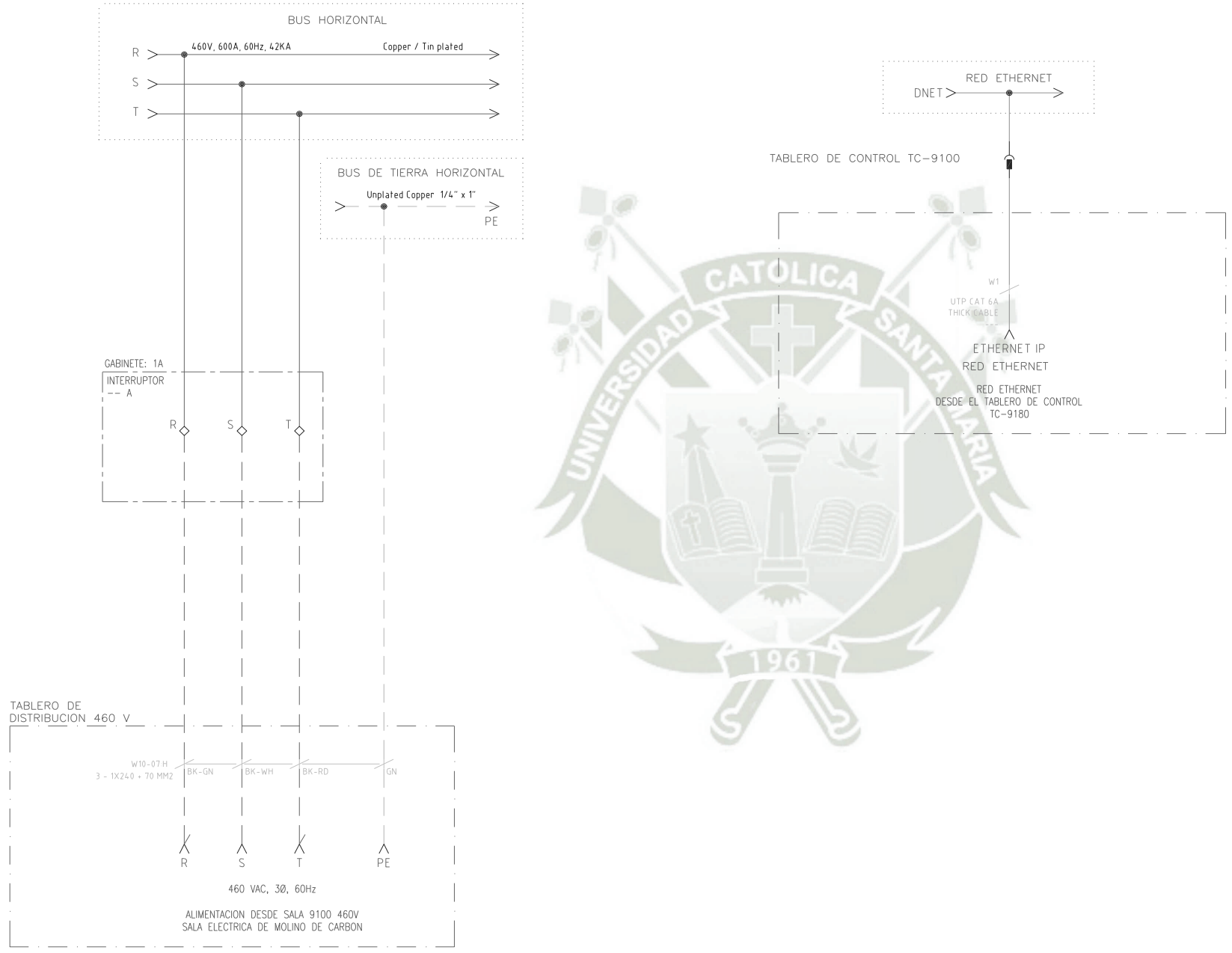
CABLEADO EN EL CCM

CABLEADO EN LA SALA ELECTICA

CABLE ETHERNET CAT 6A

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA 1961

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO DE FUERZA	N° PLANO: PRC 9100-A-CM-01
CCM DE MOLINO DE CARBON GRUPO 9100 RED ETHERNET	FOLIO: 6 ◀ 5 7 ▶

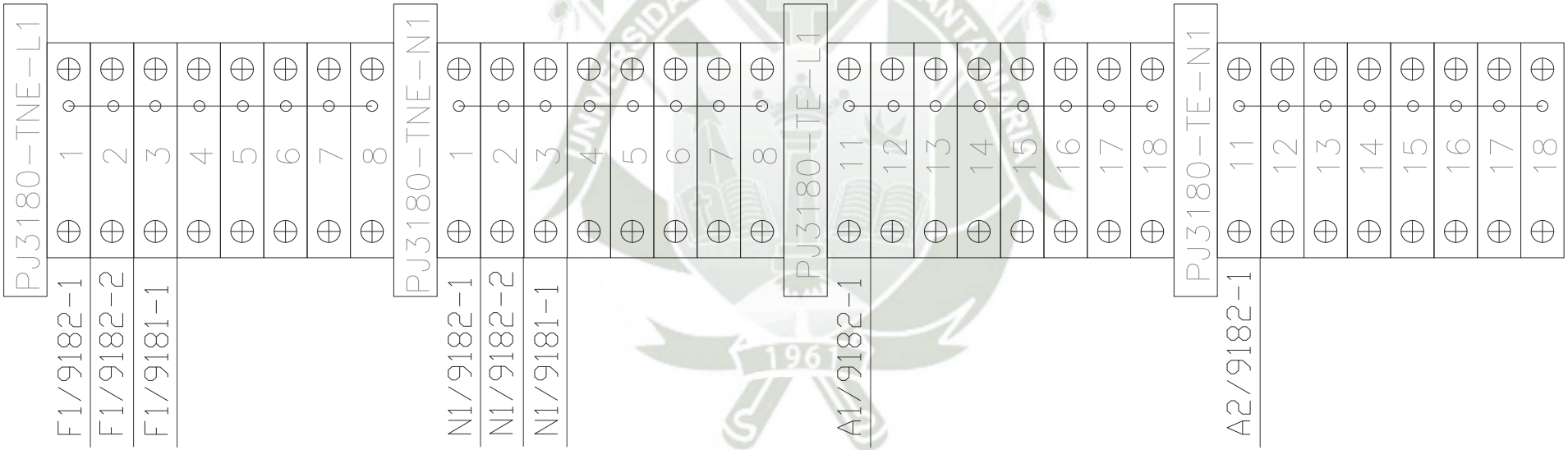


PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO DE FUERZA	N° PLANO: PRC 9100-A-CM-01
CCM DE MOLINO DE CARBON GRUPO 9100 ALIMENTACION PRINCIPAL 460VAC - COMUNICACIÓN	FOLIO: 7 ◀ 6 8 ▶

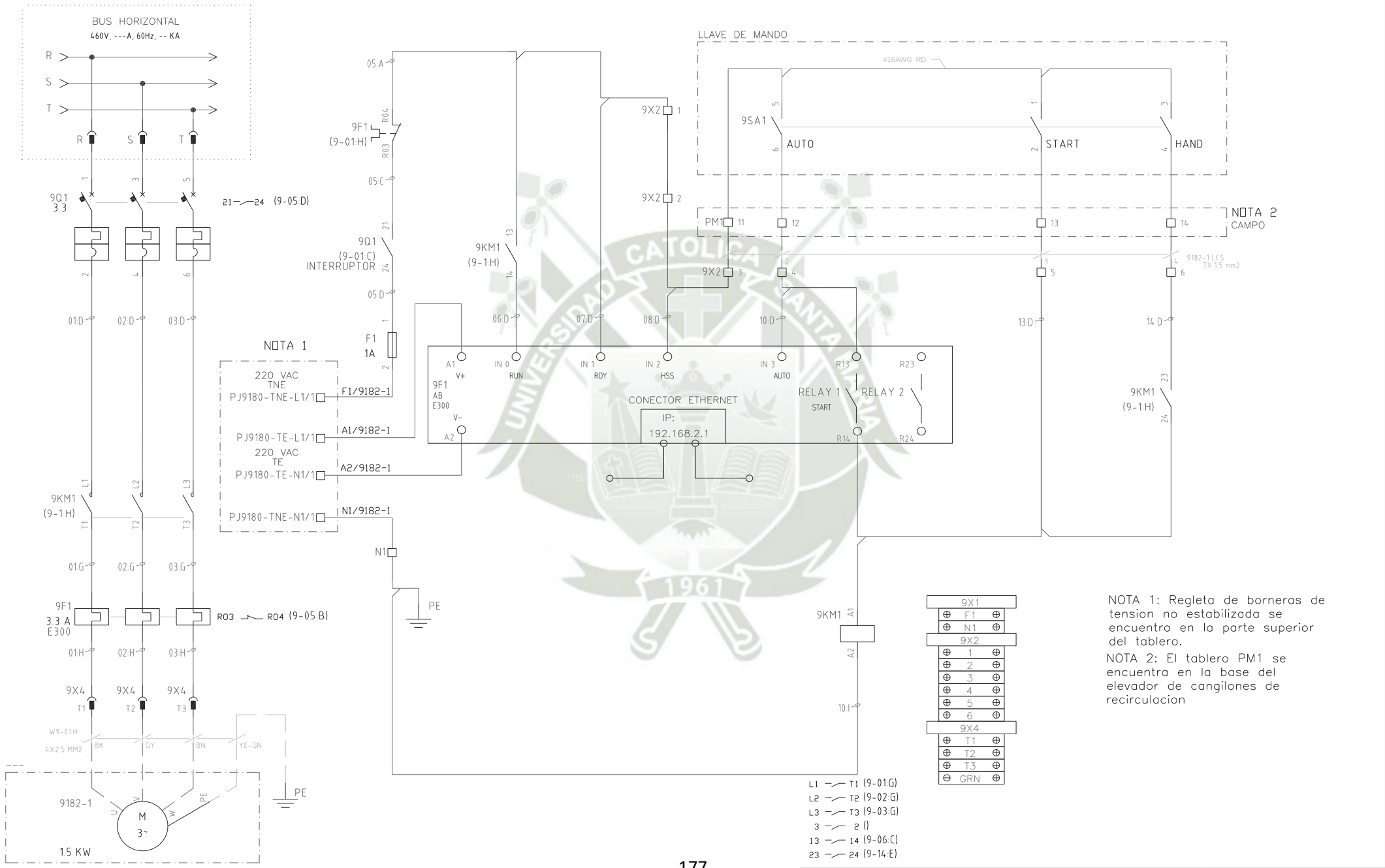
PJ9180

TENSION NO ESTABILIZADA

TENSION ESTABILIZADA



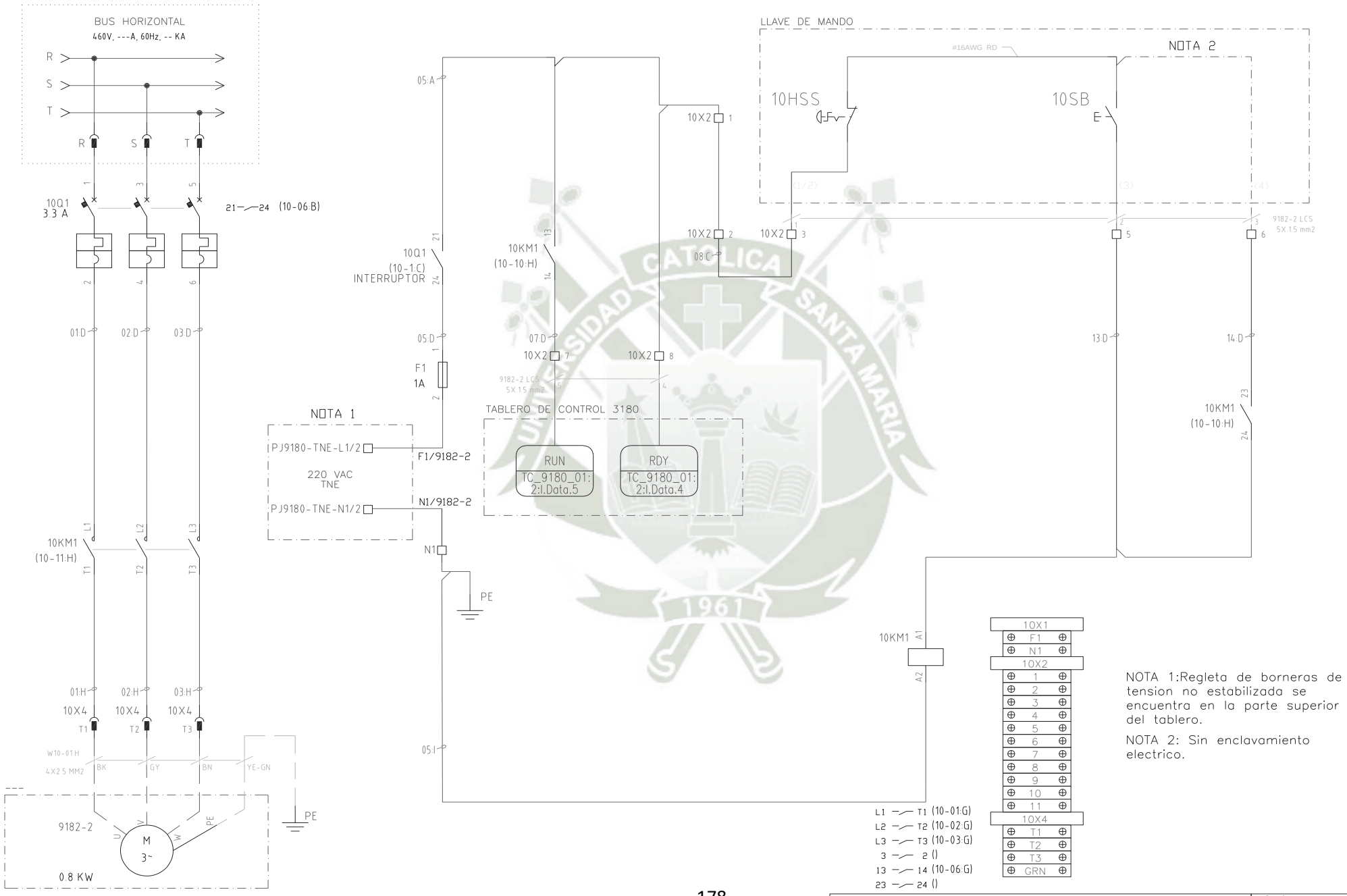
PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO DE FUERZA	N° PLANO: PRC 9100-A-CM-01
CCM DE MOLINO DE CARBON GRUPO 9100 DISTRIBUCION DE BORNES DE ALIMENTACION	FOLIO: 8 ◀ 7 9 ▶



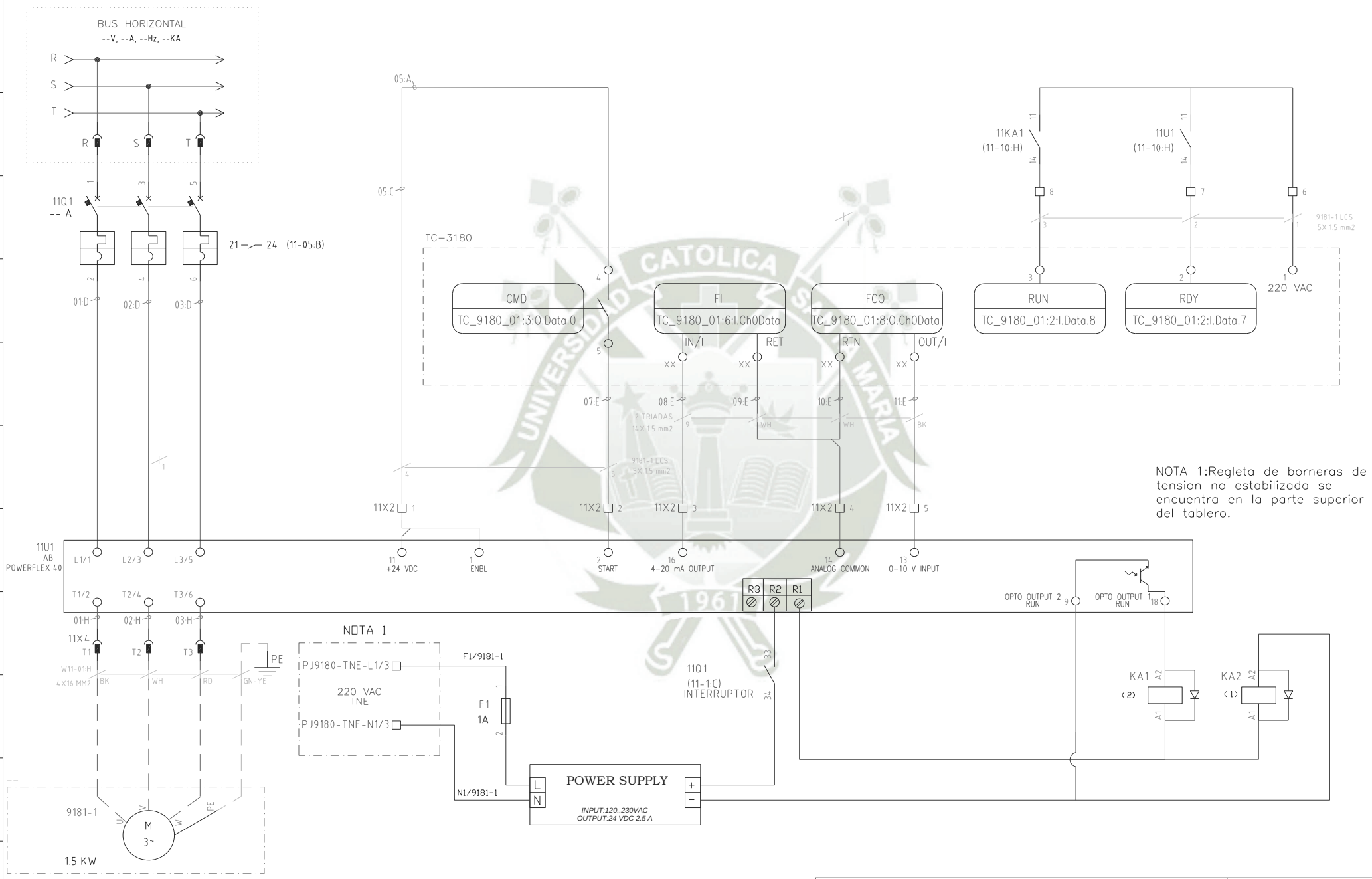
NOTA 1: Regleta de borneras de tension no estabilizada se encuentra en la parte superior del tablero.

NOTA 2: El tablero PM1 se encuentra en la base del elevador de cangilones de recirculacion

PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO DE FUERZA	N° PLANO: PRC 9100-A-CM-01
CCM DE MOLINO DE CARBON GRUPO 9100 9182 - 1 ELEVADOR DE CANGILONES PRINCIPAL	FOLIO: 9 ◀ 8 10 ▶

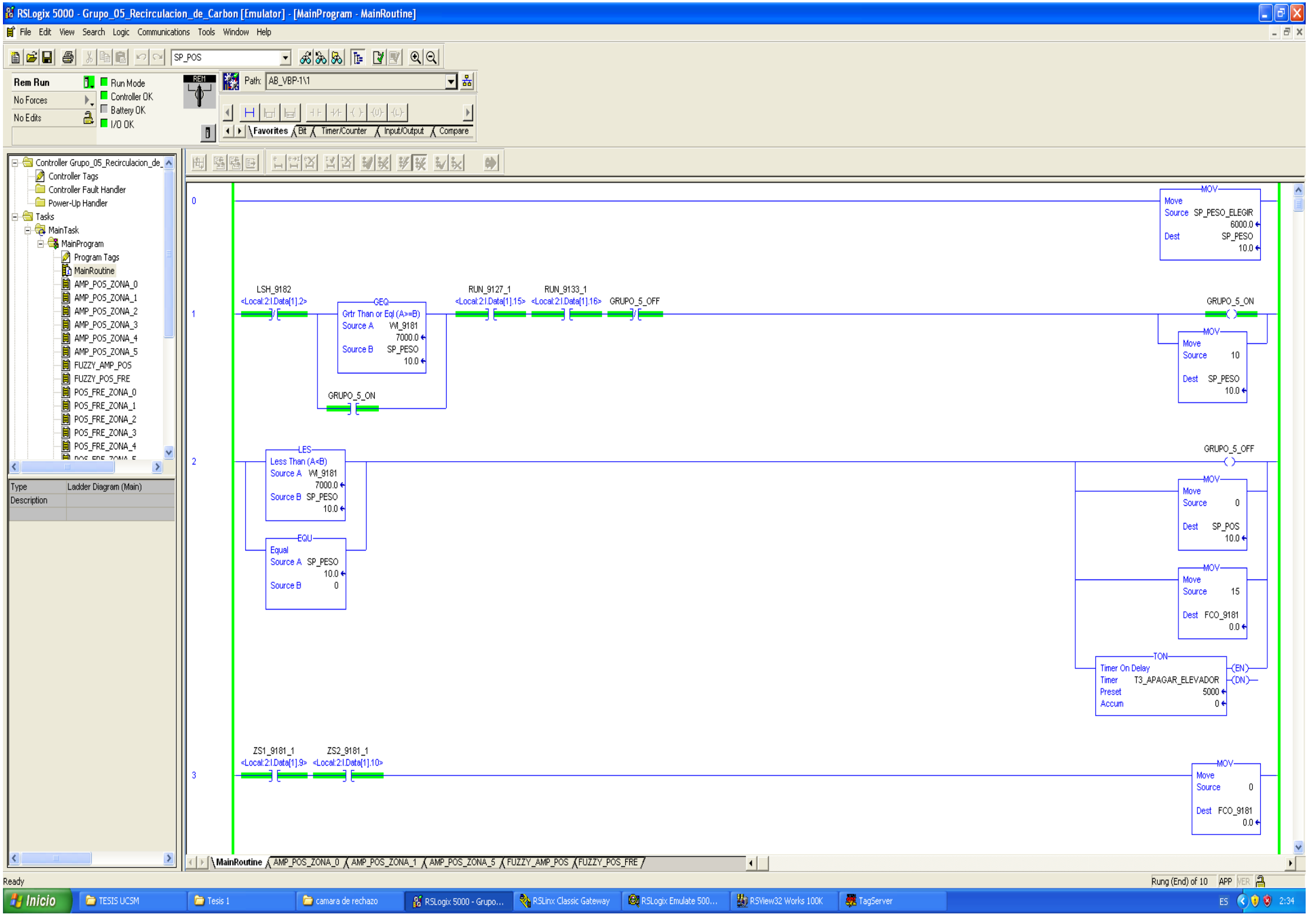


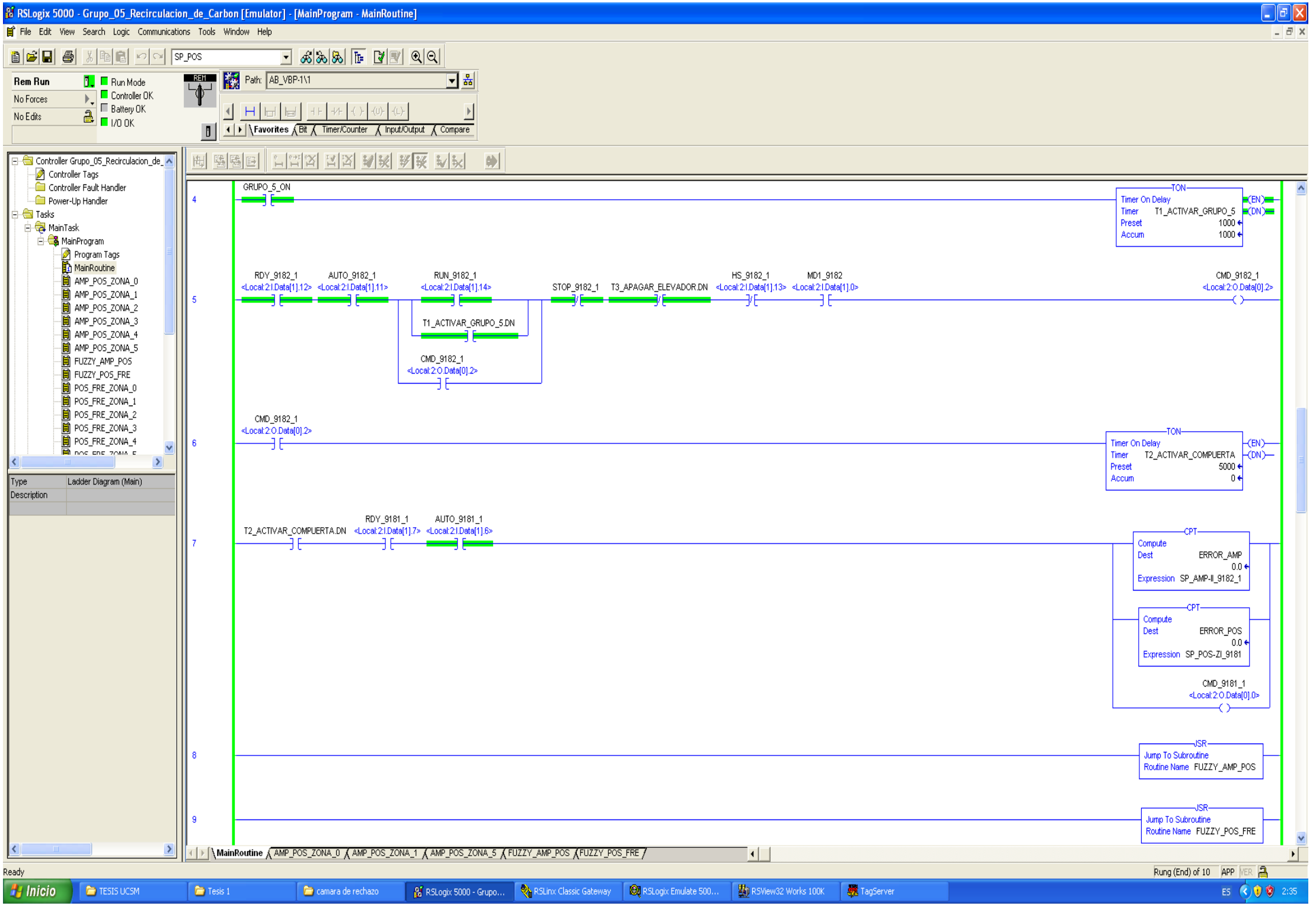
PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO DE FUERZA	N° PLANO: PRC 9100-A-CM-01
CCM DE MOLINO DE CARBON GRUPO 9100 9182 - 2 ELEVADOR DE CANGILONES, AUXILIAR	FOLIO: 10 ◀ 9 11 ▶

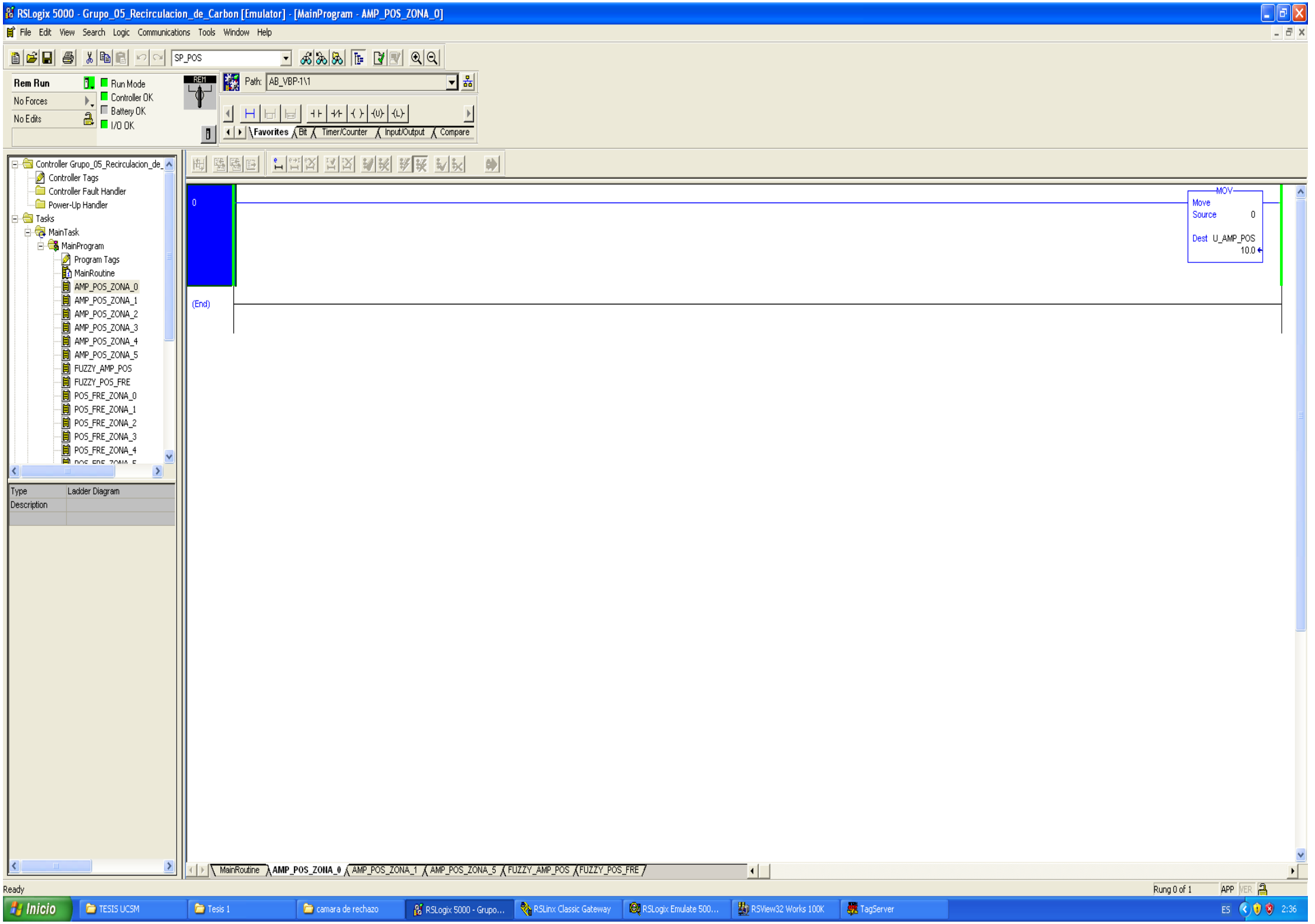


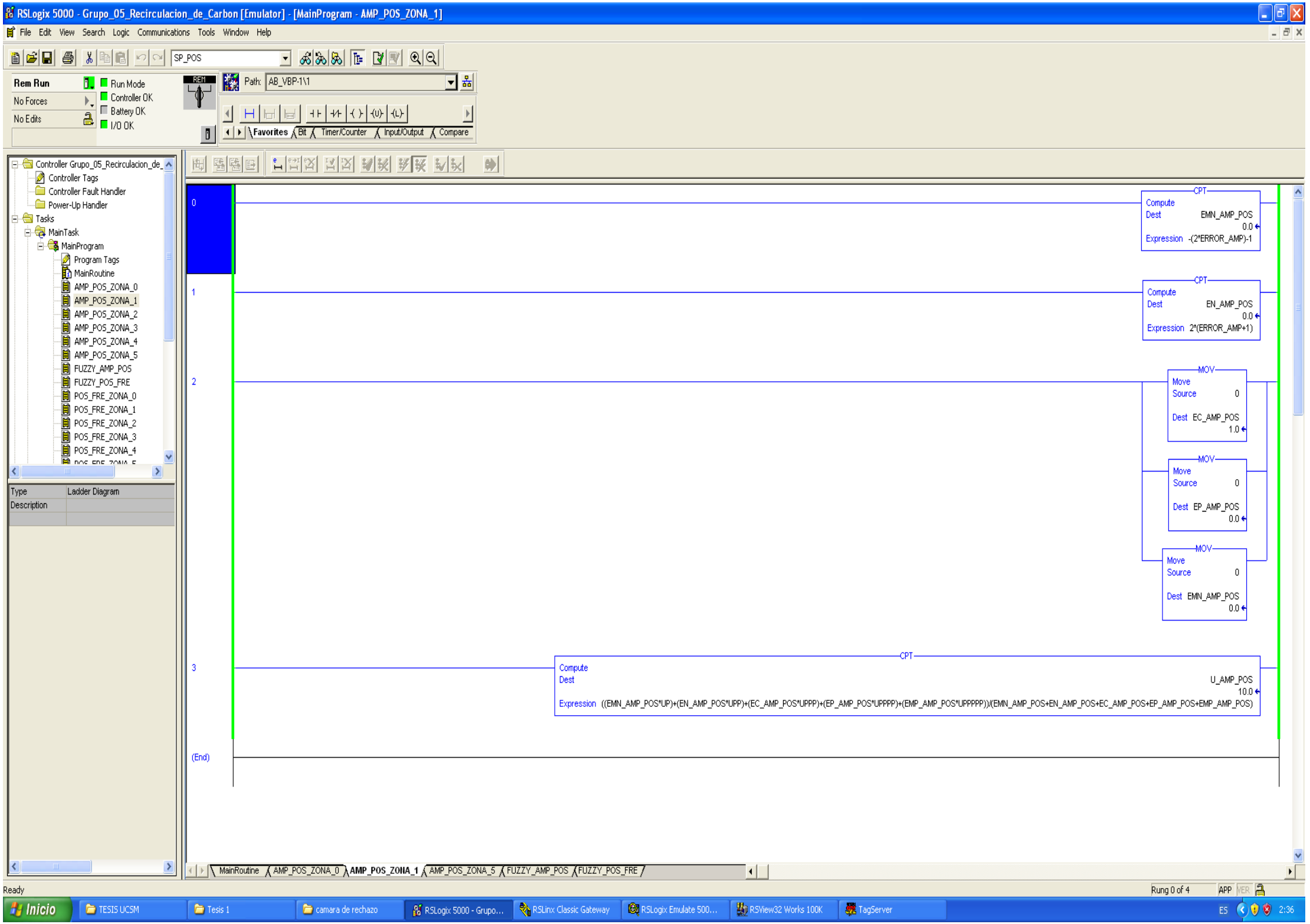
PROYECTO RECIRCULACION CARBON TABLERO DE FUERZA	N° PLANO: PRC 9100-A-CM-01
CCM DE MOLINO DE CARBON GRUPO 9100 9181-1 COMPUERTA TOLVA DE RECHAZO	FOLIO: 11 ◄ 10 - ►

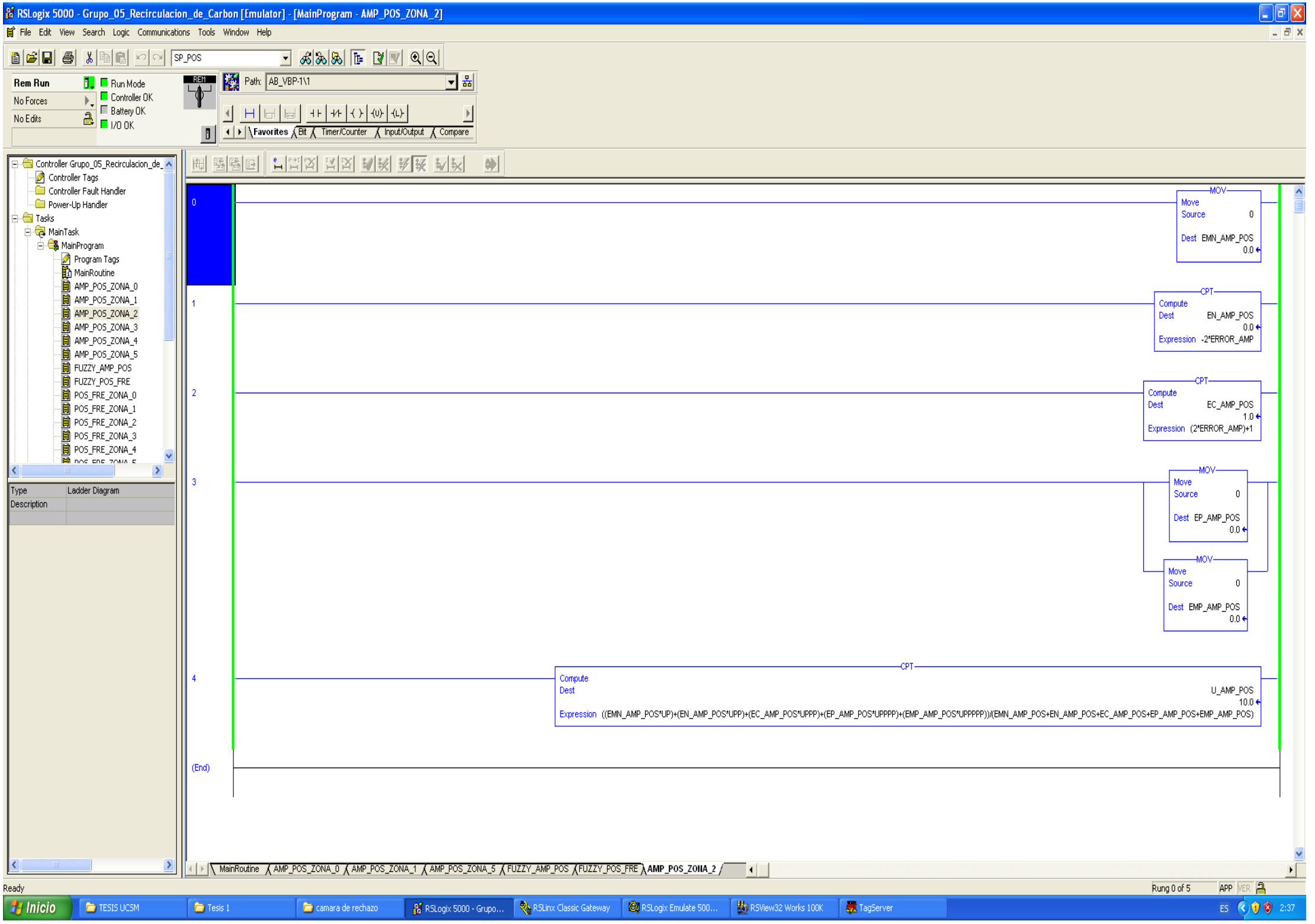
ANEXO 06
RUTINA DE CONTROL Y CADA

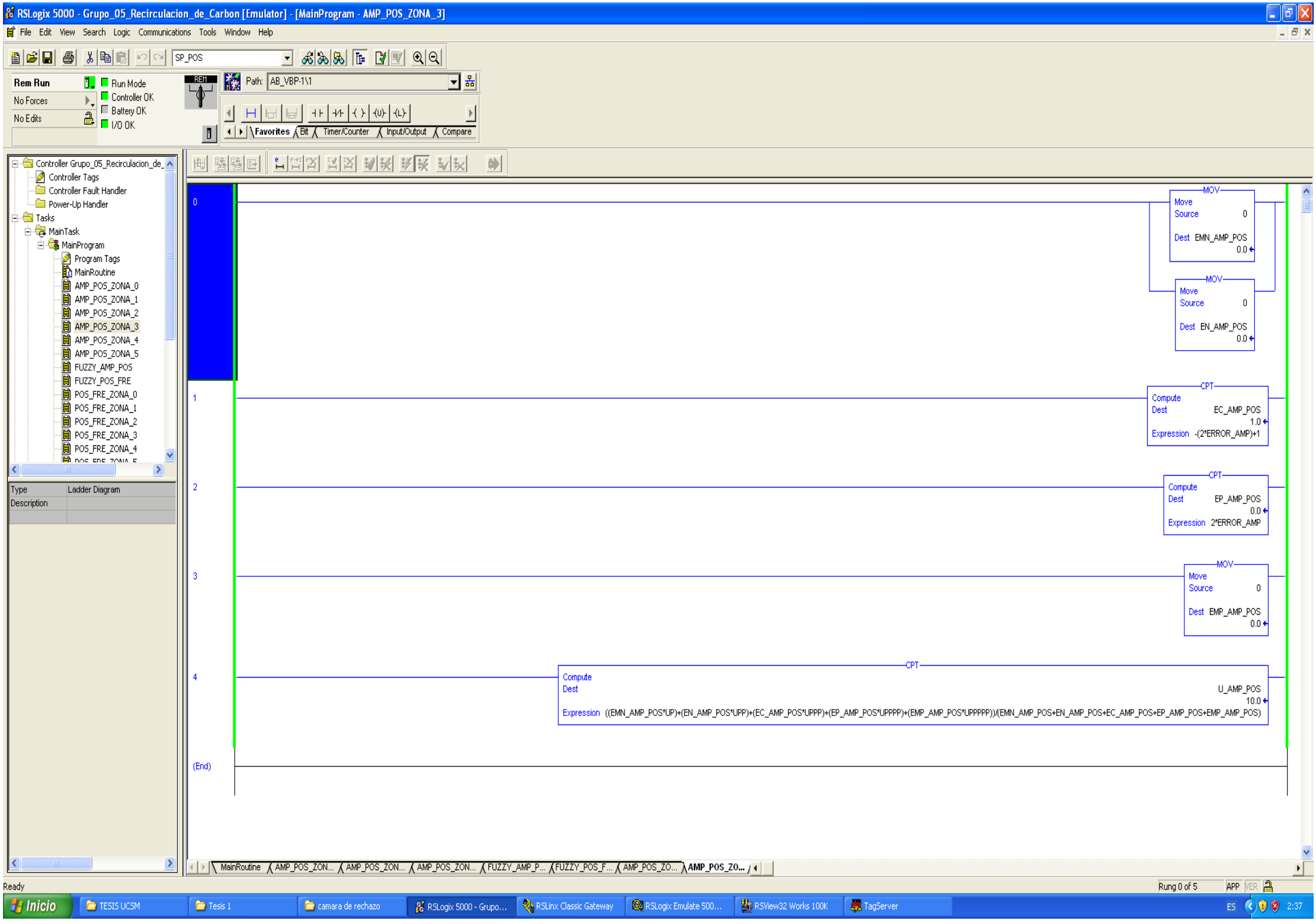

RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - MainRoutine]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
Controller Grupo_05_Recirculacion_de_
Controller Tags
Controller Fault Handler
Power-Up Handler
Tasks
MainTask
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
Type Ladder Diagram (Main)
Description
0
MOV
Move
Source SP_PESO_ELEGIR
6000.0
Dest SP_PESO
10.0
1
LSH_9182
<Local:2:I.Data[1].2>
GEQ
Grtr Than or Eql (A>=B)
Source A VI_9181
7000.0
Source B SP_PESO
10.0
RUN_9127_1
<Local:2:I.Data[1].15>
RUN_9133_1
<Local:2:I.Data[1].16>
GRUPO_5_OFF
GRUPO_5_ON
GRUPO_5_ON
MOV
Move
Source 10
Dest SP_PESO
10.0
2
LES
Less Than (A<B)
Source A VI_9181
7000.0
Source B SP_PESO
10.0
EQU
Equal
Source A SP_PESO
10.0
Source B 0
GRUPO_5_OFF
MOV
Move
Source 0
Dest SP_POS
10.0
MOV
Move
Source 15
Dest FCO_9181
0.0
TON
Timer On Delay
Timer T3_APAGAR_ELEVADOR
Preset 5000
Accum 0
EN
DN
3
ZS1_9181_1
<Local:2:I.Data[1].9>
ZS2_9181_1
<Local:2:I.Data[1].10>
MOV
Move
Source 0
Dest FCO_9181
0.0
MainRoutine AMP_POS_ZONA_0 AMP_POS_ZONA_1 AMP_POS_ZONA_5 FUZZY_AMP_POS FUZZY_POS_FRE
Ready
Rung (End) of 10
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:34

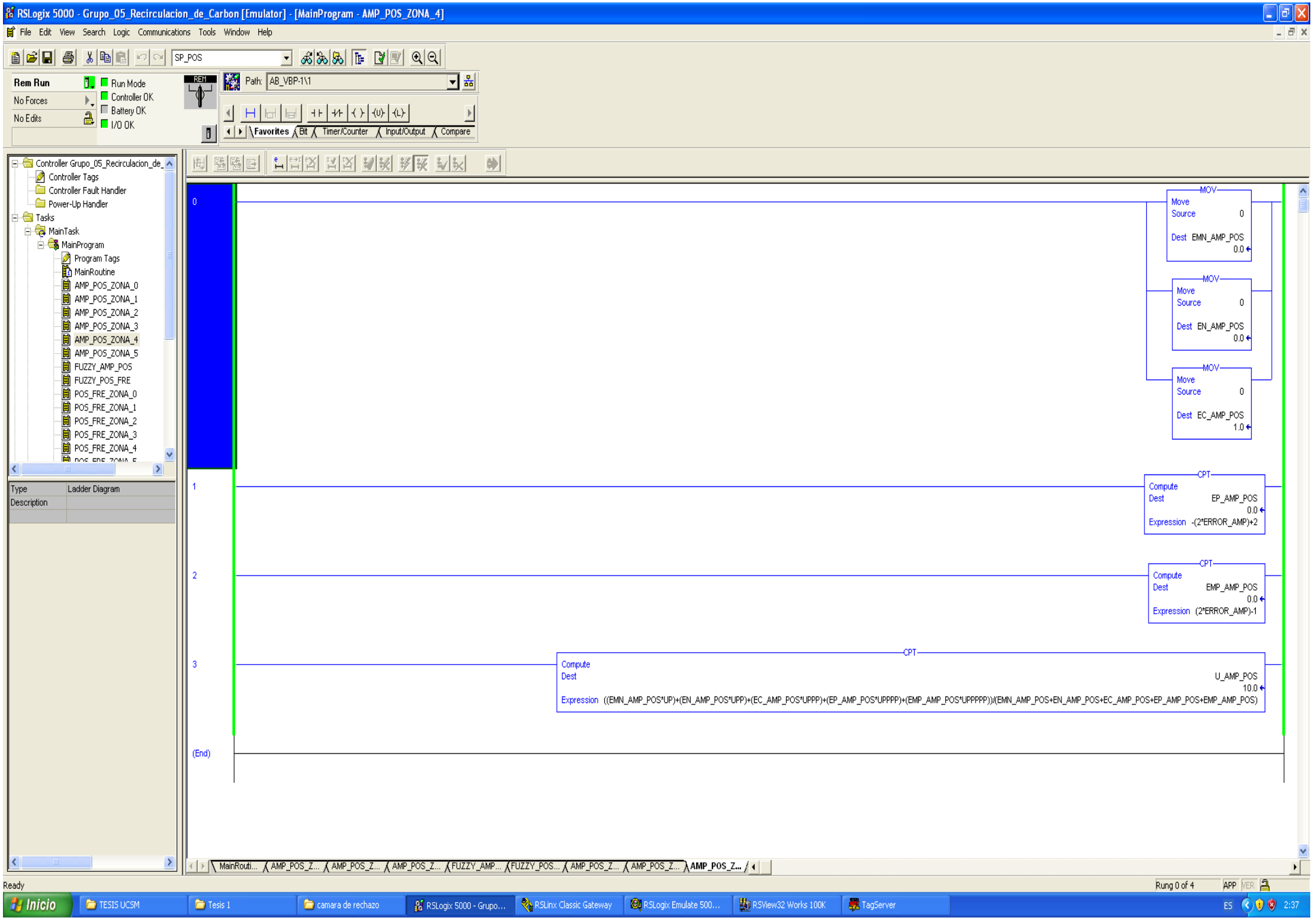

RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - MainRoutine]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
Controller Grupo_05_Recirculacion_de_
Controller Tags
Controller Fault Handler
Power-Up Handler
Tasks
MainTask
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
Type Ladder Diagram (Main)
Description
4 GRUPO_5_ON
TON Timer On Delay Timer T1_ACTIVAR_GRUPO_5 Preset 1000 Accum 1000 EN DN
5 RDY_9182_1 <Local:2:I.Data[1].12>
AUTO_9182_1 <Local:2:I.Data[1].11>
RUN_9182_1 <Local:2:I.Data[1].14>
T1_ACTIVAR_GRUPO_5.DN
CMD_9182_1 <Local:2:O.Data[0].2>
STOP_9182_1
T3_APAGAR_ELEVADOR.DN
HS_9182_1 <Local:2:I.Data[1].13>
MD1_9182 <Local:2:I.Data[1].0>
CMD_9182_1 <Local:2:O.Data[0].2>
6 CMD_9182_1 <Local:2:O.Data[0].2>
TON Timer On Delay Timer T2_ACTIVAR_COMPUERTA Preset 5000 Accum 0 EN DN
7 T2_ACTIVAR_COMPUERTA.DN
RDY_9181_1 <Local:2:I.Data[1].7>
AUTO_9181_1 <Local:2:I.Data[1].6>
CPT Compute Dest ERROR_AMP 0.0 Expression SP_AMP-II_9182_1
CPT Compute Dest ERROR_POS 0.0 Expression SP_POS-ZI_9181
CMD_9181_1 <Local:2:O.Data[0].0>
8 JSR Jump To Subroutine Routine Name FUZZY_AMP_POS
9 JSR Jump To Subroutine Routine Name FUZZY_POS_FRE
MainRoutine AMP_POS_ZONA_0 AMP_POS_ZONA_1 AMP_POS_ZONA_5 FUZZY_AMP_POS FUZZY_POS_FRE
Ready
Rung (End) of 10
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:35

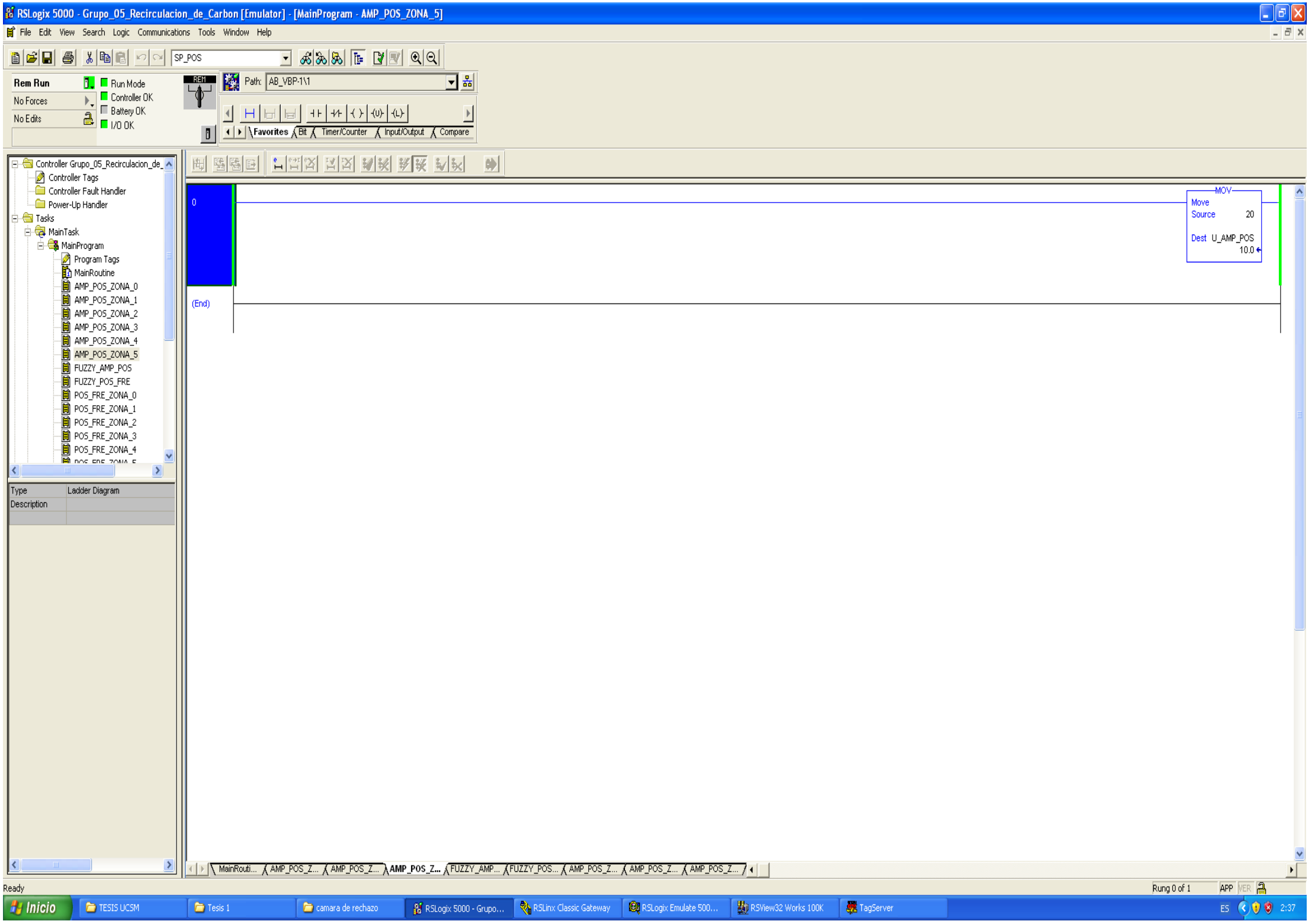

RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - AMP_POS_ZONA_0]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
REM
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
Controller Grupo_05_Recirculacion_de_
Controller Tags
Controller Fault Handler
Power-Up Handler
Tasks
MainTask
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
Type Ladder Diagram
Description
0
MOV
Move
Source 0
Dest U_AMP_POS
10.0
(End)
MainRoutine AMP_POS_ZONA_0 AMP_POS_ZONA_1 AMP_POS_ZONA_5 FUZZY_AMP_POS FUZZY_POS_FRE
Ready
Rung 0 of 1
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:36

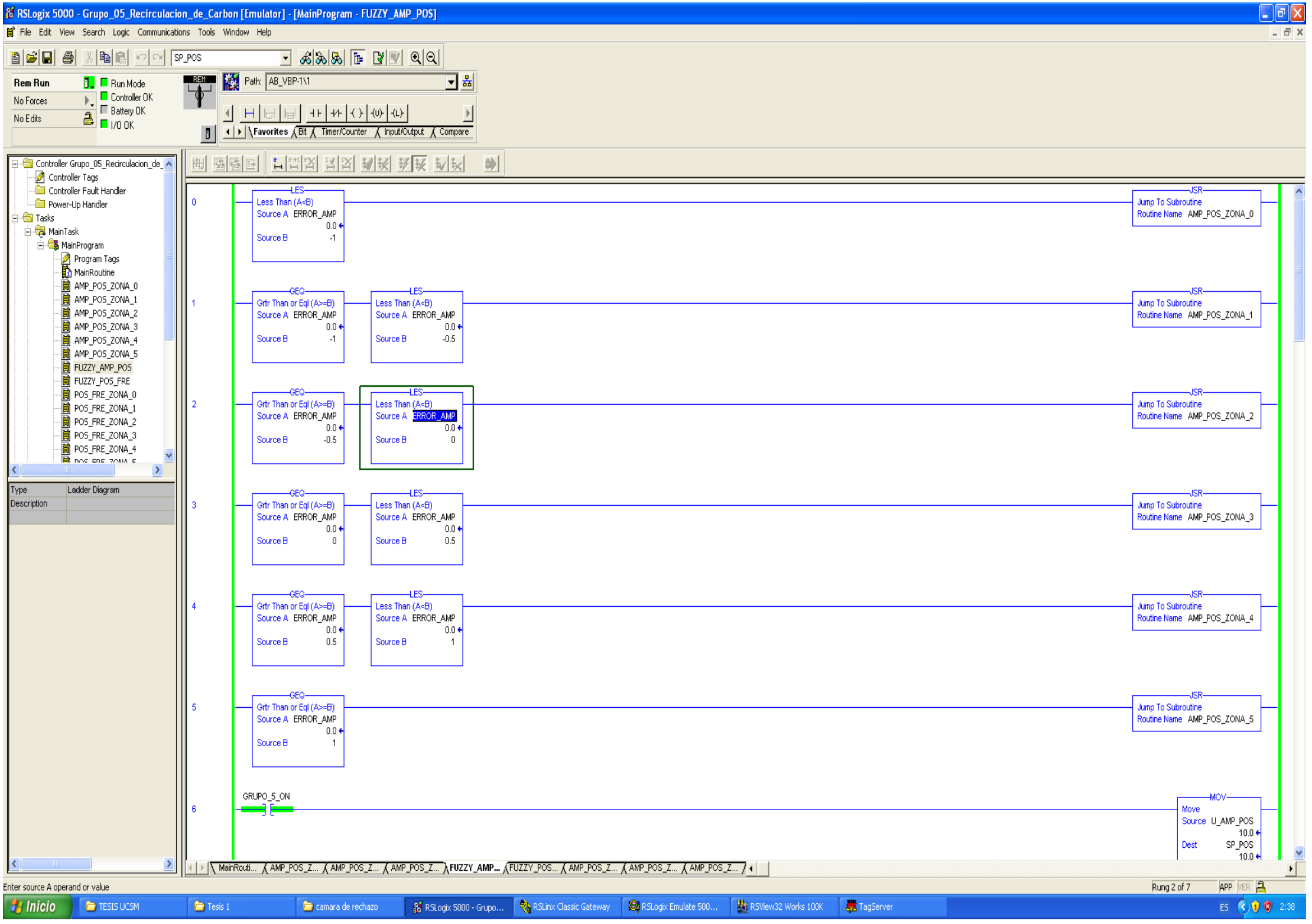

RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - AMP_POS_ZONA_1]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
Controller Grupo_05_Recirculacion_de_
Controller Tags
Controller Fault Handler
Power-Up Handler
Tasks
MainTask
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
Type Ladder Diagram
Description
0
CPT
Compute
Dest EMN_AMP_POS
0.0
Expression -(2*ERROR_AMP)-1
1
CPT
Compute
Dest EN_AMP_POS
0.0
Expression 2*(ERROR_AMP+1)
2
MOV
Move
Source 0
Dest EC_AMP_POS
1.0
MOV
Move
Source 0
Dest EP_AMP_POS
0.0
MOV
Move
Source 0
Dest EMN_AMP_POS
0.0
3
CPT
Compute
Dest U_AMP_POS
10.0
Expression ((EMN_AMP_POS*UP)+(EN_AMP_POS*UPP)+(EC_AMP_POS*UPPP)+(EP_AMP_POS*UPPPP)+(EMP_AMP_POS*UPPPPP))/(EMN_AMP_POS+EN_AMP_POS+EC_AMP_POS+EP_AMP_POS+EMP_AMP_POS)
(End)
MainRoutine AMP_POS_ZONA_0 AMP_POS_ZONA_1 AMP_POS_ZONA_5 FUZZY_AMP_POS FUZZY_POS_FRE
Ready
Rung 0 of 4
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:36

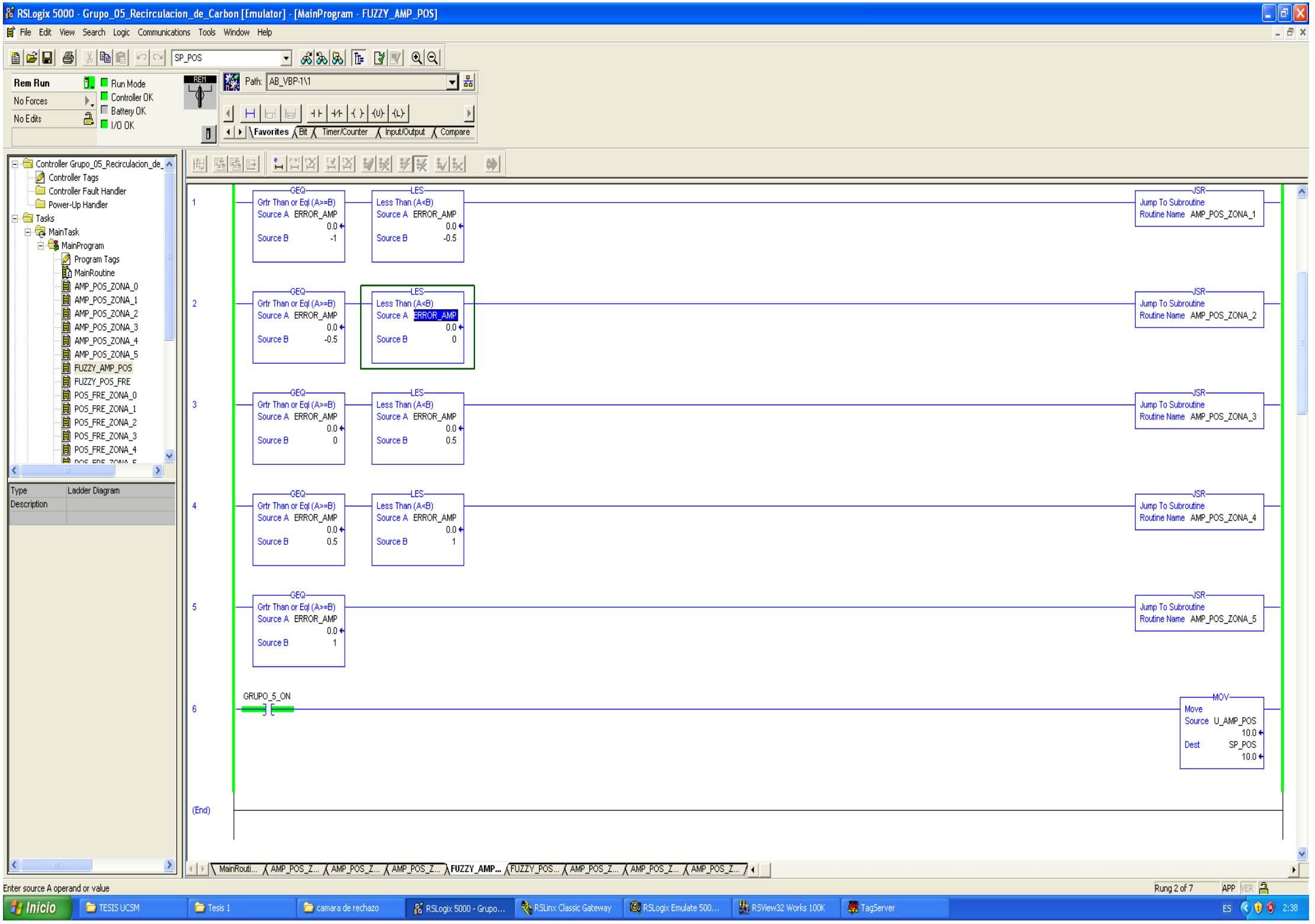

RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - AMP_POS_ZONA_2]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
Controller Grupo_05_Recirculacion_de_
Controller Tags
Controller Fault Handler
Power-Up Handler
Tasks
MainTask
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
Type Ladder Diagram
Description
0
MOV
Move
Source 0
Dest EMN_AMP_POS
0.0
1
CPT
Compute
Dest EN_AMP_POS
0.0
Expression -2*ERROR_AMP
2
CPT
Compute
Dest EC_AMP_POS
1.0
Expression (2*ERROR_AMP)+1
3
MOV
Move
Source 0
Dest EP_AMP_POS
0.0
MOV
Move
Source 0
Dest EMP_AMP_POS
0.0
4
CPT
Compute
Dest U_AMP_POS
10.0
Expression ((EMN_AMP_POS*UP)+(EN_AMP_POS*UPP)+(EC_AMP_POS*UPPP)+(EP_AMP_POS*UPPPP)+(EMP_AMP_POS*UPPPPP))/(EMN_AMP_POS+EN_AMP_POS+EC_AMP_POS+EP_AMP_POS+EMP_AMP_POS)
(End)
MainRoutine AMP_POS_ZONA_0 AMP_POS_ZONA_1 AMP_POS_ZONA_5 FUZZY_AMP_POS FUZZY_POS_FRE AMP_POS_ZONA_2
Ready
Rung 0 of 5
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:37

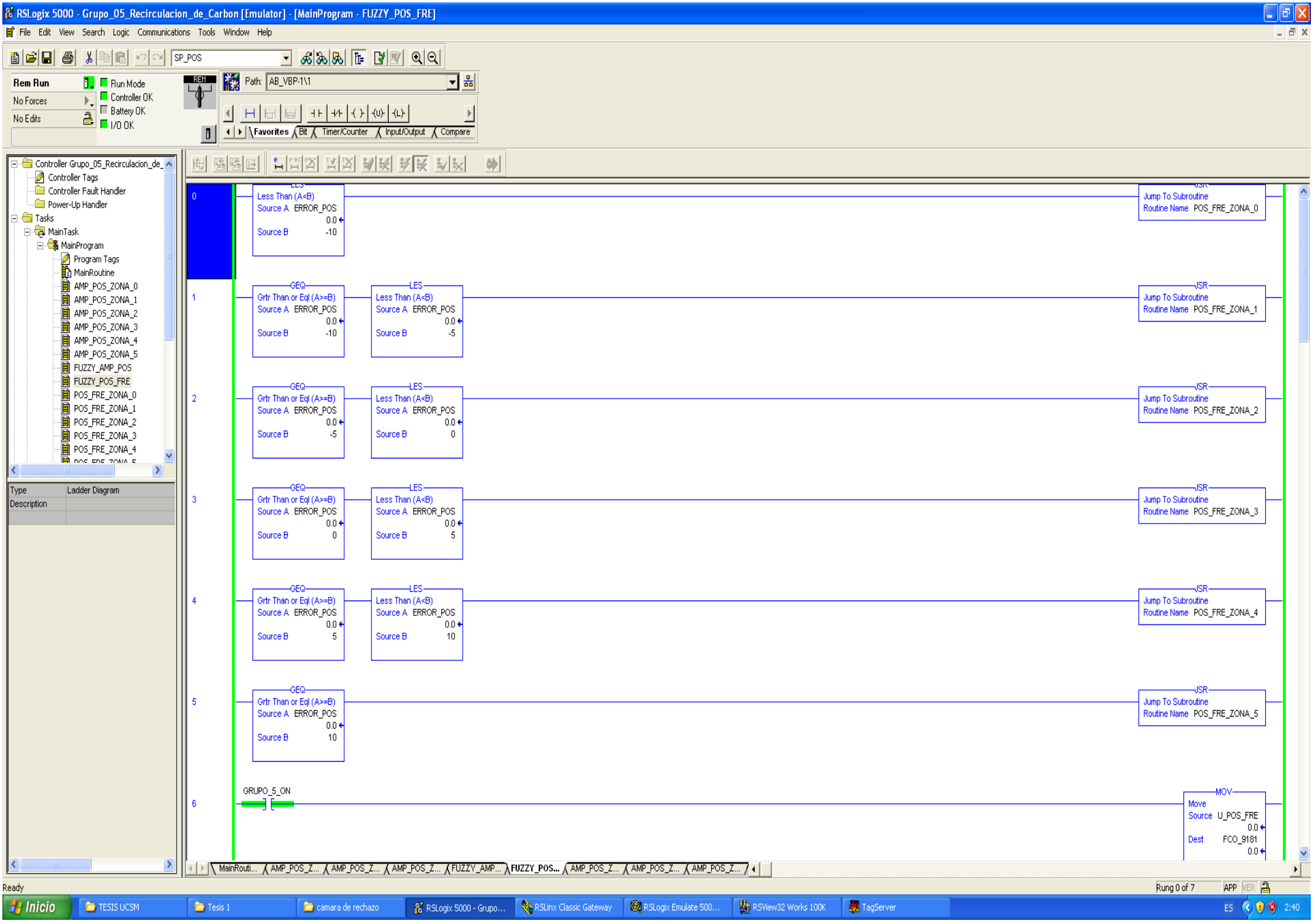

RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - AMP_POS_ZONA_3]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
Controller Grupo_05_Recirculacion_de_
Controller Tags
Controller Fault Handler
Power-Up Handler
Tasks
MainTask
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
Type Ladder Diagram
Description
0
MOV
Move
Source 0
Dest EMN_AMP_POS
0.0
MOV
Move
Source 0
Dest EN_AMP_POS
0.0
1
CPT
Compute
Dest EC_AMP_POS
1.0
Expression -(2*ERROR_AMP)+1
2
CPT
Compute
Dest EP_AMP_POS
0.0
Expression 2*ERROR_AMP
3
MOV
Move
Source 0
Dest EMP_AMP_POS
0.0
4
CPT
Compute
Dest U_AMP_POS
10.0
Expression ((EMN_AMP_POS*UP)+(EN_AMP_POS*UPP)+(EC_AMP_POS*UPPP)+(EP_AMP_POS*UPPPP)+(EMP_AMP_POS*UPPPPP))/(EMN_AMP_POS+EN_AMP_POS+EC_AMP_POS+EP_AMP_POS+EMP_AMP_POS)
(End)
MainRoutine AMP_POS_ZON... AMP_POS_ZON... AMP_POS_ZON... FUZZY_AMP_P... FUZZY_POS_F... AMP_POS_ZO... AMP_POS_ZO...
Ready
Rung 0 of 5
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:37

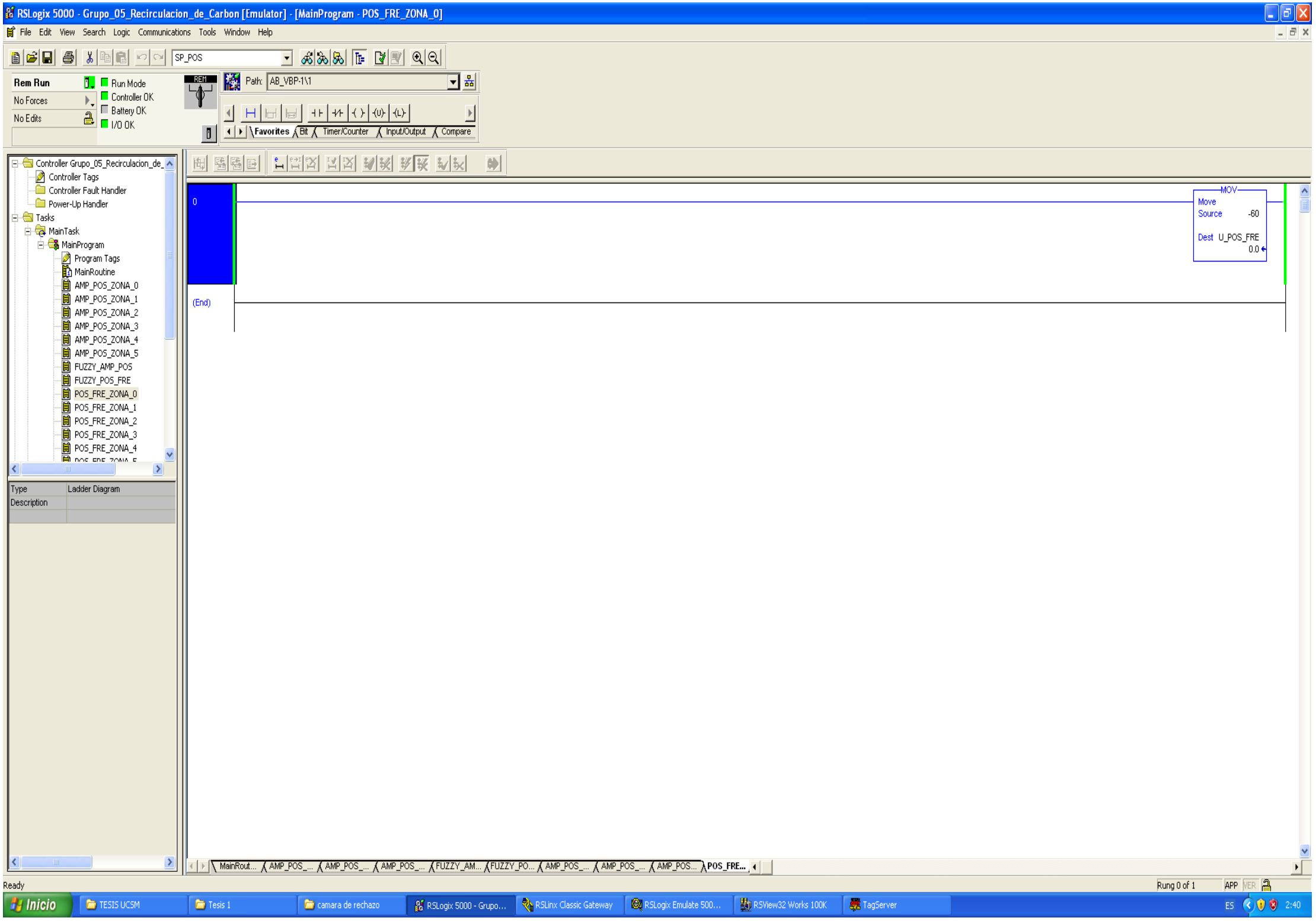

RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - AMP_POS_ZONA_4]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
Controller Grupo_05_Recirculacion_de_
Controller Tags
Controller Fault Handler
Power-Up Handler
Tasks
MainTask
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
Type Ladder Diagram
Description
0
MOV
Move
Source 0
Dest EMN_AMP_POS
0.0
MOV
Move
Source 0
Dest EN_AMP_POS
0.0
MOV
Move
Source 0
Dest EC_AMP_POS
1.0
1
CPT
Compute
Dest EP_AMP_POS
0.0
Expression -(2*ERROR_AMP)+2
2
CPT
Compute
Dest EMP_AMP_POS
0.0
Expression (2*ERROR_AMP)-1
3
CPT
Compute
Dest U_AMP_POS
10.0
Expression ((EMN_AMP_POS*UP)+(EN_AMP_POS*UPP)+(EC_AMP_POS*UPPP)+(EP_AMP_POS*UPPPP)+(EMP_AMP_POS*UPPPPP))/(EMN_AMP_POS+EN_AMP_POS+EC_AMP_POS+EP_AMP_POS+EMP_AMP_POS)
(End)
MainRouti... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... FUZZY_AMP... FUZZY_POS... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z...
Ready
Rung 0 of 4
APP
VER
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:37

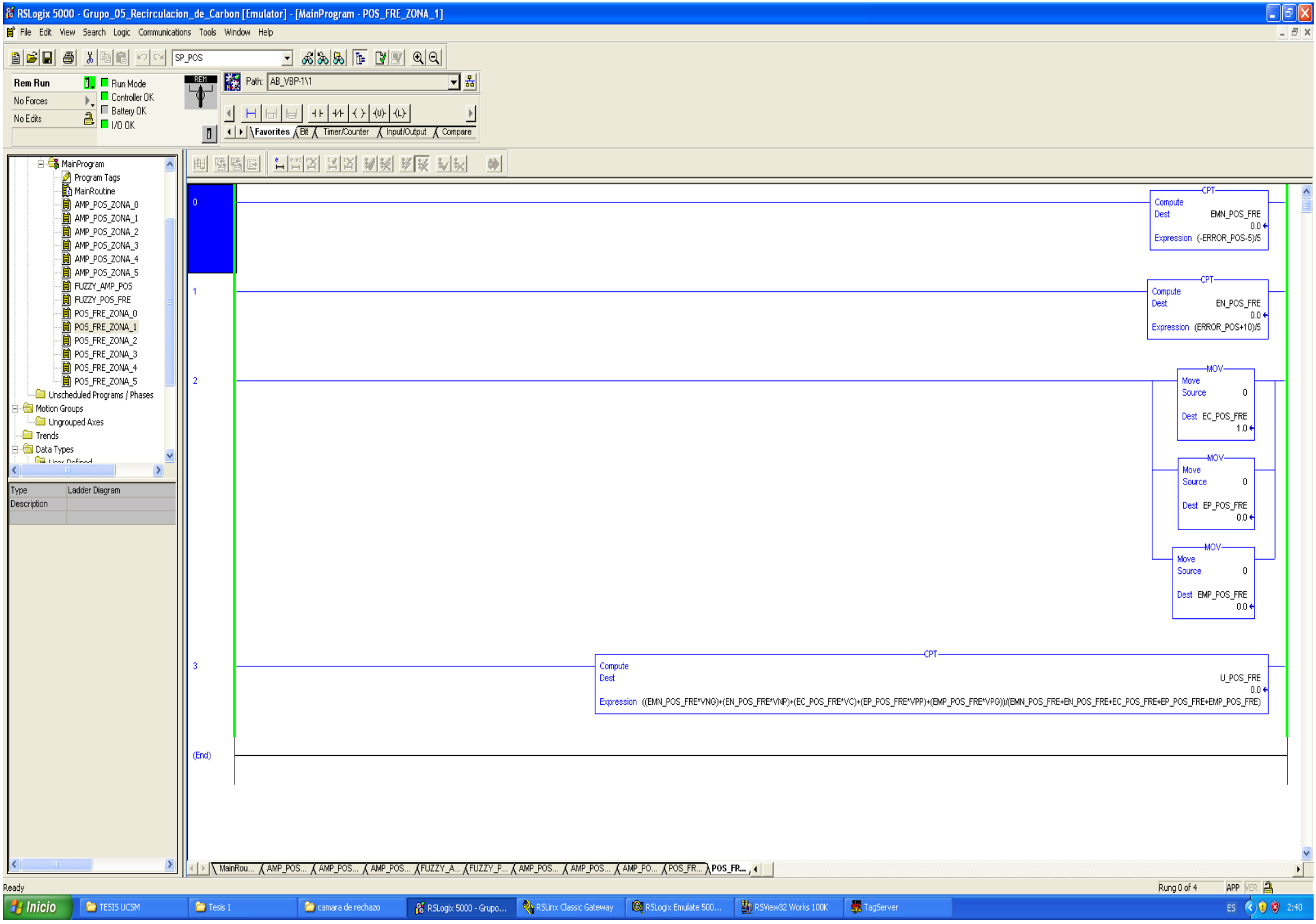

RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - AMP_POS_ZONA_5]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
REM
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
Controller Grupo_05_Recirculacion_de_
Controller Tags
Controller Fault Handler
Power-Up Handler
Tasks
MainTask
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
Type Ladder Diagram
Description
0
MOV
Move
Source 20
Dest U_AMP_POS
10.0
(End)
MainRouti... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... FUZZY_AMP... FUZZY_POS... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z...
Ready
Rung 0 of 1
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:37

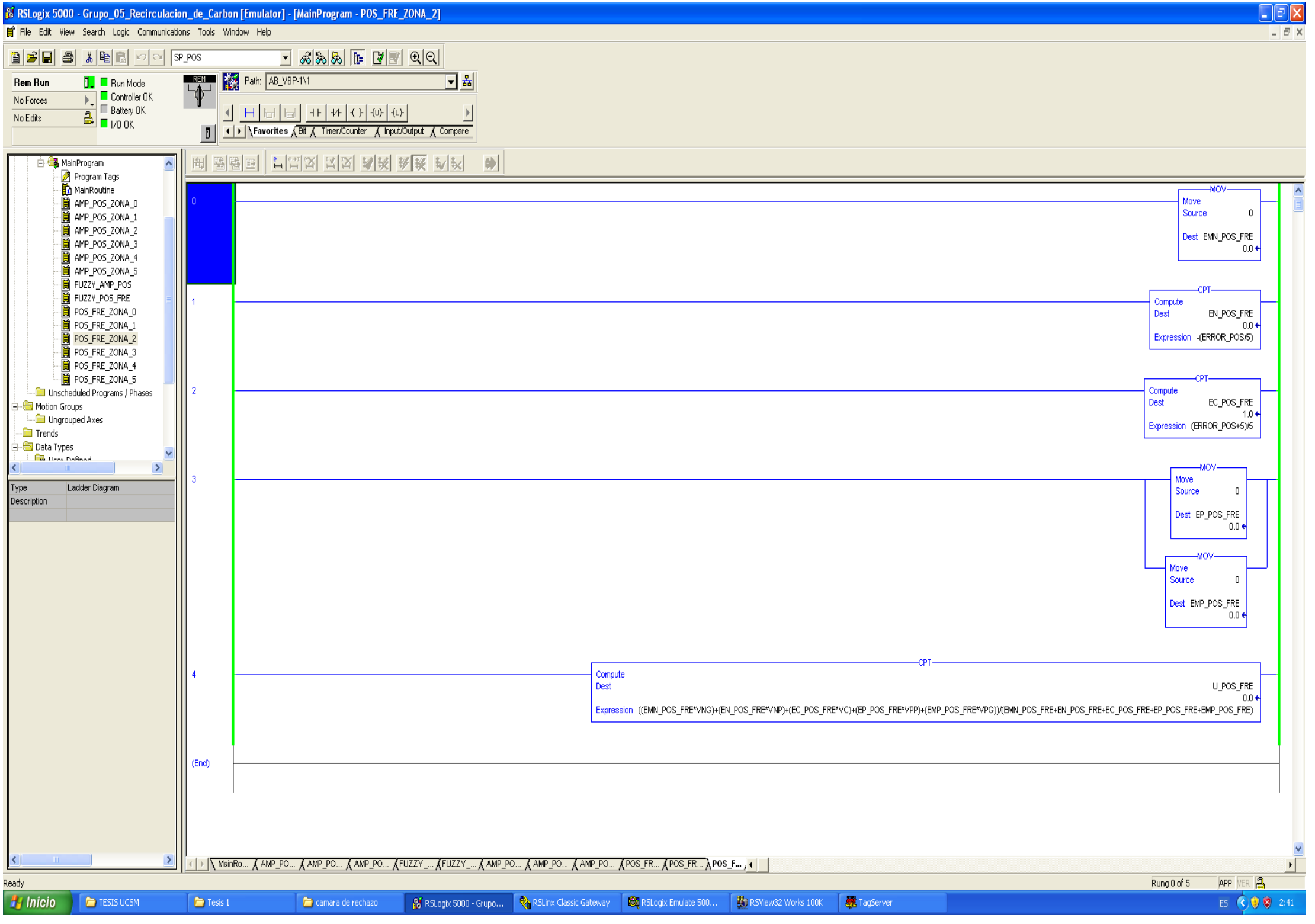

RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - FUZZY_AMP_POS]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
Controller Grupo_05_Recirculacion_de_
Controller Tags
Controller Fault Handler
Power-Up Handler
Tasks
MainTask
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
Type Ladder Diagram
Description
0 LES Less Than (A<B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B -1 JSR Jump To Subroutine Routine Name AMP_POS_ZONA_0
1 GEQ Grtr Than or Eql (A>=B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B -1 LES Less Than (A<B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B -0.5 JSR Jump To Subroutine Routine Name AMP_POS_ZONA_1
2 GEQ Grtr Than or Eql (A>=B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B -0.5 LES Less Than (A<B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B 0 JSR Jump To Subroutine Routine Name AMP_POS_ZONA_2
3 GEQ Grtr Than or Eql (A>=B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B 0 LES Less Than (A<B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B 0.5 JSR Jump To Subroutine Routine Name AMP_POS_ZONA_3
4 GEQ Grtr Than or Eql (A>=B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B 0.5 LES Less Than (A<B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B 1 JSR Jump To Subroutine Routine Name AMP_POS_ZONA_4
5 GEQ Grtr Than or Eql (A>=B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B 1 JSR Jump To Subroutine Routine Name AMP_POS_ZONA_5
6 GRUPO_5_ON MOV Move Source U_AMP_POS 10.0 Dest SP_POS 10.0
MainRouti... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... FUZZY_AMP... FUZZY_POS... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z...
Enter source A operand or value
Rung 2 of 7
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:38

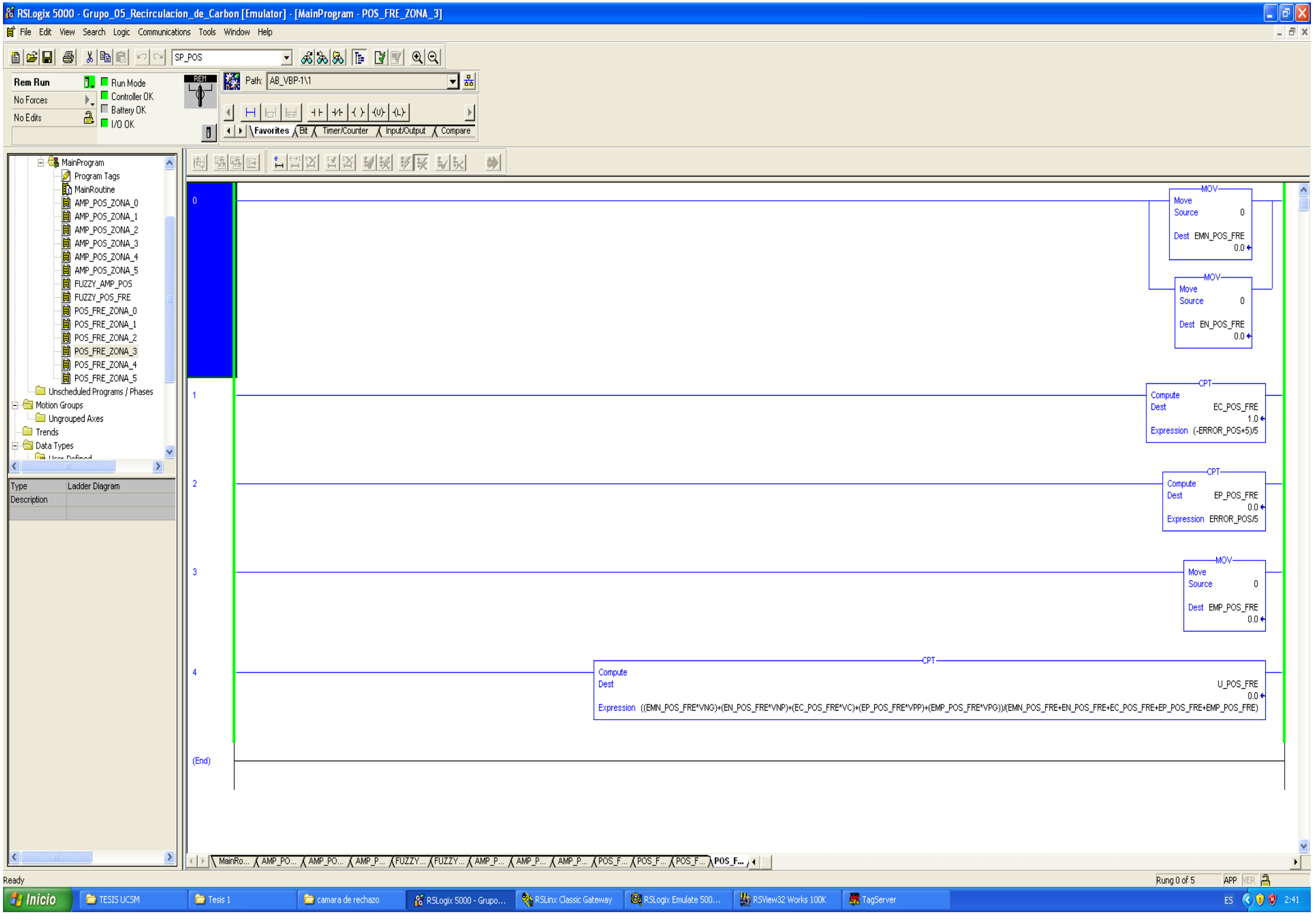

RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - FUZZY_AMP_POS]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
Controller Grupo_05_Recirculacion_de_
Controller Tags
Controller Fault Handler
Power-Up Handler
Tasks
MainTask
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
Type Ladder Diagram
Description
1 GEQ Grtr Than or Eql (A>=B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B -1
LES Less Than (A<B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B -0.5
JSR Jump To Subroutine Routine Name AMP_POS_ZONA_1
2 GEQ Grtr Than or Eql (A>=B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B -0.5
LES Less Than (A<B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B 0
JSR Jump To Subroutine Routine Name AMP_POS_ZONA_2
3 GEQ Grtr Than or Eql (A>=B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B 0
LES Less Than (A<B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B 0.5
JSR Jump To Subroutine Routine Name AMP_POS_ZONA_3
4 GEQ Grtr Than or Eql (A>=B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B 0.5
LES Less Than (A<B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B 1
JSR Jump To Subroutine Routine Name AMP_POS_ZONA_4
5 GEQ Grtr Than or Eql (A>=B) Source A ERROR_AMP 0.0 Source B 1
JSR Jump To Subroutine Routine Name AMP_POS_ZONA_5
6 GRUPO_5_ON
MOV Move Source U_AMP_POS 10.0 Dest SP_POS 10.0
(End)
MainRouti... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... FUZZY_AMP... FUZZY_POS... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z...
Enter source A operand or value
Rung 2 of 7
APP VER
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:38

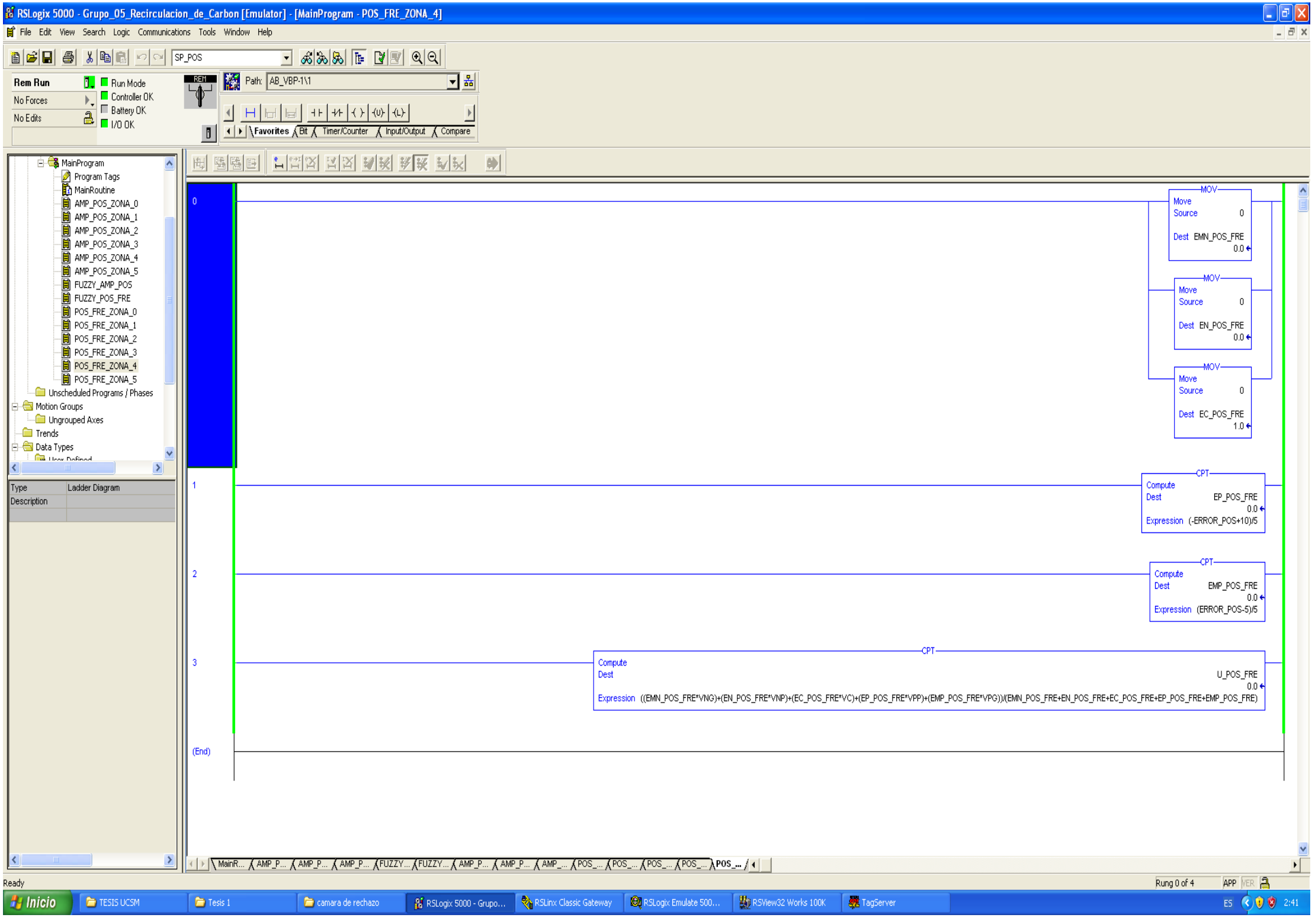

RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - FUZZY_POS_FRE]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
Controller Grupo_05_Recirculacion_de_
Controller Tags
Controller Fault Handler
Power-Up Handler
Tasks
MainTask
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
Type Ladder Diagram
Description
0
LES
Less Than (A<B)
Source A ERROR_POS
0.0
Source B -10
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name POS_FRE_ZONA_0
1
GEQ
Grtr Than or Eql (A>=B)
Source A ERROR_POS
0.0
Source B -10
LES
Less Than (A<B)
Source A ERROR_POS
0.0
Source B -5
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name POS_FRE_ZONA_1
2
GEQ
Grtr Than or Eql (A>=B)
Source A ERROR_POS
0.0
Source B -5
LES
Less Than (A<B)
Source A ERROR_POS
0.0
Source B 0
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name POS_FRE_ZONA_2
3
GEQ
Grtr Than or Eql (A>=B)
Source A ERROR_POS
0.0
Source B 0
LES
Less Than (A<B)
Source A ERROR_POS
0.0
Source B 5
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name POS_FRE_ZONA_3
4
GEQ
Grtr Than or Eql (A>=B)
Source A ERROR_POS
0.0
Source B 5
LES
Less Than (A<B)
Source A ERROR_POS
0.0
Source B 10
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name POS_FRE_ZONA_4
5
GEQ
Grtr Than or Eql (A>=B)
Source A ERROR_POS
0.0
Source B 10
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name POS_FRE_ZONA_5
6
GRUPO_5_ON
MOV
Move
Source U_POS_FRE
0.0
Dest FCO_9181
0.0
MainRouti... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... FUZZY_AMP... FUZZY_POS... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z... AMP_POS_Z...
Ready
Rung 0 of 7
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:40

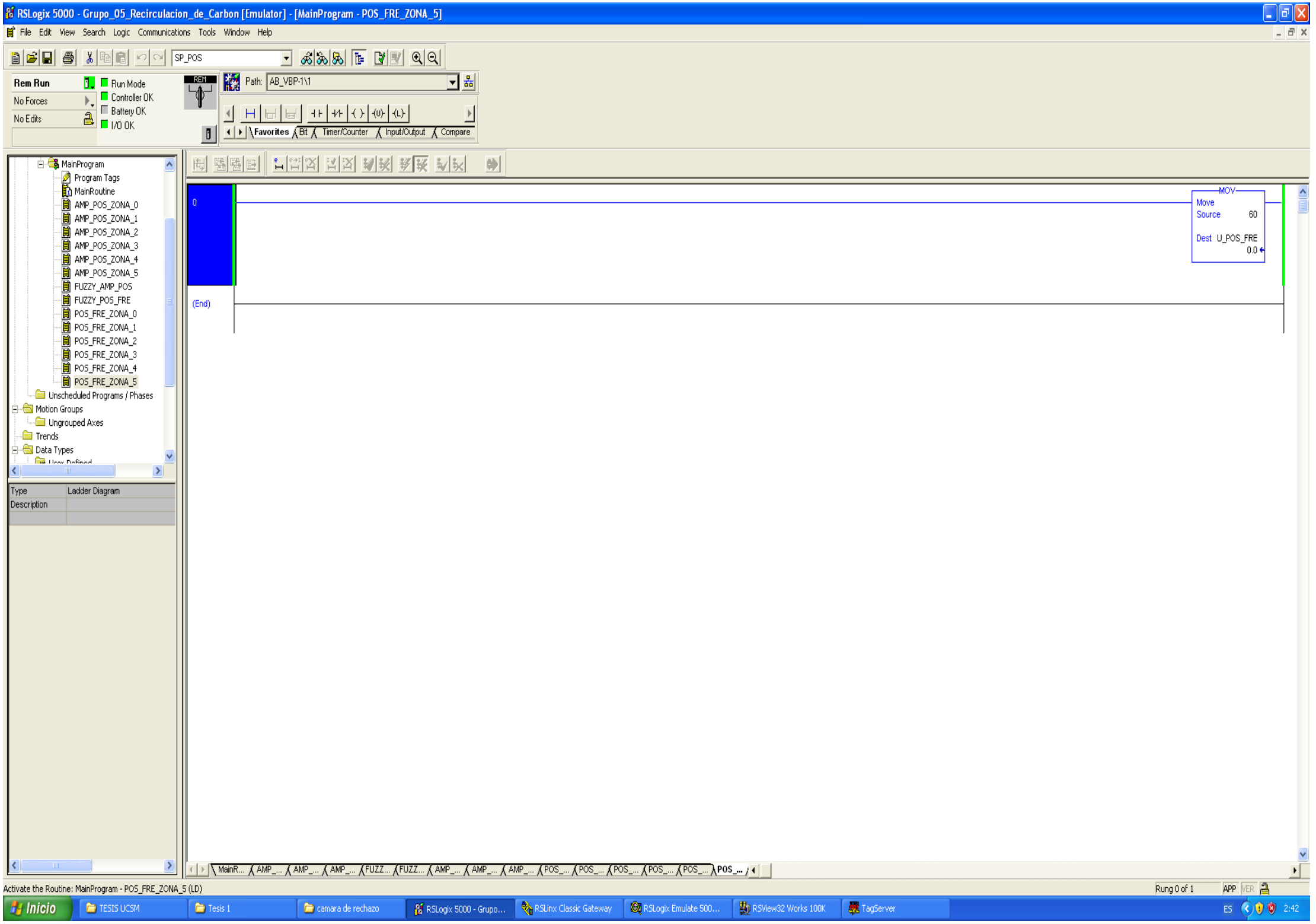

RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - POS_FRE_ZONA_0]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
Controller Grupo_05_Recirculacion_de_
Controller Tags
Controller Fault Handler
Power-Up Handler
Tasks
MainTask
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
Type Ladder Diagram
Description
0
MOV
Move
Source -60
Dest U_POS_FRE
0.0
(End)
MainRout... AMP_POS_... AMP_POS_... AMP_POS_... FUZZY_AM... FUZZY_PO... AMP_POS_... AMP_POS_... AMP_POS... POS_FRE...
Ready
Rung 0 of 1
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:40

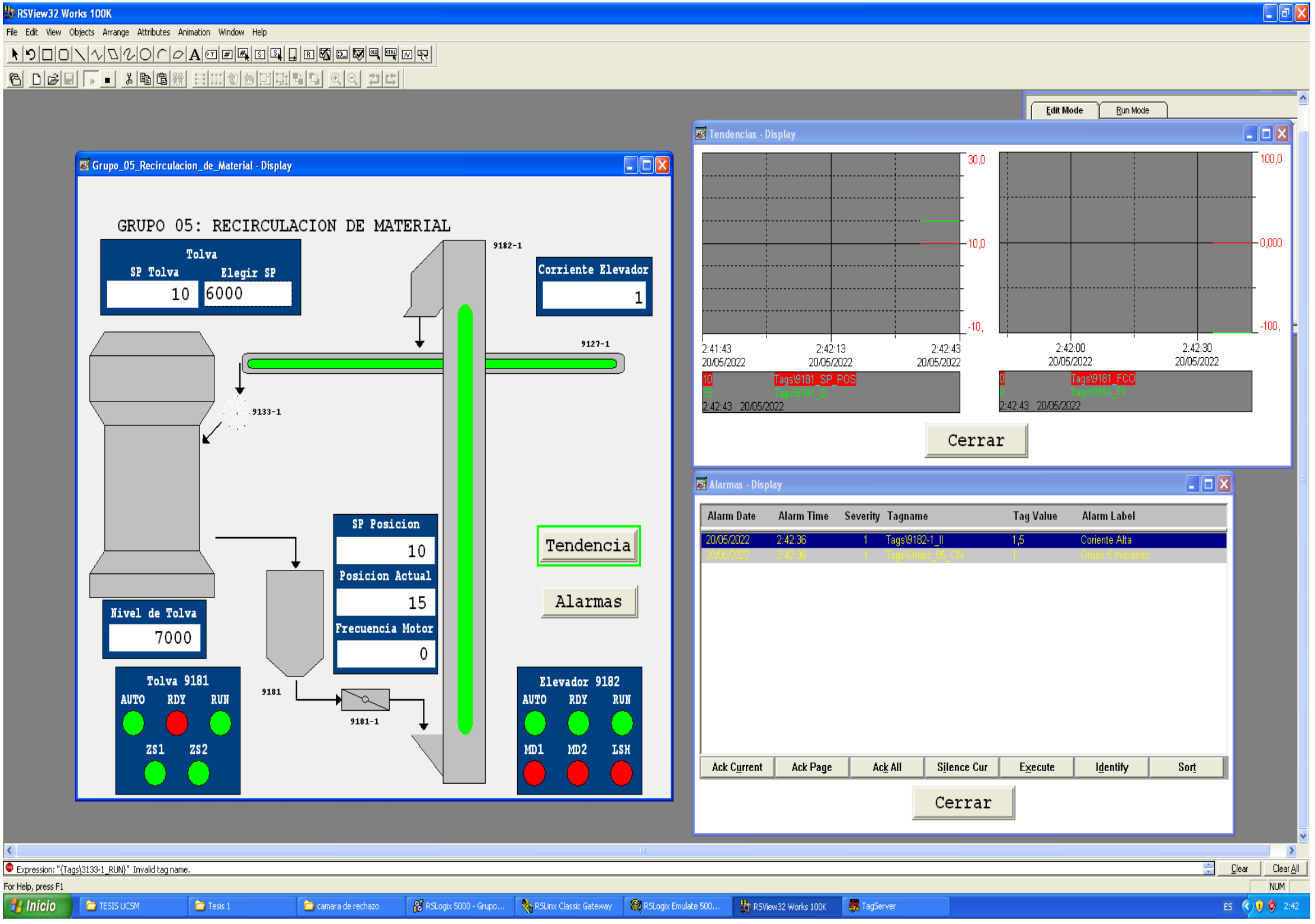

RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - POS_FRE_ZONA_1]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
POS_FRE_ZONA_5
Unscheduled Programs / Phases
Motion Groups
Ungrouped Axes
Trends
Data Types
Type Ladder Diagram
Description
0
CPT
Compute
Dest EMN_POS_FRE
0.0
Expression (-ERROR_POS-5)/5
1
CPT
Compute
Dest EN_POS_FRE
0.0
Expression (ERROR_POS+10)/5
2
MOV
Move
Source 0
Dest EC_POS_FRE
1.0
MOV
Move
Source 0
Dest EP_POS_FRE
0.0
MOV
Move
Source 0
Dest EMP_POS_FRE
0.0
3
CPT
Compute
Dest U_POS_FRE
0.0
Expression ((EMN_POS_FRE*VNG)+(EN_POS_FRE*VNP)+(EC_POS_FRE*VC)+(EP_POS_FRE*VPP)+(EMP_POS_FRE*VPG))/(EMN_POS_FRE+EN_POS_FRE+EC_POS_FRE+EP_POS_FRE+EMP_POS_FRE)
(End)
MainRou... AMP_POS... AMP_POS... AMP_POS... FUZZY_A... FUZZY_P... AMP_POS... AMP_POS... AMP_PO... POS_FR... POS_FR...
Ready
Rung 0 of 4
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:40


RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - POS_FRE_ZONA_2]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
REM
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
POS_FRE_ZONA_5
Unscheduled Programs / Phases
Motion Groups
Ungrouped Axes
Trends
Data Types
Type Ladder Diagram
Description
0
MOV
Move
Source 0
Dest EMN_POS_FRE
0.0
1
CPT
Compute
Dest EN_POS_FRE
0.0
Expression -(ERROR_POS/5)
2
CPT
Compute
Dest EC_POS_FRE
1.0
Expression (ERROR_POS+5)/5
3
MOV
Move
Source 0
Dest EP_POS_FRE
0.0
MOV
Move
Source 0
Dest EMP_POS_FRE
0.0
4
CPT
Compute
Dest U_POS_FRE
0.0
Expression ((EMN_POS_FRE*VNG)+(EN_POS_FRE*VNP)+(EC_POS_FRE*VC)+(EP_POS_FRE*VPP)+(EMP_POS_FRE*VPG))/(EMN_POS_FRE+EN_POS_FRE+EC_POS_FRE+EP_POS_FRE+EMP_POS_FRE)
(End)
MainRo... AMP_PO... AMP_PO... AMP_PO... FUZZY_... FUZZY_... AMP_PO... AMP_PO... AMP_PO... POS_FR... POS_FR... POS_F...
Ready
Rung 0 of 5
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:41


RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - POS_FRE_ZONA_3]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
POS_FRE_ZONA_5
Unscheduled Programs / Phases
Motion Groups
Ungrouped Axes
Trends
Data Types
Type Ladder Diagram
Description
0
MOV
Move
Source 0
Dest EMN_POS_FRE
0.0
MOV
Move
Source 0
Dest EN_POS_FRE
0.0
1
CPT
Compute
Dest EC_POS_FRE
1.0
Expression (-ERROR_POS+5)/5
2
CPT
Compute
Dest EP_POS_FRE
0.0
Expression ERROR_POS/5
3
MOV
Move
Source 0
Dest EMP_POS_FRE
0.0
4
CPT
Compute
Dest U_POS_FRE
0.0
Expression ((EMN_POS_FRE*VNG)+(EN_POS_FRE*VNP)+(EC_POS_FRE*VC)+(EP_POS_FRE*VPP)+(EMP_POS_FRE*VPG))/(EMN_POS_FRE+EN_POS_FRE+EC_POS_FRE+EP_POS_FRE+EMP_POS_FRE)
(End)
MainRo... AMP_PO... AMP_PO... AMP_P... FUZZY... FUZZY... AMP_P... AMP_P... AMP_P... POS_F... POS_F... POS_F... POS_F...
Ready
Rung 0 of 5
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:41


RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - POS_FRE_ZONA_4]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
POS_FRE_ZONA_5
Unscheduled Programs / Phases
Motion Groups
Ungrouped Axes
Trends
Data Types
Type Ladder Diagram
Description
0
MOV
Move
Source 0
Dest EMN_POS_FRE
0.0
MOV
Move
Source 0
Dest EN_POS_FRE
0.0
MOV
Move
Source 0
Dest EC_POS_FRE
1.0
1
CPT
Compute
Dest EP_POS_FRE
0.0
Expression (-ERROR_POS+10)/5
2
CPT
Compute
Dest EMP_POS_FRE
0.0
Expression (ERROR_POS-5)/5
3
CPT
Compute
Dest U_POS_FRE
0.0
Expression ((EMN_POS_FRE*VNG)+(EN_POS_FRE*VNP)+(EC_POS_FRE*VC)+(EP_POS_FRE*VPP)+(EMP_POS_FRE*VPG))/(EMN_POS_FRE+EN_POS_FRE+EC_POS_FRE+EP_POS_FRE+EMP_POS_FRE)
(End)
MainR... AMP_P... AMP_P... AMP_P... FUZZY... FUZZY... AMP_P... AMP_P... AMP_... POS_... POS_... POS_... POS_... POS_...
Ready
Rung 0 of 4
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:41


RSLogix 5000 - Grupo_05_Recirculacion_de_Carbon [Emulator] - [MainProgram - POS_FRE_ZONA_5]
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help
SP_POS
Rem Run
Run Mode
Controller OK
Battery OK
I/O OK
No Forces
No Edits
REM
Path: AB_VBP-1\1
Favorites Bit Timer/Counter Input/Output Compare
MainProgram
Program Tags
MainRoutine
AMP_POS_ZONA_0
AMP_POS_ZONA_1
AMP_POS_ZONA_2
AMP_POS_ZONA_3
AMP_POS_ZONA_4
AMP_POS_ZONA_5
FUZZY_AMP_POS
FUZZY_POS_FRE
POS_FRE_ZONA_0
POS_FRE_ZONA_1
POS_FRE_ZONA_2
POS_FRE_ZONA_3
POS_FRE_ZONA_4
POS_FRE_ZONA_5
Unscheduled Programs / Phases
Motion Groups
Ungrouped Axes
Trends
Data Types
Type Ladder Diagram
Description
0
(End)
MOV
Move
Source 60
Dest U_POS_FRE
0.0
MainR... AMP_... AMP_... AMP_... FUZZ... FUZZ... AMP_... AMP_... AMP_... POS_... POS_... POS_... POS_... POS_... POS_...
Activate the Routine: MainProgram - POS_FRE_ZONA_5 (LD)
Rung 0 of 1
APP
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:42


RSView32 Works 100K
File Edit View Objects Arrange Attributes Animation Window Help
Edit Mode
Run Mode
Grupo_05_Recirculacion_de_Material - Display
GRUPO 05: RECIRCULACION DE MATERIAL
Tolva
SP Tolva
Elegir SP
10
6000
9182-1
Corriente Elevador
1
9127-1
9133-1
SP Posicion
10
Posicion Actual
15
Frecuencia Motor
0
Nivel de Tolva
7000
Tendencia
Alarmas
Tolva 9181
AUTO RDY RUN
ZS1 ZS2
9181
9181-1
Elevador 9182
AUTO RDY RUN
MD1 MD2 LSH
Tendencias - Display
30,0
10,0
-10,
100,0
0,000
-100,
2:41:43 20/05/2022
2:42:13 20/05/2022
2:42:43 20/05/2022
2:42:00 20/05/2022
2:42:30 20/05/2022
Tags\9181_SP_POS
Tags\9181_FCO
Cerrar
Alarmas - Display
Alarm Date
Alarm Time
Severity
Tagname
Tag Value
Alarm Label
20/05/2022
2:42:36
1
Tags\9182-1_II
1,5
Coriente Alta
Ack Current
Ack Page
Ack All
Silence Cur
Execute
Identify
Sort
Cerrar
Expression: "{Tags\3133-1_RUN}" Invalid tag name.
Clear
Clear All
For Help, press F1
NUM
Inicio
TESIS UCSM
Tesis 1
camara de rechazo
RSLogix 5000 - Grupo...
RSLinx Classic Gateway
RSLogix Emulate 500...
RSView32 Works 100K
TagServer
ES
2:42