

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN SCADA DE UNA PLANTA TRILLADORA DE CAFÉ  
PERGAMINO, CASO DE ESTUDIO COOPERATIVA DE CAFICULTORES DEL CAUCA**

**CÓDIGO DE PROYECTO: PG-17-1-01**



**AVILA BERNAL OSCAR EDUARDO**

CÓDIGO: 1210937

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1.018.474.334

**VALENCIA NIETO CARLOS ANDRES**

CÓDIGO: 1211379

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1.018.479.650

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**BOGOTÁ, D.C.**

**JUNIO DE 2017**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN SCADA DE UNA PLANTA TRILLADORA DE CAFÉ  
PERGAMINO, CASO DE ESTUDIO COOPERATIVA DE CAFICULTORES DEL CAUCA**

**AVILA BERNAL OSCAR EDUARDO**

CÓDIGO: 1210937

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1.018.474.334

**VALENCIA NIETO CARLOS ANDRES**

CÓDIGO: 1211379

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1.018.479.650

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO DE LA  
UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**

**DIRECTOR:**

**M.SC. LUIS CARLOS MENESES SILVA**

M.Sc en Ingeniería del Mantenimiento

Ing. en Automática Industrial

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

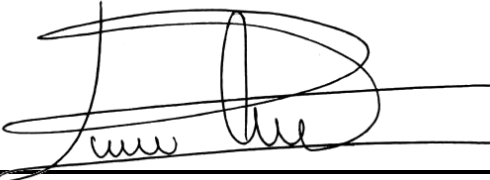
**BOGOTÁ, D.C.**

**JUNIO DE 2017**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

Una vez realizada la revisión metodológica y técnica del documento final de proyecto de grado, doy constancia de que el (los) estudiante (s) ha cumplido a cabalidad con los objetivos propuestos, cumple a cabalidad con los Lineamientos de Opción de Grado vigentes del programa de Ingeniería Mecatrónica y con las leyes de derechos de autor de la República de Colombia, por tanto, se encuentra(n) preparado(s) para la defensa del mismo ante un jurado evaluador que considere idóneo el Comité de Investigaciones del Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia.



---

**M. SC. Luis Carlos Meneses Silva**

**Director del Proyecto**

## DEDICATORIA

---

*A mis padres, jamás existirá una forma de agradecer en esta vida todo lo que han hecho por mí, todos mis esfuerzos y logros también son suyos, son el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida.*

*Con amor y una profunda admiración.*

*Oscar Eduardo Avila Bernal*

## DEDICATORIA

---

*A mis padres y mi tía, jamás existirá una forma de agradecer en esta vida todo lo que han hecho por mí, todos mis esfuerzos y logros también son suyos, son la bendición más grande que Dios me ha dado. Con amor y una profunda admiración.*

*Carlos Andres Valencia Nieto*

## AGRADECIMIENTOS

---

*A Dios, por regalarme tan grandes bendiciones y acompañarme a cada paso que doy.*

*A Marisol, mi madre, quien me ha brindado su amor y apoyo incondicional, por ser fortaleza y ser mi motivación, por estar presente cada instante y con cada detalle, gracias a ella este sueño ha sido posible.*

*A Luis Eduardo, mi padre, quien ha hecho tantos esfuerzos por llenarnos con su amor incondicional y brindarnos todo lo que en sus manos ha sido posible.*

*A Luis Alejandro, mi hermano, por ser mi apoyo y compañía incondicional en cada momento de mi vida.*

*Al Ing. Luis Carlos Meneses, quien por medio de su valiosa dirección, conocimiento y tiempo, hizo que el resultado de este proyecto fuese posible.*

*A mis todos familiares y amigos, quienes fueron partícipes de este camino de constante aprendizaje y crecimiento, gracias por contribuir en cada momento.*

*A la compañía COOPERATIVA DE CAFICULTORES DEL CAUCA. Por la información brindada, dándome así la oportunidad de llevar a la práctica mis conocimientos hasta el punto de desarrollar tan maravilloso proyecto.*

*Oscar Eduardo Avila Bernal*

## AGRADECIMIENTOS

---

*A Dios, por regalarme tan grandes bendiciones y acompañarme a cada paso que doy.*

*A Andrea, mi madre, quien me ha brindado su amor y apoyo incondicional, gracias a ella esté logro sea posible.*

*A Carlos, mi padre, quien con su esfuerzo y cariño me ha brindado todo lo que en sus manos ha sido posible.*

*A Yudy, mi tía, por enseñarme a soñar cada día más alto y por brindarme su apoyo incondicional durante esta etapa académica.*

*Al Ing. Luis Carlos Meneses, quien por medio de su valiosa dirección, conocimiento y tiempo, hizo que el resultado de este proyecto fuese posible.*

*A mis todos familiares y amigos, quienes fueron partícipes de este camino de constante aprendizaje y crecimiento, gracias por contribuir en cada momento.*

*A la compañía COOPERATIVA DE CAFICULTORES DEL CAUCA. Por la información brindada, dándome así la oportunidad de llevar a la práctica mis conocimientos hasta el punto de desarrollar tan maravilloso proyecto.*

*Carlos Andrés Valencia Nieto*

## TABLA DE CONTENIDO

---

	Pág.
<b>NOTA DE ACEPTACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>6</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>12</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	<b>14</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>16</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>16</b>
<b>1 GENERALIDADES</b> .....	<b>17</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>17</b>
1.1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	17
1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	18
1.1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	18
<b>1.2 JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>18</b>
<b>1.3 OBJETIVOS</b> .....	<b>19</b>
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	19
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>1.4 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>19</b>
1.4.1 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	19
1.4.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA .....	20
<b>1.5 MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>20</b>
1.5.1 ESTADO DEL ARTE .....	20
1.5.2 MARCO NORMATIVO .....	26
<b>1.6 MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>27</b>
<b>2 PROCESOS DE LA PLANTA TRILLADORA</b> .....	<b>28</b>
2.1 PROCESO DE RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN DEL CAFÉ .....	28
2.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN SECCIÓN MECÁNICA .....	29



2.2.1	ALMACENAMIENTO .....	29
2.2.2	MONITOR PERGAMINO .....	30
2.2.3	DESPEDREGADORAS.....	30
2.2.4	TRILLADORA .....	31
2.2.5	MONITOR DE ALMENDRA .....	31
2.2.6	CATADORAS .....	33
2.2.7	STEELES .....	33
<b>2.3</b>	<b>PROCESO DE PRODUCCIÓN SECCIÓN ELECTRÓNICA .....</b>	<b>34</b>
2.3.1	SELECCIÓN CROMÁTICA .....	34
2.3.2	EMPAQUETAMIENTO .....	34
2.3.3	EVALUACIÓN DEL CAFÉ TIPO EXCELSO .....	34
2.3.4	ORGANIZACIÓN.....	35
<b>2.4</b>	<b>DESPACHO DE PRODUCTO.....</b>	<b>35</b>
<b>3</b>	<b><u>REQUERIMIENTOS Y SECUENCIAS DE AUTOMATIZACIÓN .....</u></b>	<b><u>36</u></b>
<b>3.1</b>	<b>DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>36</b>
3.1.1	DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.....	36
<b>3.2</b>	<b>EQUIPOS Y MOTORES CONSIDERADOS EN EL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN .....</b>	<b>37</b>
3.2.1	SECCIÓN RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN .....	37
3.2.2	SECCIÓN PRODUCCIÓN MECÁNICA .....	38
3.2.3	SECCIÓN PRODUCCIÓN ELECTRÓNICA.....	44
<b>3.3</b>	<b>REQUERIMIENTOS DE CONTROL DE EQUIPOS Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS.....</b>	<b>48</b>
<b>3.4</b>	<b>SECUENCIAS DE LA SECCIÓN DE RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN .....</b>	<b>50</b>
<b>3.5</b>	<b>SECUENCIAS DE PROCESO DE LA SECCIÓN MECÁNICA .....</b>	<b>50</b>
<b>3.6</b>	<b>SECUENCIAS DE PROCESO DE LA SECCIÓN ELECTRÓNICA.....</b>	<b>50</b>
<b>4</b>	<b><u>ESTRATEGIA Y EQUIPOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN.....</u></b>	<b><u>52</u></b>
<b>4.1</b>	<b>UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2</b>	<b>ALTERNATIVAS DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN .....</b>	<b>53</b>
4.2.1	ALTERNATIVAS CONSIDERADAS .....	54
4.2.2	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	55
4.2.3	ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	56
<b>4.3</b>	<b>SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y EQUIPOS .....</b>	<b>56</b>
4.3.1	REQUERIMIENTOS DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LOS PLC.....	57
4.3.2	SELECCIÓN DE PLC’S Y CONFIGURACIÓN POR SECCIÓN .....	60
<b>5</b>	<b><u>DISEÑO DEL SISTEMA SCADA.....</u></b>	<b><u>70</u></b>
<b>5.1</b>	<b>PLANEACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE CONTROLADORES .....</b>	<b>70</b>
<b>5.2</b>	<b>SISTEMA SUPERVISORIO.....</b>	<b>75</b>
<b>5.3</b>	<b>CODIFICACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>78</b>
<b>5.4</b>	<b>TOPOLOGIA DE RED.....</b>	<b>79</b>
<b>6</b>	<b><u>RESULTADOS DEL PROYECTO.....</u></b>	<b><u>80</u></b>

<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....</b>	<b>86</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>87</b>
	<b>ANEXO A. REFERENCIAS DE DATASHEET.....</b>	<b>90</b>
	<b>ANEXO B. MAPEO DE SEÑALES SECCIÓN RECEPCIÓN.....</b>	<b>91</b>
	<b>ANEXO C. MAPEO DE SEÑALES SECCIÓN MECÁNICA.....</b>	<b>93</b>
	<b>ANEXO D. MAPEO DE SEÑALES SECCIÓN ELECTRÓNICA.....</b>	<b>111</b>

## LISTA DE TABLAS

---

Tabla 1. Equipos y motores sección recepción y liquidación .....	38
Tabla 2. Equipos y motores sección producción mecánica .....	42
Tabla 3. Equipos y motores sección producción electrónica .....	48
Tabla 4. Relación numérica de relevancia .....	53
Tabla 5. Escala de Importancia.....	54
Tabla 6. Relación de importancia-criterio.....	55
Tabla 7. Evaluación - Ponderación.....	56
Tabla 8. Entradas (IN's) sección recepción .....	58
Tabla 9. Salidas (OUT 's) sección recepción .....	58
Tabla 10. Entradas (IN's) sección mecánica .....	58
Tabla 11. Salidas (OUT 's) sección mecánica .....	59
Tabla 12. Entradas (IN's) sección electrónica .....	59
Tabla 13. Salidas (OUT 's) sección electrónica .....	60
Tabla 14. Relación de importancia-criterio (Selección PLC Sección recepción) .....	61
Tabla 15. Evaluación – Ponderación (Selección PLC Sección recepción) .....	61
Tabla 16. Referencias comerciales familia SIMATIC S7-1200 .....	62
Tabla 17. Características módulos posibles de entrada adicionales seccion recepcion .....	63
Tabla 18. Evaluación – Ponderación (Selección PLC Sección mecánica) .....	65
Tabla 19. Referencias comerciales familia SIMATIC S7-300 .....	66
Tabla 20. Características módulos de entrada adicionales seccion mecánica .....	67
Tabla 21. Ejemplo codificación .....	78
Tabla 22. TAGS .....	78
Tabla 23. Identificación y caracterización de los procesos que se ejecutan en la planta trilladora de café pergamino .....	80
Tabla 24. Requerimientos de automatización por sección .....	81
Tabla 25. Equipos de control seleccionados .....	82

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1. El cinturón del café .....	21
Figura 2. Proceso del café.....	21
Figura 3. Niveles de automatización.....	24
Figura 4. Sistema de Automatización para el beneficio seco de café .....	25
Figura 5. Metodología .....	27
Figura 6. Descripción general del proceso .....	28
Figura 7. Silos de almacenamiento de café pergamino .....	30
Figura 8. Monitor Pergamino .....	30
Figura 9. Despedregadoras.....	31
Figura 10. Trilladora Apolo 4 .....	31
Figura 11. Representación Malla de Laboratorio .....	32
Figura 12. Monitor de almendra.....	33
Figura 13. Catadoras .....	33
Figura 14. Steeles .....	34
Figura 15. Esquema de distribución planta .....	36
Figura 16. Instalaciones planta trilladora Caficauca. Unidades en Metros.....	37
Figura 17. Esquema recepción y liquidación.....	38
Figura 18. Ampliación de la sección recepción y liquidación .....	38
Figura 19. Esquema producción sección mecánica.....	39
Figura 20. Ampliación 1 de la sección producción mecánica .....	40
Figura 21. Ampliación 2 de la sección producción mecánica .....	40
Figura 22. Ampliación 3 de la sección producción mecánica .....	40
Figura 23. Ampliación 4 de la sección producción mecánica .....	41
Figura 24. . Ampliación 5 de la sección producción mecánica .....	41
Figura 25. Ampliación 6 de la sección producción mecánica .....	41
Figura 26. Ampliación 7 de la sección producción mecánica .....	42
Figura 27. Ampliación 8 de la sección producción mecánica .....	42
Figura 28. Esquema producción sección electrónica .....	45
Figura 29. Ampliación 1 de la sección producción electrónica.....	46
Figura 30. Ampliación 2 de la sección producción electrónica.....	46
Figura 31. Ampliación 3 de la sección producción electrónica.....	46
Figura 32. Ampliación 4 de la sección producción electrónica.....	47
Figura 33. Ampliación 5 de la sección producción electrónica.....	47
Figura 34. Ampliación 1 de la sección cisquera .....	47
Figura 35. Plano secciones de planta.....	49
Figura 36. Esquema solución de automatización .....	52
Figura 37. Tablero producción sección mecánica .....	53
Figura 38. Tablero sección producción electrónica.....	53
Figura 39. Representación protección guardamotor .....	57
Figura 40. PLC SIMATIC S7-1200 .....	62
Figura 41. Configuración física del PLC sección recepción .....	64
Figura 42. PLC SIMATIC S7-300 .....	66
Figura 43. Configuración física del PLC sección mecánica .....	67

<i>Figura 44. Configuración física del PLC sección electrónica .....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 45. Arquitectura de control .....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 46. Secuencia de encendido.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 47. Secuencia de Apagado.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 48. Diagrama encendido/apagado por grupos.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 49. Diagrama de flujo Bloque motor .....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 50. Diagrama de Flujo sistema supervisor (HMI).....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 51. Topología de red del sistema de automatización .....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 52. Bloque en función de condiciones de encendido (set).....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 53. Apagado (Reset) .....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 54. Ejemplo pantalla HMI.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 55. Pantalla para el habilitar o deshabilitar motores .....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 56. Visualización motores.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 57. Red entre los equipos.....</i>	<i>85</i>

## LISTA DE ANEXOS

---

*Anexo A. Referencias De Datasheet*

*Anexo B. Mapeo De Señales Sección Recepción*

*Anexo C. Mapeo De Señales Sección Mecánica*

*Anexo D. Mapeo De Señales Sección Electrónica*

*Anexo E. Autorización de uso de información*

*Anexo F. Aprobación de diseños*

## INTRODUCCIÓN

---

En este proyecto se desarrolla el diseño de un sistema de automatización SCADA (*Supervisión, Control y Adquisición de Datos*) [1] para una planta trilladora de café pergamino. Para lograr esto se realizará el estudio pertinente de la planta con el fin de determinar y seleccionar las posibles opciones de equipos de control que se adecuen a las necesidades, teniendo como caso de estudio “Cooperativa de Caficultores del Cauca”.

La Cooperativa de Caficultores del Cauca desarrolla lo concerniente a la selección, procesamiento y control de calidad del café, para que una vez listo pase a manos del cliente en las mejores condiciones de calidad y consumo. Para lo cual cuenta con la trilladora de café CAFICAUCA cuyo objetivo es efectuar procesamiento industrial del café pergamino, darle valor agregado y entregar el producto. Sin embargo, esta planta cuenta únicamente con procesos de producción manuales y se hace necesario aplicar sistemas de automatización que se plantean en este documento.

El documento inicia con los aspectos generales presentando la forma en que se realiza la producción del café y los procesos típicos que se realizan para selección de sus diferentes tipos comerciales. En el capítulo 2 se realiza el estudio de los sistemas de producción de la planta trilladora de la Cooperativa de Caficultores del Cauca, diferenciando las áreas de producción con las que cuenta. Posteriormente, en el capítulo 3, se establecen los requerimientos de automatización de la planta, determinando los equipos y secuencias de control para cada uno de sus procesos. A continuación, en el capítulo 4, se realiza la planeación de las estrategias de automatización y los requerimientos finales que permite la selección del sistema de automatización y su distribución en planta. Finalmente, en el capítulo 5, se realiza el diseño y programación del sistema SCADA que permitiría la automatización de todos los procesos productivos de la planta trilladora de la Cooperativa de caficultores del Cauca.

## RESUMEN

---

En este proyecto se muestra el diseño un sistema de automatización para la planta trilladora de café de la Cooperativa de Caficultores del Cauca. Para determinar la estrategia de automatización se realiza un análisis de la distribución de la planta y se determinan las principales áreas de producción del proceso, esto con el fin de cuantificar e identificar los equipos y motores. Una vez se ha seleccionado la estrategia de automatización, se realiza la selección de los equipos de control, así como el método de programación de los mismos basándose en el mapeo de señales realizado. Dentro del análisis del sistema de producción de la planta trilladora, se establece que cuenta con 3 procesos totalmente diferenciados: recepción, sección mecánica y sección electrónica, para un total de 110 motores de los cuales 86 se pueden ingresar al sistema de automatización dentro de las secuencias de encendido y apagado, y en los diferentes modos de operación: manual, automático y control por grupos. La solución generada para el sistema de automatización se establece con 3 PLC's de la marca Siemens, uno para cada proceso, conectados a través de una red de comunicaciones Profinet y cada uno con pantallas HMI del mismo fabricante.

## ABSTRACT

---

This project shows the design of an automation system for the coffee threshing plant of the Cooperativa de Caficultores del Cauca. In order to determine the automation strategy, an analysis of the distribution of the plant is carried out and the main production areas of the process are determined, in order to quantify and identify the equipment and motors. Once the automation strategy has been selected, the control equipment is selected, as well as the method of programming them based on the signal mapping performed. Within the analysis of the production system of the threshing plant, it is established that it has 3 totally different processes: reception, mechanical section and electronic section, with total of 110 engines of which 86 can enter into the automation system within the sequences of ON and OFF, and in the different modes of operation: manual, automatic and group control. The solution generated for the automation system is established with 3 Siemens PLCs, one for each process, connected through a Profinet communications network and each with HMI screens from the same manufacturer



## 1 GENERALIDADES

---

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1.1 Antecedentes del problema

La Cooperativa de Caficultores del Cauca se crea en el año de 1961 por 297 caficultores. La cooperativa inicio prestando servicios de mercadeo de café, venta de productos agrícolas y de consumo, así como servicios personales a sus asociados, tales como préstamos, becas, auxilios de solidaridad y servicios médicos.

A partir de 1982, luego de una gran reestructuración la cooperativa se dedicó exclusivamente al mercadeo de café sin prestar prácticamente ningún servicio a los asociados y desde 1987 se presta el servicio de venta de fertilizantes.

En 1988 la cooperativa construye la trilladora de café CAFICAUCA cuyo objetivo era efectuar procesamiento industrial del pergamino, darle valor agregado y entregar el producto a *Almacafé* o vía *Expocafé*.

Prácticamente 10 años (1996) después, la cooperativa está en capacidad de garantizar el café distribuido a todas partes del mundo asumiendo todo el riesgo que inicia desde la consecución de la materia prima.

Las etapas que podemos diferenciar a través de la historia de la empresa son, la creación de la empresa con énfasis en el bienestar de los asociados (1961 – 1981), la reestructuración y fortalecimiento de la empresa con fines lucrativos lo cual se logra con el cambio de administración y eliminación de beneficios a los asociados (1981 – 1987), el inicio en el procesamiento del café construyendo una planta de procesamiento de café “trilladora” y la implementación de puntos de venta de fertilizantes e insumos para agricultura, específicamente caficultura, en este mismo años también se exporta café por medio de intermediarios pero sin garantía (1988) y por último la exportación garantizada de café asumiendo los riesgos de adquisición de insumos (1996).

##### 1.1.1.1 Hitos históricos relevantes

A continuación, se mostrarán los hitos importantes que han marcado la historia de la cooperativa, con lo cual se evidencia que la antigüedad de los equipos supera los 30 años, provocando que los procesos sean operados manualmente y que los equipos no estén preparados para ser automatizados.

- Cambios de administración: En la empresa se han llevado varios cambios de administración (Gerentes y revisores fiscales), generalmente el cambio de gerente va acompañado con un cambio en la dirección de la revisoría fiscal, puesto que se considera de alta importancia en la organización.
- Cambios en servicios: La empresa tuvo una gran reestructuración en el año de 1981, año en el cual se estuvo a punto de llegar a una liquidación. Más sin embargo con el fin de salvar

la empresa los asociados estuvieron de acuerdo en eliminar sus servicios sociales y dedicar a la empresa solo a comercializar café.

- Construcción de la trilladora: En el año de 1988 se construyó la planta trilladora de café con la cual la empresa estaba en capacidad de exportar su café por medio de intermediario y darle un valor agregado al mismo y desde 1996 con los incrementos de control de calidad dentro de la trilladora están en capacidad de garantizar y responder por el producto hasta que es embarcado en los puertos.

### 1.1.2 Descripción del problema

La planta trilladora es una instalación donde se procesa el café de pergamino a oro que sirve para la comercialización. Actualmente el control de los procesos se hace de manera manual, es decir, existe un tablero de control con un interruptor por cada máquina, los cuales deben presionarse de forma individual para encender o detener la producción. Esto se debe a varios factores, principalmente la antigüedad de las máquinas la cual se explica en el apartado 1.1.1.

Otro de los factores que influye en esta problemática es el hecho de que no halla procedimientos claros o estandarizados, lo cual inmediatamente genera que no existan grupos definidos para las secuencias de encendido o apagado. Esto quiere decir que las secuencias en situación de emergencia no existen o son manuales lo cual podría desembocar en un accidente.

Es por estos problemas de fallas, tanto de error humano como de la tecnología anticuada, que es necesario diseñar un sistema de automatización que permita controlar y supervisar el proceso completo del trillado del café. Lo cual también supone un reto pues no existe infraestructura previa para realizar cualquier mejora de automatización.

### 1.1.3 Formulación del problema

¿Cómo se puede lograr una automatización de una planta trilladora de café con las condiciones de operación actuales de la planta CAFICAUCA?

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La comercialización del café tiene una función clave en el desarrollo económico del país, a través de las exportaciones que maneja y los empleos que genera. Es por eso que la competitividad tecnológica es uno de los principales objetivos de los productores de café, para esto se pretende tener un producto final de buena calidad. De aquí que, en un país como Colombia, dónde el café es uno de los principales productos de exportación; el sector cafetero necesita incrementar la producción, pero sin dejar de lado la condición del café.

Es por eso que la trilladora de café pergamino CAFICAUCA se convierte en la oportunidad idónea para aplicar los conocimientos adquiridos durante los estudios de ingeniería mecatrónica, debido a que es una planta que necesita actualizar los procesos antiguos por sistemas de automatización que

permitan controlar y supervisar todo el proceso de trillado del café. Esto con el fin de reducir los tiempos de producción e incluso reducir costos los costos de la misma.

A través del cumplimiento de estos objetivos, el proyecto propuesto tiene como meta brindar un mejor manejo de los procesos, agrupando los equipos para determinar secuencias de encendido, apagado y emergencia. Las cuales al no estar definidas son un riesgo de accidentalidad. Esto con el fin de que sea un ambiente más eficiente tanto a nivel tecnológico como humano.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema de automatización SCADA para una planta trilladora de café pergamino

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar y caracterizar los procesos que se ejecutan en la planta trilladora de café pergamino
- Determinar los requerimientos de automatización y secuencias de encendido, apagado y emergencia de cada uno de los procesos de la planta.
- Diseñar una estrategia de automatización que satisfaga los requerimientos de la planta
- Seleccionar los equipos necesarios para la automatización de la planta trilladora
- Diseñar un sistema SCADA para el control de los procesos de la planta trilladora que incluya las redes de comunicación necesarias

### **1.4 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO**

#### **1.4.1 Alcances y limitaciones**

##### **1.4.1.1 Alcances:**

- El sistema diseñado se debe planificar para futuras expansiones de la empresa y la fácil integración de equipos
- El diseño se realizará con base en los requerimientos establecidos por la empresa y a sus necesidades

##### **1.4.1.2 Limitaciones:**

- No se considera la implementación debido al costo que implica la solución, sin embargo, se realizara la programación y simulación del sistema

- La empresa ha puesto como requisito de diseño, utilizar elementos de control de la marca siemens, debido a que encuentran una mejor facilidad de integración en la planta.

#### **1.4.2 Línea de investigación del programa**

El proyecto se enmarca en la línea de investigación de programa Automatización y domótica. Este proyecto está orientado hacia la automatización de benefició del café, mediante el diseño de un sistema SCADA que permita la mejora en los diferentes procesos manuales existentes en las áreas de recepción y producción de la trilladora CAFICAUCA. Dicho diseño está basado en dispositivos de control, sistemas supervisores y elementos relacionados. Debido a estas características este proyecto se ubica en la línea de automatización.

### **1.5 MARCO REFERENCIAL**

#### **1.5.1 Estado del arte**

Desde hace más de doscientos años y hasta la actualidad, el café se mantiene como una de las bebidas más populares en el mundo así como sus variaciones y derivados, llegando a ser considerado como el segundo producto más comercializado después del petróleo según la Organización Internacional del Café (ICO) [1]. Su consumo mundial se estima en 155,713 millones de sacos de 60kg en los últimos dos años. [2].

El desarrollo idóneo del café se encuentra en condiciones de clima cálido, con una temperatura media anual entre 18° y 21° C, precipitaciones entre 1,200 y 1,800 mm anuales distribuidas durante todo el año [3] [4] [5]. En general, estas circunstancias se encuentran en la zona del planeta que está comprendida entre el Trópico de Cáncer y el de Capricornio también llamada el cinturón del café. [6] [7].

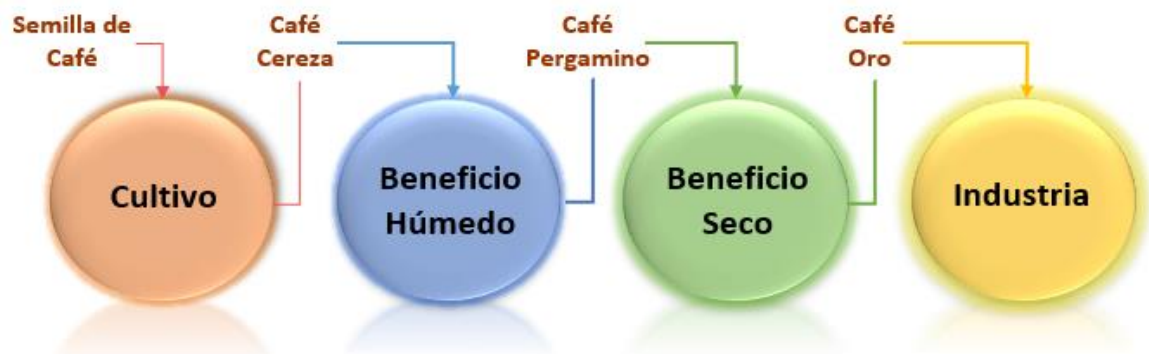
Figura 1. El cinturón del café



Recuperado de: [http://www.bbc.com/mundo/economia/2010/02/100222\\_cafe\\_conferencia\\_tendencias\\_amab.shtml](http://www.bbc.com/mundo/economia/2010/02/100222_cafe_conferencia_tendencias_amab.shtml)

De aquí que, en un país como Colombia, donde el café es uno de los principales productos de exportación; el sector cafetero necesita incrementar la producción, pero sin dejar de lado la condición del café. Para alcanzar este objetivo, la etapa más importante es la de secado, la cual determina la calidad de este, sin embargo, esta etapa es de mucho cuidado, pues lleva tiempo y supervisión, lo que puede generar altos costos de producción. [8] [9]. A continuación, se hará una explicación general del procesamiento del café que consiste en las cuatro etapas mostradas en la Figura 2

Figura 2. Proceso del café



Adaptado de: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0274\\_CS.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0274_CS.pdf)

### 1.5.1.1 Cultivo

En esta etapa se obtiene lo que se conoce como café cereza o café uva, es decir el fruto maduro de la planta de café. Este grano está compuesto por varias capas y cada una involucra un proceso

diferente hasta la obtención final del café soluble. [10]. La primera capa es color rojo profundo y es usada como combustible, la segunda capa es la pulpa de color café la cual sirve como abono , la tercera es una capa gelatinosa llamada mucilago o cascabillo y la última capa es la denominada pergamino, esta tiene un color café brillante y envuelve el grano oro. [7] [11] [5].

Los procesos necesarios en esta etapa son:

- Cosecha
- Corte y selección de los granos
- Transporte

#### 1.5.1.2 Beneficiado húmedo

La función principal del proceso es eliminar las primeras dos capas del grano de café para obtener el café con pergamino. [8] [10].

Los procesos necesarios en esta etapa son:

- Pesaje
- Sifón o clasificación de los granos buenos.
- Despulpado
- Fermentación
- Lavado y escurrido
- Pre-secado y secado
- Almacenamiento y deposito

#### 1.5.1.3 Beneficiado Seco

En estas instalaciones se procesa el grano proveniente del beneficiado húmedo denominado pergamino para obtener el café oro. [12] [10] [3].

Los procesos necesarios en esta etapa son:

- Pesaje: Se utiliza una báscula para medir el peso del café pergamino proveniente del beneficio húmedo para registrar el valor exacto del producto que ingresara.
- Tolva: La tolva es encargada de separar los objetos grandes como rocas que puedan dañar maquinaria.
- Limpieza y depuración: Después de la tolva se utilizan máquinas especiales para realizar pre limpiezas que separen piedras pequeñas y objetos extraños del café.
- Trillado y pulido: Es en esta sub-etapa donde se obtiene el café denominado oro, se utilizan máquinas trilladoras para separar el pergamino del grano y entregarlos pulidos. [13] [5]. El grano pulido se clasifica de la siguiente forma:

- *Clasificación por tamaño*: la función de esta clasificación es separar el polvillo que viene adherido al grano de café.
  - *Clasificación neumática y vibro neumática*: En esta operación se mantienen vibraciones para diferenciar entre los granos de primera y segunda.
  - *Clasificación por color*: mediante este proceso se logra diferenciar por color los granos que tiene defectos o que no entran en la media normal de color verde.
  - *Clasificación Manual*: Esta clasificación toma en cuenta los tres factores anteriores: forma, tamaño y color, haciendo uso de personal capacitado separar los granos defectuosos.
- 
- Mezclado y ensacado: Se hace uso de un mezclador con fondo cónico para mezclar los granos de café según la preparación requerida y guardar la mezcla en sacos.
  
  - Almacenamiento: Se ingresan los sacos con el café oro en las bodegas donde se debe controlar el ambiente para que el producto no varíe sus propiedades.

#### 1.5.1.4 Industrialización

En la etapa final se transporta el producto terminado como café oro para ser convertido en café soluble. [10] [3] [5].

Los procesos estimados en esta etapa son:

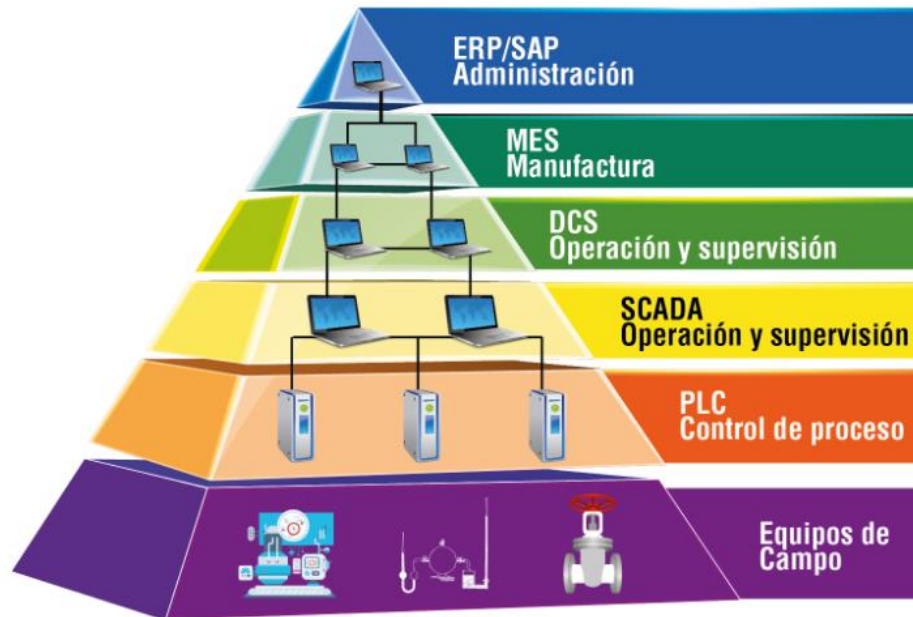
- Solubilización
- Descafeinización
- Torrefacción

Con el fin de realizar mejoras en estos procesos, se han puesto en marcha proyectos de automatización de primer nivel en varias plantas productoras de café alrededor del mundo, es decir, en equipos de planta y tecnologías primarias. Desde rediseñar las tolvas y sistemas de alimentación hasta automatizar molinos, seleccionadoras y clasificadoras [14]. Así como diseñar un sistema de control para optimizar los procesos de secado y ensaque haciendo uso de sensores y actuadores. [3].

Incluso se llevó a cabo un proyecto que hace uso de técnicas de procesamiento de imágenes para la clasificación de los frutos de café según su estado de maduración [15]. De esta forma se agruparon las tecnologías tradicionales que se basaban en trabajo manual convirtiéndolas en procesos automáticos.

Tomando en cuenta la distribución de los niveles de automatización, mostrados en la Figura 3, este proyecto toma en cuenta los niveles 2 y 3, donde se encuentra el control de procesos y la supervisión de los mismos mediante un software SCADA. [16].

Figura 3. Niveles de automatización



Tomado

<http://www.ustabuca.edu.co/gpresencia/gestion/usuarios/user10772/ustabmanga/files/img/vustabmanga374394320151016104352.png>

de:

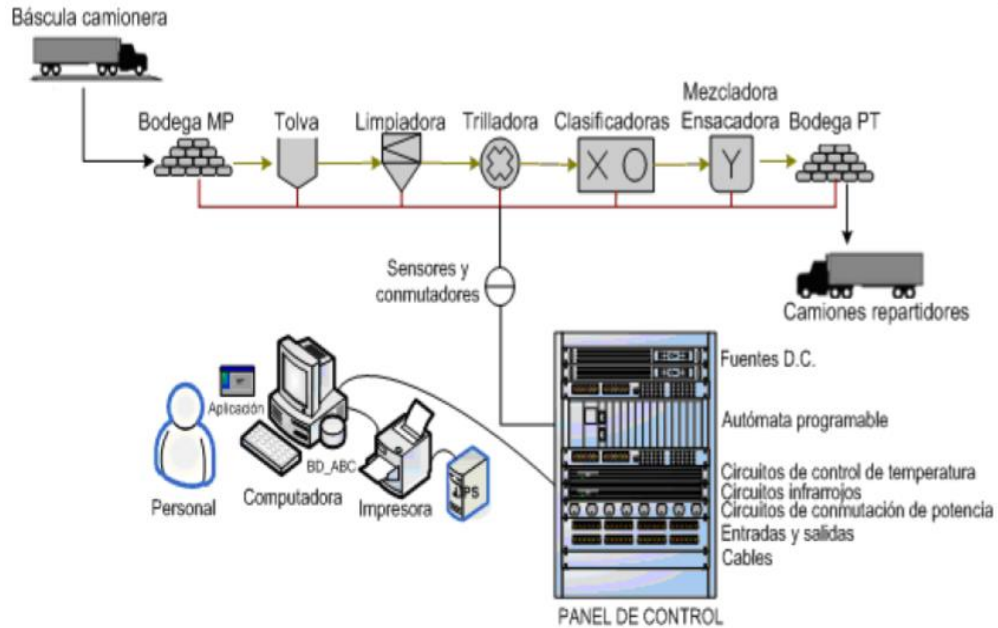
Para el desarrollo de dichos niveles los equipos más comunes son los controladores *MicroLogix* de *Allen-Bradley* junto a las expansiones necesarias y la respectiva fuente, la serie depende de las necesidades de la planta. [3] [10]. Para este proyecto se han buscado los trabajos de desarrollo de automatización realizados en las principales plantas productoras de café en los países comprendidos dentro del cinturón del café como Colombia, Guatemala y el Salvador

En la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala se desarrolló un proyecto acerca de una propuesta de automatización del proceso de beneficios secos del café utilizando un PLC. La solución propuesta consiste en el equipo de control “*MicroLogix 1200 Cat. 1762-L24BWA*” de *Allen-Bradley*, el módulo de expansión de entradas y salidas analógicas *Cat. 1762-IF20F2*. [10]. En la *Figura 4*. Sistema de Automatización para el beneficio seco de café se muestra un esquema explicativo del proceso con el sistema de automatización incluido.

También se determinaron los circuitos de control de temperatura, conmutación de potencia y sensor infrarrojo, haciendo uso de un termistor, un relé y sensores infrarrojos. Adicionalmente se desarrolló un programa de administración y monitoreo que cuenta con los módulos de seguridad, personal, producción, mantenimiento, instalaciones y conexión. [10]. Dentro de las recomendaciones que aparecen en dicho trabajo, se recomienda aplicar un sistema SCADA ya que el control remoto es una falla detectada en la solución mostrada.



Figura 4. Sistema de Automatización para el beneficio seco de café



Tomado de: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0274\\_CS.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0274_CS.pdf)

#### 1.5.1.5 Requisitos de automatización

Para culminar este nivel de nivel de automatización se deben seguir una serie de pasos y tener en cuenta varios factores como los recursos económicos, definir el grado y el nivel de automatización entre otros. [16] [17]. Estas fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización son generales para todos los procesos cuya solución utilice PLC. [17]. Inicialmente se debe realizar una observación del proceso a controlar para determinar los estados y transiciones del mismo. [18]. Para luego continuar con los siguientes puntos:

- **Paso 1: La descripción del sistema**  
En esta sección se debe recopilar la información de las secuencias del sistema (arranque, paro), así como los sensores, traductores, motores, variadores y demás dispositivos que intervengan en el proceso. Las variables a medir, controlar y monitorear también se deben determinar, así como los rangos de operación y las entradas y salidas del sistema. [19] [18].
- **Paso2: Diagrama de Flujo**  
Se realiza una representación gráfica de los pasos del proceso.
- **Paso 3: Descripción de los equipos del sistema**  
Con el fin de conocer el sistema y las funciones de los dispositivos, se deben agrupar todos los dispositivos que intervengan en el proceso e identificar las entradas y salidas en el sistema. [19]

- **Paso 4: Requerimientos del cliente**  
De acuerdo al cliente, se indican las características de operación de operación y de los equipos, los rangos de operación e incluso el rango de costo de los equipos a implementar.
- **Paso 5: Selección del autómeta programable**  
Debido a las diferentes opciones del mercado, se deben realizar dos evaluaciones, una para seleccionar el tipo del autómeta y otra para seleccionar la marca. [18] [19].
- **Paso 6: Programación del PLC**  
Primero se determina el método para la programación, que puede ser el método informal (función de memoria) o el método formal (GRAFSET) el cual es una grafico de etapas y transiciones. [19].

El proceso de automatización finaliza con una validación del sistema, y en este caso continuaría al desarrollo de la interfaz para el sistema SCADA. Para lo cual se deben tener en cuenta los siguientes factores [17]:

- Describir los procesos de forma detallada permite definir su comportamiento por estados, los documentos necesarios en cada momento, las reglas para pasar al siguiente paso, los avisos que se deben enviar y las acciones que se tienen que llevar a cabo en los sistemas.
- Permitir incorporar cambios ya que el sistema puede exigir cambios y esto favorece la mejora continua y la aplicación de nuevas necesidades.
- Emplear herramientas gráficas sirve para representar una síntesis del proceso poniendo en común a expertos de procesos y a usuarios generales como administrativos.

### 1.5.2 Marco normativo

El marco normativo aplicable a las acciones realizadas durante la ejecución del proyecto, está motivado y fundamentado básicamente en los siguientes lineamientos mencionados a continuación:

- La ley 23 de 1982 “Sobre derechos de autor” de Colombia.
- El reglamento estudiantil de pregrado de la Universidad Piloto de Colombia modificado en 2011.
- La resolución 2 de 2016 del comité nacional de cafeteros de Colombia por la cual se unifican y actualizan las normas de calidad del café verde en almendra para exportación.
- El estándar internacional IEC 61131, referente a controladores programables, lenguajes de programación, comunicaciones y configuración de diferentes marcas de PLC’s y elementos relacionados, sistema de seguridad programable y seguridad en maquinarias que tengan relación con uno o varios PLC’s

## 1.6 MARCO METODOLÓGICO

La metodología utilizada para la elaboración de este proyecto, se encuentra enfocada en el cumplimiento consecutivo de diferentes etapas de trabajo las cuales garantizan el cumplimiento de los objetivos propuestos, esto basado en los requerimientos para realizar una automatización, explicados en el apartado 1.5.1.5...

La etapa inicial a realizar consiste en la búsqueda de lo concerniente a las características generales del procesamiento del café y los avances más significativos que se han realizado en este campo de estudio. La segunda etapa trata acerca de la descripción detallada de los procesos del café que se realizan actualmente en la trilladora CAFICAUCA. En la tercera etapa se detallan los requerimientos y secuencias de automatización (encendido, apagado, emergencias y alarmas) presentes en los procesos de recepción y producción, este último se encuentra dividido en secciones mecánicas y electrónicas. La cuarta etapa es fundamental para el éxito del proyecto, debido a que en el comienzo de esta etapa, se parametriza la información de planta, al intermedio se plantean las alternativas de solución y se finaliza con la diagramación de los sistemas de automatización y equipos que conlleva la selección de la solución más adecuada.

La quinta etapa hace referencia a los sistemas de acoplamiento eléctrico necesarios para llevar a cabo la solución adoptada, enfocando esta etapa hacia temas relaciones a la conexión eléctrica. La sexta y última etapa se enfoca en el diseño del sistema SCADA etapa en la cual se unifica todas las etapas anteriores, teniendo como punto central el desarrollo de la programación de los controladores y la creación de un sistema supervisor apoyado mediante bases de datos y reportes. Diseño el cual permita dar el cumplimiento de los objetivos planteados y el funcionamiento general de la solución, llevando así a la culminación del proyecto.

Figura 5. Metodología



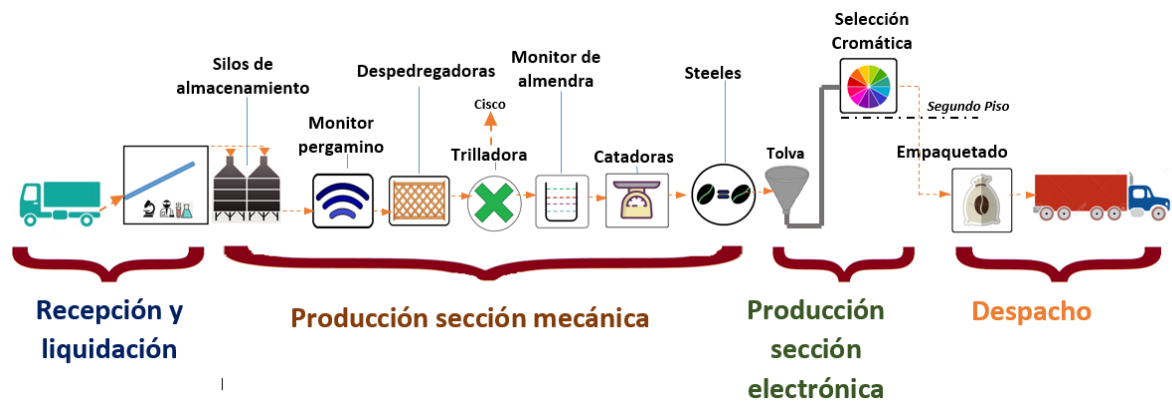
Fuente: Autores

## 2 PROCESOS DE LA PLANTA TRILLADORA

La empresa brinda una descripción del proceso no muy detallada pero suficiente como para lograr entender el método de producción. En este apartado se presentará el proceso de selección y trilla del café desde el momento en que ingresa el café a la cooperativa hasta que sale.

Dentro de la planta se identificaron cuatro procesos principales. Estos son recepción y liquidación, producción sección mecánica, producción sección electrónica y por último despacho. A continuación, se presentan una descripción general del proceso y se explicara cada sección.

Figura 6. Descripción general del proceso



Fuente: Autores

### 2.1 PROCESO DE RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN DEL CAFÉ

En esta parte se realiza la recolección de todo el café proveniente de las agencias y demás proveedores. Terminada la recolección se procede a realizar el primer análisis de laboratorio para determinar varios factores del grano, entre ellos la calidad de este. A nivel interno este proceso también es denominado “*Procedimiento de recibo y compra*”. A continuación, se especificarán todas las acciones realizadas en esta parte:

#### a. Ingreso

El camión ingresa a las instalaciones y es pesado en la báscula junto con su carga.

### ***b. Descarga e Inspección***

El café es descargado y se procede a su inspección. La inspección consiste en tomar una pequeña muestra de cada bulto que ingresa y estas son mezcladas.

### ***c. Pretrillado***

Se realiza un análisis de pre-trilla para así conocer las características del café recibido como su tamaño, factor y rendimiento. Esta labor se realiza en el laboratorio de la Cooperativa y es basada en la resolución 2 de 2016 del comité nacional de cafeteros de Colombia por la cual se unifican y actualizan las normas de calidad del café verde en almendra para exportación. A continuación, se describen los conceptos de análisis.

- **Humedad:** Su objetivo es determinar el porcentaje de humedad en el café pergamino. El margen de humedad permitido está entre el 10 y 12%. Los lotes con humedad superior al 12% son rechazados y devueltos al proveedor. Los lotes con humedad inferior al 10% se denominan lotes sobre secados y se convierten en café tipo pasilla.
- **Porcentaje de merma:** Este porcentaje representa el peso perdido del café pergamino luego de que la muestra ha sido trillada en laboratorio. Luego de obtener el café trillado se separa el café por tamaño separando así el café pasilla del excelso.
- **Factor:** Es el porcentaje que representa el peso de café excelso obtenido de la muestra de café pergamino.
- **Prueba de taza:** Se tuesta el café y se muele. Luego se prepara el café para así calificar el café en aroma, sabor y cuerpo.
- **Liquidación:** Según la calidad del café se procede a determinar el precio a pagar por el cargamento.

## **2.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN SECCIÓN MECÁNICA**

En esta parte del proceso se realiza las acciones de limpieza, trilla y selección mecánica del café. Aquí se separa el café en sus respectivos tipos (de exportación y pasilla). A nivel general el café pergamino es llevado a la planta y es convertido en tipo excelso y tipo pasilla. A continuación, se expondrán las operaciones efectuadas en este segmento:

### **2.2.1 Almacenamiento**

Se transporta el café, tipo pergamino, aprobado por laboratorio hasta la planta y es depositado en los 2 silos con capacidad para 110 toneladas, estos silos son mostrados en la *Figura 7*. Aquí los silos almacenan el café en espera de ser procesado.

Figura 7. Silos de almacenamiento de café pergamino



Fuente: CAFICAUCA

### 2.2.2 Monitor Pergamino

El café cae por gravedad al monitor de pergamino. Este retira las impurezas, separándolas así de los granos de café. Estas impurezas son las que producen la merma junto con la cascarilla y los elementos pesados

Figura 8. Monitor Pergamino



Fuente: CAFICAUCA

### 2.2.3 Despedregadoras

El café libre de impurezas pasa por las máquinas despedregadoras, donde, por principio de densidad y peso específico, se separan las piedras y los objetos pesados de los granos de café. Estas máquinas se muestran a continuación en la Figura 9.

Figura 9. Despedregadoras



Fuente: CAFICAUCA

#### 2.2.4 Trilladora

El café cae a unas tolvas (elementos almacenadores y alimentadores) los cuales proporcionan una alimentación constante a la máquina la trilladora (Figura 10). El café proveniente de las tolvas de almacenamiento es librado del endocarpio o cascarilla obteniendo así un grano limpio o almendra listo para ser seleccionado por tamaño.

Figura 10. Trilladora Apolo 4



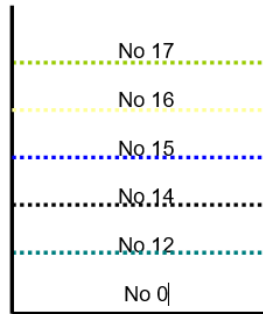
Fuente: CAFICAUCA

Luego de la trilla se obtienen dos subproductos: el café compuesto de granos limpios y el cisco (cascarilla del café) el cual es almacenado y posteriormente comercializado.

#### 2.2.5 Monitor de almendra

Los granos limpios pasan por el monitor de almendra. Este equipo realiza la función de separar los granos de café por tamaño. De aquí se perfilan los granos tipo excelso y pasilla. Este proceso se realiza por medio de unas mallas ubicadas en el siguiente orden:

Figura 11. Representación Malla de Laboratorio



Adaptado de: CAFICAUCA

Estas mallas permiten clasificar por tamaño a los granos de café en los siguientes tipos:

- **Excelso Supremo:** Compuesto de grano grande, plano, parejo, retenido por encima de malla N°17, con tolerancia del 5% inferior a esta malla, pero retenido por la malla N° 14, de esmerado beneficio y debidamente seleccionado.
- **Excelso Extra o Especial:** Compuesto de grano plano y caracol, tamaño grande y mediano, retenido por encima de la malla N° 16, con una tolerancia del 5% inferior a esta malla, pero retenido por la malla N° 14 debidamente seleccionado.
- **Excelso tipo Europa y UGQ:** Compuesto de grano plano y caracol, tamaño grande. Retenido por encima de la malla N° 15 y 14 respectivamente, con una tolerancia del 5% inferior a esta malla, pero retenido por la malla N° 14 debidamente seleccionado.
- **Excelso Caracol:** Comprende el café excelso de la clase conocida con este nombre, sin Maragogipe, de tamaño grande, mediano y pequeño, retenido por la malla N° 12, debidamente seleccionado. Con tolerancia de hasta 10% de grano plano.
- **Excelso Maragogipe:** Comprende la calidad o variedad conocida con este nombre. De tamaño grande, mediano y pequeño, sin caracol, retenido por la malla N° 14, debidamente seleccionado. Con una tolerancia de hasta 10% de grano plano.
- **Café Pasilla:** Comprende todos los granos de baja calidad y demasiado pequeños (retenidos en la malla N° 0). Incluye granos brocados, de colores no deseados y mordidos por insectos.

El único café exportable es el tipo excelso, tal como lo ordena el artículo 63 del decreto 444, de 1967. El café tipo Pasilla, por su baja calidad no puede ser comercializado a nivel internacional. Este tipo de café se vende a nivel nacional para consumo interno.

Una vez separados los granos son enviados a las 8 máquinas catadoras (*Figura 12*). En este instante empieza la escogencia mecánica.



Figura 12. Monitor de almendra



Fuente: CAFICAUCA

### 2.2.6 Catadoras

Luego de separados los granos pasan por las catadoras (Figura 13). Estas máquinas se encargan de clasificar los granos por su peso. Los granos pesados pasan a los Steeles y los livianos (granos tipo pasilla) son enviados a una tolva “pasilla mecánica”.

Figura 13. Catadoras



Fuente: CAFICAUCA

### 2.2.7 Steeles

Los granos pesados son enviados a los steeles (Figura 14). Estos (cada uno con un peso y tamaño de grano) se encargan seleccionar los granos para que los que quedan tengan igual peso específico. Los granos de diferente peso son enviados a la tolva “pasilla mecánica” y los de igual peso van a las tolvas de retención.

Figura 14. Steeles



Fuente: Información de planta CAFICAUCA

## 2.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN SECCIÓN ELECTRÓNICA

La sección electrónica del proceso de producción está ubicada en la segunda planta de las instalaciones. En esta parte se realiza la selección cromática del café y una vez escogido el café que requiere el comprador se procede al empaquetamiento y pruebas de calidad del producto. A continuación se explicaran los procedimientos efectuados en este segmento:

### 2.3.1 Selección Cromática

Los granos almacenados en las tolvas de retención pasan por las máquinas electrónicas para ser seleccionados cromáticamente. Los granos de colores no deseados (tipo pasilla) son almacenados y los granos deseados (Tipo excelso) van a la tolva de empaque en espera de ser envasados.

### 2.3.2 Empaquetamiento

Se llenan los empaques para así obtener los sacos de café y se verifica que cada uno de los sacos tenga el peso deseado (70. Kg, dependiendo del tipo de empaque utilizado). Corrigiendo los sacos con sobrepeso o deficientes de este. Luego se procede a coser los sacos y a almacenarlos.

### 2.3.3 Evaluación del café tipo excelso

Luego del proceso de trillado se procede a la evaluación del café tipo excelso, que sigue el siguiente procedimiento.

- **Toma de muestra:** Se toma una pequeña muestra de cada saco de cada saco para ser analizadas en laboratorio.
- **Clasificación:** Se separan los granos defectuosos de la muestra y se verifica que los granos buenos correspondan a la malla establecida en el proceso.
- **Preparación:** Se tuesta y se muele el café para evaluar su aroma, sabor y cuerpo. De acuerdo a estos conceptos se aprueba se rechaza el lote.

#### 2.3.4 Organización.

Se preparan los lotes aceptados para ser exportados. Los rechazados se unen al lote del café tipo pasilla.

### 2.4 DESPACHO DE PRODUCTO

Esta parte del procedimiento se refiere a gestión administrativa por parte de la empresa y aunque es sencilla es de vital importancia para la empresa. A continuación, se especifican las acciones que se realizan en el despacho del café tipo exportación.

- **Carga:** Se verifica el tonelaje de la tractomula que transportará el café y se procede a la carga de la tracto mula con el café excelso pedido por el exportador.
- **Pesaje:** Se toma el tonelaje la tractomula cargada y si el tonelaje presenta un error se corrige.
- **Envío:** Una vez enviado, el café es almacenado por Almacafé. (No se tiene conocimiento que acciones cumple este ente). El café que no va hacia Almacafé es enviado directo al puerto de Buenaventura.

Aquí termina el proceso de recibo, trilla, selección y despacho del café.

### 3 REQUERIMIENTOS Y SECUENCIAS DE AUTOMATIZACIÓN

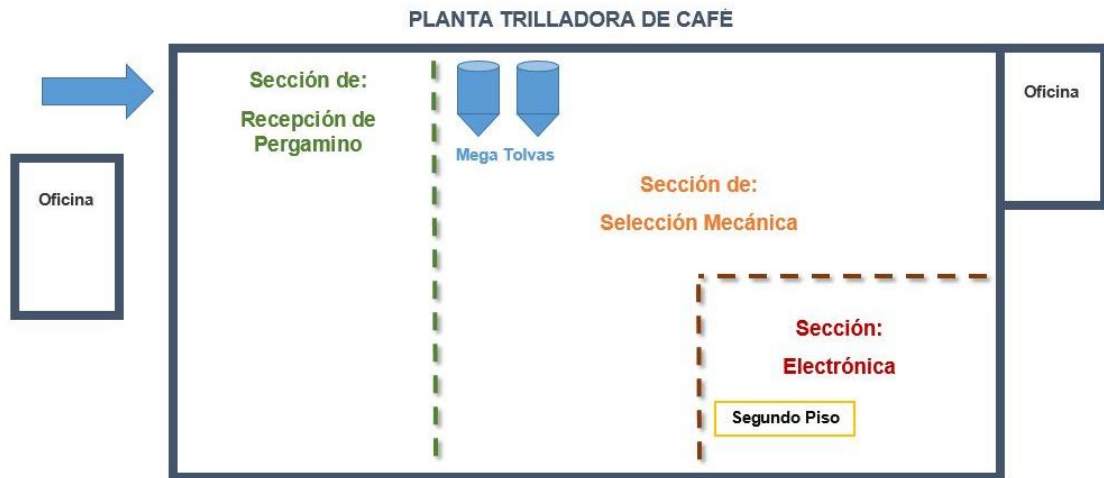
#### 3.1 DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

Este apartado muestra la distribución física de las secciones del proceso y la ubicación de los motores de los equipos en las mismas. Con el fin de visualizar mejor las posibles soluciones que se pueden adaptar en estos espacios.

##### 3.1.1 Distribución de la planta

Como se menciona en el *Apartado 3.1.1*, los procesos principales descritos en el *Capítulo 2* están diferenciados física y operativamente. Esta separación ha permitido que la planta se divida en áreas y secciones según los procesos. A continuación, se presenta en la *Figura 15*, un esquema representativo de la organización de la planta.

Figura 15. Esquema de distribución planta



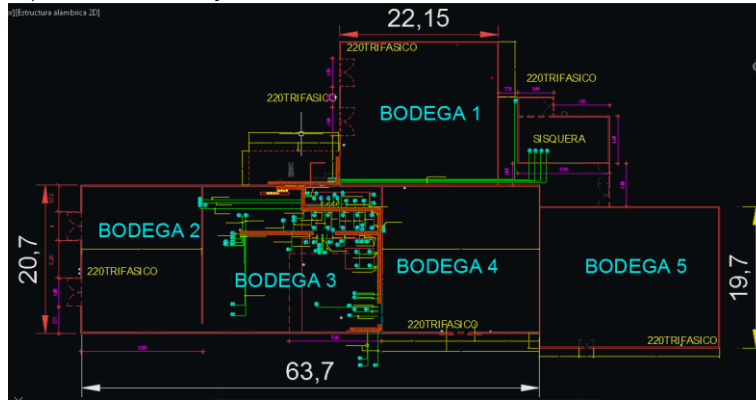
Fuente: Autores

Como se muestra en la anterior figura, el proceso inicia en la sección de: “Recepción de Pergamino”, seguido del almacenamiento en las megas tolvas dentro de la sección “Selección Mecánica” y por último la sección “Electrónica” la cual se encuentra en el segundo piso. Se puede notar que cada sección corresponde a cada uno de los procesos principales y sus funciones. Dentro de este esquema también se puede observar la ubicación de dos oficinas, las cuales deben ser consideradas para la ubicación de los sistemas de supervisión.

Las instalaciones de la planta trilladora Caficauca también cuenta con una serie de bodegas, las cuales se pueden observar en la *Figura 16*, la cual corresponde a una sección del plano de edificación provisto por la empresa. Las bodegas 1, 4 y 5 están relacionadas con operaciones logísticas como despacho y almacenamiento de producto final. Las bodegas 2 y 3 son el enfoque de este proyecto pues en estas

se encuentran los procesos de recepción y almacenamiento (Bodega 2), la producción mecánica y electrónica (Bodega 3) y todos los equipos de conexión eléctrica.

Figura 16. Instalaciones planta trilladora Caficauca. Unidades en Metros



Adaptado de: Planos de proceso Caficauca

La sección mostrada de las instalaciones de la planta en la anterior figura, también permiten evidenciar la diferenciación física de las bodegas, pues existen muros entre estas áreas; Facilitando así la caracterización de los equipos y la visualización de la estrategia de automatización a escoger.

### 3.2 EQUIPOS Y MOTORES CONSIDERADOS EN EL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

A continuación, se desglosa de forma detallada los equipos y motores que pertenecen a cada sección de la planta y que son considerados en el sistema de automatización.

#### 3.2.1 Sección recepción y liquidación

Como se explica en el *Apartado 2.1* la función principal de esta sección es realizar la recolección del café proveniente de las agencias y demás proveedores. Como se representa en la *Figura 17* después de la descarga del camión se eleva el café para el almacenamiento de los silos, para lo cual se utilizan bandas y elevadores. En esta sección también se encuentra el proceso del Pretrillado que se realiza en el laboratorio de calidad. El proceso realizado en el laboratorio de calidad no es considerado dentro de la estrategia de automatización ya que son acciones netamente manuales.

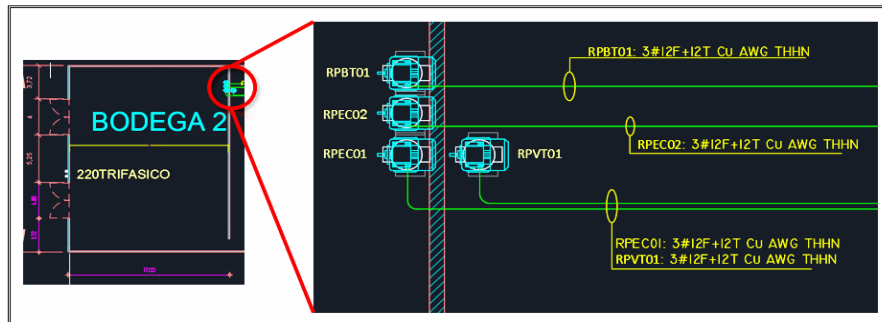
Figura 17. Esquema recepción y liquidación



Fuente: Autores

Haciendo uso de los planos suministrados por la planta, a continuación, se hace una explicación grafica detallada de la ubicación de cada motor en las instalaciones de la planta. En la Figura 18 se puede observar esta sección en la bodega 2, que se encuentra al lado derecho de la imagen. Esta sección cuenta únicamente con cuatro motores codificados en la *Tabla 1*.

Figura 18. Ampliación de la sección recepción y liquidación



Fuente: Adaptación plano Caficauca

A continuación, se presentan los nombres de los equipos y los códigos de los motores. Como se muestra en la *Tabla 1*, esta sección cuenta únicamente con cuatro equipos, cada uno con un solo motor. También se puede apreciar que no existe ningún grupo de encendido, por lo cual cada equipo debe encenderse y apagarse de forma individual

Tabla 1. Equipos y motores sección recepción y liquidación

CÓDIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	GRUPO DE ENCENDIDO
RPEC01	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 1	N/A
RPEC02	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 2	N/A
RPBT01	BANDA PARRILLA N° 1	N/A
RPVT01	VENTILADOR DE CISCO PARRILLA N° 1	N/A

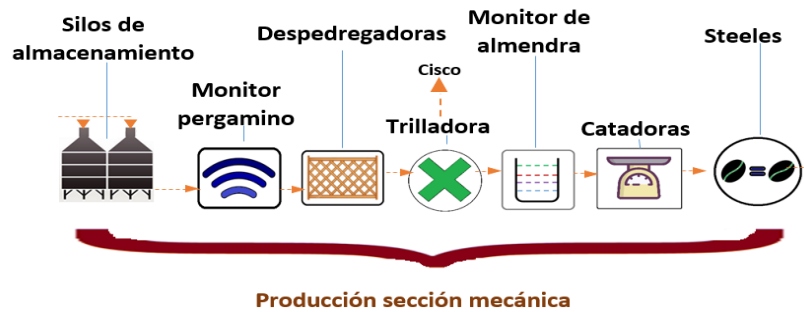
Fuente: Caficauca

### 3.2.2 Sección producción mecánica

Según se muestra en el *Apartado 2.2* en esta sección se realizan las acciones de limpieza, trilla y selección mecánica del café. En la *Figura 19* se puede observar un esquema del proceso, mostrando

los subprocesos: almacenamiento, monitor de pergamino, despedregadoras, trillado, monitor de almendra, catadoras y steeles. Además de los equipos en estos subprocesos, en esta sección se deben considerar los elevadores, bandas, ventiladores y demás equipos secundarios para conectar entre los subprocesos. En el subproceso de trillado se produce un subproducto llamado cisco o cascara de café, el cual se evacúa a la *cisquera* a través de los ventiladores.

Figura 19. Esquema producción sección mecánica



Fuente: Autores

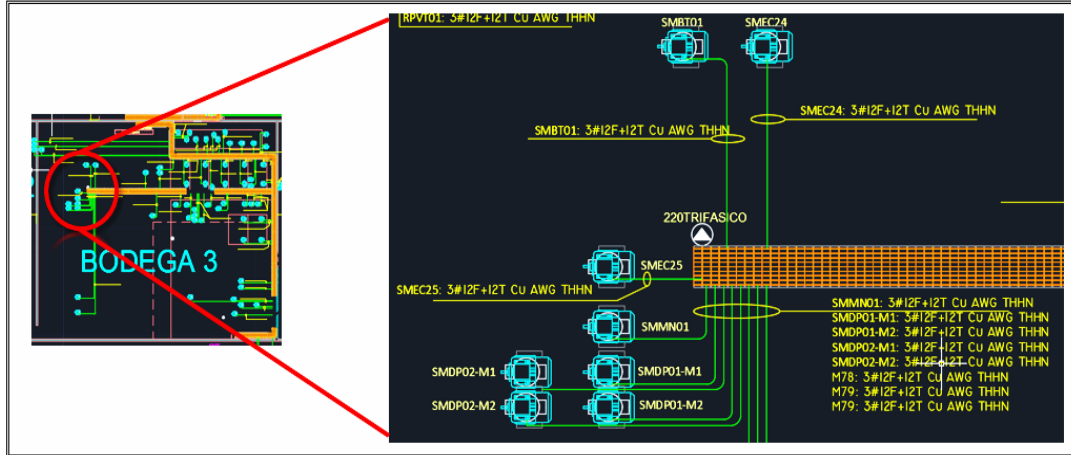
Esta sección contiene la mayoría de los equipos de la planta, pues allí se encuentran ubicados once de los quince grupos encendido. Como se explica en el *Apartado 2.2*, después de que el grano de café es trillado, es pasado por dos monitores de almendra que realizan la selección según el tamaño, perfilando así la calidad del café, proceso el cual continúa en la utilización de ocho máquinas catadoras y catorce Steeles, los cuales realizan el proceso de selección de grano por peso. Al finalizar este proceso se envía los granos óptimos a las tolvas de retención en espera de ser enviados a la segunda sección de la bodega, donde se encuentran las máquinas electrónicas las cuales realizan la selección por color.

A continuación, se mostrará la ubicación de los motores dentro de la bodega 3, correspondiente al proceso de producción mecánica, junto a cada motor se encuentra el código respectivo mostrado de la *Tabla 2*, en la cual se puede encontrar el nombre de cada equipo para cada motor. Es necesario resaltar que algunos motores no cuentan con el nuevo sistema de codificación que implemento la planta, esto es debido a que son equipos que van a ser reemplazados a corto plazo o son equipos móviles, por lo cual la planta decidió no contemplarlos en la estrategia de automatización. Esto significa que estos equipos no codificados tampoco aparecen en las tablas del *Capítulo 3*.

Las siguientes figuras están basadas en los planos suministrados por la planta, inicialmente en la *Figura 20* se pueden ver algunos motores de los equipos del grupo 1 de encendido, algunas despedregadoras y silos. En la *Figura 21*. Ampliación 2 de la sección producción mecánica se muestran los motores de algunos steeles y elevadores, en la *Figura 22* están otros steeles por grupo. La *Figura 23* corresponde al monitor almendra y algunos elevadores distribuidores.

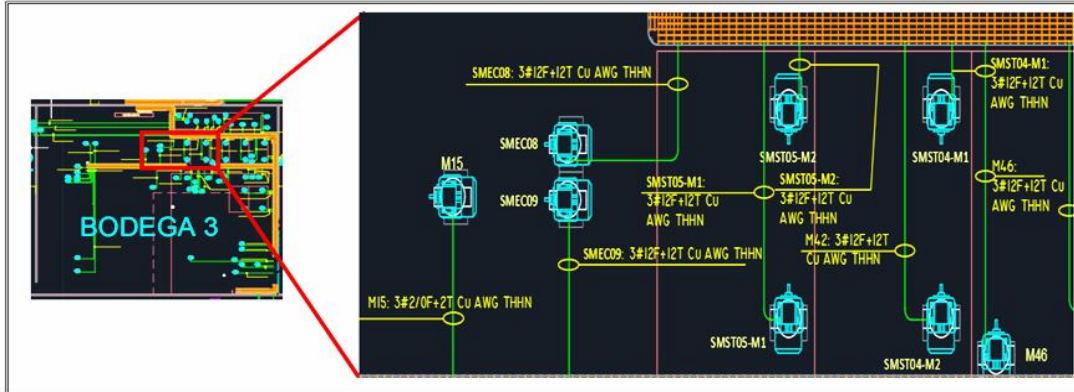
Los motores de los steeles restantes se encuentran en la *Figura 24*, la *Figura 25* corresponde a los motores de las catadoras y elevadores. Finalmente, en la misma bodega se encuentran el tablero (*Figura 26*) y el transformador que proporciona energía a la planta (*Figura 27*).

Figura 20. Ampliación 1 de la sección producción mecánica



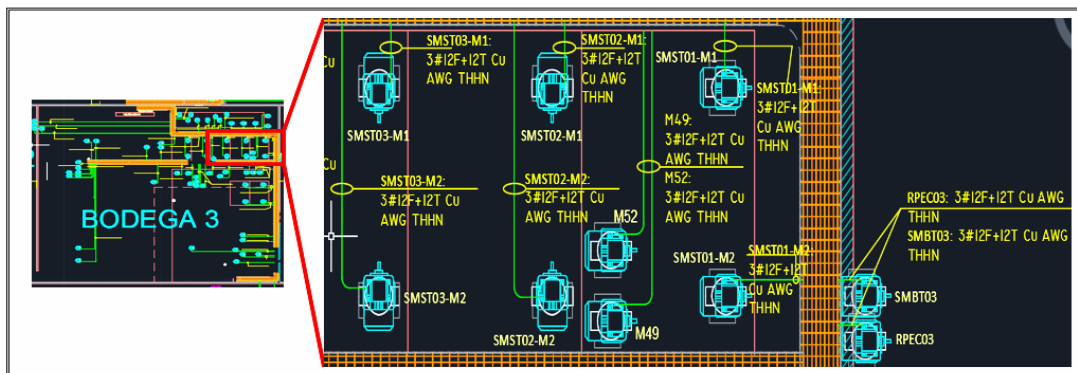
Fuente: Adaptación plano Caficauca

Figura 21. Ampliación 2 de la sección producción mecánica



Fuente: Adaptación plano Caficauca

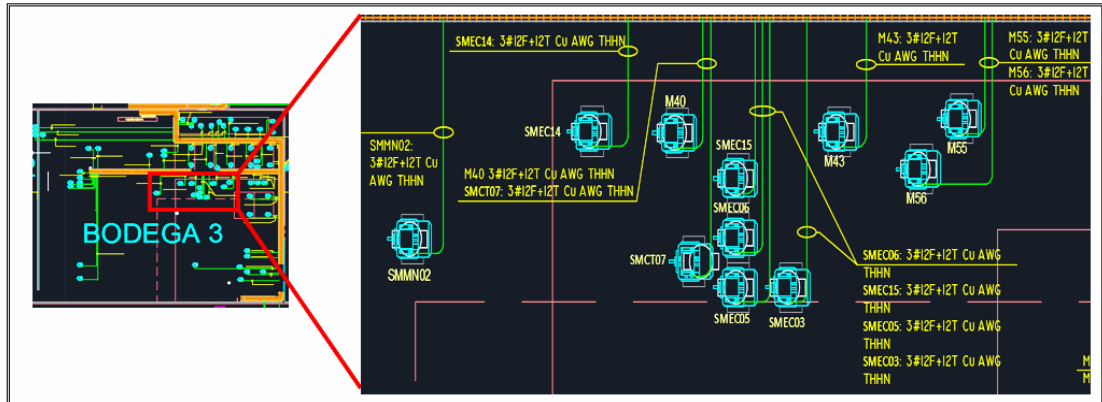
Figura 22. Ampliación 3 de la sección producción mecánica



Fuente: Adaptación plano Caficauca

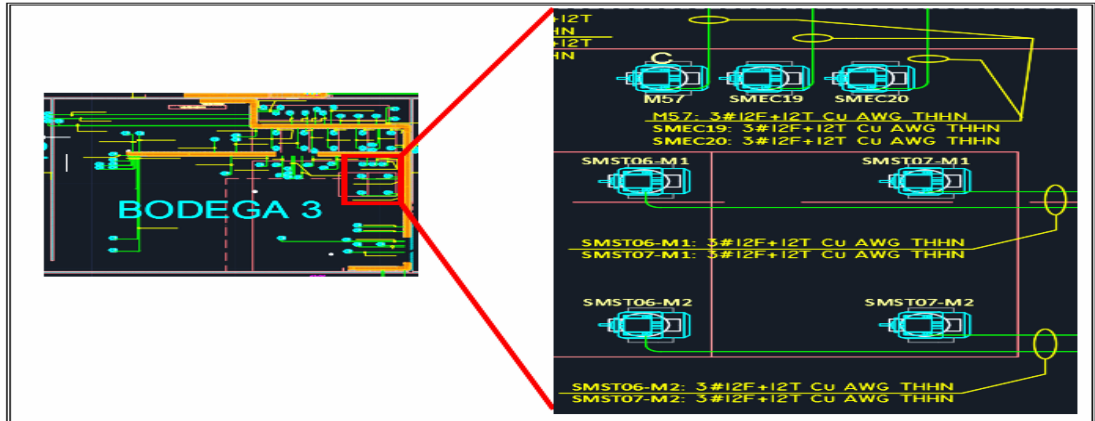


Figura 23. Ampliación 4 de la sección producción mecánica



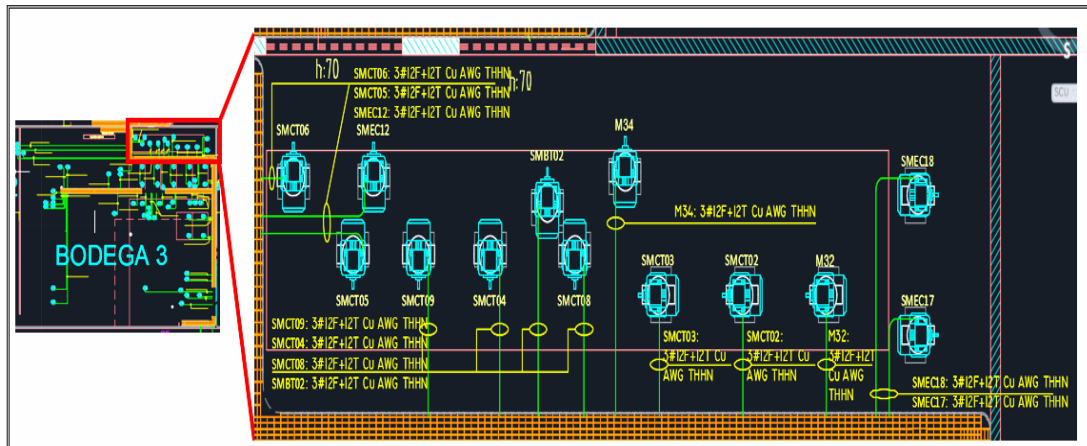
Fuente: Adaptación plano Caficauca

Figura 24. . Ampliación 5 de la sección producción mecánica



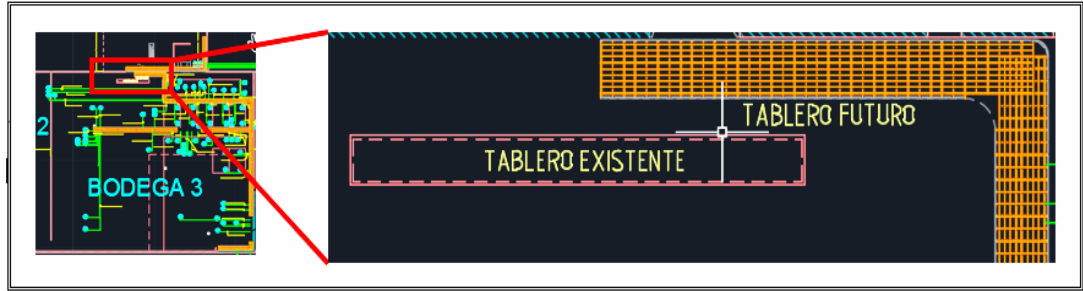
Fuente: Adaptación plano Caficauca

Figura 25. Ampliación 6 de la sección producción mecánica



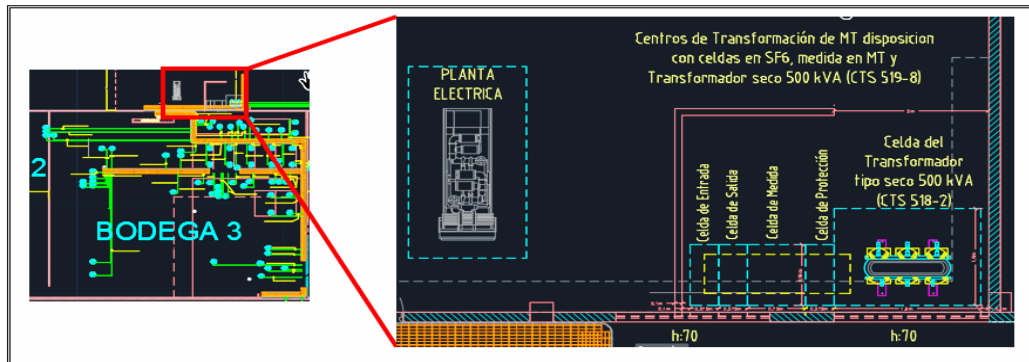
Fuente: Adaptación plano Caficauca

Figura 26. Ampliación 7 de la sección producción mecánica



Fuente: Adaptación plano Caficauca

Figura 27. Ampliación 8 de la sección producción mecánica



Fuente: Adaptación plano Caficauca

A continuación, se presentan los nombres de los equipos y los códigos de los motores de los mismos. Como se muestra en la *Tabla 2*, esta sección cuenta con 63 equipos, de los cuales las 2 despedregadoras y los 7 Steeles, cuentan con dos motores cada uno, los cuales se identifican con el código del equipo y el consecutivo M1 y M2. También se puede apreciar que existen 13 grupos de encendido simultáneo, cada grupo numerado. Adicionalmente, 15 equipos se deben encender y apagar de forma individual.

Tabla 2. Equipos y motores sección producción mecánica

CÓDIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	GRUPO DE ENCENDIDO
SMBT01	BANDA CÁRCAMO SILOS	GRUPO 1
SMEC24	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO N° 21	
CIVT03	VENTILADOR DE CISCO PERGAMINO	
SMMN01	MONITOR DE PERGAMINO	
SMDP01-M1	DESPEDREGADORA N° 46	
SMDP01-M2	DESPEDREGADORA N° 46	
SMDP02-M1	DESPEDREGADORA N° 47	
SMDP02-M2	DESPEDREGADORA N° 46	
SMEC25	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO N° 44	
CIVT01	VENTILADOR DE CISCO APOLO	

CÓDIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	GRUPO DE ENCENDIDO
SMEC09	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 17	
SMEC08	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 16	
SMMN02	MONITOR DE PINHALENSE	
SMEC06	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 13	
SMEC15	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 39	
SMEC03	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 3	GRUPO 2
SMCT07	CATADORA N° 30	
SMEC05	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 6	
SMEC14	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 38	
SMCT06	CATADORA N° 12	
SMCT05	CATADORA N° 11	
SMCT09	CATADORA N° 42	
SMCT04	CATADORA N° 10	GRUPO 3
SMCT08	CATADORA N° 41	
SMCT03	CATADORA N° 9	
SMCT02	CATADORA N° 8	
SMEC12	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 34	
M34	ELEVADOR N° 36	
SMEC18	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 49	GRUPO 4
SMEC17	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 48	
SMBT02	BANDA PASILLA CATADORAS	
SMST05-M1	STEEL N° 26	GRUPO 5
SMST05-M2		
SMST04-M1	STEEL N° 25	GRUPO 6
SMST04-M2		
SMST03-M1	STEEL N° 24	GRUPO 7
SMST03-M2		
SMST02-M1	STEEL N°. 23	GRUPO 8
SMST02-M2		
SMST01-M1	STEEL N° 22	GRUPO 9
SMST01-M2		
SMST06-M1	STEEL NO. 32	GRUPO 10
SMST06-M2		
SMST07-M1	STEEL NO. 35	GRUPO 11
SMST07-M2		
SMEC19	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° A	
SMEC20	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° B	GRUPO 12
SMEC02	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 2	

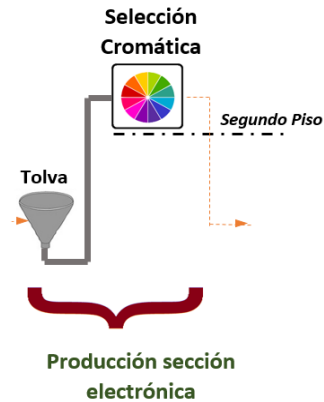
CÓDIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	GRUPO DE ENCENDIDO
SMEC04	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 4	
SMEC16	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 40	
SMEC10	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 19	
SMEC01	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 1	
SMEC13	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 37	
SMEC21	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° C	
RPEC03	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 50	
SMBT03	BANDA PARRILLA N° 2	GRUPO 15
RPVT02	VENTILADOR DE CISCO PARRILLA N° 2	
SMTR01	TRILLADORA APOLLO N° 4	N/A
SMCT01	CATADORA NO N°	N/A
SMEC07	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 14	N/A
SMCL03	CILINDRO MALLA 16 2	N/A
SMCL02	CILINDRO MALLA 17 3	N/A
M64	MAQUINA PULIDORA	N/A
M78	BANDA ESCOGEDURIA N° 1	N/A
M79	BANDA ESCOGEDURIA N° 2	N/A
M80	ELEVADOR DOBLE N° D	N/A
M81	CILINDRO MALLA N° 16	N/A
M82	CILINDRO MALLA N° 17	N/A
M83	ELEVADOR # E MALLA N° 16	N/A
M84	ELEVADOR #F MALLA N° 17	N/A
M85	VENTILADOR ELECTRONICAS	N/A
M86	VENTILADOR RETORNO DE POLVO	N/A

Fuente: Caficauca

### 3.2.3 Sección producción electrónica

Tal y como se expone en el *Apartado 2.3*, en esta sección se realiza la selección cromática del café para poder proceder al empaquetamiento. Las instalaciones para esta selección se encuentran en el segundo piso de la planta, como se puede ver en el esquema de la *Figura 28*, por lo cual se deben tener en cuenta lo elevadores, bandas, ventiladores y demás equipos secundarios. Como se mencionó anteriormente el empaquetamiento es una acción completamente manual, por este motivo no se considera dentro del control de equipos de la estrategia de automatización.

Figura 28. Esquema producción sección electrónica



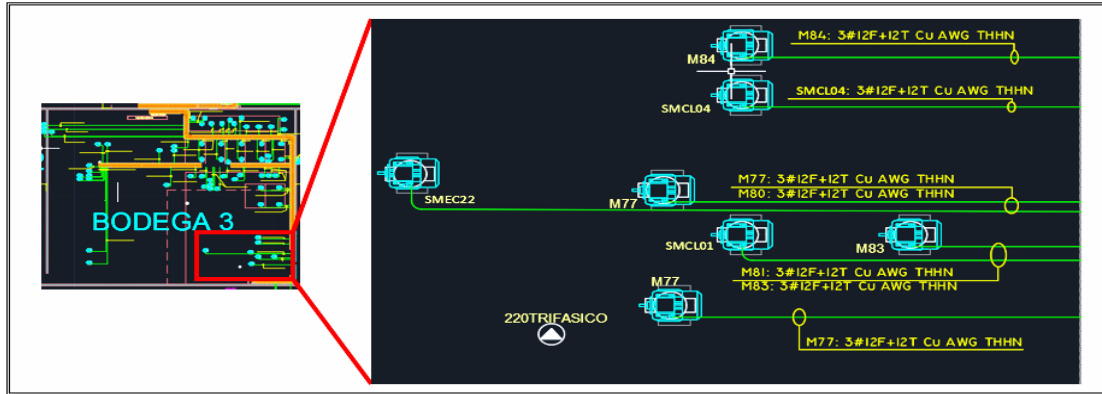
Fuente: Autores

A continuación, se mostrará la ubicación de los motores dentro de la bodega 3 y el segundo piso, correspondiente al proceso de producción sección electrónica, junto a cada motor se encuentra el código correspondiente mostrado de la *Tabla 3*, en la cual se puede encontrar el nombre de cada equipo para cada motor. Es necesario resaltar que algunos motores no cuentan con el nuevo sistema de codificación que implemento la planta, y esto es debido a que son equipos que van a ser reemplazados a corto plazo o son equipos móviles, por lo cual la planta decidió no contemplarlos en la estrategia de automatización. Esto significa que estos equipos no codificados no aparecen en las tablas de los equipos del *Capítulo 3*.

Inicialmente en la *Figura 29* se muestra la ubicación de algunos motores de elevadores y otros equipos secundarios del proceso. La *Figura 30* corresponde a las bandas transportadoras ubicadas en el primer piso. Las *Figura 31* y *Figura 32* muestran la ubicación en el segundo piso correspondiente a producción electrónica, los motores que allí aparecen corresponden a los elevadores

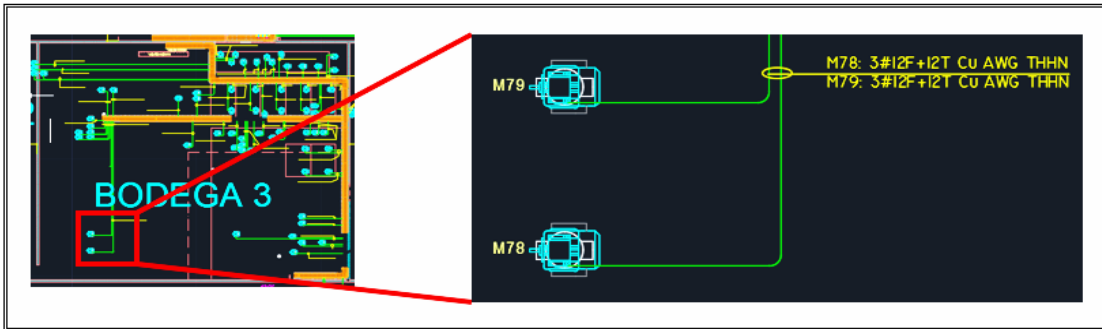
La *Figura 33* muestra los motores de las bandas transportadoras del segundo piso y por último la *Figura 34* corresponde a los motores de los ventiladores de las secciones producción mecánica y electrónica, estos motores se encuentran en otra sección aparte de la bodega 3, llamada cisquera. En esta área se almacena y procesa el cisco, que como se explicó en el *Apartado 2.2.4*, es un subproducto del trillado del café que se comercializa.

Figura 29. Ampliación 1 de la sección producción electrónica



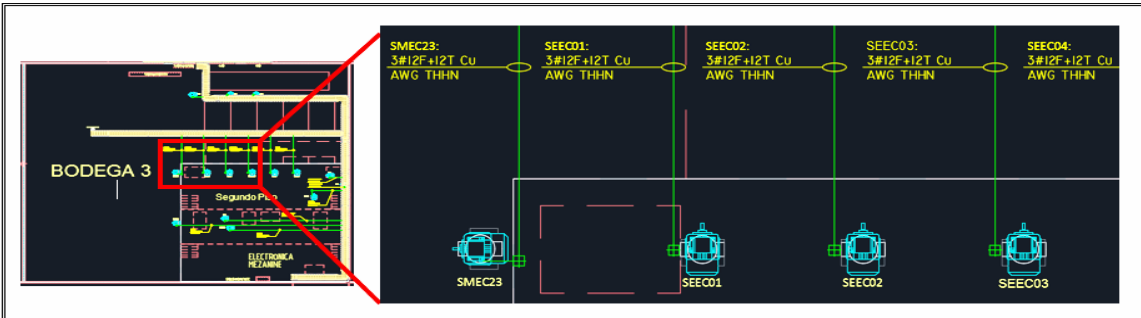
Fuente: Adaptación plano Caficauca

Figura 30. Ampliación 2 de la sección producción electrónica



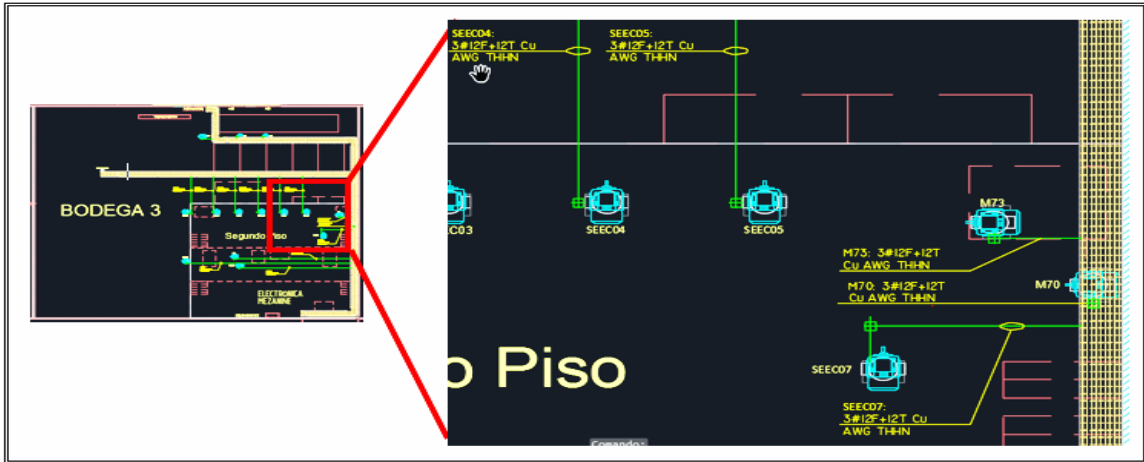
Fuente: Adaptación plano Caficauca

Figura 31. Ampliación 3 de la sección producción electrónica



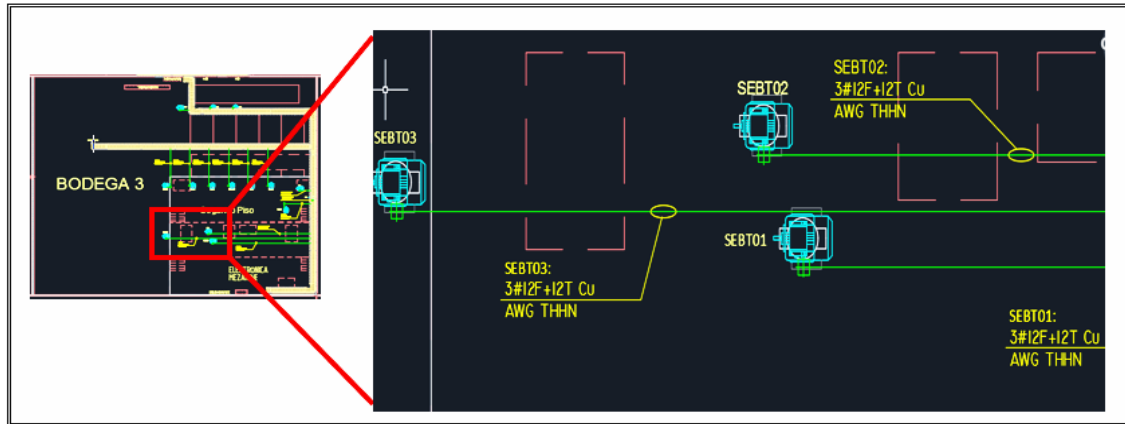
Fuente: Adaptación plano Caficauca

Figura 32. Ampliación 4 de la sección producción electrónica



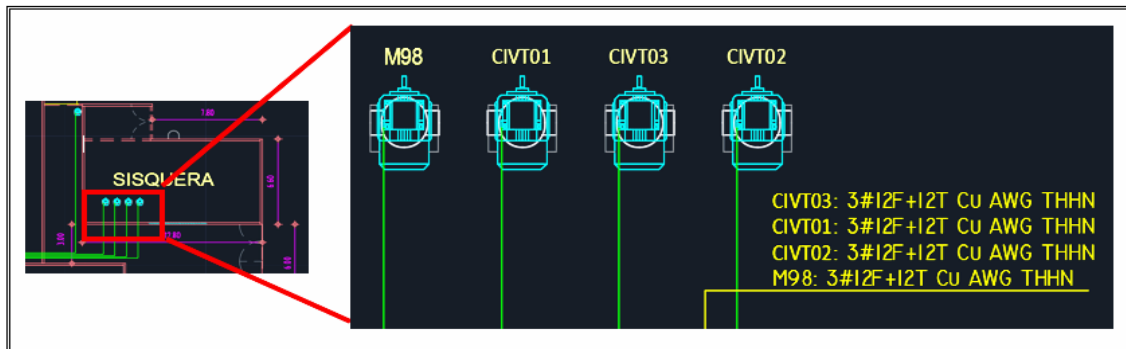
Fuente: Adaptación plano Caficauca

Figura 33. Ampliación 5 de la sección producción electrónica



Fuente: Adaptación plano Caficauca

Figura 34. Ampliación 1 de la sección cisquera



Fuente: Adaptación plano Caficauca

A continuación, se presentan los nombres de los equipos y los códigos de los motores de los mismos. Como se muestra en la *Tabla 3*, esta sección cuenta con 20 equipos, de los cuales solo un compresor tiene dos motores, esto se ve reflejado en los códigos de los motores. También se puede apreciar

que existen 2 grupos de encendido simultáneo que comprenden 14 equipos, cada grupo numerado. Los demás equipos deben ser encendidos y apagados de forma individual de acuerdo a las necesidades de producción.

Tabla 3. Equipos y motores sección producción electrónica

CÓDIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	GRUPO DE ENCENDIDO
SEEC06	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 6	GRUPO 13
SETF01	TRANSPORTADOR SIN FIN	
SEBT02	BANDA RECHAZO ELECTRÓNICAS	
SMBT06	BANDA ACEPTADO ELECTRÓNICAS	
SEEA01	EXTRACTOR DE AIRE ELECTRÓNICAS 01	GRUPO 14
SEEA02	EXTRACTOR DE AIRE ELECTRÓNICAS 02	
SEEC01	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 1	N/A
SEEC02	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 2	N/A
SEEC03	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 3	N/A
SEEC04	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 4	N/A
SEEC05	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 5	N/A
SMEC23	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA REPASO ELECTRÓNICAS	N/A
SEEC07	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 9	N/A
SEBT01	BANDA MESANIN ELECTRÓNICAS	N/A
SEBT03	BANDA REPASO ELECTRÓNICAS	N/A
CMCP01	COMPRESOR SULLAIR	N/A
CMSC03	SECADOR SULLAIR	N/A
CMCP02-M1	COMPRESOR INGERSOR	N/A
CMCP02-M2	COMPRESOR INGERSOR	N/A
SESC01	SECADOR INGERSOR	N/A

Fuente: Caficauca

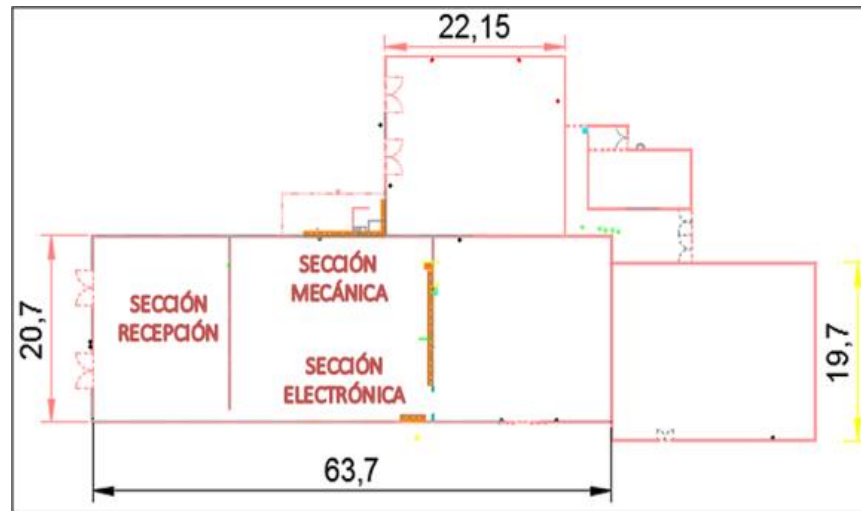
### 3.3 REQUERIMIENTOS DE CONTROL DE EQUIPOS Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

La planta trilladora cuenta con 3 procesos física y operativamente diferenciados llamados *secciones*, (Figura 35) los cuales corresponden a los procesos explicados en el *Capítulo 2*, exceptuando el proceso “Despacho del producto” debido a que las acciones realizadas son completamente manuales y administrativas, por lo cual este procedimiento no se tomara en cuenta dentro de la estrategia de automatización. Los procesos que se van a automatizar se encuentran en las siguientes secciones:

- Sección recepción (Ver Figura 18).
- Sección mecánica (Ver Figuras (20-27)).
- Sección electrónica (Ver Figuras (29-34)).



Figura 35. Plano secciones de planta.



Fuente: Caficauca.

Medidas en metros.

Para poder obtener los beneficios y ventajas que ofrece un sistema de automatización se debe cumplir los requisitos que exige el proceso acorde a la forma de operación actual, en el caso de la planta trilladora de café Caficauca se plantean 4 métodos de control y un método de atención de emergencias y alarmas de los motores pertenecientes a cada equipo. En los apartados 3.3 a 3.5 se indicarán cuales métodos son considerados para cada sección de acuerdo a los requerimientos expresados por Caficauca. A continuación, se presentan los métodos considerados.

- Control automático de encendido y apagado de cada sección:  
Se debe permitir el control de encendido y apagado de todo el conjunto de equipos pertenecientes a las secciones **mecánicas** y **electrónicas**. Se debe conservar el control individual de equipos, es decir, el usuario debe tener la posibilidad de controlar el encendido y apagado de cada equipo de forma individual aun cuando la planta se encuentre en modo automático. Se debe respetar el encendido de grupos condicionado en el siguiente método.
- Control manual de grupos:  
Se debe permitir el control del encendido de cada grupo de equipos, por separado y según sea el orden programado.
- Control manual e individual de equipos:  
Se debe facilitar la activación y desactivación de los motores de cada equipo de forma individual aun cuando este pertenezca a un grupo.
- Interacción a través de Pantallas HMI: Se debe contar con una pantalla HMI en cada sección del proceso desde la cual se pueda realizar las acciones de control de encendido y apagado automático, manual por grupos y manual individual.

- Atención de alarmas y emergencias: este método considera las siguientes actividades:
  - Monitoreo constante del estado de operación de cada motor (confirmación de encendido).
  - Monitoreo de la condición de *Disponibilidad* (sobrecarga y cortocircuito) de los motores (contactos normalmente cerrados en serie).

Bajo cualquiera de estas emergencias, las **acciones a tomar** son:

- Generar alarma visual.
- Apagar el motor en cuestión sin importar si se encuentra dentro de la modalidad de encendido grupal o individual.

### 3.4 SECUENCIAS DE LA SECCIÓN DE RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN

La sección de recepción y liquidación cuenta únicamente con cuatro equipos no agrupados los cuales no tienen un orden específico de encendido, por lo tanto, los requerimientos que aplican son:

- Control manual e individual de equipos.
- Interacción a través de pantallas HMI.
- Atención de alarmas y emergencias.

### 3.5 SECUENCIAS DE PROCESO DE LA SECCIÓN MECÁNICA

La sección mecánica cuenta con 13 grupos de encendido (grupos 1 a 12 y grupo 15), así como 5 equipos no agrupados. Por requerimiento de Caficauca, la sección mecánica debe tener la posibilidad de encendido automático de toda la sección con un solo mando desde una pantalla HMI, así como el control de cada grupo teniendo la posibilidad, en ambos casos, de excluir equipos de la secuencia de encendido. Además de lo anterior, se requiere aplicar el método de atención de alarmas y emergencias. Teniendo en cuenta las condiciones expresadas, los requerimientos de automatización que aplican son:

- Control automático de encendido y apagado.
- Control manual de grupos.
- Control manual e individual de equipos.
- Interacción a través de pantallas HMI.
- Atención de alarmas y emergencias.

### 3.6 SECUENCIAS DE PROCESO DE LA SECCIÓN ELECTRÓNICA

La sección electrónica cuenta con 2 grupos de encendido y 2 equipos no agrupados los cuales requieren ser controlados de forma individual. Teniendo en cuenta que existen grupos, se requiere aplicar los requerimientos de control grupal considerados por Caficauca, además del control individual de todos los equipos de la sección. De acuerdo a lo anterior, los requerimientos que aplican para la sección electrónica son:

- Control automático de encendido y apagado.
- Control manual de grupos.
- Control manual e individual de equipos.
- Interacción a través de pantallas HMI.
- Atención de alarmas y emergencias.

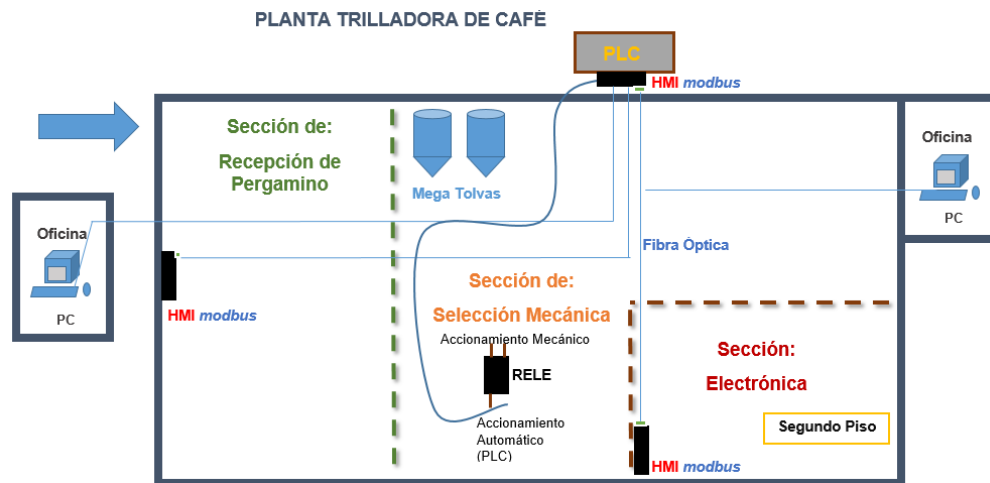
## 4 ESTRATEGIA Y EQUIPOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN

Para la adecuada ejecución de este proyecto, en este capítulo se escoge la alternativa de estrategia de automatización que se ajusta al cumplimiento de todos los requerimientos de la planta. Inicialmente se expone la distribución de los equipos en la planta, así como de los equipos de control para luego plantear las diferentes opciones de estrategias.

### 4.1 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL

La cantidad de tableros y puntos de control dependen de la solución de automatización que se escoja, sin embargo, cada una de las áreas mostradas en la *Figura 16* cuenta con un área destinada al punto de control de los equipos que allí se encuentran. Como se muestra en el esquema de la *Figura 36* cada una de las oficinas debe contar con computador para el sistema de supervisión. También se puede observar que cada una de las áreas principales debe contar con una pantalla de interfaz HMI, las cuales deben estar bajo el protocolo de conexión *Modbus/Profinet*. Adicionalmente se muestra dentro del esquema de solución las dos formas de activación con las que deben contar los equipos: mecánico y automático.

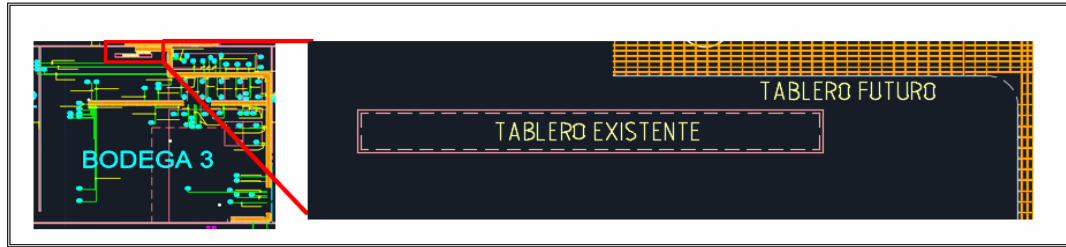
*Figura 36. Esquema solución de automatización*



*Fuente: Autores*

Actualmente los tableros del control manual de los procesos, son dos y están ubicados en el primer y segundo de la Bodega 3, como se muestra en la *Figura 37* el tablero de la sección producción mecánica se encuentra en la parte superior de la imagen de la bodega 3, junto a este se puede observar la proyección que tiene la empresa para el tablero futuro.

Figura 37. Tablero producción sección mecánica



Fuente: Adaptación plano Caficauca

El tablero de la sección producción electrónica se encuentra en el segundo piso de la bodega 3, tal como se muestra en la Figura 38, en este punto también estaría ubicado el tablero de control de la estrategia de automatización de esta sección.

Figura 38. Tablero sección producción electrónica



Fuente: Adaptación plano Caficauca

## 4.2 ALTERNATIVAS DEL SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN

Una vez determinados los requisitos de la estrategia de automatización, mostrados en el Apartado 3.1, es posible plantear las diferentes alternativas de solución de tal forma que estas den cumplimiento a tales necesidades y requerimientos, para ello se utilizó el método de ponderación lineal, el cual permite seleccionar la alternativa más adecuada utilizando un análisis cuantitativo en función de múltiples criterios valorados en una escala decimal de 0 a 1 según su relevancia.

Tabla 4. Relación numérica de relevancia

VALOR O PESO	RELEVANCIA
0,1 y 0,2	ESCASA IMPORTANCIA
0,3 y 0,4	POCA IMPORTANCIA
0,5 y 0,6	IMPORTANCIA MEDIA
0,7 y 0,8	NOTABLE IMPORTANCIA
0,9	BASTANTE INPORTANCIA

Fuente: Autores

Para realizar esta ponderación también es necesario establecer una escala de valoración según la relevancia de las alternativas dentro de cada uno de los criterios propuestos.

Tabla 5. Escala de Importancia

PESO	RELEVANCIA
1	IRRELEVANTE
2	MUY BAJO
3	BAJO
4	MEDIO – BAJO
5	MEDIO
6	MEDIO – ALTO
7	ALTO
8	MUY ALTO
9	CRITICO

Fuente: Autores

El modelo o ecuación que conlleva a la selección de la alternativa más adecuada, está definido como:

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i * r_{ij} \quad [20]$$

Dónde:

$S_j$  = Score (Puntuación) para alternativa.

$w_i$  = Ponderación para cada criterio i.

$r_{ij}$  = Valoración o calificación de la alternativa j en función del criterio i.

#### 4.2.1 Alternativas consideradas

Evaluando las condiciones generales del estado actual de la planta, así como sus secciones y equipos. Se proponen tres alternativas para la estrategia de automatización a diseñar.

- **Alternativa 1 “Centralizada”:**  
Esta opción de solución corresponde a un único PLC para todos los procesos, es decir que un punto sea el centro de control. Esto teniendo en cuenta que la sección de recepción cuenta con muy pocos equipos (*Apartado 3.2.1*) como para asignarle un solo PLC. Aplicar esta solución supondría enviar sistemas y protocolos de comunicación desde el centro de control hacia todas las secciones de la planta.
- **Alternativa 2 “Reducida”:**  
Considerando que los equipos de la sección recepción y liquidación no pertenecen a ningún grupo de encendido automático sino que por el contrario cada equipo debe controlarse de

forma manual; Esta alternativa de solución propone no considerar esta sección para el proceso de automatización dejando dos PLC's, uno para el proceso de producción sección mecánica y otro para la sección electrónica, pues estas secciones cuentan con varios equipos que pertenecen a varios grupos de encendido. De esta forma se reduciría la proyección a solos equipos que necesitan ser accionados desde el sistema.

- **Alternativa 3 “Descentralizada”:**

Por otro lado, se debe tener en cuenta que monitorear el estado real de todos los equipos en todo momento es uno de los requisitos y ventajas que la solución debe cumplir. Por lo cual esta opción sugiere utilizar un PLC en cada una de las áreas para un total de tres, donde cada PLC debe corresponder a las necesidades de cada sección.

#### 4.2.2 Evaluación de Alternativas

De acuerdo a las alternativas planteadas anteriormente, en este apartado se evaluarán cada una de estas opciones según se ajusten al cumplimiento de los criterios de evaluación. Esto con el fin de seleccionar la alternativa de solución que más se adapte a los requerimientos del proyecto.

##### Criterios de evaluación:

- **Estructuración:** Este criterio evalúa la simplicidad de distribución y conectividad que debe estar presente en la solución.
- **Tiempo de respuesta:** El tiempo de respuesta es fundamental para la transmisión de datos en tiempo real del monitoreo de los equipos.
- **Consumo de recursos:** La cantidad de recursos requeridos en cada solución esto es un aspecto a tener en cuenta.
- **Versatilidad:** Este criterio califica las alternativas de acuerdo a la capacidad de adaptarse a los posibles futuros cambios que tenga la planta a nivel operacional, esto teniendo en cuenta la cantidad de equipos que maneja.

Con base en la importancia de cada criterio es asignado un valor entre 0 y 1, con lo que es posible identificar la mejor alternativa en función de los criterios de mayor puntuación:

Tabla 6. Relación de importancia-criterio

CRITERIO	VALOR
ESTRUCTURACIÓN	0,9
TIEMPO DE RESPUESTA	0,7
CONSUMO DE RECURSOS	0,5
VERSATILIDAD	0,8

Fuente: Autores

Utilizando el método de ponderación lineal como se muestra en la siguiente tabla, según los criterios planteados anteriormente así como sus valores o pesos ponderativos, se evalúan las tres alternativas de solución para la estrategia de automatización.

Tabla 7. Evaluación - Ponderación

CRITERIO	PESO	ALTERNATIVA 1 "CENTRALIZADA"	ALTERNATIVA 2 "REDUCIDA"	ALTERNATIVA 2 "DESCENTRALIZADA"
ESTRUCTURACIÓN	0,9	4	6	9
TIEMPO DE RESPUESTA	0,7	4	5	7
CONSUMO DE RECURSOS	0,5	9	5	4
VERSATILIDAD	0,8	2	5	9
<b>SUMATORIA</b>		<b>12,7</b>	<b>15,4</b>	<b>22</b>

Fuente: Autores

#### 4.2.3 Alternativa Seleccionada

Como se puede observar en la *Tabla 6*, la alternativa que tiene el valor ponderativo mayor es la número 3, "Descentralizada". De acuerdo al método utilizado, esta es la estrategia que se utilizara en el proyecto para cumplir con todos los requerimientos y necesidades de la empresa. Esta solución plantea el uso de tres PLC's, uno para cada sección de la planta, cada PLC debe ser escogido según las condiciones de cada área.

Con esta solución dividida en áreas se pueden obtener ventajas como la simplificación de los protocolos de comunicación, un mayor índice de adaptación en cambios futuros y un tiempo de respuesta más eficaz.

#### 4.3 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y EQUIPOS

En este apartado se van a explicar los requerimientos del sistema por sección. Para lo cual es importante definir los elementos que lo componen, su tipo y sus características, ya que de esto depende realizar un adecuado diseño, entre estos elementos se encuentran las siguientes:

- **Señales de Entradas:** Son las señales que permiten leer los datos del sistema, provienen de los sensores que pueden ser pulsadores, computadores, selectores, entre otros. Pueden ser digitales (DC) o análogas (AC), dependiendo el sensor.
- **Señales de Salidas:** Son las señales que se envían a los elementos a controlar (relés, motores, pilotos, entre otros). Estas permiten transmitir dos estados lógicos, activado o desactivado, según corresponda de acuerdo a las condiciones programadas. Pueden ser digitales (DC) o análogas (AC), dependiendo del elemento a controlar.

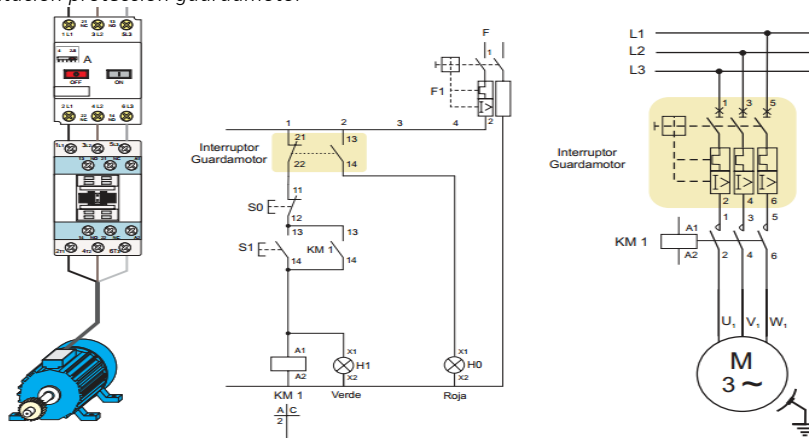


- **CPU O PLC:** Es el dispositivo electrónico que permite ingresar y ejecutar el programa de control, dentro del mismo se controlan las señales de salida de acuerdo a los valores de entrada y a las instrucciones programadas.
- **Interfaces:** Son dispositivos capaces de transformar los datos generados por el PLC en elementos comprensibles por un usuario, generalmente mediante el uso de gráficos de fácil comprensión. Estos equipos pueden ser usados para modificar los estados del sistema.

#### 4.3.1 Requerimientos de entradas y salidas de los PLC

De acuerdo a los requisitos de control explicados en el *Apartado 3.3*, cada PLC debe recibir señal de los pulsadores manuales de encendido, apagado y emergencia. Cada motor también envía las señales de retroalimentación del sistema al PLC, mediante un guardamotor encargado de los interruptores térmico y magnético para la protección de motores contra sobrecargas y cortocircuitos, como se puede observar en la Figura 39, el circuito principal está basado en el guarda motor, el conector y el relé o contactor. Este circuito también cuenta con una entrada al PLC de la confirmación de encendido del motor y por último entrega solo una salida que se encarga del control del motor.

Figura 39. Representación protección guardamotor



Fuentes: <http://electrofacil-soltec.blogspot.com.co/2017/03/disyuntor-o-guardamotor.html>

##### 4.3.1.1 Sección de recepción y liquidación

A continuación, se presentan las entradas (*Tabla 8*) y salidas (*Tabla 9*) del PLC, de acuerdo al dispositivo que envía o recibe la señal. Esto con el fin de identificar la cantidad requerida de entradas y salidas con un margen de reserva del 20% de esta forma poder seleccionar el PLC y módulos necesarios, tomando en cuenta la cantidad de motores planteados en el *Apartado 3.2.1*

Tabla 8. Entradas (IN's) sección recepción

SEÑAL	CANTIDAD	IN'S	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN ELÉCTRICA
GUARDAMOTOR	4	1	PROTECCIÓN ELÉCTRICA DEL MOTOR (INTERRUPTOR MAGNETO TÉRMICO)	24 VDC NPN
CONFIRMACIÓN DE ENCENDIDO DEL MOTOR	4	1	SEÑAL PILOTO DESPUÉS DEL GUARDAMOTOR	24 VDC PNP
SELECTOR	4	1	SELECTOR (HABILITADO/DESHABILITADO)	24 VDC PNP
BOTÓN DE EMERGENCIA	4	1	INTERRUPTOR MANUAL PARA CASOS DE EMERGENCIA	24 VDC PNP
TOTAL IN'S REQUERIDAS	16			
RESERVA (20%)	3,2			
<b>TOTAL IN'S</b>	<b>20</b>			

Fuente: Autores

Tabla 9. Salidas (OUT 's) sección recepción

SEÑAL	CANTIDAD	OUT'S	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN ELÉCTRICA
MOTOR	4	1	CONTROL DE ENCENDIDO Y APAGADO DEL MOTOR	24 VDC PNP
TOTAL OUT'S REQUERIDAS	4			
RESERVA (20%)	0,8			
<b>TOTAL OUT'S</b>	<b>5</b>			

Fuente: Autores

Como se observa en la Tabla 8 para la sección recepción se requieren 20 entradas digitales el PLC y de acuerdo a la Tabla 9, 5 salidas digitales hacia los motores.

#### 4.3.1.2 Sección mecánica

En este apartado se presentan las entradas (Tabla 10) y salidas (Tabla 11) del PLC de la sección de producción mecánica, de acuerdo al dispositivo que envía o recibe la señal. Esto con el fin de identificar la cantidad requerida de entradas y salidas con un margen de reserva del 10% de esta forma poder seleccionar el PLC y módulos necesarios.

Tabla 10. Entradas (IN's) sección mecánica

SEÑAL	CANTIDAD	IN'S	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN ELÉCTRICA
GUARDAMOTOR	72	1	PROTECCIÓN ELÉCTRICA DEL MOTOR (INTERRUPTOR MAGNETO TÉRMICO)	24 VDC NPN
CONFIRMACIÓN DE ENCENDIDO DEL MOTOR	72	1	SEÑAL PILOTO DESPUÉS DEL GUARDAMOTOR	24 VDC PNP
SELECTOR	72	1	SELECTOR (HABILITADO/DESHABILITADO)	24 VDC PNP

SEÑAL	CANTIDAD	IN'S	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN ELÉCTRICA
BOTÓN DE EMERGENCIA	72	1	INTERRUPTOR MANUAL PARA CASOS DE EMERGENCIA	24 VDC PNP
TOTAL IN'S REQUERIDAS	288			
RESERVA (20%)	57,6			
<b>TOTAL IN'S</b>	<b>346</b>			

Fuente: Autores

Tabla 11. Salidas (OUT 's) sección mecánica

SEÑAL	CANTIDAD	OUT'S	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN ELÉCTRICA
MOTOR	72	1	CONTROL DE ENCENDIDO Y APAGADO DEL MOTOR	24 VDC PNP
TOTAL OUT'S REQUERIDAS	72			
RESERVA (20%)	14,4			
<b>TOTAL OUT'S</b>	<b>87</b>			

Fuente: Autores

De acuerdo a la Tabla 10 para la sección mecánica se requieren 346 puertos de entradas digitales en el PLC y según Tabla 11 los puertos de salidas digitales necesarios son 87.

#### 4.3.1.3 Sección electrónica

Con el fin de seleccionar el PLC y módulos adecuados para la sección electrónica, a continuación se muestra la descripción y cantidad de entradas y salidas tomando un margen de reserva para equipos futuros del 20%. Las entradas que se toman en consideración son: la protección eléctrica del guardamotor que como se explicó anteriormente es un interruptor magnetotermico, la confirmación de encendido del motor, la cual es una señal piloto que se toma después del guardamotor, un conmutador bipolar que permita seleccionar entre el sistema automático o el sistema manual y por último el interruptor de emergencia manual. Por otro como salida del PLC solo se contempla el encendido o apagado de cada motor.

Tabla 12. Entradas (IN's) sección electrónica

SEÑAL	CANTIDAD	IN'S	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN ELÉCTRICA
GUARDAMOTOR	20	1	PROTECCIÓN ELÉCTRICA DEL MOTOR (INTERRUPTOR MAGNETO TÉRMICO)	24 VDC NPN
CONFIRMACIÓN DE ENCENDIDO DEL MOTOR	20	1	SEÑAL PILOTO DESPUÉS DEL GUARDAMOTOR	24 VDC PNP
SELECTOR	20	1	SELECTOR (HABILITADO/DESHABILITADO)	24 VDC PNP
BOTÓN DE EMERGENCIA	20	1	INTERRUPTOR MANUAL PARA CASOS DE EMERGENCIA	24 VDC PNP
TOTAL IN'S REQUERIDAS	80			

RESERVA (20%)	16			
<b>TOTAL IN'S</b>	<b>96</b>			

Fuente: Autores

Tabla 13. Salidas (OUT 's) sección electrónica

SEÑAL	CANTIDAD	OUT'S	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN ELÉCTRICA
MOTOR	20	1	CONTROL DE ENCENDIDO Y APAGADO DEL MOTOR	24 VDC PNP
TOTAL OUT'S REQUERIDAS	20			
RESERVA (20%)	4			
<b>TOTAL OUT'S</b>	<b>24</b>			

Fuente: Autores

Como se puede observar en la Tabla 12, para la sección electrónica se requieren 96 puertos de entradas digitales al PLC y de acuerdo a la Tabla 13 son necesarios 24 puertos de salida digitales.

#### 4.3.2 Selección de PLC's y configuración por sección

En este apartado se mostrara la selección de los equipos de control PLC, de acuerdo a las necesidades de cada sección del proceso, según la alternativa de solución escogida en el apartado 4.2.3. Es importante mencionar que el margen de selección está dentro de la marca *Siemens*, esto según el requerimiento de diseño de la empresa mostrado en el apartado 1.4.1, de alcances y limitaciones.

##### 4.3.2.1 Sección de recepción y liquidación

De acuerdo al *Apartado 4.3.1.1* la cantidad necesaria de entradas digitales son 20 y salidas son 5 para la sección de recepción. Siendo estas cantidades pequeñas se plantean dos opciones de PLC (Logo8 y *SIMATIC S7-1200*).

##### a. Alternativas de PLC

- Alternativa 1. "LOGO!8"**

El PLC Logo 8 es un controlador usado en tareas de automatización básicas, así mismo destaca por su capacidad de integración en buses estándares industriales. Este debe ser programado en la plataforma *LOGOSOFT* y posee una cantidad máxima de 8 entradas (DI 24V DC) y 4 salidas (DO 24V DC) integradas y por modulo. (*Referencia Datasheet Anexo A*).
- Alternativa 2. "SIMATIC S7-1200"**

El PLC SIMATIC S7-1200 es un controlador modular adecuado para una amplia variedad de aplicaciones de automatización y por ello requiere de un hardware computacional robusto, debe ser programado en el software *TIA Portal*. Diseñado para tareas de automatización sencilla pero de alta precisión. Ofrece 14 entradas (DI 24V DC) y 10 salidas (DO 24V DC) integradas (*Referencia Datasheet Anexo A*).

A continuación, se realizará una evaluación de alternativas teniendo en cuenta los siguientes criterios.

**b. Criterios de selección**

Los criterios de selección en este caso son tres: La cantidad de módulos que requiere cada dispositivo y la facilidad de programación del mismo.

- **Capacidad de ajuste a los requerimientos:** El PLC debe adaptarse a los requerimientos de entrada y salidas de la sección, como también a los rangos de operación del sistema de instrumentación.
- **Facilidad de uso:** Facilidad en el manejo del equipo, implementación y programación de forma rápida y eficiente.
- **Simplicidad de operación:** Este criterio se refiere a la estabilidad en el funcionamiento y mantenimiento del controlador.

Con base en la importancia de cada criterio es asignado un valor entre 0 y 1, con lo que es posible identificar la mejor alternativa en función de los criterios de mayor puntuación:

• Tabla 14. Relación de importancia-criterio (Selección PLC Sección recepción)

CRITERIO	VALOR
CAPACIDAD DE AJUSTE A LOS REQUERIMIENTOS	0,9
FACILIDAD DE USO	0,4
SIMPLICIDAD DE OPERACIÓN	0,8

• Fuente: Autores

**c. Evaluación de alternativas**

Utilizando el método de ponderación lineal, explicado en el *apartado 4.2*, como se muestra en la siguiente tabla, según los criterios planteados anteriormente, así como sus valores o pesos ponderativos, se evalúan las alternativas de PLC para la sección recepción.

Tabla 15. Evaluación – Ponderación (Selección PLC Sección recepción)

CRITERIO	PESO	ALTERNATIVA 1 "LOGO18"	ALTERNATIVA 2 "SIMATIC S7-1200"
CAPACIDAD DE AJUSTE A LOS REQUERIMIENTOS	0,9	4	9
FACILIDAD DE USO	0,4	5	7
SIMPLICIDAD DE OPERACIÓN	0,8	6	7
<b>SUMATORIA</b>		<b>10,4</b>	<b>16,5</b>

Fuente: Autores

**d. Alternativa seleccionada**

Como se puede observar en la Tabla 15, la alternativa que tiene el valor ponderativo mayor es la numero 2, “SIMATIC S7-1200” (Figura 40). De acuerdo al método utilizado, este es el PLC que se utilizara en la sección recepción para cumplir con todos los requerimientos. Con esta solución se pueden obtener ventajas como la simplificación de los equipos teniendo en cuenta que el PLC SIMATIC S7-1200 requiere menos módulos que el PLC Logo!8

Figura 40. PLC SIMATIC S7-1200



Recuperado de:  
<http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/basic-controller/s7-1200/cpu/Pages/Default.aspx?tabcardname=standard%20cpus>

De acuerdo a la alternativa seleccionada, a continuación, se muestran las referencias dentro de la familia SIMATIC S7-1200. Esta familia de siemens tiene 5 grupos de CPU, que difieren en la cantidad de módulos de ampliación para señales y algunas funciones especiales. Para la selección de la CPU dentro de esta familia (Tabla 16), se tomarán en cuenta los criterios de cantidad de entradas digitales, salidas digitales, tensión de entrada, tensión de salida, cantidad disponible de módulos de ampliación y las interfaces de comunicación ETHERNET integradas.

A continuación en la Tabla 16 se muestran las características relevantes para la selección de las referencias comerciales de la familia de PLC’s SIMATIC S7-1200

Tabla 16. Referencias comerciales familia SIMATIC S7-1200

CRITERIO	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU1215C	CPU 1217C
ENTRADAS DIGITALES	6	8	14	14	14
SALIDAD DIGITALES	4	6	10	10	10
TENSION DE ENTRADA DI	24 V DC	24 V DC	24 V DC	24 V DC	24 V DC
TENSION DE SALIDA DO	24 V DC	24 V DC	24 V DC	24 V DC	24 V DC
INTERFACES ETHERNET INTEGRADAS	1	1	1	2	2
MODULOS DE AMPLIACION	0	3	8	8	8

Fuente: Catalogo de Siemens

Teniendo en cuenta que el número requerido de entradas digitales para esta sección es 20, las referencias que se ajustan a este requerimiento son: 1214C, 1215C y CPU 1217C. Sin embargo

considerando 2 puertos *PROFINET*/ETHERNET indispensables para la pantalla HMI y la comunicación con el computador. La referencia seleccionada es CPU1215C.

Las características de la CPU seleccionada son [21]:

- **Referencia:** CPU 1215C DC/DC/DC.
- **Número de parte:** 6ES7215-1AG40-0XB0
- **Características técnicas:** Memoria de trabajo 100KB; fuente de alimentación 24V DC con DI14 x 24V DC SINK/SOURCE, DQ10 x 24V DC, AI2 y AQ2 integradas; 6 contadores rápidos y 4 salidas de impulso integradas; Signal Board amplia E/S integradas; hasta 3 módulos de comunicación para comunicación serie; hasta 8 módulos de señales para ampliación E/S; 0,04ms/1000 instrucciones; 2 interfaces PROFINET para programación, HMI y comunicación PLC-PLC.

#### a. Selección de Módulos adicionales

Teniendo en cuenta que la CPU seleccionada tiene 14 entradas digitales, es necesario adicionar un módulo de entradas digitales, a continuación en la Tabla 17 se muestran los posibles módulos de entradas digitales para la CPU.

Tabla 17. Características módulos posibles de entrada adicionales sección recepción

MÓDULO DE SEÑALES	REFERENCIA	CARACTERÍSTICAS
ENTRADAS DIGITALES	6ES7221-1BF32-0XB0	8 ENTRADAS DIGITALES A 24VDC TIPO TRANSISTOR CONFIGURABLE PNP Y NPN
ENTRADAS /SALIDAS DIGITALES (E/S)	6ES7223-1BH32-0XB0	8 ENTRADAS/SALIDAS DIGITALES A 24VDC TIPO TRANSISTOR CONFIGURABLE PNP Y NPN

Fuente: Catalogo de Siemens

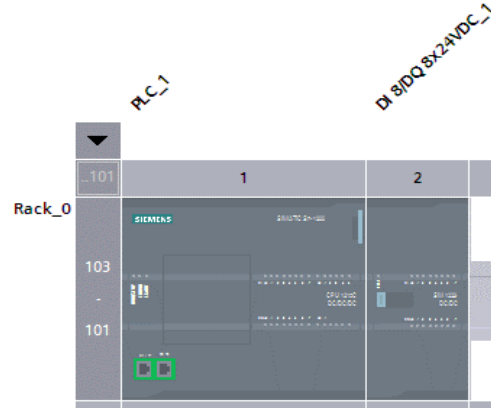
Tomando en cuenta la referencia 6ES7223-1BH32-0XB0 permite combinar a voluntad los puertos del módulo, el usuario puede adaptar el controlador exactamente a una tarea deseada, evitando inversiones innecesarias pues se dispone de módulos con 8 canales de entrada o salida. Es decir que, en caso de ampliar posteriormente la tarea, el controlador se puede actualizar. Entonces, la corrección del programa de usuario resulta sumamente sencilla. Por esta razón la referencia seleccionada es 6ES7223-1BH32-0XB0

Finalmente, la configuración del PLC para la sección de recepción se muestra en la Figura 41. Configuración física del PLC sección recepción, donde se puede identificar los módulos de la siguiente manera:

- Slot 1: CPU 1215C DC/DC/DC.
- Slot 2: Módulo de 8 entradas/salidas digitales (24V DC)

En el Anexo B se muestra la tabla de conexiones físicas de cada señal para esta sección.

Figura 41. Configuración física del PLC sección recepción



Tomado de: Software Siemens TIA Portal

#### 4.3.2.2 Sección mecánica

Para la sección mecánica se requieren 346 entradas y 87 salidas, esto según lo mostrado en el apartado 4.3.1.2 donde se calculó con un 20% de reserva en ambas cantidades. De acuerdo a esta cantidad de entradas y salidas los PLC considerados para la selección son: *SIMATIC S7-1200* y *SIMATIC S7-300*. Los cuales tienen la posibilidad de soportar grandes cantidades de entradas/salidas por módulo.

##### a. Alternativas de PLC

- **Alternativa 1. “SIMATIC S7-1200”**  
Como se mencionó en el apartado 4.3.2.1 el PLC SIMATIC S7-1200 es un controlador modular básico adecuado para una amplia variedad de aplicaciones de automatización. Posee 14 entradas (DI 24V DC) y 10 salidas (DO 24V DC) integradas, y permite hasta 8 módulos de señales para ampliación, cada módulo tiene un máximo de 16 puertos de entradas (DI 24V DC) [22]. (Referencia Datasheet Anexo A).
- **Alternativa 2. “SIMATIC S7-300”**  
El PLC *SIMATIC S7-300* es un controlador de la gama avanzada de Siemens, este ahorra espacio en la instalación y cuenta con un diseño modular. Se puede utilizar una amplia gama de módulos para ampliar el sistema de forma centralizada o para crear estructuras descentralizadas de acuerdo con la tarea a realizar. Al igual que toda la familia *SIMATIC*, este dispositivo debe ser programado en el software *TIA Portal*. Al ser completamente modular, no tiene entradas o salidas integradas en la CPU. (Referencia Datasheet Anexo A).

A continuación, se realizará una evaluación de alternativas teniendo en cuenta los siguientes criterios.



**b. Criterios de selección**

Los criterios de selección en este caso son tres: La cantidad de módulos que requiere cada dispositivo y la facilidad de programación del mismo. Se toman en cuenta los mismos criterios explicados en el Apartado 4.3.2.1 literal b.

Con base en la importancia de cada criterio es asignado un valor entre 0 y 1, se consideran los mismos valores de la Tabla 14

**c. Evaluación de alternativas**

Utilizando el método de ponderación lineal, explicado en el apartado 4.2, como se muestra en la siguiente tabla, según los criterios planteados anteriormente así como sus valores o pesos ponderativos, se evalúan las alternativas de PLC para la sección mecánica.

Tabla 18. Evaluación – Ponderación (Selección PLC Sección mecánica)

CRITERIO	PESO	ALTERNATIVA 1 "SIMATIC S7-1200"	ALTERNATIVA 2 "SIMATIC S7-300"
CAPACIDAD DE AJUSTE A LOS REQUERIMIENTOS	0,9	2	9
FACILIDAD DE USO	0,4	7	7
SIMPLICIDAD DE OPERACIÓN	0,8	8	9
<b>SUMATORIA</b>		<b>11</b>	<b>18,1</b>

Fuente: Autores

**d. Alternativa seleccionada**

Como se puede observar en la Tabla 15, la alternativa que tiene el valor ponderativo mayor es la numero 2, "SIMATIC S7-300" (Figura 42). De acuerdo al método utilizado, este es el PLC que se utilizara en la sección mecánica para cumplir con todos los requerimientos. Con esta solución se pueden obtener ventajas como la simplificación de los equipos teniendo en cuenta que el PLC SIMATIC S7-300 requiere menos módulos que el PLC SIMATIC S7-1200, pues el S7-300 tiene la posibilidad de módulos de ampliación de hasta 64 entradas digitales [23] y el S7-1200 únicamente tiene módulos de ampliación de hasta 16 entradas digitales [24].

Figura 42. PLC SIMATIC S7-300



Recuperado de:

<https://www.plc-city.com/shop/en/siemens-simatic-s7-300-cpu-standard/6es7315-2eh14-0ab0.html>

De acuerdo a la alternativa seleccionada, a continuación, se muestran las referencias dentro de la familia *SIMATIC S7-300*. Esta familia de Siemens tiene 7 grupos de CPU estándar, que difieren en la cantidad de módulos de ampliación para señales y algunas funciones especiales. Para la selección de la CPU dentro de esta familia (*Tabla 19*), se tomarán en cuenta los de cantidad disponible de módulos de ampliación y las interfaces de comunicación *ETHERNET* integradas. Como se puede observar en la *Tabla 19* ninguna de las CPU disponibles en esta familia de PLC's tienen entradas o salidas integradas.

Tabla 19. Referencias comerciales familia SIMATIC S7-300

CRITERIO	CPU 312	CPU 314	CPU 315-2 DP	CPU 315-2 PN/DP	CPU 317-2 DP	CPU 317-2 PN/DP	CPI 319-3 PN/DP
ENTRADAS DIGITALES	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
SALIDAS DIGITALES	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
INTERFACES ETHERNET INTEGRADAS	0	0	0	2	0	2	2
MODULOS DE AMPLIACION	8	32	32	32	32	32	32

Fuente: Catalogo de Siemens

Teniendo en cuenta que el número requerido de entradas y salidas digitales para esta sección es 346 y 87 respectivamente, cualquiera de las referencias de CPU se ajusta a este requerimiento. Sin embargo, considerando 2 puertos *PROFINET/ETHERNET* indispensables para la pantalla HMI y la comunicación con el computador. La referencia seleccionada es CPU 315-2 PN/DP.

Las características de la CPU seleccionada son [25]:

- **Referencia:** CPU 315-2 PN/DP.
- **Número de parte:** 6ES7315-2EH14-0AB0
- **Características técnicas:** Memoria de trabajo 384KB; 0.05ms/1000 instrucciones; interfaz *PROFINET*, comunicaciones S7 (FB's/FC's cargables); controlador *PROFINET IO*; soporta RT/IRT, 2 puertos; MRP; *PROFINET CBA*, proxy de *PROFINET CBA*; protocolo de transporte TCP/IP, interfaz MPI/DP combinada (MPI o maestro DP o esclavo DP), configuración en varias filas hasta 32 módulos; equidistancia; routing; firmware V3.2

**e. Selección de Módulos adicionales**

A continuación, en la Tabla 20 se muestran los módulos de entradas y salidas digitales para la CPU 315-2 PN/DP.

Tabla 20. Características módulos de entrada adicionales sección mecánica

MÓDULO DE SEÑALES	REFERENCIA	CARACTERÍSTICAS
ENTRADAS DIGITALES	6ES7321-1BP00-0AA0	64 ENTRADAS DIGITALES A 24VDC TIPO TRANSISTOR CONFIGURABLE PNP Y NPN
SALIDAS DIGITALES	6ES7322-1BP00-0AA0	64 SALIDAS DIGITALES A 24VDC TIPO TRANSISTOR.

Fuente: Catalogo de Siemens

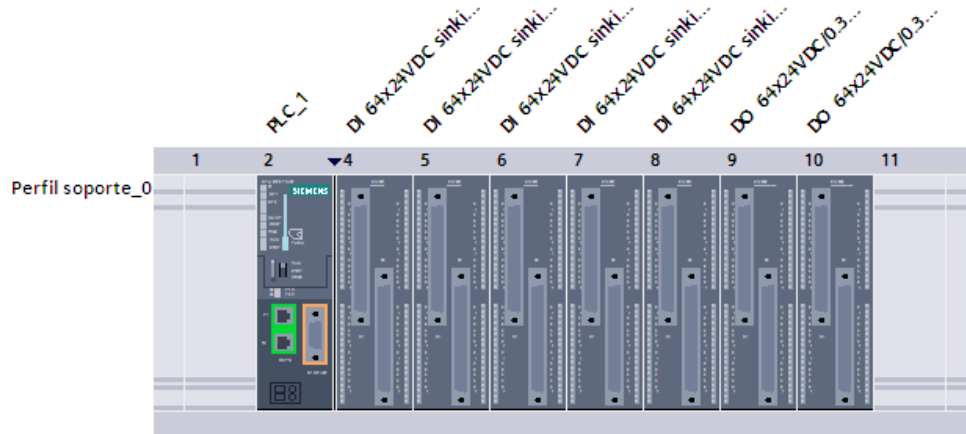
Al analizar el total de entradas disponibles con 6 módulos (384 DI 24V DC), respecto a la información de la Tabla 10, se puede ver que las entradas libres (96 DI 24V DC) supera el número de entradas de reserva (58 DI 24V DC). Por lo cual se propone trabajar con un porcentaje de reserva del 10%, es decir, las entradas de reserva serian 29 (DI 24V DC) para un total de entradas requeridas de 317 (DI 24V DC). De esta forma los módulos de entradas requeridos para esta sección son 5 de 64 puertos (DI 24V DC) y dos módulos de salida para un total de salidas disponibles (128 DI 24V DC).

Finalmente, la configuración del PLC para la sección mecánica se muestra en la ***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.***, donde se puede identifican los módulos de la siguiente manera:

- Slot 1: Espacio de fuente de alimentación
- Slot 2: CPU 315-2 PN/DP
- Slots (4-8): Módulo de 64 entradas digitales (24V DC)
- Slots (9-10): Módulo de 64 salidas digitales (24V DC)

En el Anexo C se muestra la tabla de conexiones físicas de cada señal para esta sección.

Figura 43. Configuración física del PLC sección mecánica



Tomado de: Software Siemens TIA Portal

#### 4.3.2.3 Sección electrónica

De acuerdo a la información mostrada en el apartado 4.3.1.3, las entradas necesarias para la sección electrónica son 96 y las salidas son 24. Al igual que la sección mecánica, los PLC considerados para la selección son: *SIMATIC S7-1200* y *SIMATIC S7-300*. Tomando en cuenta los mismos criterios de selección de la sección mecánica y el método de selección explicado en el apartado 4.3.2.2, el resultado es el mismo. El PLC seleccionado para la sección electrónica es el ***SIMATIC S7-300*** (Figura 42), esto teniendo en cuenta que el PLC *SIMATIC S7-300* requiere menos módulos que el PLC *SIMATIC S7-1200*.

El PLC *SIMATIC S7-1200* posee 14 entradas (DI 24V DC) y 10 salidas (DO 24V DC) integradas [21], este PLC permite hasta 8 módulos de señales para ampliación y cada módulo tienen un máximo de 16 puertos de entradas (DI 24V DC) [24]. Es decir, se necesitarían 6 módulos de entradas y 1 módulo de salidas a parte de las integradas en el PLC.

El PLC *SIMATIC S7-300* permite hasta 32 módulos de ampliación [25], cada módulo de entradas tiene 64 puertos (DI 24V DC) al igual que los módulos de salida, 64 puertos (DO 24V DC) [23]. Es decir que se necesitaría 2 módulos de entradas para cumplir con las 96 entradas requeridas y 1 módulos de salidas para las 24 salidas requeridas.

Respecto a la CPU, teniendo en cuenta la información planteada en la *Tabla 20. Características módulos de entrada adicionales seccion mecánica*) y considerando 2 puertos *PROFINET/ETHERNET* indispensables para la pantalla HMI y la comunicación con el computador. La referencia seleccionada es **CPU 315-2 PN/DP**.

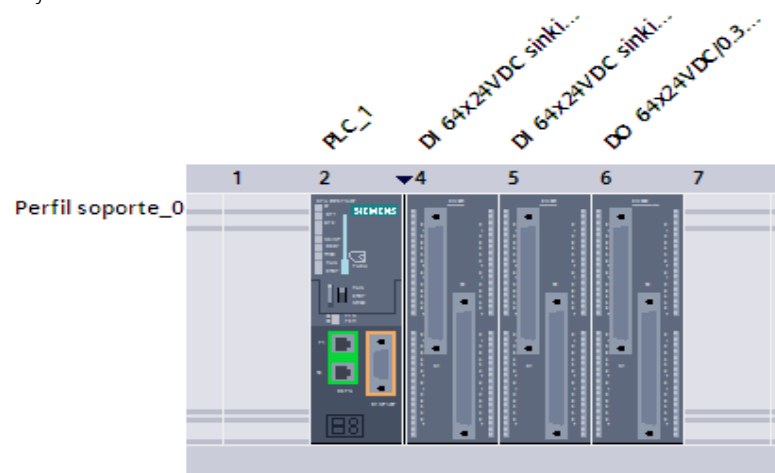
De acuerdo a la información de la *Tabla 20. Características módulos de entrada adicionales seccion mecánica*, sobre los módulos de entradas y salidas de la familia de PLC's *SIMATIC S7-300*, las referencias a utilizar son: **6ES7321-1BP00-0AA0**, módulo de 64 entradas digitales a 24v DC tipo transistor configurable (PNP-NPN) y **6ES7322-1BP00-0AA0**, módulo 64 salidas digitales a 24v DC tipo transistor.

Finalmente, la configuración del PLC para la sección electrónica se muestra en la *Figura 44*, donde se puede identifican los módulos de la siguiente manera:

- Slot 1: Espacio de fuente de alimentación
- Slot 2: CPU 315-2 PN/DP
- Slots (4-5): Módulo de 64 entradas digitales (24V DC)
- Slot 6: Módulo de 64 salidas digitales (24V DC)
- 

En el Anexo D se muestra la tabla de conexiones físicas de cada señal para esta sección.

Figura 44. Configuración física del PLC sección electrónica



Tomado de: Software Siemens TIA Portal

## 5 DISEÑO DEL SISTEMA SCADA

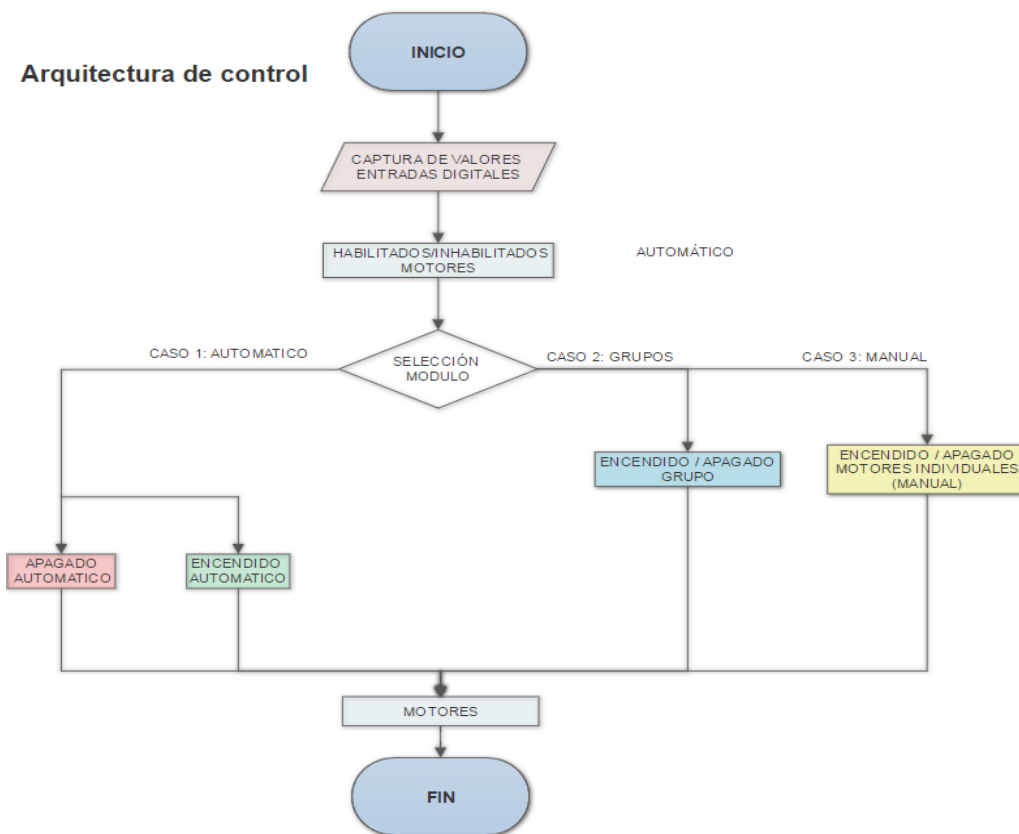
En este capítulo se muestran los diagramas de flujo, que se llevarán a cabo para la programación de los PLC de cada sección, así como la planeación de las pantallas del sistema de supervisión, monitoreo de los tres procesos y la topología de red propuesta.

### 5.1 PLANEACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE CONTROLADORES

La programación de la arquitectura de control se ha realizado en base a los requerimientos de control expuestos en el apartado 3.3 otorgando como solución propuesta tres conceptos de toma de decisiones a lo largo del programa, los cuales se encuentran divididos en automático, grupos y manual, sin dejar de mencionando la acción de habilitar e inhabilitar motores a lo largo del programa.

Inicialmente se presenta el diagrama de flujo de la selección entre los diferentes módulos propuestos. También se puede observar las acciones destacadas dentro de la arquitectura del programa las cuales poseen como finalidad los encendidos y apagados de un conjunto de motores o un motor en específico mediante diferentes alternativas propuestas en bloques de ejecución.

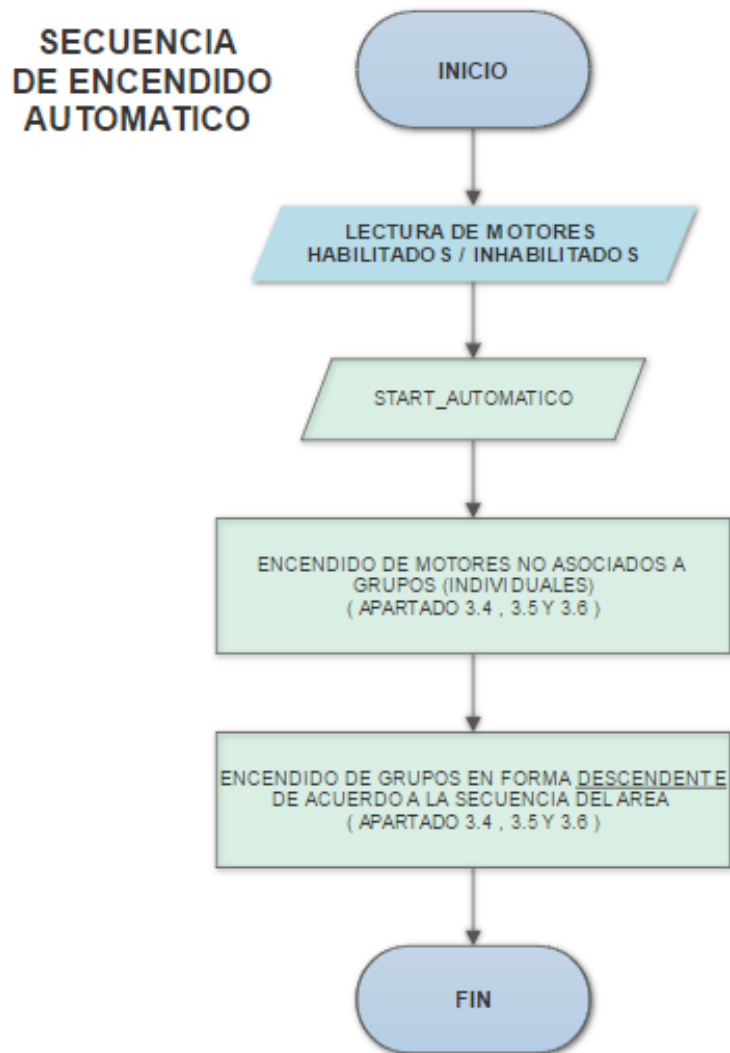
Figura 45. Arquitectura de control



Fuente: Autores

El siguiente diagrama de flujo, muestra uno de los bloques presentes en el módulo automático el cual se encuentra enfocado a un encendido secuencial, en donde se prioriza el encendido de los motores no vinculados a ningún grupo y se realiza un encendido descendente a partir de la numeración y organización de motores dentro de los diferentes grupos propuestos en los apartados (3.4-3.6). Cabe resaltar que antes de realizar esta secuencia existe una confirmación de acción y ninguna condición de emergencia debe estar activa para poder cumplir esta secuencia, condición la cual será expuesta más adelante en la Figura 46

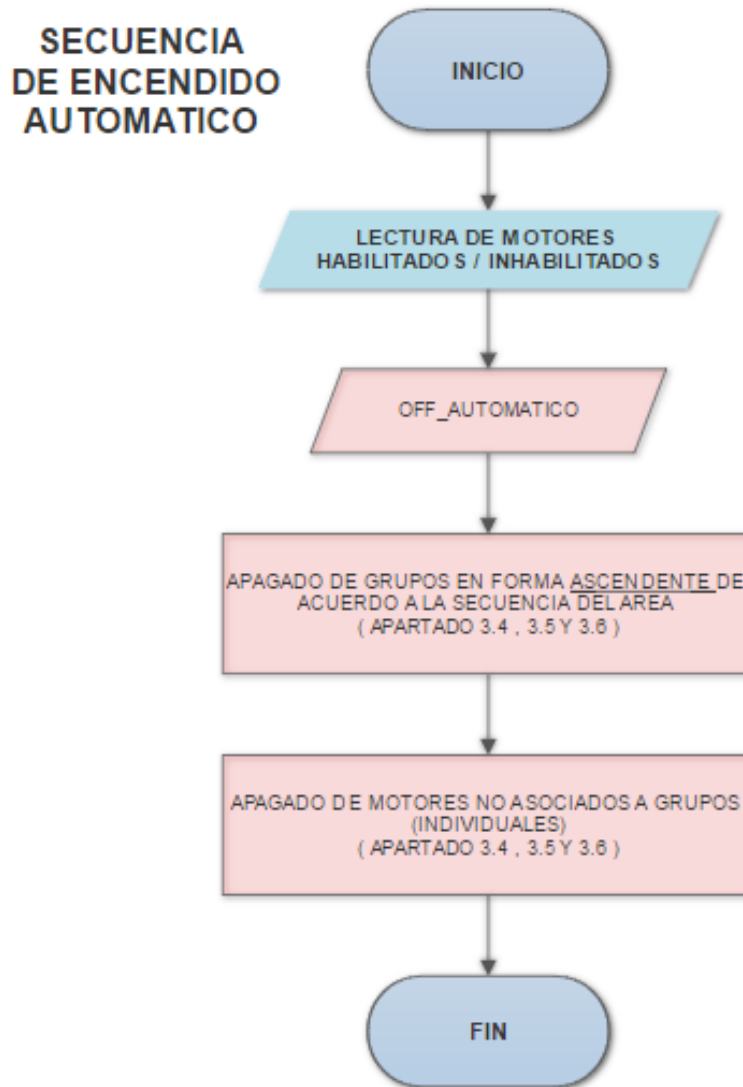
Figura 46. Secuencia de encendido



Fuente: Autores

En la secuencia de apagado, se prioriza el apagado ascendente de los grupos dejando los motores individuales al final del proceso y se encuentra sometido a las condiciones mencionadas en el encendido secuencial.

Figura 47. Secuencia de Apagado.

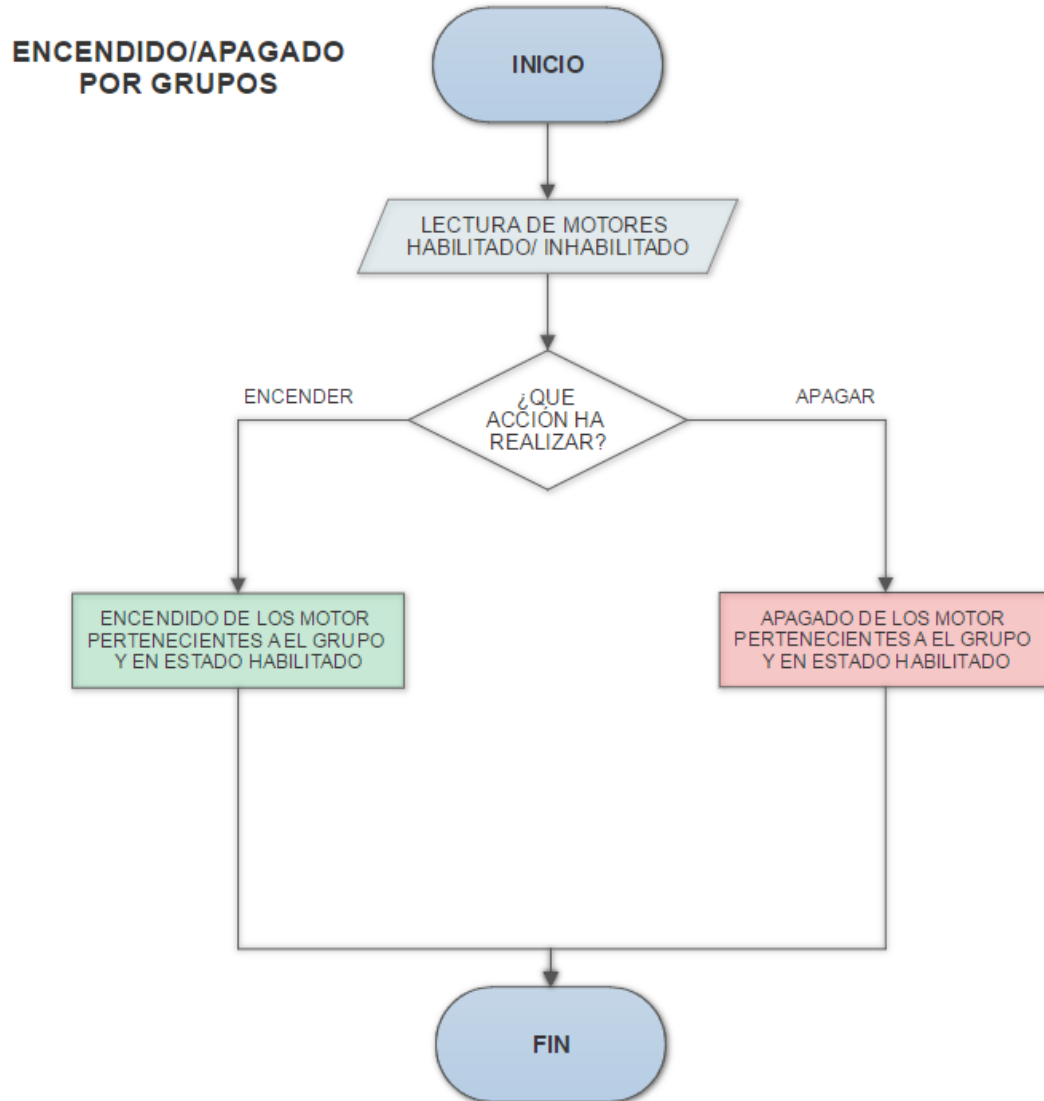


Fuente: Autores

En el diagrama referente al módulo grupos, se ve representada la opción de encender o apagar simultáneamente motores los cuales pertenezcan a un grupo. Grupos los cuales se encuentran asociado a las secciones y procesos vistos en los *apartados* (2.1-2.3).



Figura 48. Diagrama encendido/apagado por grupos

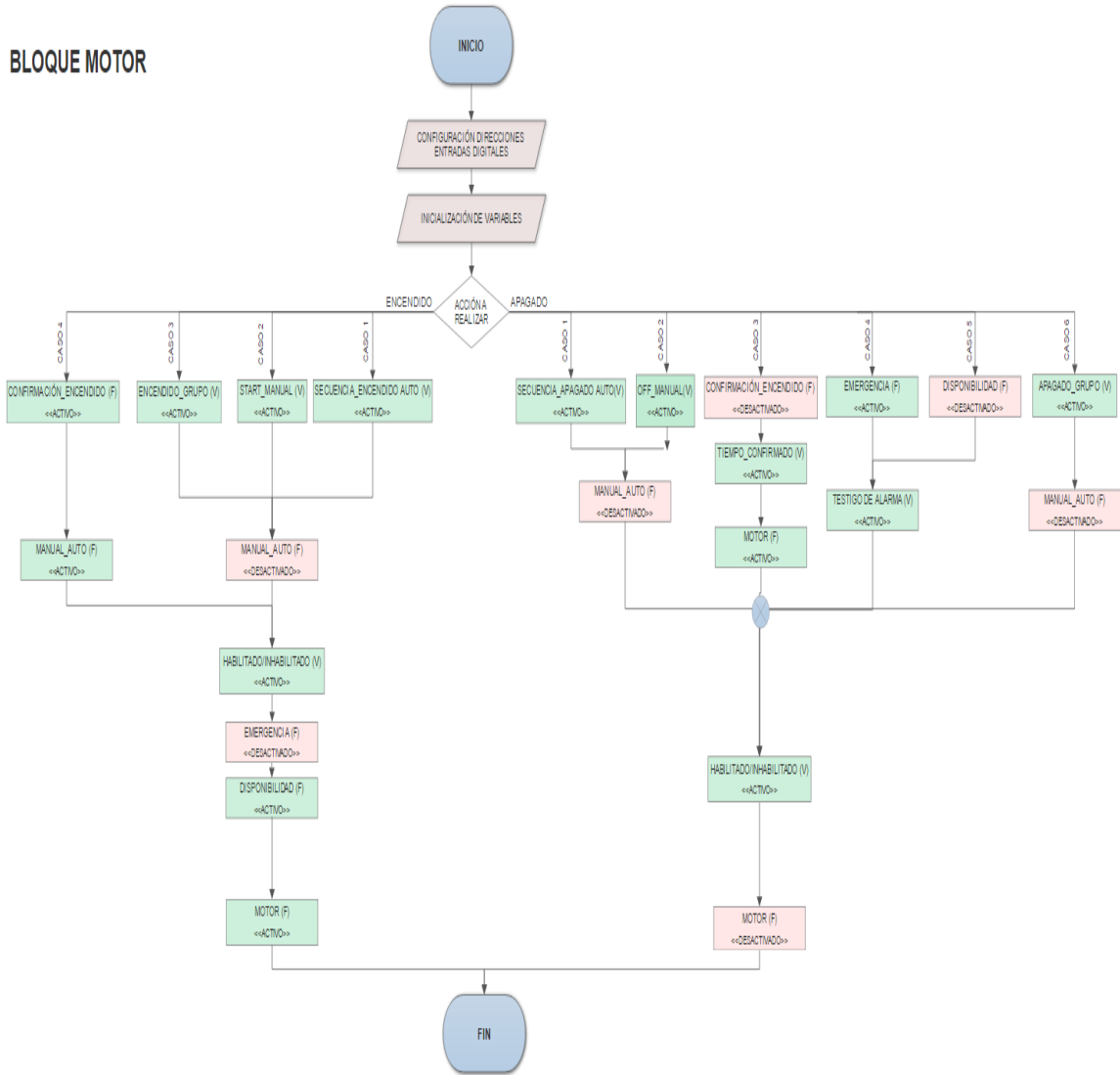


Fuente: Autores

Por último se muestra el diagrama del bloque motor, el cual incluye todas condiciones que se deben cumplir para lograr el encendido y apagado del motor, secuencias las cuales se presentan en todos los motores por igual y su finalidad se ve reflejada en los estados del motor (ON/OFF). En el diagrama también se puede obviar el acondicionamiento de las acciones mediante restricciones presentes como variables las cuales generan alarmas y poseen la habilidad de detener una secuencia de activación y forzar el apagado del motor o la inhabilitado del motor, en diagrama las señales se encuentran clasificas con una inicial, siendo la letra (v) para las variables virtuales y la letra (f) para las físicas.

Las posibles alarmas e inhabilitaciones dependen exclusivamente de los estados de las señales de entrada expuestas en el apartado 4.3.1 y de una variable virtual para cada motor la cual habilita e inhabilita los motores ante los diferentes módulos presentes en el programa.

Figura 49. Diagrama de flujo Bloque motor

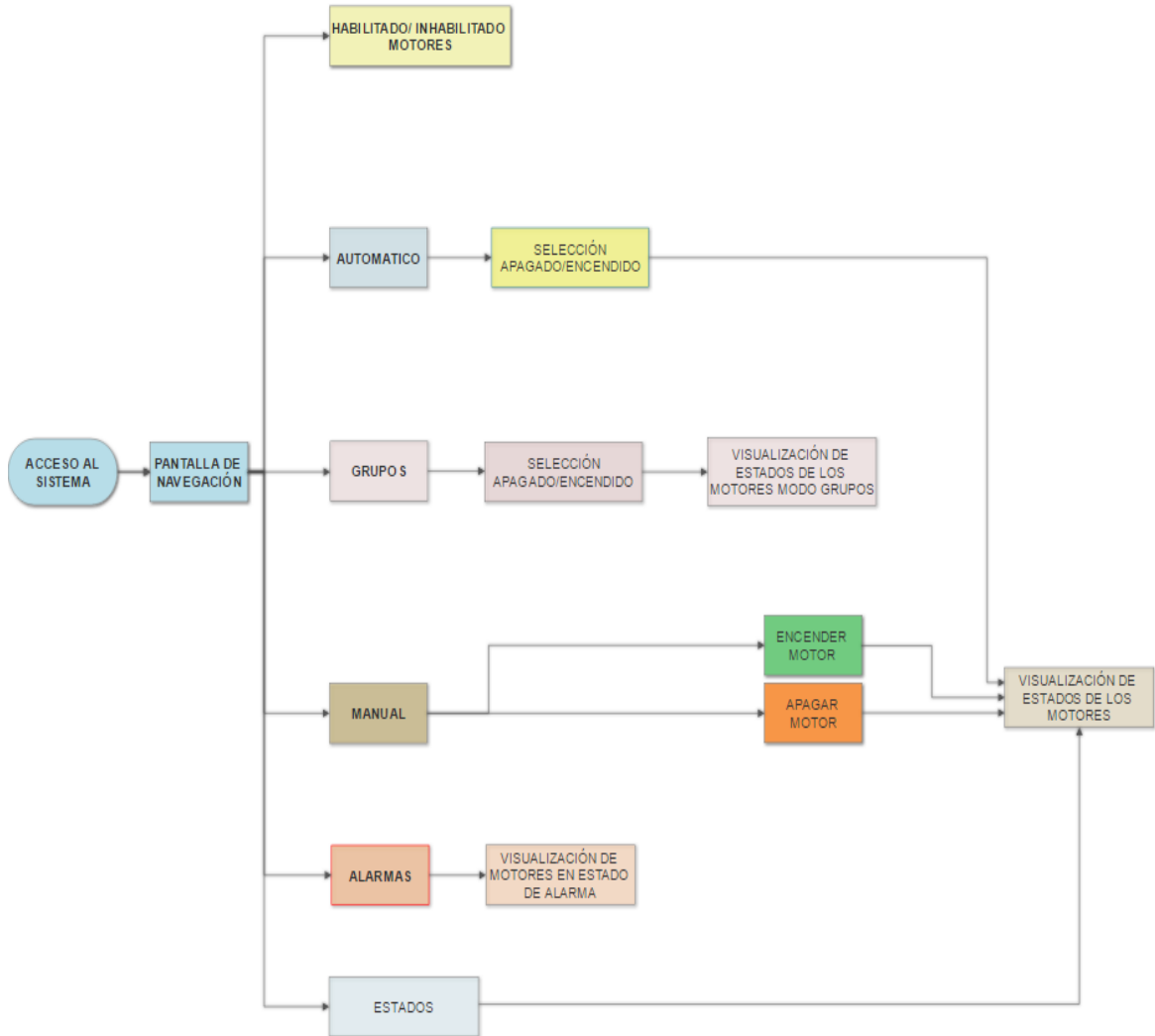


Fuente: Autores

## 5.2 SISTEMA SUPERVISORIO

A continuación, se muestra el diagrama de flujo de las pantallas presentes en el supervisor.

Figura 50. Diagrama de Flujo sistema supervisor (HMI)



Fuente: Autores

A continuación, se indica las funciones y opciones que permite cada una de las pantallas:

### a. Pantalla de navegación

Esta pantalla es el menú, en ella se puede encontrar seis botones diferentes enfocados a aperturas de pantallas.

Como se puede observar en el diagrama de flujo se encuentran las siguientes pantallas principales propuestas:

- Pantalla de habilitar/inhabilitar motores.
- Pantalla de automático.
- Pantalla de grupos.
- Pantalla de manual.
- Pantalla de alarmas.
- Pantalla de estados.

La descripción de cada pantalla se realizará a continuación:

#### ***b. Pantalla de habilitar/inhabilitar motores***

En esta pantalla se permite la opción de habilitar o inhabilitar motores para su uso en los otros módulos.

Función: Permitir habilitar o inhabilitar motores por individual para las configuraciones de automático, grupos y manual.

Opciones:

- Habilitación de motores a nivel global del programa.
- Inhabilitación de motores a nivel global del programa.
- Retorno a pantalla de navegación.

#### ***c. Pantalla de automático***

En esta pantalla se encuentran presentes las opciones de configuración automático permitiendo así manipular los encendidos y apagados, según la elección.

Función: Permitir realizar acciones concernientes a los encendidos y apagados automáticos de los motores.

Opciones:

- Encendido Automático de toda la planta (Ejecución de secuencia de encendido por grupos y motores en orden descendente)
- Apagado Automático de toda la planta (Ejecución de secuencia de apagado por grupos y motores en orden ascendente)
- Permite la opción de ir a la pantalla de visualización de los estados de los motores
- Retorno a pantalla de navegación.

#### ***d. Pantalla de grupos***

En esta pantalla se encuentran presentes las opciones de configuración en cuanto a la manipulación de los encendidos y apagados por grupos.

**Función:** Permitir realizar acciones concernientes a los encendidos y apagados de grupos de motores.

**Opción:**

- Apagado por grupos de motores previamente definidos.
- Encendido por grupos de motores previamente definidos.
- Permite la opción de ir a la pantalla de visualización de los estados de los motores organizados según los grupos a los cuales pertenecen.
- Retorno a pantalla de navegación.

#### ***e. Pantalla de manual***

En esta pantalla se encuentran presentes las opciones de configuración manual permitiendo así manipular los apagados y encendidos de los motores en forma individual, según la elección.

**Función:** Permitir realizar acciones concernientes a los apagados y encendidos de motores de manera individual.

**Opción:**

- Apagado manual de motores individuales
- Encendido manual de motores individuales
- Permite la opción de ir a la pantalla de visualización de los estados de los motores
- Retorno a pantalla de navegación.

#### ***f. Pantalla de estados***

Esta pantalla cumple con informar con mayor detalle los estados de cada grupo y motor

**Función:** Permitir obtener información visual de las variables más relevantes de cada grupo y motor

**Opción:**

- Permitir verificar estados de las variables más relevantes para grupos y motores.
- Retorno a pantalla de navegación.

#### ***g. Pantalla de alarmas***

Esta pantalla con todo lo concerniente a la información de alarmas presentes en planta

**Función:** Permitir obtener información visual de las alarmas presentes en la planta y su ubicación

**Opción:**

- Permitir verificar la ubicación de la alarma y el equipo o grupo asociado.
- Retorno a pantalla de navegación.

### 5.3 CODIFICACIÓN DE VARIABLES

Una vez determinada la planeación de la programación se procede a la fase de codificación de variables, la cual consiste en la preparación de los datos de manera que puedan ser analizados. Los elementos los cuales giran en torno a la captación de datos son los motores y elementos los cuales los condicionan, por lo tanto, su codificación se hace respecto a las señales de entradas y salidas en el PLC, explicadas en el *apartado 4.3.1*. La codificación de cada motor es planteada de acuerdo a un código único de equipo en planta y agregando la cantidad de motores si el equipo posee más de uno, en la siguiente tabla se expondrá un ejemplo de lo mencionada:

Tabla 21. Ejemplo codificación

NOMBRE DEL EQUIPO	CODIGO UNICO	NUMERO DE MOTOR
DESPEGADORA NO. 46	SMDP01	SMDP01-M1
DESPEGADORA NO. 46	SMDP01	SMDP01-M2

Fuente: Autores

La codificación final de las variables es propuesta mediante el uso del código único de motor, cantidad de motores en el equipo y un tag definido para cada señal de datos relacionada con el motor, en la tabla siguiente se exponen las definiciones de estos tags y un ejemplo de ello:

Tabla 22. TAGS

TAG	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
DISP	DISPONIBILIDAD DEL MOTOR ASOCIADO A LOS CONTACTOS DEL GUARDAMOTOR	SMDP01-M1_DISP
CO	CONFIRMACIÓN DE ENCENDIDO FISICO	SMDP01-M1_CO
MA	SELECTOR (HABILITADO/INHABILITADO) FISICO	SMDP01-M1_MA
MEG	BOTON DE EMERGENCIA FISICO	SMDP01-M1_MEG
ONMOTOR	SEÑAL QUE MUESTRA EL ESTADO DEL MOTOR	SMDP01-M1_ONMOTOR
ST	ENCENDIDO DEL MOTOR MEDIANTE UNA CONFIRMACIÓN	SMDP01-M1_ST
OF	APAGADO DEL MOTOR MEDIANTE UNA CONFIRMACIÓN	SMDP01-M1_OF
HAB_INAH	SELECCIÓN DE HABILITACIÓN O INHABILITACIÓN DE UN MOTOR POR INDIVIDUAL	SMDP01-M1_HAB_INAH

Fuente: Autores

En cuanto al mapeo de señales globales por sección, se ha codificado según la categoría a la que pertenecen, categorías las cuales se encuentran divididas en:

- **PNP:** Dentro de esta categoría se encuentran las señales de entradas físicas que permiten leer los datos del motor y condiciones tales como, la confirmación de encendido, selector manual físico y botón de emergencia.

- **NPN:** En esta categoría entra solo la señal de entrada física proveniente de los contactos de seguridad del motor los cuales se encuentran en serie y están explicados en el apartado 4.3.1.
- **SALIDAS:** Dentro del mismo se encuentra la señal de salida física representada en el estado del motor (ON/FF)
- **MEMORIAS:** Dentro de esta categoría se encuentran todas las señales virtuales pertenecientes a cada motor, requeridas para decisiones a nivel de programación.

El mapeo definitivo de las señales ya codificadas se puede ver en el anexo B, C y D cada anexo corresponde a una de las tres secciones de planta evaluadas en el proyecto.

## 5.4 TOPOLOGIA DE RED

### a. Tipo de red

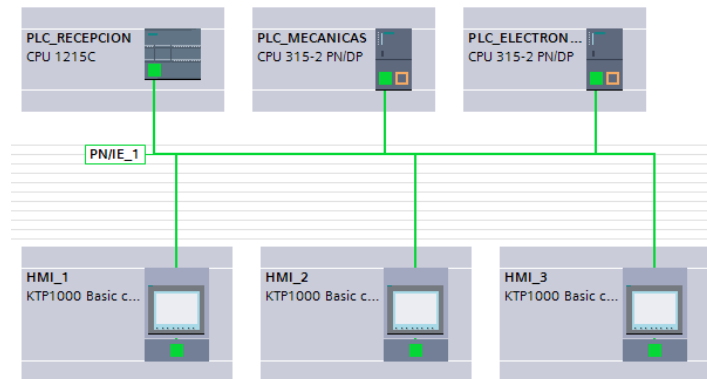
La topología de red de este proyecto se encuentra basada en bus de campo en la cual todos los dispositivos son conectados a una misma línea de datos, llamada bus, a través de la cual es enviada la información. El bus de campos a usar posee una estructura en árbol debido a la ramificación de equipos conectados. Este tipo de conexión posee la ventaja de facilidad de cableado y gran posibilidad de expansión agregar nuevos dispositivos sin problema. El tipo de red bus de campos facilita un control descentralizado el cual es el seleccionado como la alternativa de distribución de la automatización en el apartado 4.2.3 y posee afinidad con el protocolo PROFINET (PN/IE) presente en los PLC's y módulos seleccionados para este proyecto, por estas razones se ha elige este tipo de red.

### b. Protocolo de red

PROFINET (PN/IE) es un protocolo de red industrial basado en Ethernet que adapta el hardware y los protocolos del mismo a las necesidades reales de la industria de la automatización permitiendo ventajas en comunicaciones rápidas y precisas, transferencias de datos más estables y ampliación de sistemas conectados a la red.

A continuación, se muestra la red usada en este proyecto:

Figura 51. Topología de red del sistema de automatización



Fuente: Autores

## 6 RESULTADOS DEL PROYECTO

Con la información provista por la planta CAFICAUCA y la información recolectada a cerca del procesamiento general del trillado de café, se pudieron identificar y caracterizar tres procesos principales asociados a tres áreas de producción dentro de las instalaciones de la empresa, los cuales son: El proceso de recepción y liquidación, el proceso de producción sección mecánica y el proceso de producción sección electrónica. Cada uno de estos procesos está asociado a subprocesos explicados en el capítulo 2, como el almacenamiento, despedregado, trillado selección cromática, entre otros tal y como se muestra en Tabla 23.

Tabla 23. Identificación y caracterización de los procesos que se ejecutan en la planta trilladora de café pergamino

PROCESOS PRINCIPALES	SECCION	SUBPROCESOS
PROCESO DE RECEPCION Y LIQUIDACION	RECEPCIÓN	INGRESO DESCARGA PRERILLADO
PROCESO DE PRODUCCION DINAMICA	MECÁNICA	ALMACENAMIENTO MONITOR PERFAMINO DESPEDREGADORAS TRILLADORA MONITOR DE ALMENTRA CATADORAS STEELES
PROCESO DE PRODUCCION SECCION ELETRONICA	ELECTRÓNICA	SELESCCION CROMATICA EMPAQUETAMIENTO EVALUACION DE CAFÉ TIPO EXCELSE ORGANIZACIÓN

Fuente: Autores

Estos tres procesos principales se encontraron ubicados en tres áreas o secciones llamadas según el proceso que allí se realiza: sección de recepción, sección mecánica y sección electrónica respectivamente. Esta distribución de la planta se muestra en el apartado 3.1. En el apartado 3.2 se explica más afondo cada sección mostrando la ubicación de cada motor dentro de la misma.

Después de explicar la ubicación de cada equipo dentro de la sección correspondiente, se plantearon los requerimientos de control que cumplirá la estrategia de solución, basándose en los requerimientos de la planta y los conocimientos aprendidos. Dichos requerimientos son las secuencias de encendido y apagado en modo automático y/o manual, de acuerdo a los grupos de encendido consultados a la compañía, respetando el control individual de cada equipo. Estos requerimientos y secuencias de encendido, apagado y condiciones de emergencia están planteados



y explicados por sección en los apartados (3.3-3.6), donde además se muestran las condiciones de alarma y las acciones frente a las mismas.

A continuación, se muestran los requerimientos por sección en la Tabla 24.

Tabla 24. Requerimientos de automatización por sección

SECCION	REQUERIMIENTOS
RECEPCION	CONTROL MANUAL E INDIVIDUAL DE EQUIPOS INTERACCIÓN A TRAVÉS DE PANTALLAS HMI ATENCIÓN DE ALARMAS Y EMERGENCIAS
MECANICA	CONTROL AUTOMÁTICO DE ENCENDIDO Y APAGADO CONTROL MANUAL DE GRUPOS CONTROL MANUAL E INDIVIDUAL DE EQUIPOS INTERACCIÓN A TRAVÉS DE PANTALLAS HMI ATENCIÓN DE ALARMAS Y EMERGENCIAS
ELECTRONICA	CONTROL AUTOMÁTICO DE ENCENDIDO Y APAGADO CONTROL MANUAL DE GRUPOS CONTROL MANUAL E INDIVIDUAL DE EQUIPOS INTERACCIÓN A TRAVÉS DE PANTALLAS HMI ATENCIÓN DE ALARMAS Y EMERGENCIAS

Fuente: Autores

Con los requerimientos establecidos se procedió a determinar la estrategia de automatización que cumpla todos los requerimientos. Se utilizó el método de ponderación lineal bajo los criterios de: Estructuración, tiempo de respuesta, consumo de recursos y versatilidad; para evaluar tres alternativas de solución (centralizada, reducida y descentralizada). Este proceso de selección está explicado en el apartado 4.2, del cual la solución escogida fue la “Descentralizada”, donde se debe escoger un PLC por sección.

**Estrategia de automatización seleccionada: “Descentralizada”**

Esta solución plantea el uso de tres PLC’s, uno para cada sección de la planta, cada PLC debe ser escogido según las condiciones de cada área. Con esta solución dividida en áreas se pueden obtener ventajas como la simplificación de los protocolos de comunicación, un mayor índice de adaptación en cambios futuros y un tiempo de respuesta más eficaz

La acción siguiente fue plantear las entradas y salidas necesarias por cada sección, teniendo como entradas físicas al PLC: La protección termo-magnética del motor, la confirmación de encendido del mismo, un selector (habilitado/inhabilitado) y el botón de emergencia. Y como salida, el encendido o apagado del motor. Con estas condiciones, utilizando una reserva del 20% se determinaron las entradas y salidas necesarias en cada sección, mostradas en el apartado 4.3.1.

Con los requerimientos de entradas y salidas de los PLC se continuó a la selección de los equipos necesarios para la automatización. La selección estuvo dentro del requerimiento de la empresa de

usar productos de la marca siemens. Se utilizó el método de ponderación lineal de acuerdo a los criterios de: Capacidad de ajuste a los requerimientos, facilidad de uso y simplicidad de operación. Luego de haber seleccionado el PLC, se seleccionó la CPU adecuada y los módulos adicionales necesarios. Esta selección esta explicada por sección en el *apartado 4.3.2*

Los equipos de control seleccionados fueron los siguientes:

Tabla 25. Equipos de control seleccionados

SECCION	DI	DO	PLC	CPU	MODULOS INs	CANTIDAD	MODULOS OUTs	CANTIDAD
RECEPCION	20	5	SIMATIC S7-1200	1215C DC/DC/DC	6ES7223- 1BH32-0XB0	1	N/A	N/A
MECANICA	317	87	SIMATIC S7-300	315-2 PN/DP	6ES7321- 1BP00-0AA0	5	6ES7322- 1BP00-0AA0	2
ELECTRONICA	96	24	SIMATIC S7-300	315-2 PN/DP	6ES7321- 1BP00-0AA0	2	6ES7322- 1BP00-0AA0	1

Fuente: Autores

En cuanto a la programación del sistema SCADA se realizó en el software TIA Portal de siemens haciendo uso de los bloques de función para crear un Bloque Motor, que funcionara como base para todos los motores, funciones definidas en grupos que contienen bloques de motores y la ejecución de todo el programa dentro del bloque de organización, a continuación se describe cada uno de estos bloques mencionados:



**Bloque de Organización:** Es un bloque lógico de orden superior en el programa, los cuales tienen prioridad de ejecución y contienen bloques y funciones dentro de ellos. Se compone de un ciclo principal y consideran como el pilar del programa.



**Bloques de función:** Son bloques lógicos que depositan sus valores de forma permanente en bloques de datos de instancia, de modo que siguen estando disponibles después de procesar el bloque, dentro del programa este el bloque principal (MOTOR) dentro del cual se evalúan todas las condiciones.



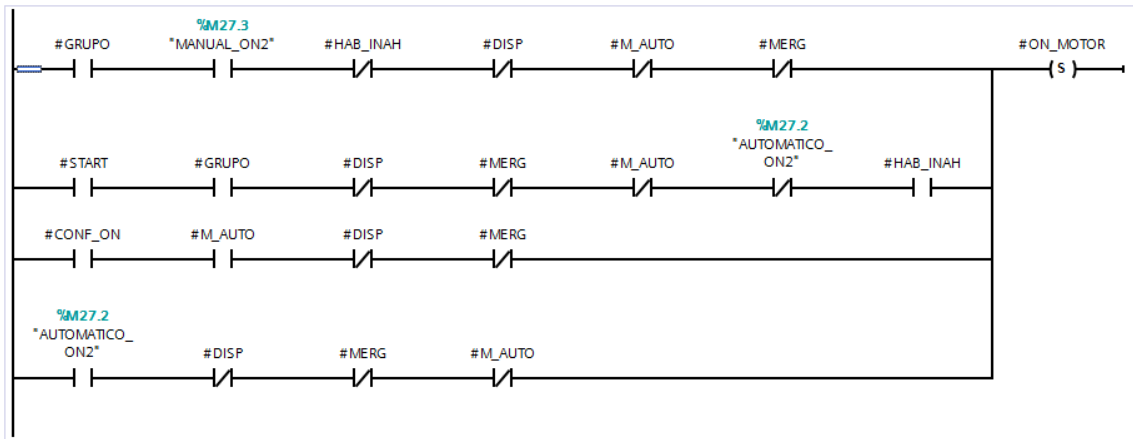
**Bloque de Organización:** Son bloques lógicos en los cuales se pueden programar instrucciones o llamar otros bloques, no poseen datos instanciales, las opciones relacionadas a encendidos y apagados automáticos y grupos se encuentran comprendidas dentro de estos bloques.

Como parte fundamental de la programación se utilizó el bloque de función motor como pilar de la metodología de programación las condiciones de este bloque fueron programadas en el software TIA

Portal y su desarrollo fu hecho en el lenguaje Ladder debido a la compatibilidad con la plataforma de desarrollo:

Teniendo el bloque en función de condiciones de encendido (set).

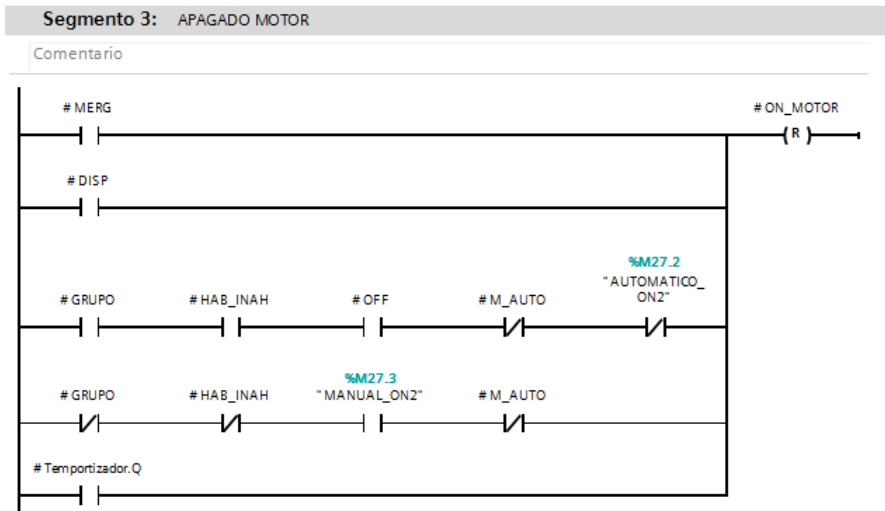
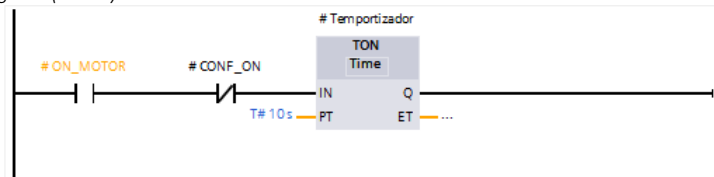
Figura 52. Bloque en función de condiciones de encendido (set)



Fuente: Autores

Y evaluaciones de condiciones que cumplen con el apagado (Reset)

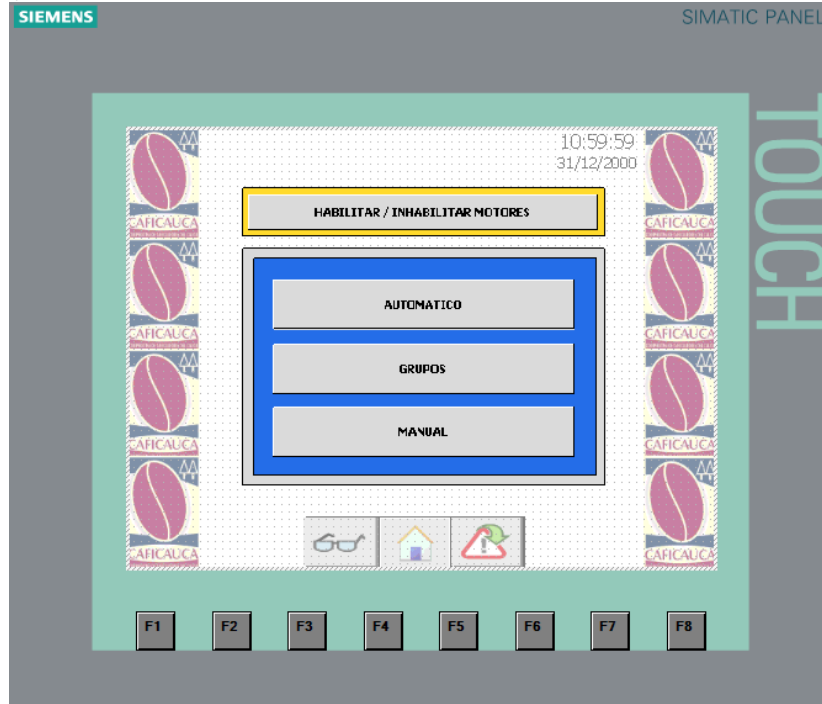
Figura 53. Apagado (Reset)



Fuente: Autores

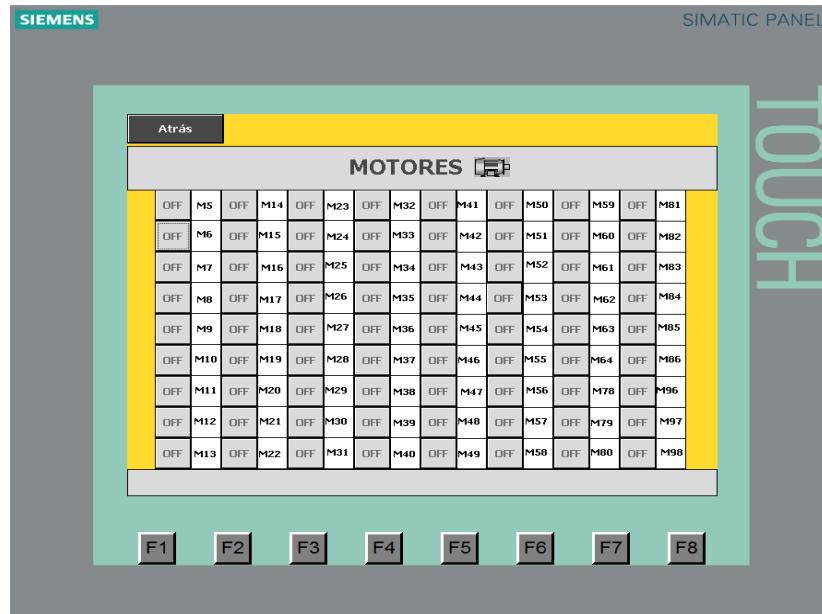
A continuación, se muestra una de las pantallas HMI, con los grupos y motores asignados, mostrando sus estados.

Figura 54. Ejemplo pantalla HMI



Fuente: Autores

Figura 55. Pantalla para el habilitar o deshabilitar motores



Fuente: Autores

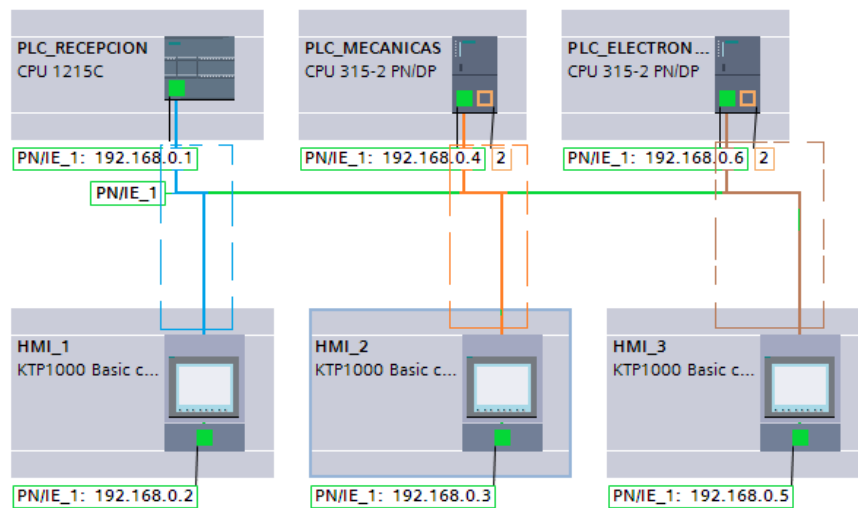
Figura 56. Visualización motores



Fuente: Autores

Por último, se procedió a realizar la conexión de red entre los equipos, como se puede observar en la siguiente figura cada equipo posee una dirección de conexión de puerto individual la cual está conectada a una red global (color verde) pero posee un canal de interacción de datos privado entre ellos respectivamente (azul, naranja y café).

Figura 57. Red entre los equipos



Fuente: Autores

## 7 RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

---

- El primer paso para diseñar cualquier sistema de automatización es la organización del proceso, en este proyecto se evidenció, que al dividir toda la planta en subprocesos para luego agruparlos en tres procesos principales que corresponden a tres áreas dentro de las instalaciones, permitió dividir la estrategia de automatización por área. De este modo se facilita, la programación y supervisión de los procesos.
- El software diseñado tiene condiciones y restricciones de operación para el buen funcionamiento del proceso los cuales se deben seguir para no generar fallos en el sistema.
- El sistema de automatización fue diseñado con posibilidad de ampliación, por lo cual es otra ventaja de la solución descentralizada, la cual permite automatizar áreas del proceso por separado.
- Como trabajo futuro se puede pensar en recolectar los datos obtenidos en el sistema de automatización para almacenarlos en una base de datos. De esta forma poder desarrollar un aplicativo web que permita el monitoreo del sistema de forma remota dentro de una red local.
- Una mejora al sistema es determinar de las secuencias de emergencia de los equipos dependientes y/o procesos en cascada.
- El sistema de automatización fue diseñado para el proceso del beneficiado seco del café, sin embargo la misma metodología puede aplicarse para en beneficio húmedo del café e incluso el beneficio de otros granos.
- La misma solución de automatización “Descentralizada”, puede utilizarse en otras plantas trilladoras de café, siendo Colombia un país cafetero. Esto contribuiría al desarrollo tecnológico del sector cafetero del país.
- Se recomienda a la empresa implementar una sala de control en la cual pueda unificar la visualización de todos los procesos de la planta.
- Se recomienda implementar niveles de usuario para restringir las funciones del sistema de automatización, lo cual incrementaría la seguridad de operación de planta.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] «INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION,» [En línea]. Available: [http://www.ico.org/ES/coffee\\_storyc.asp](http://www.ico.org/ES/coffee_storyc.asp). [Último acceso: 5 04 2016].
- [2] I. C. Organization, «World coffee consumption,» ICO, London, 2017.
- [3] M. S. O. MANUEL y V. A. D. ROBERT, SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE ENSAQUE DE CAFÉ EN LA EMPRESA COMERCIO & CIA S.A, EN LA PROVINCIA DE JAÉN DEPARTAMENTO CAJAMARCA, Lambayeque - Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, 2015.
- [4] J. A. Pulgarín, Sistemas de producción de café en Colombia, Cenicafé, 2007.
- [5] R. G. García, «Caracterización de las Cadenas de valor y abastecimiento del sector agroindustrial del café,» *Cuad. Adm*, vol. 19, nº 31, pp. 197-217, 2006.
- [6] O. GUZMAN M., «Factores ambientales que influyen en el crecimiento del café.,» 1991.
- [7] M. S. MAROTO, El café, la cafeína y su relación con la salud y ciertas patologías, Universidad de Valladolid, 2015.
- [8] C. Oliveros, «Ingeniería y café en Colombia,» *Revista de Ingenieria. Universidad de los Andes*, nº 33, pp. 99-114, 2011.
- [9] I. J. G. Sánchez, Diseño y Prototipo de secador de café excelso automatizado con sistema SCADA., Pereira: Universidad Tecnológica, 2014.
- [10] L. A. T. López, PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE BENEFICIOS SECOS DE CAFÉ UTILIZANDO PLC, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005.
- [11] Instituto del café de Costa Rica, Guía Técnica para el Cultivo del Café, ICAFE (Instituto de Café de Costa Rica), 2011.
- [12] J. R. Márquez, Propuesta de Automatización del proceso para la elaboración del café gourmet en las etapas de mojado, tostado y molido, Mexico DF: Instituto Politécnico Nacional, 2013.

- [13] P. Y. G. Rosero, «Caracterización Física de café especial (coffea Arabica) en el municipio de Chachagui,» *Revista LASALLISTA de Investigacion*, vol. 12, nº 1, pp. 90-98, 2015.
- [14] H. L. C. Paz, Control y Automatización de una procesadora de café en el canton catamayo, Loja - Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 2004-2005.
- [15] S. M. G. M. K. B. J. B. J. Herrera, «Classification of coffee fruits based on ripeness and broca detection using image processing techniques,» vol. 14, nº 1, 2016.
- [16] R. Lizama, «Diseño e implementación de un prototipo automatizado para el procesamiento de pastas y líquidos,» vol. 10, nº 1, pp. 1-6, 2007.
- [17] M. M. González Meza, Factores de análisis para el cambio de un proceso manual a la automatización, Universidad de Sonora .División de Ingeniería, 2011.
- [18] P. Ponsa, «Diseño de Sistemas Interactivos Persona-Automatización,» [En línea]. Available: <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>. [Último acceso: 23 04 2017].
- [19] J. G. C. Lugo, «Metodología para realizar una automatización utilizando PLC,» *Impulso*, vol. 1, nº 1, pp. 18-21, 2005.
- [20] J. S. Bustamante, LABORATORIO REMOTO DE MOTORES ELÉCTRICOS BASADO EN UNA PLATAFORMA WEB Y EL SOFTWARE DE PROCESOS LABVIEW PARA EL ACOMPAÑAMIENTO DE ASIGNATURAS VIRTUALES EN TECNOPARQUE – SENA, Bogota: Universidad Piloto de Colombia, 2016, pp. 33-37.
- [21] Siemens, «Siemens,» [En línea]. Available: <https://support.industry.siemens.com/tedservices/DatasheetService/DatasheetService?format=pdf&mlfbs=6ES7215-1AG40-0XB0&language=en&caller=SIOS>. [Último acceso: 11 06 2017].
- [22] Siemens, «Siemens,» [En línea]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10045685?tree=CatalogTree>. [Último acceso: 11 06 2017].
- [23] Siemens, «Catalogo de Siemens/ Módulo de entradas digitales SM 321,» [En línea]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/5000055?tree=CatalogTree>. [Último acceso: 11 06 2017].



- [24] Siemens, «Catalogo Siemens/Módulo de entradas digitales SM 1221,» [En línea]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10045685?tree=CatalogTree>. [Último acceso: 11 06 2017].
- [25] Siemens, «6ES7315-2EH14-0AB0/ CPU315-2 PN/DP, 384 KB/Technical data,» Industry Online Support, [En línea]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/480032?pdtd=td&lc=en-WW>. [Último acceso: 11 06 2017].

## ANEXO A. REFERENCIAS DE DATASHEET

---

- **Datasheet LOGO 8**  
*[https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/Documents/logo\\_tech\\_data\\_basic\\_en.pdf](https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/Documents/logo_tech_data_basic_en.pdf)*
- **Datasheet PLC SIMATIC S7-1200 Páginas (11-21)**  
*<https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>*
- **Datasheet módulo de entrada PLC SIMATIC S7-1200**  
*<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1251/0900766b8125161a.pdf>*
- **Datasheet PLC SIMATIC S7-300**  
*<http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7300-CONFIGURACION.PDF>*
- **Datasheet módulo de entrada PLC SIMATIC S7-300**  
*<http://www.slo.lt/out/media/siemens.356ES7321-1BH02-0AA0.pdf>*
- **Datasheet módulo de salida PLC SIMATIC S7-300**  
*<https://support.industry.siemens.com/tedservices/DatasheetService/DatasheetService?format=pdf&mlfbs=6ES7322-1BL00-0AA0&language=en&caller=SIOS>*

## ANEXO B. MAPEO DE SEÑALES SECCIÓN RECEPCIÓN

En este Anexo se muestra el mapeo de señales de la sección recepción. Señales de entrada al PLC, tanto a los módulos configurados PNP como NPN, las señales de salida y las direcciones de memoria interna utilizadas.

### Entradas a módulos configurados como PNP

Las señales de esta sección son: confirmación de encendido, selector (habilitado/deshabilitado) y botón de emergencia. Estas señales son por motor

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
RPEC01	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 1	RPEC01_CO	%I0.0	N/A
		RPEC01_MA	%I0.1	
		RPEC01_MEG	%I0.2	
RPEC02	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 2	RPEC02_CO	%I0.3	
		RPEC02_MA	%I0.4	
		RPEC02_MEG	%I0.5	
RPBT01	BANDA PARRILLA N° 1	RPBT01_CO	%I0.6	
		RPBT01_MA	%I0.7	
		RPBT01_MEG	%I1.0	
RPVT01	VENTILADOR DE CISCO PARRILLA N° 1	RPVT01_CO	%I1.1	
		RPVT01_MA	%I1.2	
		RPVT01_MEG	%I1.3	

### Entradas a módulos configurados como NPN

En este módulo se recibe la señal disponibilidad correspondiente a la protección eléctrica del motor

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
RPEC01	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 1	RPEC01_DISP	%I8.0	N/A
RPEC02	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 2	RPEC02_DISP	%I8.1	
RPBT01	BANDA PARRILLA N° 1	RPBT01_DISP	%I8.2	
RPVT01	VENTILADOR DE CISCO PARRILLA N° 1	RPVT01_DISP	%I8.3	

### Salidas

Este módulo corresponde a la señal de activación de desactivación de cada motor

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
RPEC01	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 1	RPEC01_ONMOTOR	%Q0.0	N/A
RPEC02	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 2	RPEC02_ONMOTOR	%Q0.1	
RPBT01	BANDA PARRILLA N° 1	RPBT01_ONMOTOR	%Q0.2	
RPVT01	VENTILADOR DE CISCO PARRILLA N° 1	RPVT01_ONMOTOR	%Q0.3	

### Memorias Internas

Correspondientes a las variables por motor de Start virtual, Off virtual y selector habilitado e inhabilitado virtual

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
RPEC01	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 1	RPEC01_ST	%M0.0	N/A
		RPEC01_OF	%M0.1	
		RPEC01_HAB_INAH	%M0.2	
RPEC02	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 2	RPEC02_ST	%M0.3	
		RPEC02_OF	%M0.4	
		RPEC02_HAB_INAH	%M0.5	
RPBT01	BANDA PARRILLA N° 1	RPBT01_ST	%M0.6	
		RPBT01_OF	%M0.7	
		RPBT01_HAB_INAH	%M1.0	
RPVT01	VENTILADOR DE CISCO PARRILLA N° 1	RPVT01_ST	%M1.1	
		RPVT01_OF	%M1.2	
		RPVT01_HAB_INAH	%M1.3	

### ANEXO C. MAPEO DE SEÑALES SECCIÓN MECÁNICA

En este Anexo se muestra el mapeo de señales de la sección mecánica. Señales de entrada al PLC, tanto a los módulos configurados PNP como NPN, las señales de salida y las direcciones de memoria interna utilizadas.

#### Entradas a módulos configurados como PNP

Las señales de esta sección son: confirmación de encendido, selector (habilitado/deshabilitado) y botón de emergencia. Estas señales son por motor

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO	MODULO	GRUPO DEL MODULO				
SMBT01	BANDA CÁRCAMO SILOS	SMBT01_CO	%I0.0	GRUPO 1	1					
		SMBT01_MA	%I0.1							
		SMBT01_MEG	%I0.2							
SMEC24	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO N° 21	SMEC24_CO	%I0.3			GRUPO 1	1	1		
		SMEC24_MA	%I0.4							
		SMEC24_MEG	%I0.5							
CIVT03	VENTILADOR DE CISCO PERGAMINO	CIVT03_CO	%I0.6					GRUPO 1	1	
		CIVT03_MA	%I0.7							
		CIVT03_MEG	%I1.0							
SMMN01	MONITOR DE PERGAMINO	SMMN01_CO	%I1.1							GRUPO 1
		SMMN01_MA	%I1.2							
		SMMN01_MEG	%I1.3							
SMDP01-M1	DESPEDREGADORA N° 46	SMDP01-M1_CO	%I1.4	GRUPO 1	1					
		SMDP01-M1_MA	%I1.5							
		SMDP01-M1_MEG	%I1.6							
SMDP01-M2	DESPEDREGADORA N° 6	SMDP01-M2_CO	%I1.7			GRUPO 1	1			
		SMDP01-M2_MA	%I2.0							
		SMDP01-M2_MEG	%I2.1							
SMDP02-M1	DESPEDREGADORA N° 47	SMDP02-M1_CO	%I2.2					GRUPO 1	1	
		SMDP02-M1_MA	%I2.3							
		SMDP02-M1_MEG	%I2.4							
SMDP02-M2	DESPEDREGADORA N° 47	SMDP02-M2_CO	%I2.5							GRUPO 1
		SMDP02-M2_MA	%I2.6							
		SMDP02-M2_MEG	%I2.7							
SMEC25	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO N° 44	SMEC25_CO	%I3.0	GRUPO 1	1					
		SMEC25_MA	%I3.1							

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO	MODULO	GRUPO DEL MODULO	
		SMEC25_MEG	%I3.2			5	
CIVT01	VENTILADOR DE CISCO APOLO	CIVT01_CO	%I3.3				
		CIVT01_MA	%I3.4				
		CIVT01_MEG	%I3.5				
SMEC09	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 17	SMEC09_CO	%I3.6				
		SMEC09_MA	%I3.7				
		SMEC09_MEG	%I4.0				
SMEC08	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 16	SMEC08_CO	%I4.1				
		SMEC08_MA	%I4.2				
		SMEC08_MEG	%I4.3				
SMMN02	MONITOR DE PINHALENSE	SMMN02_CO	%I4.4	GRUPO 2		6	
		SMMN02_MA	%I4.5				
		SMMN02_MEG	%I4.6				
SMEC06	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 3	SMEC06_CO	%I4.7				
		SMEC06_MA	%I5.0				
		SMEC06_MEG	%I5.1				
SMEC15	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 39	SMEC15_CO	%I5.2				
		SMEC15_MA	%I5.3				
		SMEC15_MEG	%I5.4				
SMEC03	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 3	SMEC03_CO	%I5.5				
		SMEC03_MA	%I5.6				
		SMEC03_MEG	%I5.7				
SMCT07	CATADORA N° 30	SMCT07_CO	%I6.0				
		SMCT07_MA	%I6.1				
		SMCT07_MEG	%I6.2				
SMEC05	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 6	SMEC05_CO	%I6.3				
		SMEC05_MA	%I6.4				
		SMEC05_MEG	%I6.5				
SMEC14	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 38	SMEC14_CO	%I6.6				
		SMEC14_MA	%I6.7				
		SMEC14_MEG	%I7.0				
SMCT06	CATADORA N° 12	SMCT06_CO	%I7.1	GRUPO 3		8	
			SMCT06_MA				%I7.2
			SMCT06_MEG				%I7.3
SMCT05	CATADORA N° 11	SMCT05_CO	%I7.4				
		SMCT05_MA	%I7.5				
		SMCT05_MEG	%I7.6				

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO	MODULO	GRUPO DEL MODULO
SMCT09	CATADORA N° 42	SMCT09_CO SMCT09_MA SMCT09_MEG	%I7.7 %I8.0 %I8.1			1
SMCT04	CATADORA N° 10	SMCT04_CO SMCT04_MA SMCT04_MEG	%I8.2 %I8.3 %I8.4			
SMCT08	CATADORA N° 41	SMCT08_CO SMCT08_MA SMCT08_MEG	%I8.5 %I8.6 %I8.7			
SMCT03	CATADORA N° 9	SMCT03_CO SMCT03_MA SMCT03_MEG	%I9.0 %I9.1 %I9.2			2
SMCT02	CATADORA N° 8	SMCT02_CO SMCT02_MA SMCT02_MEG	%I9.3 %I9.4 %I9.5			
SMEC12	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 34	SMEC12_CO SMEC12_MA SMEC12_MEG	%I9.6 %I9.7 %I10.0	GRUPO 4	2	3
M34	ELEVADOR N° 36	M34_CO M34_MA M34_MEG	%I10.1 %I10.2 %I10.3			
SMEC18	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 49	SMEC18_CO SMEC18_MA SMEC18_MEG	%I10.4 %I10.5 %I10.6			
SMEC17	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 48	SMEC17_CO SMEC17_MA SMEC17_MEG	%I10.7 %I11.0 %I11.1			
SMBT02	BANDA PASILLA CATADORAS	SMBT02_CO SMBT02_MA SMBT02_MEG	%I11.2 %I11.3 %I11.4			GRUPO 5
SMST05-M1	STEEL N° 26	SMST05-M1_CO SMST05-M1_MA SMST05-M1_MEG	%I11.5 %I11.6 %I11.7			
SMST05-M2	STEEL N° 26	SMST05-M2_CO SMST05-M2_MA SMST05-M2_MEG	%I12.0 %I12.1 %I12.2	5		

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO	MODULO	GRUPO DEL MODULO
SMST04-M1	STEEL N° 25	SMST04-M1_CO SMST04-M1_MA SMST04-M1_MEG	%I12.3 %I12.4 %I12.5	GRUPO 6		
SMST04-M2	STEEL N° 25	SMST04-M2_CO SMST04-M2_MA SMST04-M2_MEG	%I12.6 %I12.7 %I13.0			
SMST03-M1	STEEL N° 24	SMST03-M1_CO SMST03-M1_MA SMST03-M1_MEG	%I13.1 %I13.2 %I13.3	GRUPO 7		6
SMST03-M2	STEEL N° 24	SMST03-M2_CO SMST03-M2_MA SMST03-M2_MEG	%I13.4 %I13.5 %I13.6			
SMST02-M1	STEEL N° 23	SMST02-M1_CO SMST02-M1_MA SMST02-M1_MEG	%I13.7 %I14.0 %I14.1	GRUPO 8		
SMST02-M2	STEEL N° 23	SMST02-M2_CO SMST02-M2_MA SMST02-M2_MEG	%I14.2 %I14.3 %I14.4			
SMST01-M1	STEEL N° 22	SMST01-M1_CO SMST01-M1_MA SMST01-M1_MEG	%I14.5 %I14.6 %I14.7	GRUPO 9	8	
SMST01-M2	STEEL N° 22	SMST01-M2_CO SMST01-M2_MA SMST01-M2_MEG	%I15.0 %I15.1 %I15.2			
SMST06-M1	STEEL N° 32	SMST06-M1_CO SMST06-M1_MA SMST06-M1_MEG	%I15.3 %I15.4 %I15.5	GRUPO 10		
SMST06-M2	STEEL N° 32	SMST06-M2_CO SMST06-M2_MA SMST06-M2_MEG	%I15.6 %I15.7 %I16.0			
SMST07-M1	STEEL N° 35	SMST07-M1_CO SMST07-M1_MA SMST07-M1_MEG	%I16.1 %I16.2 %I16.3	GRUPO 11	3	1
SMST07-M2	STEEL N° 35	SMST07-M2_CO SMST07-M2_MA SMST07-M2_MEG	%I16.4 %I16.5 %I16.6			



CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO	MODULO	GRUPO DEL MODULO				
SMEC19	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° A	SMEC19_CO	%I16.7	GRUPO 12						
		SMEC19_MA	%I17.0							
		SMEC19_MEG	%I17.1							
SMEC20	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° B	SMEC20_CO	%I17.2			GRUPO 12		2		
		SMEC20_MA	%I17.3							
		SMEC20_MEG	%I17.4							
SMEC02	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 2	SMEC02_CO	%I17.5					GRUPO 12		
		SMEC02_MA	%I17.6							
		SMEC02_MEG	%I17.7							
SMEC04	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 4	SMEC04_CO	%I18.0							GRUPO 12
		SMEC04_MA	%I18.1							
		SMEC04_MEG	%I18.2							
SMEC16	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 40	SMEC16_CO	%I18.3	GRUPO 12						
		SMEC16_MA	%I18.4							
		SMEC16_MEG	%I18.5							
SMEC10	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 19	SMEC10_CO	%I18.6			GRUPO 12				
		SMEC10_MA	%I18.7							
		SMEC10_MEG	%I19.0							
SMEC01	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 1	SMEC01_CO	%I19.1					GRUPO 12		
		SMEC01_MA	%I19.2							
		SMEC01_MEG	%I19.3							
SMEC13	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 37	SMEC13_CO	%I19.4							GRUPO 12
		SMEC13_MA	%I19.5							
		SMEC13_MEG	%I19.6							
SMEC21	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° C	SMEC21_CO	%I19.7	GRUPO 12						
		SMEC21_MA	%I20.0							
		SMEC21_MEG	%I20.1							
RPEC03	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 50	RPEC03_CO	%I20.2			GRUPO 15				
		RPEC03_MA	%I20.3							
		RPEC03_MEG	%I20.4							
SMBT03	BANDA PARRILLA N° 2	SMBT03_CO	%I20.5					GRUPO 15		
		SMBT03_MA	%I20.6							
		SMBT03_MEG	%I20.7							
RPVT02	VENTILADOR DE CISCO PARRILLA N° 2	RPVT02_CO	%I21.0			GRUPO 15				
		RPVT02_MA	%I21.1							
		RPVT02_MEG	%I21.2							
SMTR01	TRILLADORA APOLLO N° 4	SMTR01_CO	%I21.3	INDIVIDUAL						

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO	MODULO	GRUPO DEL MODULO
		SMTR01_MA	%I21.4			
		SMTR01_MEG	%I21.5			
SMCT01	CATADORA N° 7	SMCT01_CO	%I21.6			
		SMCT01_MA	%I21.7			
		SMCT01_MEG	%I22.0			
SMEC07	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 14	SMEC07_CO	%I22.1			7
		SMEC07_MA	%I22.2			
		SMEC07_MEG	%I22.3			
SMCL03	CILINDRO MALLA 16 2	SMCL03_CO	%I22.4			
		SMCL03_MA	%I22.5			
		SMCL03_MEG	%I22.6			
SMCL02	CILINDRO MALLA 17 3	SMCL02_CO	%I22.7			
		SMCL02_MA	%I23.0			
		SMCL02_MEG	%I23.1			
M64	MAQUINA PULIDORA	M64_CO	%I23.2			8
		M64_MA	%I23.3			
		M64_MEG	%I23.4			
M78	BANDA ESCOGEDURIA N° 1	M78_CO	%I23.5			
		M78_MA	%I23.6			
		M78_MEG	%I23.7			
M79	BANDA ESCOGEDURIA N° 2	M79_CO	%I24.0			
		M79_MA	%I24.1			
		M79_MEG	%I24.2			
M80	ELEVADOR DOBLE N° D	M80_CO	%I24.3			1
		M80_MA	%I24.4			
		M80_MEG	%I24.5			
M81	CILINDRO MALLA N° 16	M81_CO	%I24.6		4	
		M81_MA	%I24.7			
		M81_MEG	%I25.0			
M82	CILINDRO MALLA N° 17	M82_CO	%I25.1			2
		M82_MA	%I25.2			
		M82_MEG	%I25.3			
M83	ELEVADOR # E MALLA N° 16	M83_CO	%I25.4			
		M83_MA	%I25.5			
		M83_MEG	%I25.6			

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO	MODULO	GRUPO DEL MODULO
M84	ELEVADOR #F MALLA N° 17	M84_CO	%I25.7			3
		M84_MA	%I26.0			
		M84_MEG	%I26.1			
M85	VENTILADOR ELECTRONICAS	M85_CO	%I26.2			
		M85_MA	%I26.3			
		M85_MEG	%I26.4			
M86	VENTILADOR RETORNO DE POLVO	M86_CO	%I26.5			
		M86_MA	%I26.6			
		M86_MEG	%I26.7			

#### Entradas a módulos configurados como NPN

En este módulo se recibe la señal disponibilidad correspondiente a la protección eléctrica del motor

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO	MODULO	GRUPO DEL MODULO
SMBT01	BANDA CÁRCAMO SILOS	SMBT01_DISP	%I31.0	GRUPO 1	4	8
SMEC24	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO N° 21	SMEC24_DISP	%I31.1			
CIVT03	VENTILADOR DE CISCO PERGAMINO	CIVT03_DISP	%I31.2			
SMMN01	MONITOR DE PERGAMINO	SMMN01_DISP	%I31.3			
SMDP01-M1	DESPEDREGADORA N° 46	SMDP01-M1_DISP	%I31.4			
SMDP01-M2	DESPEDREGADORA N° 46	SMDP01-M2_DISP	%I31.5			
SMDP02-M1	DESPEDREGADORA N° 47	SMDP02-M1_DISP	%I31.6			
SMDP02-M2	DESPEDREGADORA N° 47	SMDP02-M2_DISP	%I31.7			
SMEC25	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO N° 44	SMEC25_DISP	%I32.0		5	1
CIVT01	VENTILADOR DE CISCO APOLO	CIVT01_DISP	%I32.1			
SMEC09	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 17	SMEC09_DISP	%I32.2			
SMEC08	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 16	SMEC08_DISP	%I32.3			
SMMN02	MONITOR DE PINHALENSE	SMMN02_DISP	%I32.4			
SMEC06	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA NO. 13	SMEC06_DISP	%I32.5			
SMEC15	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 39	SMEC15_DISP	%I32.6			
SMEC03	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 3	SMEC03_DISP	%I32.7	GRUPO 2	2	
SMCT07	CATADORA N° 30	SMCT07_DISP	%I33.0			

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO	MODULO	GRUPO DEL MODULO
SMEC05	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 6	SMEC05_DISP	%I33.1			
SMEC14	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 38	SMEC14_DISP	%I33.2			
SMCT06	CATADORA N° 12	SMCT06_DISP	%I33.3			
SMCT05	CATADORA N° 11	SMCT05_DISP	%I33.4			
SMCT09	CATADORA N° 42	SMCT09_DISP	%I33.5			
SMCT04	CATADORA N° 10	SMCT04_DISP	%I33.6	GRUPO 3		
SMCT08	CATADORA N° 41	SMCT08_DISP	%I33.7			
SMCT03	CATADORA N° 9	SMCT03_DISP	%I34.0			
SMCT02	CATADORA N° 8	SMCT02_DISP	%I34.1			
SMEC12	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 34	SMEC12_DISP	%I34.2			
M34	ELEVADOR N° 6	M34_DISP	%I34.3			
SMEC18	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 49	SMEC18_DISP	%I34.4	GRUPO 4		3
SMEC17	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 48	SMEC17_DISP	%I34.5			
SMBT02	BANDA PASILLA CATADORAS	SMBT02_DISP	%I34.6			
SMST05-M1	STEEL N° 26	SMST05-M1_DISP	%I34.7	GRUPO 5		
SMST05-M2	STEEL N° 26	SMST05-M2_DISP	%I35.0			
SMST04-M1	STEEL N° 25	SMST04-M1_DISP	%I35.1	GRUPO 6		
SMST04-M2	STEEL N° 25	SMST04-M2_DISP	%I35.2			
SMST03-M1	STEEL N° 24	SMST03-M1_DISP	%I35.3	GRUPO 7		
SMST03-M2	STEEL N° 24	SMST03-M2_DISP	%I35.4			
SMST02-M1	STEEL N° 23	SMST02-M1_DISP	%I35.5	GRUPO 8		
SMST02-M2	STEEL N° 23	SMST02-M2_DISP	%I35.6			
SMST01-M1	STEEL N° 22	SMST01-M1_DISP	%I35.7	GRUPO 9		
SMST01-M2	STEEL N° 22	SMST01-M2_DISP	%I36.0			
SMST06-M1	STEEL N° 32	SMST06-M1_DISP	%I36.1	GRUPO 10		
SMST06-M2	STEEL N° 32	SMST06-M2_DISP	%I36.2			
SMST07-M1	STEEL N° 35	SMST07-M1_DISP	%I36.3	GRUPO 11		
SMST07-M2	STEEL N° 35	SMST07-M2_DISP	%I36.4			
SMEC19	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° A	SMEC19_DISP	%I36.5			
SMEC20	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° B	SMEC20_DISP	%I36.6			
SMEC02	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 2	SMEC02_DISP	%I36.7	GRUPO 12		
SMEC04	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 4	SMEC04_DISP	%I37.0			6

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO	MODULO	GRUPO DEL MODULO
SMEC16	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 40	SMEC16_DISP	%I37.1			
SMEC10	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 19	SMEC10_DISP	%I37.2			
SMEC01	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 1	SMEC01_DISP	%I37.3			
SMEC13	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 37	SMEC13_DISP	%I37.4			
SMEC21	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° C	SMEC21_DISP	%I37.5			
RPEC03	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 50	RPEC03_DISP	%I37.6			
SMBT03	BANDA PARRILLA N° 2	SMBT03_DISP	%I37.7	GRUPO 15		
RPVT02	VENTILADOR DE CISCO PARRILLA N° 2	RPVT02_DISP	%I38.0			
SMTR01	TRILLADORA APOLLO N° 4	SMTR01_DISP	%I38.1			
SMCT01	CATADORA N° 7	SMCT01_DISP	%I38.2			
SMEC07	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 14	SMEC07_DISP	%I38.3			7
SMCL03	CILINDRO MALLA 16 2	SMCL03_DISP	%I38.4			
SMCL02	CILINDRO MALLA 17 3	SMCL02_DISP	%I38.5			
M64	MAQUINA PULIDORA	M64_DISP	%I38.6			
M78	BANDA ESCOGEDURIA N° 1	M78_DISP	%I38.7			
M79	BANDA ESCOGEDURIA N° 2	M79_DISP	%I39.0	INDIVIDUAL		
M80	ELEVADOR DOBLE N° D	M80_DISP	%I39.1			
M81	CILINDRO MALLA N° 16	M81_DISP	%I39.2			
M82	CILINDRO MALLA N° 17	M82_DISP	%I39.3			
M83	ELEVADOR # E MALLA N° 16	M83_DISP	%I39.4			8
M84	ELEVADOR #F MALLA N° 17	M84_DISP	%I39.5			
M85	VENTILADOR ELECTRONICAS	M85_DISP	%I39.6			
M86	VENTILADOR RETORNO DE POLVO	M86_DISP	%I39.7			

Salidas

Este módulo corresponde a la señal de activación de desactivación de cada motor

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCION PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
SMBT01	BANDA CÁRCAMO SILOS	SMBT01_ONMOTOR	%Q16.0	GRUPO 1
SMEC24	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO N° 21	SMEC24_ONMOTOR	%Q16.1	
CIVT03	VENTILADOR DE CISCO PERGAMINO	CIVT03_ONMOTOR	%Q16.2	
SMMN01	MONITOR DE PERGAMINO	SMMN01_ONMOTOR	%Q16.3	
SMDP01-M1	DESPEDEGADORA N° 46	SMDP01-M1_ONMOTOR	%Q16.4	
SMDP01-M2	DESPEDEGADORA N° 46	SMDP01-M2_ONMOTOR	%Q16.5	
SMDP02-M1	DESPEDEGADORA N° 47	SMDP02-M1_ONMOTOR	%Q16.6	
SMDP02-M2	DESPEDEGADORA N° 47	SMDP02-M2_ONMOTOR	%Q16.7	
SMEC25	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO N° 44	SMEC25_ONMOTOR	%Q17.0	
CIVT01	VENTILADOR DE CISCO APOLO	CIVT01_ONMOTOR	%Q17.1	
SMEC09	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 17	SMEC09_ONMOTOR	%Q17.2	
SMEC08	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 16	SMEC08_ONMOTOR	%Q17.3	
SMMN02	MONITOR DE PINHALENSE	SMMN02_ONMOTOR	%Q17.4	
SMEC06	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 3	SMEC06_ONMOTOR	%Q17.5	
SMEC15	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 39	SMEC15_ONMOTOR	%Q17.6	
SMEC03	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 3	SMEC03_ONMOTOR	%Q17.7	
SMCT07	CATADORA N° 30	SMCT07_ONMOTOR	%Q18.0	
SMEC05	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 6	SMEC05_ONMOTOR	%Q18.1	
SMEC14	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 38	SMEC14_ONMOTOR	%Q18.2	
SMCT06	CATADORA N° 12	SMCT06_ONMOTOR	%Q18.3	GRUPO 3
SMCT05	CATADORA N° 11	SMCT05_ONMOTOR	%Q18.4	
SMCT09	CATADORA N° 42	SMCT09_ONMOTOR	%Q18.5	
SMCT04	CATADORA N° 10	SMCT04_ONMOTOR	%Q18.6	
SMCT08	CATADORA N° 41	SMCT08_ONMOTOR	%Q18.7	
SMCT03	CATADORA N° 9	SMCT03_ONMOTOR	%Q19.0	
SMCT02	CATADORA N° 8	SMCT02_ONMOTOR	%Q19.1	
SMEC12	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 34	SMEC12_ONMOTOR	%Q19.2	GRUPO 4
M34	ELEVADOR N° 36	M34_ONMOTOR	%Q19.3	
SMEC18	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 49	SMEC18_ONMOTOR	%Q19.4	
SMEC17	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 48	SMEC17_ONMOTOR	%Q19.5	
SMBT02	BANDA PASILLA CATADORAS	SMBT02_ONMOTOR	%Q19.6	
SMST05-M1	STEEL N° 26	SMST05-M1_ONMOTOR	%Q19.7	GRUPO 5

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCION PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
SMST05-M2	STEEL N° 26	SMST05-M2_ONMOTOR	%Q20.0	
SMST04-M1	STEEL N° 25	SMST04-M1_ONMOTOR	%Q20.1	GRUPO 6
SMST04-M2	STEEL N° 25	SMST04-M2_ONMOTOR	%Q20.2	
SMST03-M1	STEEL N° 24	SMST03-M1_ONMOTOR	%Q20.3	GRUPO 7
SMST03-M2	STEEL N° 24	SMST03-M2_ONMOTOR	%Q20.4	
SMST02-M1	STEEL N° 23	SMST02-M1_ONMOTOR	%Q20.5	GRUPO 8
SMST02-M2	STEEL N° 23	SMST02-M2_ONMOTOR	%Q20.6	
SMST01-M1	STEEL N° 22	SMST01-M1_ONMOTOR	%Q20.7	GRUPO 9
SMST01-M2	STEEL N° 22	SMST01-M2_ONMOTOR	%Q21.0	
SMST06-M1	STEEL N° 32	SMST06-M1_ONMOTOR	%Q21.1	GRUPO 10
SMST06-M2	STEEL N° 32	SMST06-M2_ONMOTOR	%Q21.2	
SMST07-M1	STEEL N° 35	SMST07-M1_ONMOTOR	%Q21.3	GRUPO 11
SMST07-M2	STEEL N°. 35	SMST07-M2_ONMOTOR	%Q21.4	
SMEC19	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° A	SMEC19_ONMOTOR	%Q21.5	GRUPO 12
SMEC20	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° B	SMEC20_ONMOTOR	%Q21.6	
SMEC02	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 2	SMEC02_ONMOTOR	%Q21.7	
SMEC04	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 4	SMEC04_ONMOTOR	%Q22.0	
SMEC16	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 40	SMEC16_ONMOTOR	%Q22.1	
SMEC10	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 19	SMEC10_ONMOTOR	%Q22.2	
SMEC01	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 1	SMEC01_ONMOTOR	%Q22.3	
SMEC13	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 37	SMEC13_ONMOTOR	%Q22.4	
SMEC21	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° C	SMEC21_ONMOTOR	%Q22.5	
RPEC03	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 50	RPEC03_ONMOTOR	%Q22.6	GRUPO 15
SMBT03	BANDA PARRILLA N° 2	SMBT03_ONMOTOR	%Q22.7	
RPVT02	VENTILADOR DE CISCO PARRILLA N° 2	RPVT02_ONMOTOR	%Q23.0	
SMTR01	TRILLADORA APOLLO N° 4	SMTR01_ONMOTOR	%Q23.1	INDIVIDUAL
SMCT01	CATADORA N° 7	SMCT01_ONMOTOR	%Q23.2	
SMEC07	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 14	SMEC07_ONMOTOR	%Q23.3	
SMCL03	CILINDRO MALLA 16 2	SMCL03_ONMOTOR	%Q23.4	
SMCL02	CILINDRO MALLA 17 3	SMCL02_ONMOTOR	%Q23.5	

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCION PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
M64	MAQUINA PULIDORA	M64_ONMOTOR	%Q23.6	
M78	BANDA ESCOGEDURIA N° 1	M78_ONMOTOR	%Q23.7	
M79	BANDA ESCOGEDURIA N° 2	M79_ONMOTOR	%Q24.0	
M80	ELEVADOR DOBLE N° D	M80_ONMOTOR	%Q24.1	
M81	CILINDRO MALLA N° 16	M81_ONMOTOR	%Q24.2	
M82	CILINDRO MALLA N° 17	M82_ONMOTOR	%Q24.3	
M83	ELEVADOR # E MALLA N° 16	M83_ONMOTOR	%Q24.4	
M84	ELEVADOR #F MALLA N° 17	M84_ONMOTOR	%Q24.5	
M85	VENTILADOR ELECTRONICAS	M85_ONMOTOR	%Q24.6	
M86	VENTILADOR RETORNO DE POLVO	M86_ONMOTOR	%Q24.7	

### Memorias Internas

Correspondientes a las variables por motor de Start virtual, Off virtual y selector habilitado e inhabilitado virtual

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
SMBT01	BANDA CÁRCAMO SILOS	SMBT01_ST	%M0.0	GRUPO 1
		SMBT01_OF	%M0.1	
		SMBT01_HAB_INAH	%M0.2	
SMEC24	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO N° 21	SMEC24_ST	%M0.3	
		SMEC24_OF	%M0.4	
		SMEC24_HAB_INAH	%M0.5	
CIVT03	VENTILADOR DE CISCO PERGAMINO	CIVT03_ST	%M0.6	
		CIVT03_OF	%M0.7	
		CIVT03_HAB_INAH	%M1.0	
SMMN01	MONITOR DE PERGAMINO	SMMN01_ST	%M1.1	
		SMMN01_OF	%M1.2	
		SMMN01_HAB_INAH	%M1.3	
SMDP01-M1	DESPEDREGADORA N°. 46	SMDP01-M1_ST	%M1.4	
		SMDP01-M1_OF	%M1.5	
		SMDP01-M1_HAB_INAH	%M1.6	
SMDP01-M2	DESPEDREGADORA N° 46	SMDP01-M2_ST	%M1.7	
		SMDP01-M2_OF	%M2.0	
		SMDP01-M2_HAB_INAH	%M2.1	
	DESPEDREGADORA N° 47	SMDP02-M1_ST	%M2.2	



CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
SMDP02-M1		SMDP02-M1_OF	%M2.3	
		SMDP02-M1_HAB_INAH	%M2.4	
SMDP02-M2	DESPEDREGADORA N° 47	SMDP02-M2_ST	%M2.5	
		SMDP02-M2_OF	%M2.6	
		SMDP02-M2_HAB_INAH	%M2.7	
SMEC25	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO N° 44	SMEC25_ST	%M3.0	
		SMEC25_OF	%M3.1	
		SMEC25_HAB_INAH	%M3.2	
CIVT01	VENTILADOR DE CISCO APOLO	CIVT01_ST	%M3.3	
		CIVT01_OF	%M3.4	
		CIVT01_HAB_INAH	%M3.5	
SMEC09	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N. 17	SMEC09_ST	%M3.6	
		SMEC09_OF	%M3.7	
		SMEC09_HAB_INAH	%M4.0	
SMEC08	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 16	SMEC08_ST	%M4.1	
		SMEC08_OF	%M4.2	
		SMEC08_HAB_INAH	%M4.3	
SMMN02	MONITOR DE PINHALENSE	SMMN02_ST	%M4.4	
		SMMN02_OF	%M4.5	
		SMMN02_HAB_INAH	%M4.6	
SMEC06	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 13	SMEC06_ST	%M4.7	
		SMEC06_OF	%M5.0	
		SMEC06_HAB_INAH	%M5.1	
SMEC15	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 39	SMEC15_ST	%M5.2	
		SMEC15_OF	%M5.3	
		SMEC15_HAB_INAH	%M5.4	
SMEC03	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 3	SMEC03_ST	%M5.5	
		SMEC03_OF	%M5.6	
		SMEC03_HAB_INAH	%M5.7	
SMCT07	CATADORA N°. 30	SMCT07_ST	%M6.0	
		SMCT07_OF	%M6.1	
		SMCT07_HAB_INAH	%M6.2	
SMEC05	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 6	SMEC05_ST	%M6.3	
		SMEC05_OF	%M6.4	
		SMEC05_HAB_INAH	%M6.5	
SMEC14	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 38	SMEC14_ST	%M6.6	
		SMEC14_OF	%M6.7	

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
		SMEC14_HAB_INAH	%M7.0	
SMCT06	CATADORA N° 12	SMCT06_ST SMCT06_OF SMCT06_HAB_INAH	%M7.1 %M7.2 %M7.3	GRUPO 3
SMCT05	CATADORA N° 11	SMCT05_ST SMCT05_OF SMCT05_HAB_INAH	%M7.4 %M7.5 %M7.6	
SMCT09	CATADORA N° 42	SMCT09_ST SMCT09_OF SMCT09_HAB_INAH	%M7.7 %M8.0 %M8.1	
SMCT04	CATADORA N° 10	SMCT04_ST SMCT04_OF SMCT04_HAB_INAH	%M8.2 %M8.3 %M8.4	
SMCT08	CATADORA N° 41	SMCT08_ST SMCT08_OF SMCT08_HAB_INAH	%M8.5 %M8.6 %M8.7	
SMCT03	CATADORA N° 9	SMCT03_ST SMCT03_OF SMCT03_HAB_INAH	%M9.0 %M9.1 %M9.2	
SMCT02	CATADORA N° 8	SMCT02_ST SMCT02_OF SMCT02_HAB_INAH	%M9.3 %M9.4 %M9.5	
SMEC12	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA NO N°	SMEC12_ST SMEC12_OF SMEC12_HAB_INAH	%M9.6 %M9.7 %M10.0	
M34	ELEVADOR N° 6	M34_ST M34_OF M34_HAB_INAH	%M10.1 %M10.2 %M10.3	
SMEC18	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 49	SMEC18_ST SMEC18_OF SMEC18_HAB_INAH	%M10.4 %M10.5 %M10.6	
SMEC17	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 48	SMEC17_ST SMEC17_OF SMEC17_HAB_INAH	%M10.7 %M11.0 %M11.1	
SMBT02	BANDA PASILLA CATADORAS	SMBT02_ST SMBT02_OF	%M11.2 %M11.3	

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
		SMBT02_HAB_INAH	%M11.4	
SMST05-M1	STEEL N° 26	SMST05-M1_ST SMST05-M1_OF SMST05-M1_HAB_INAH	%M11.5 %M11.6 %M11.7	GRUPO 5
SMST05-M2	STEEL N° 26	SMST05-M2_ST SMST05-M2_OF SMST05-M2_HAB_INAH	%M12.0 %M12.1 %M12.2	
SMST04-M1	STEEL N° 25	SMST04-M1_ST SMST04-M1_OF SMST04-M1_HAB_INAH	%M12.3 %M12.4 %M12.5	GRUPO 6
SMST04-M2	STEEL N° 25	SMST04-M2_ST SMST04-M2_OF SMST04-M2_HAB_INAH	%M12.6 %M12.7 %M13.0	
SMST03-M1	STEEL N° 24	SMST03-M1_ST SMST03-M1_OF SMST03-M1_HAB_INAH	%M13.1 %M13.2 %M13.3	GRUPO 7
SMST03-M2	STEEL N° 24	SMST03-M2_ST SMST03-M2_OF SMST03-M2_HAB_INAH	%M13.4 %M13.5 %M13.6	
SMST02-M1	STEEL N° 23	SMST02-M1_ST SMST02-M1_OF SMST02-M1_HAB_INAH	%M13.7 %M14.0 %M14.1	GRUPO 8
SMST02-M2	STEEL N° 23	SMST02-M2_ST SMST02-M2_OF SMST02-M2_HAB_INAH	%M14.2 %M14.3 %M14.4	
SMST01-M1	STEEL N° 22	SMST01-M1_ST SMST01-M1_OF SMST01-M1_HAB_INAH	%M14.5 %M14.6 %M14.7	GRUPO 9
SMST01-M2	STEEL N° 22	SMST01-M2_ST SMST01-M2_OF SMST01-M2_HAB_INAH	%M15.0 %M15.1 %M15.2	
SMST06-M1	STEEL N° 32	SMST06-M1_ST SMST06-M1_OF SMST06-M1_HAB_INAH	%M15.3 %M15.4 %M15.5	GRUPO 10
SMST06-M2	STEEL N° 32	SMST06-M2_ST SMST06-M2_OF	%M15.6 %M15.7	

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
		SMST06-M2_HAB_INAH	%M16.0	
SMST07-M1	STEEL N° 35	SMST07-M1_ST SMST07-M1_OF SMST07-M1_HAB_INAH	%M16.1 %M16.2 %M16.3	GRUPO 11
SMST07-M2	STEEL N° 35	SMST07-M2_ST SMST07-M2_OF SMST07-M2_HAB_INAH	%M16.4 %M16.5 %M16.6	
SMEC19	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° A	SMEC19_ST SMEC19_OF SMEC19_HAB_INAH	%M16.7 %M17.0 %M17.1	GRUPO 12
SMEC20	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° B	SMEC20_ST SMEC20_OF SMEC20_HAB_INAH	%M17.2 %M17.3 %M17.4	
SMEC02	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 2	SMEC02_ST SMEC02_OF SMEC02_HAB_INAH	%M17.5 %M17.6 %M17.7	
SMEC04	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 4	SMEC04_ST SMEC04_OF SMEC04_HAB_INAH	%M18.0 %M18.1 %M18.2	
SMEC16	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 40	SMEC16_ST SMEC16_OF SMEC16_HAB_INAH	%M18.3 %M18.4 %M18.5	
SMEC10	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 19	SMEC10_ST SMEC10_OF SMEC10_HAB_INAH	%M18.6 %M18.7 %M19.0	
SMEC01	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 1	SMEC01_ST SMEC01_OF SMEC01_HAB_INAH	%M19.1 %M19.2 %M19.3	
SMEC13	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 37	SMEC13_ST SMEC13_OF SMEC13_HAB_INAH	%M19.4 %M19.5 %M19.6	
SMEC21	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° C	SMEC21_ST SMEC21_OF SMEC21_HAB_INAH	%M19.7 %M20.0 %M20.1	
RPEC03	ELEVADOR DE CANGILONES PERGAMINO PARRILLA N° 50	RPEC03_ST RPEC03_OF RPEC03_HAB_INAH	%M20.2 %M20.3 %M20.4	

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
SMBT03	BANDA PARRILLA N° 2	SMBT03_ST	%M20.5	
		SMBT03_OF	%M20.6	
		SMBT03_HAB_INAH	%M20.7	
RPVT02	VENTILADOR DE CISCO PARRILLA N° 2	RPVT02_ST	%M21.0	
		RPVT02_OF	%M21.1	
		RPVT02_HAB_INAH	%M21.2	
SMTR01	TRILLADORA APOLLO N° 4	SMTR01_ST	%M21.3	
		SMTR01_OF	%M21.4	
		SMTR01_HAB_INAH	%M21.5	
SMCT01	CATADORA N° 7	SMCT01_ST	%M21.6	
		SMCT01_OF	%M21.7	
		SMCT01_HAB_INAH	%M22.0	
SMEC07	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA N° 14	SMEC07_ST	%M22.1	
		SMEC07_OF	%M22.2	
		SMEC07_HAB_INAH	%M22.3	
SMCL03	CILINDRO MALLA 16 2	SMCL03_ST	%M22.4	
		SMCL03_OF	%M22.5	
		SMCL03_HAB_INAH	%M22.6	
SMCL02	CILINDRO MALLA 17 3	SMCL02_ST	%M22.7	
		SMCL02_OF	%M23.0	
		SMCL02_HAB_INAH	%M23.1	
M64	MAQUINA PULIDORA	M64_ST	%M23.2	
		M64_OF	%M23.3	
		M64_HAB_INAH	%M23.4	
M78	BANDA ESCOGEDURIA N° 1	M78_ST	%M23.5	
		M78_OF	%M23.6	
		M78_HAB_INAH	%M23.7	
M79	BANDA ESCOGEDURIA N° 2	M79_ST	%M24.0	
		M79_OF	%M24.1	
		M79_HAB_INAH	%M24.2	
M80	ELEVADOR DOBLE N° D	M80_ST	%M24.3	
		M80_OF	%M24.4	
		M80_HAB_INAH	%M24.5	
M81	CILINDRO MALLA N° 16	M81_ST	%M24.6	
		M81_OF	%M24.7	

INDIVIDUAL

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN PLC	GRUPO DE ENCENDIDO
		M81_HAB_INAH	%M25.0	
M82	CILINDRO MALLA N° 17	M82_ST	%M25.1	
		M82_OF	%M25.2	
		M82_HAB_INAH	%M25.3	
M83	ELEVADOR # E MALLA N° 16	M83_ST	%M25.4	
		M83_OF	%M25.5	
		M83_HAB_INAH	%M25.6	
M84	ELEVADOR #F MALLA N° 17	M84_ST	%M25.7	
		M84_OF	%M26.0	
		M84_HAB_INAH	%M26.1	
M85	VENTILADOR ELECTRONICAS	M85_ST	%M26.2	
		M85_OF	%M26.3	
		M85_HAB_INAH	%M26.4	
M86	VENTILADOR RETORNO DE POLVO	M86_ST	%M26.5	
		M86_OF	%M26.6	
		M86_HAB_INAH	%M26.7	

## ANEXO D. MAPEO DE SEÑALES SECCIÓN ELECTRÓNICA

En este Anexo se muestra el mapeo de señales de la sección electrónica. Señales de entrada al PLC, tanto a los módulos configurados PNP como NPN, las señales de salida y las direcciones de memoria interna utilizadas.

### Entradas a módulos configurados como PNP

Las señales de esta sección son: confirmación de encendido, selector (habilitado/deshabilitado) y botón de emergencia. Estas señales son por motor

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN
SEEC06	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 6	SEEC06_CO	%I0.0
		SEEC06_MA	%I0.1
		SEEC06_MEG	%I0.2
SETF01	TRANSPORTADOR SIN FIN	SETF01_CO	%I0.3
		SETF01_MA	%I0.4
		SETF01_MEG	%I0.5
SEBT02	BANDA RECHAZO ELECTRÓNICAS	SEBT02_CO	%I0.6
		SEBT02_MA	%I0.7
		SEBT02_MEG	%I1.0
SMBT06	BANDA ACEPTADO ELECTRÓNICAS	SMBT06_CO	%I1.1
		SMBT06_MA	%I1.2
		SMBT06_MEG	%I1.3
SEEA01	EXTRACTOR DE AIRE ELECTRÓNICAS 01	SEEA01_CO	%I1.4
		SEEA01_MA	%I1.5
		SEEA01_MEG	%I1.6
SEEA02	EXTRACTOR DE AIRE ELECTRÓNICAS 02	SEEA02_CO	%I1.7
		SEEA02_MA	%I2.0
		SEEA02_MEG	%I2.1
SEEC01	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 1	SEEC01_CO	%I2.2
		SEEC01_MA	%I2.3
		SEEC01_MEG	%I2.4
SEEC02	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 2	SEEC02_CO	%I2.5
		SEEC02_MA	%I2.6
		SEEC02_MEG	%I2.7
SEEC03	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 3	SEEC03_CO	%I3.0
		SEEC03_MA	%I3.1
		SEEC03_MEG	%I3.2
SEEC04	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 4	SEEC04_CO	%I3.3
		SEEC04_MA	%I3.4

		SEEC04_MEG	%I3.5
SEEC05	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 5	SEEC05_CO SEEC05_MA SEEC05_MEG	%I3.6 %I3.7 %I4.0
SMEC23	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA REPASO ELECTRÓNICAS	SMEC23_CO SMEC23_MA SMEC23_MEG	%I4.1 %I4.2 %I4.3
SEEC07	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 9	SEEC07_CO SEEC07_MA SEEC07_MEG	%I4.4 %I4.5 %I4.6
SEBT01	BANDA MESANIN ELECTRÓNICAS	SEBT01_CO SEBT01_MA SEBT01_MEG	%I4.7 %I5.0 %I5.1
SEBT03	BANDA REPASO ELECTRÓNICAS	SEBT03_CO SEBT03_MA SEBT03_MEG	%I5.2 %I5.3 %I5.4
CMCP01	COMPRESOR SULLAIR	CMCP01_CO CMCP01_MA CMCP01_MEG	%I5.5 %I5.6 %I5.7
CMSC03	SECADOR SULLAIR	CMSC03_CO CMSC03_MA CMSC03_MEG	%I6.0 %I6.1 %I6.2
CMCP02-M1	COMPRESOR INGERSOR	CMCP02-M1_CO CMCP02-M1_MA CMCP02-M1_MEG	%I6.3 %I6.4 %I6.5
CMCP02-M2	COMPRESOR INGERSOR	CMCP02-M2_CO CMCP02-M2_MA CMCP02-M2_MEG	%I6.6 %I6.7 %I7.0
SESC01	SECADOR INGERSOR	SESC01_CO SESC01_MA SESC01_MEG	%I7.1 %I7.2 %I7.3

### Entradas a módulos configurados como NPN

En este módulo se recibe la señal disponibilidad correspondiente a la protección eléctrica del motor

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCION
SEEC06	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 6	SEEC06_DISP	%I8.0
SETF01	TRANSPORTADOR SIN FIN	SETF01_DISP	%I8.1
SEBT02	BANDA RECHAZO ELECTRÓNICAS	SEBT02_DISP	%I8.2



SMBT06	BANDA ACEPTADO ELECTRÓNICAS	SMBT06_DISP	%I8.3
SEEA01	EXTRACTOR DE AIRE ELECTRÓNICAS 01	SEEA01_DISP	%I8.4
SEEA02	EXTRACTOR DE AIRE ELECTRÓNICAS 02	SEEA02_DISP	%I8.5
SEEC01	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 1	SEEC01_DISP	%I8.6
SEEC02	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 2	SEEC02_DISP	%I8.7
SEEC03	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 3	SEEC03_DISP	%I9.0
SEEC04	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 4	SEEC04_DISP	%I9.1
SEEC05	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 5	SEEC05_DISP	%I9.2
SMEC23	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA REPASO ELECTRÓNICAS	SMEC23_DISP	%I9.3
SEEC07	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 9	SEEC07_DISP	%I9.4
SEBT01	BANDA MESANIN ELECTRÓNICAS	SEBT01_DISP	%I9.5
SEBT03	BANDA REPASO ELECTRÓNICAS	SEBT03_DISP	%I9.6
CMCP01	COMPRESOR SULLAIR	CMCP01_DISP	%I9.7
CMSC03	SECADOR SULLAIR	CMSC03_DISP	%I10.0
CMCP02-M1	COMPRESOR INGERSOR	CMCP02-M1_DISP	%I10.1
CMCP02-M2	COMPRESOR INGERSOR	CMCP02-M2_DISP	%I10.2
SESC01	SECADOR INGERSOR	SESC01_DISP	%I10.3

### Salidas

Este módulo corresponde a la señal de activación de desactivación de cada motor

CODIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCION
SEEC06	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 6	SEEC06_ONMOTOR	%Q16.0
SETF01	TRANSPORTADOR SIN FIN	SETF01_ONMOTOR	%Q16.1
SEBT02	BANDA RECHAZO ELECTRÓNICAS	SEBT02_ONMOTOR	%Q16.2
SMBT06	BANDA ACEPTADO ELECTRÓNICAS	SMBT06_ONMOTOR	%Q16.3
SEEA01	EXTRACTOR DE AIRE ELECTRÓNICAS 01	SEEA01_ONMOTOR	%Q16.4
SEEA02	EXTRACTOR DE AIRE ELECTRÓNICAS 02	SEEA02_ONMOTOR	%Q16.5
SEEC01	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 1	SEEC01_ONMOTOR	%Q16.6
SEEC02	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 2	SEEC02_ONMOTOR	%Q16.7
SEEC03	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 3	SEEC03_ONMOTOR	%Q17.0
SEEC04	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 4	SEEC04_ONMOTOR	%Q17.1
SEEC05	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 5	SEEC05_ONMOTOR	%Q17.2
SMEC23	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA REPASO ELECTRÓNICAS	SMEC23_ONMOTOR	%Q17.3
SEEC07	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 9	SEEC07_ONMOTOR	%Q17.4
SEBT01	BANDA MESANIN ELECTRÓNICAS	SEBT01_ONMOTOR	%Q17.5
SEBT03	BANDA REPASO ELECTRÓNICAS	SEBT03_ONMOTOR	%Q17.6
CMCP01	COMPRESOR SULLAIR	CMCP01_ONMOTOR	%Q17.7
CMSC03	SECADOR SULLAIR	CMSC03_ONMOTOR	%Q18.0

CMCP02-M1	COMPRESOR INGERSOR	CMCP02-M1_ONMOTOR	%Q18.1
CMCP02-M2	COMPRESOR INGERSOR	CMCP02-M2_ONMOTOR	%Q18.2
SESC01	SECADOR INGERSOR	SESC01_ONMOTOR	%Q18.3

### Memorias Internas

Correspondientes a las variables por motor de Start virtual, Off virtual y selector habilitado e inhabilitado virtual

CÓDIGO MOTOR	NOMBRE DEL EQUIPO	TAG	DIRECCIÓN
SEEC06	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 6	SEEC06_ST	%M0.0
		SEEC06_OF	%M0.1
		SEEC06_HAB_INAH	%M0.2
SETF01	TRANSPORTADOR SIN FIN	SETF01_ST	%M0.3
		SETF01_OF	%M0.4
		SETF01_HAB_INAH	%M0.5
SEBT02	BANDA RECHAZO ELECTRÓNICAS	SEBT02_ST	%M0.6
		SEBT02_OF	%M0.7
		SEBT02_HAB_INAH	%M1.0
SMBT06	BANDA ACEPTADO ELECTRÓNICAS	SMBT06_ST	%M1.1
		SMBT06_OF	%M1.2
		SMBT06_HAB_INAH	%M1.3
SEEA01	EXTRACTOR DE AIRE ELECTRÓNICAS 01	SEEA01_ST	%M1.4
		SEEA01_OF	%M1.5
		SEEA01_HAB_INAH	%M1.6
SEEA02	EXTRACTOR DE AIRE ELECTRÓNICAS 02	SEEA02_ST	%M1.7
		SEEA02_OF	%M2.0
		SEEA02_HAB_INAH	%M2.1
SEEC01	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 1	SEEC01_ST	%M2.2
		SEEC01_OF	%M2.3
		SEEC01_HAB_INAH	%M2.4
SEEC02	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 2	SEEC02_ST	%M2.5
		SEEC02_OF	%M2.6
		SEEC02_HAB_INAH	%M2.7
SEEC03	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 3	SEEC03_ST	%M3.0
		SEEC03_OF	%M3.1
		SEEC03_HAB_INAH	%M3.2
SEEC04	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 4	SEEC04_ST	%M3.3
		SEEC04_OF	%M3.4
		SEEC04_HAB_INAH	%M3.5
SEEC05		SEEC05_ST	%M3.6

	ELEVADOR ELECTRÓNICAS NO. 5	SEEC05_OF SEEC05_HAB_INAH	%M3.7 %M4.0
SMEC23	ELEVADOR DE CANGILONES ALMENDRA REPASO ELECTRÓNICAS	SMEC23_ST SMEC23_OF SMEC23_HAB_INAH	%M4.1 %M4.2 %M4.3
SEEC07	ELEVADOR ELECTRÓNICAS N° 9	SEEC07_ST SEEC07_OF SEEC07_HAB_INAH	%M4.4 %M4.5 %M4.6
SEBT01	BANDA MESANIN ELECTRÓNICAS	SEBT01_ST SEBT01_OF SEBT01_HAB_INAH	%M4.7 %M5.0 %M5.1
SEBT03	BANDA REPASO ELECTRÓNICAS	SEBT03_ST SEBT03_OF SEBT03_HAB_INAH	%M5.2 %M5.3 %M5.4
CMCP01	COMPRESOR SULLAIR	CMCP01_ST CMCP01_OF CMCP01_HAB_INAH	%M5.5 %M5.6 %M5.7
CMSC03	SECADOR SULLAIR	CMSC03_ST CMSC03_OF CMSC03_HAB_INAH	%M6.0 %M6.1 %M6.2
CMCP02-M1	COMPRESOR INGERSOR	CMCP02-M1_ST CMCP02-M1_OF CMCP02-M1_HAB_INAH	%M6.3 %M6.4 %M6.5
CMCP02-M2	COMPRESOR INGERSOR	CMCP02-M2_ST CMCP02-M2_OF CMCP02-M2_HAB_INAH	%M6.6 %M6.7 %M7.0
SESC01	SECADOR INGERSOR	SESC01_ST SESC01_OF SESC01_HAB_INAH	%M7.1 %M7.2 %M7.3

## ANEXO E. AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN



*Comercialización con sentido social*  
Nit 891500231-3

Popayán, 06 de febrero de 2017

Señores

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
Bogotá, D.C.

**ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE LA PLANTA TRILLADORA.**

Por medio de la presente yo, EDGAR FRANCISCO MENESES MUÑOZ, representante legal de la COOPERATIVA DE CAFICULTORES DEL CAUCA, NIT 891500231-3, certifico que los estudiantes OSCAR EDUARDO ÁVILA BERNAL Y CARLOS ANDRÉS VALENCIA NIETO identificados con la cédula de ciudadanía 1.018.474.334 y 1.018.479.650 respectivamente, estudiantes de la Universidad Piloto de Colombia, están autorizados para el uso de la información técnica y de procesos de la planta trilladora para la elaboración de su proyecto de grado "DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN SCADA DE UNA PLANTA TRILLADORA DE CAFÉ PERGAMINO, CASO DE ESTUDIO COOPERATIVA DE CAFICULTORES DEL CAUCA" y se autoriza la publicación de los resultados del proyecto en la biblioteca de la Universidad Piloto de Colombia para uso exclusivo de consulta bibliográfica.

Atentamente,

EDGAR FRANCISCO MENESES MUÑOZ  
Gerente General  
Cooperativa de Caficultores del Cauca

Carrera 9 No. 68N - 04 Alto de Cauca - Popayán Colombia  
Conmutador: 8249877 Telefax: 8249879  
email: caficauca@gmail.com Web: www.caficauca.com



## ANEXO F. APROBACIÓN DE DISEÑOS



Popayán, 27 de junio de 2017

*Comercialización con sentido social*  
Nit 891500231-3

Señores

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
Bogotá, D.C.

Por medio de la presente yo, **EDGAR FRANCISCO MENESES MUÑOZ**, representante legal de la COOPERATIVA DE CAFICULTORES DEL CAUCA, NIT 891500231-3, con domicilio en la ciudad de Popayán, mediante el presente documento CERTIFICO que:

Los estudiantes EDUARDO ÁVILA BERNAL Y CARLOS ANDRÉS VALENCIA NIETO identificados con la cédula de ciudadanía 1.018.474.334 y 1.018.479.650, han desarrollado el proyecto "DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN SCADA DE UNA PLANTA TRILLADORA DE CAFÉ PERGAMINO, CASO DE ESTUDIO COOPERATIVA DE CAFICULTORES DEL CAUCA" cumpliendo a satisfacción los siguientes objetivos:

**Objetivo general:** Diseñar un sistema de automatización SCADA para una planta trilladora de café pergamino

**Objetivos específicos:**

- Identificar y caracterizar los procesos que se ejecutan en la planta trilladora de café pergamino
- Determinar los requerimientos de automatización y secuencias de encendido, apagado y emergencia de cada uno de los procesos de la planta.
- Diseñar una estrategia de automatización que satisfaga los requerimientos de la planta
- Seleccionar los equipos necesarios para la automatización de la planta trilladora
- Diseñar un sistema SCADA para el control de los procesos de la planta trilladora que incluya las redes de comunicación necesarias

Los cuales fueron cumplidos a cabalidad y su resultado lo consideramos como un valioso insumo para la futura automatización de nuestra planta trilladora. Finalmente, deseo resaltar el trabajo realizado por los estudiantes y su director de proyecto, ING. LUIS CARLOS MENESES SILVA, con el cual demuestran idoneidad técnica en su desarrollo ingenieril.

Atentamente,

**EDGAR FRANCISCO MENESES MUÑOZ**  
Gerente General  
Cooperativa de Caficultores del Cauca  
NIT: 891500231-3

Carrera 9 No. 68N - 04 Alto de Cauca - Popayán Colombia  
Conmutador: 8249877 Telefax: 8249879  
email: caficauca@gmail.com Web: www.caficauca.com

