

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



“DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO MEDIANTE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SIEMENS LOGO 230RCE, PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, EN EL INSTITUTO PRIVADO TOULOUSE LAUTREC S.A.C., SANTIAGO DE SURCO – LIMA”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

BUENDIA PAITAMPOMA, FREDY HUMBERT

Villa El Salvador

2018

DEDICATORIA:

A Dios, quien nos da la vida e ilumina nuestro camino, a mis padres, por sus orientaciones, apoyo, paciencia; por estar conmigo siempre que lo necesito, a todos mis familiares y amigos, quienes forman parte importante en mi vida.

AGRADECIMIENTO:

A Dios por darme la fortaleza e iluminación para superar y continuar en la prueba de la vida. A mi Familia por el apoyo incondicional que he tenido de cada uno de ellos.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	09
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	11
1.2. Justificación del Problema	12
1.3. Delimitación del Proyecto	13
1.3.1. Teórica	13
1.3.2. Espacial	13
1.3.3. Temporal	13
1.4. Formulación del Problema	13
1.4.1. Problema General	13
1.4.2. Problemas Específicos	13
1.5. Objetivos	14
1.5.1. Objetivo General	14
1.5.2. Objetivos Específicos	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes	16
2.2. Bases Teóricas	20
2.3. Definición de términos básicos	40
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	
3.1. Modelo de solución propuesto	42
3.2. Resultados	83
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	98
ANEXOS	100

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Partes del PLC Logo.....	38
Figura 2: Plano de la primera planta – Instituto Privado Toulouse Lautrec.....	46
Figura 3: Plano de la segunda planta – Instituto Privado Toulouse Lautrec.....	48
Figura 4: Plano de la tercera planta – Instituto Privado Toulouse Lautrec.....	51
Figura 5: Plano de la cuarta planta – Instituto Privado Toulouse Lautrec.....	54
Figura 6: Diagrama de Tiempo de accionamiento de los equipos del Piso N°1.1.....	56
Figura 7: Diagrama de Tiempo de accionamiento de los equipos del Piso N°1.2.....	57
Figura 8: Diagrama de Tiempo de accionamiento de los equipos del Piso N°2.....	58
Figura 9: Diagrama de Tiempo de accionamiento de los equipos del Piso N°3.....	59
Figura 10: Diagrama de Tiempo de accionamiento de los equipos del Piso N°4.....	60
Figura 11: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Luces Dicroico – Parte 1.....	65
Figura 12: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Luces Dicroico – Parte 2.....	65
Figura 13: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Luces Dicroico – Parte 3.....	66
Figura 14: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Luces F. – Parte 1.....	66
Figura 15: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Luces F. – Parte 2.....	67
Figura 16: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Luces F. – Parte 3.....	67
Figura 17: Programación Piso N°1 Counther 970 y Hall – TC Luces P. – Parte 1.....	68
Figura 18: Programación Piso N°1 Counther 970 y Hall – TC Luces P. – Parte 2.....	68
Figura 19: Programación Piso N°1 Counther 970 y Hall – TC Luces P. – Parte 3.....	69
Figura 20: Programación Piso N°1 Counther 970 y Hall – TC Luces P. – Parte 4.....	69
Figura 21: Programación Piso N°1 Counther 970 y Hall – TC Luces P. – Parte 5.....	70
Figura 22: Programación Piso N°1 Counther 970 y Hall – TC Luces P. – Parte 6.....	70
Figura 23: Programación Piso N°1 Hall Exposiciones – TC Luces D. – Parte 1.....	71
Figura 24: Programación Piso N°1 Hall Exposiciones – TC Luces D. – Parte 2.....	71

Figura 25: Programación Piso N°1 Hall Exposiciones – TC Luces D. – Parte 3.....	72
Figura 26: Programación Piso N°1 Hall Exposiciones – TC Luces F. – Parte 1.....	72
Figura 27: Programación Piso N°1 Hall Exposiciones – TC Luces F. – Parte 2.....	73
Figura 28: Programación Piso N°1 Hall Exposiciones – TC Luces F. – Parte 3.....	73
Figura 29: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 1.....	74
Figura 30: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 2.....	74
Figura 31: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 3.....	75
Figura 32: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 4.....	75
Figura 33: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 5.....	76
Figura 34: Programación Piso N°1 Aula 101 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 1.....	76
Figura 35: Programación Piso N°1 Aula 101 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 2.....	77
Figura 36: Programación Piso N°1 Aula 101 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 3.....	77
Figura 37: Programación Piso N°1 Aula 101 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 4.....	78
Figura 38: Programación Piso N°1 Aula 101 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 5.....	78

Figura 39: Programación Piso N°1 Aula 102 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 1.....	79
Figura 40: Programación Piso N°1 Aula 102 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 2.....	79
Figura 41: Programación Piso N°1 Aula 102 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 3.....	80
Figura 42: Programación Piso N°1 Aula 103 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 1.....	80
Figura 43: Programación Piso N°1 Aula 103 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 2.....	81
Figura 44: Programación Piso N°1 Aula 103 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 3.....	81
Figura 45: Programación Piso N°1 Aula 103 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 4.....	82
Figura 46: Programación Piso N°1 Aula 103 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 5.....	82
Figura 47: Medición del Consumo de energía (kwh/mes - abril).....	84
Figura 48: Consumo total de energía (kwh/mes - diciembre, marzo y abril).....	85
Figura 49: Promedio total de consumo de energía (kwh/mes).....	95

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de cargas piso N°1.1.....	44
Tabla 2: Cuadro de cargas piso N°1.2.....	45
Tabla 3: Cuadro de cargas piso N°2.....	47
Tabla 4: Cuadro de cargas piso N°3.....	50
Tabla 5: Cuadro de cargas piso N°4.....	53
Tabla 6: Consumo Total de energía (kWh/mes – diciembre, marzo y abril).....	84
Tabla 7: Cantidad de horas funcionadas de las cargas eléctricas (piso n°1).....	86
Tabla 8: Cantidad de horas funcionadas de las cargas eléctricas (piso n°2).....	88
Tabla 9: Cantidad de horas funcionadas de las cargas eléctricas (piso n°3).....	90
Tabla 10: Cantidad de horas funcionadas de las cargas eléctricas (piso n°4).....	91
Tabla 11: Consumo Total de energía (kWh/mes - mayo).....	94
Tabla 12: Promedio total de consumo de energía (kWh/mes).....	94
Tabla 13: Ahorro de energía eléctrica.....	95

INTRODUCCIÓN

Hoy en día los centros educativos, corporativos, comerciales o industriales, tienen la necesidad de implementar sistemas inteligentes capaces de brindar confort, comercialización, flexibilidad, seguridad, generando un ahorro energético del sistema eléctrico, más aun sabiendo que en toda industria recae la gran responsabilidad de mejorar continuamente la eficiencia de la energía eléctrica, contribuyendo así con la protección del medio ambiente, por ello la eficiencia de la energía eléctrica y el control de ella es, sin duda, uno de los aspectos más importantes que cualquier industria desea y debe obtener.

En la búsqueda de generar ese control integral, la automatización industrial toma un papel importante como solución, ya que uno de sus objetivos fundamentales en relación con un sistema eléctrico es ahorrar recursos energéticos, resultando ser el canal mediante el cual se puede monitorear todos los procesos que ocurren en las industrias de manera segura.

Así también un sistema automatizado basado en controladores lógicos programables garantizará el encendido y apagado de forma automática de luces, equipos eléctricos, electrónicos y mecánicos, mediante el uso de funciones de temporización en la programación del controlador; con el propósito de reducir el consumo de energía eléctrica de una instalación de manera segura y eficiente.

En ese sentido y con la finalidad de diseñar un sistema automatizado mediante Controlador Lógico Programable para ahorrar la energía eléctrica del Instituto Privado

Toulouse Lautrec S.A.C., es que a continuación presento mi Trabajo de Suficiencia Profesional el cual está dividido en 3 capítulos.

En el Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, que está relacionado con el alto consumo de energía eléctrica que se ve reflejado en el recibo mensual del Instituto Privado Toulouse Lautrec S.A.C., esto debido a la carencia de un mecanismo de control automático que permita el correcto encendido y apagado de las cargas eléctricas.

En el Capítulo II, se describe el marco teórico en el cual se sustenta la propuesta de solución, referente a la automatización industrial mediante Controlador Lógico Programable, detallando sus características, aplicaciones, tipos, componentes, así también se describe todo lo referente al ahorro energético.

En el Capítulo III, inicialmente se determinará los elementos de entrada y salida del proceso, para luego identificar el correcto dimensionamiento del Controlador Lógico Programable a automatizar, seguidamente se desarrollara el diagrama de tiempo para el accionamiento de los actuadores que serán controlados por el PLC, mediante el cual se podrá desarrollar la programación del Controlador Lógico Programable, finalmente se presentara la consolidación de resultado indicando el valor del consumo de energía eléctrica luego de la automatización con el cual se determinara el ahorro de energía eléctrica obtenido.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

La Empresa Toulouse Lautrec S.A.C. presenta un problema que está relacionado con el alto consumo de energía eléctrica que se ve reflejado en el monto mensual del recibo de energía, la causa de este problema es debido a la carencia de un mecanismo de control automático que permita el correcto encendido y apagado de las cargas eléctricas del Instituto Educativo.

Dos puntos específicos describen la realidad problemática actual; El primero es que existen antecedentes de Estudio Energético realizados por la Empresa TRESCO, en los cuales se concluye que el incremento del consumo de energía eléctrica se debe a que las lámparas fluorescentes y equipos de Aire Acondicionado (1944w ,60000BTUh respectivamente) están prendidos en horas

no laborales, cabe señalar que los equipos de aire acondicionado representan el 80% de los sistemas que consumen mayor energía.

El segundo punto es que la causa del alto consumo de energía que se genera en parte está relacionada con el control manual del encendido y apagado de los equipos eléctricos, es decir que un personal del Instituto Educativo Toulouse Lautrec es el encargado de este accionamiento en el turno mañana y tarde, pero en muchas ocasiones no se realiza dicha función por lo cual los equipos eléctricos paran encendidos las 24hrs.

1.2 Justificación del Problema

El proyecto se justifica ya que con el diseño de un sistema automatizado mediante Controlador Lógico Programable se logrará disminuir el consumo de energía eléctrica de las luminarias y equipos de aire acondicionado, ya que se tendrá un control automático de encendido y apagado de estos, con lo cual según estudios se puede llegar a ahorrar por la noche hasta un 50% de energía, reduciendo así los altos montos mensuales que llegan en el recibo de energía eléctrica.

Es decir, según el Estudio Energético realizado por la Empresa TRESKO con el sistema automatizado se pretende ahorrar un 40% de energía eléctrica y un 10% de ahorro en relación con el control de encendido y apagado de luminarias y equipos de aire acondicionado, con los cuales también se dará solución a los incidentes eléctricos (recalentamiento y poco tiempo de vida de los equipos eléctricos), lo cual resulta favorable para el Instituto Toulouse Lautrec.

1.3 Delimitación del Proyecto

1.3.1 Teórica

Desde el punto de vista teórico el trabajo de suficiencia profesional abarca a los sistemas automatizados mediante Controlador Lógico Programable Logo 230 RCE, y su programación a través de esquema de contactos.

1.3.2 Espacial

El Trabajo de Suficiencia Profesional se diseñó para el Instituto Toulouse Lautrec, ubicado en la Avenida Primavera 940 en el distrito de Santiago de Surco, provincia de Lima, departamento de Lima – Perú.

1.3.3 Temporal

El proyecto se desarrolló entre el mes de marzo a junio 2018.

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema General

¿Cuáles son las características de diseño del sistema automatizado mediante Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230 RCE, para el ahorro de energía eléctrica en el Instituto Privado Toulouse Lautrec S.A.C., Santiago de Surco - Lima?

1.4.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo se determinará el dimensionamiento del Controlador Lógico Programable que se utilizará en el diseño del sistema automatizado

en el Instituto Privado Toulouse Lautrec S.A.C., Santiago de Surco - Lima?

- ¿Cuál será el diagrama de tiempo para el accionamiento de los actuadores que serán controlados por el Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230 RCE?
- ¿Cuál es el consumo de energía eléctrica luego de realizar la automatización del Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230 RCE en el Instituto Privado Toulouse Lautrec S.A.C., Santiago de Surco - Lima?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Determinar las características de diseño del sistema automatizado mediante Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230 RCE, para el ahorro de energía eléctrica en el Instituto Privado Toulouse Lautrec S.A.C., Santiago de Surco – Lima.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar el dimensionamiento del Controlador Lógico Programable que se utilizara en el diseño del sistema automatizado en el Instituto Privado Toulouse Lautrec S.A.C., Santiago de Surco – Lima.
- Desarrollar el diagrama de tiempo para el accionamiento de los actuadores que serán controlados por el Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230 RCE.

- Determinar el consumo de energía eléctrica luego de realizar la automatización del Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230 RCE en el Instituto Privado Toulouse Lautrec S.A.C., Santiago de Surco – Lima.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Contreras, A. (2010). *Diseño de un sistema de automatización para el sistema de iluminación de una planta industrial*, de la Escuela de Pregrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú de Lima, concluye que: La propuesta de implementar un sistema de automatización que controle la iluminación de la planta en estudio es el punto de partida para la solución integral que permita optimizar al máximo los consumos en este sistema. Como siguiente paso se sugirió en el capítulo 2 el reemplazo de fluorescentes existentes por fluorescentes con leds con lo cual se lograría un ahorro de hasta 90%. Al realizar el estudio de factibilidad del proyecto se encontró que los tres indicadores de evaluación reflejan que este proyecto es rentable para la empresa, pues no se requiere un capital de inversión elevado y el tiempo de retorno de inversión es a mediano-corto plazo.

Siadén, S. (2016). *Diseño de un sistema para el ahorro de energía en el Edificio Park Office La Molina*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad Nacional Pedro Luis Gallo de Lambayeque, concluye que: Con la implementación del sistema de automatización y supervisión se logrará el control total del Edificio Park Office la molina de manera eficiente; permitiendo el ahorro energético a través de un control óptimo para cada Sistema. El diseño Lumínico desarrollado de acuerdo al área del edificio cumple los estándares requeridos en el manual de Edificaciones y la certificación Leed. Los Sistemas de Climatización y HVAC en un edificio tiene un mayor consumo energético. Esto es debido al sistema de enfriamiento a instalarse en las diferentes áreas. Producto de ello y teniendo en cuenta que el 60% del consumo energético viene de este sistema; el proyecto de tesis se centró en desarrollar un control que permita el ahorro energético óptimo del edificio. Para realizar una adecuada automatización es de suma importancia conocer el proceso que se desea controlar, esta parte es clave ya que es aquí donde se define la programación y la manera de operación que se requiere.

León, M. (2010). *Automatización de sistemas de iluminación en edificaciones comerciales y de transporte masivo*, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Central de Venezuela de Caracas, concluye que: En función del objetivo principal, se puede concluir que en la estación de pasajeros Pérez Bonalde, es factible realizar el cambio de la tecnología lumínica y de automatización, ya que se obtendría un 71,49% en ahorro de energía eléctrica, logrando un sistema confortable y eficiente.

Hernández, D., Piña, M. y Vásquez, M. (2008). *Automatización para la administración de energía, control de acceso, vigilancia, incendio, intrusión y clima del complejo de oficinas*, de la Escuela de Pregrado del Instituto Politécnico Nacional de México, concluye que: El consumo de energía del edificio será minimizado ya que todos los elementos de control propuestos en el proyecto son ahorradores de energía, este ahorro de energía será proporcionado en mayor parte por el sistema de iluminación ya que como se ha planteado, en los edificios de oficinas permanecen las luces la mayor parte del tiempo encendidas aunque no sea necesario. La implementación de este sistema es completamente viable ya que la inversión en los sistemas de control traerá como consecuencia reducción de costos en pagos de energía.

Cadena, J. (2015). *Eficiencia energética en edificaciones empleando sistemas de control y automatización basados en el estándar KNX*, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Politécnica de Cataluña de Barcelona, concluye que: A lo largo de la realización de este proyecto se ha podido constatar las grandes ventajas que presenta el diseñar una edificación incluyendo sistemas de automatización y control, destacando el ahorro del consumo energético que presentará a lo largo de su vida útil, consumo que varía principalmente de acuerdo a la climatización necesaria, la función a la que se destina y los materiales de construcción del edificio, ayudando a los usuarios del edificio a mantener un equilibrio coordinado entre las actividades que realizan diariamente y el coste energético para poder ejercerlas, todo esto logrado de manera casi imperceptible para ellos, puesto que, estos sistemas se encontrarían ejecutando

las funciones normales para la que fueron programados por tiempo ininterrumpido, siempre y cuando se encuentren conectados a la red eléctrica.

Martínez, C. (2013). *Viabilidad e impacto en el valor de la empresa en la implementación de sistemas y tecnologías para el ahorro y uso eficiente de la energía*, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México, concluye que: Si comparamos los consumos de los equipos antiguos y equipos nuevos podemos tener un ahorro de energía eléctrica de casi el 50%, al disminuir la carga instalada, el ahorro monetario que se obtendría sería de \$108,900.05 pesos cada año después del cambio total de lámparas (Tabla 7.1), el ahorro parece no ser atractivo con respecto al costo de la inversión de \$615,000 pesos, sin embargo los tiempos de vida de los antiguos equipos y el tiempo de vida de los equipos nuevos, representa un mayor número de recambios durante el tiempo de vida de los equipos nuevos (Tabla 7.2); debido a esto podemos tener un periodo de recuperación de la inversión de tres años, teniendo ahorros de hasta de \$435,600.19 pesos durante los cinco años de vida restantes de los nuevos equipos.

Baudilio, L. (2011). *Automatización del sistema de aire comprimido para ahorro de energía*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala, concluye que: Al implementar el proceso actual de carga/descarga a un proceso de control continuo, monitoreando constantemente la presión del sistema, se logra disminuir el consumo de energía. Se obtiene un ahorro de Q.169,784.53, que comparados con la inversión necesaria para la automatización resulta conveniente y beneficiosa. Con esto se comprueba que,

sí se obtiene un ahorro de energía y potencia, por lo que podemos comprobar que el proyecto es totalmente rentable.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Sistema Automatizado.

Rodríguez, J. (2014) en su libro *Automatismos Industriales* afirma lo siguiente:

La automatización es un sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana. El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que los dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semiindependiente del control humano. En comunicaciones, aviación y astronáutica, dispositivos como los equipos automáticos de conmutación telefónica, los pilotos automáticos y los sistemas automatizados de guía y control se utilizan para efectuar diversas tareas con más rapidez o mejor de lo que podrían hacerlo un ser humano. La automatización se clasifica en distintos niveles desde el más simple hasta el más avanzado como se explica a continuación.

- Nivel 1 Manual: Surgió simultáneamente con los primeros procesos industriales con un papel ponderante por medio de operadores,

quienes se encargaban de realizar las operaciones a través de los actuadores (válvulas, interruptores, equipos de medición, etc.)

- Nivel 2 Nivel Clásico: Tuvo un auge con el desarrollo de la tecnología digital, sensores en línea, comunicaciones digitales. Aparece el PLC, se implementan algoritmos de control como el PID.
- Nivel 3 Nivel Avanzado: Desarrollo de las comunicaciones, se mejoran las interfaces graficas con el usuario, se reducen costos, lo que posibilito la implementación de sistemas de control distribuidos (DCS) y sistemas de adquisición de datos y control supervisados (SCADA).
- Nivel 4 Jerárquico o Gerencial: Con el desarrollo de sistemas de cómputo cada vez más potentes y con mayor capacidad de soporte de datos se posibilito la operación del proceso en forma interrelacionada con información proveniente de sectores diversos de la empresa, permitiendo integrar datos provenientes de los sectores de producción, administrativo, de mantenimiento, etc. Logrando tener sistemas de control avanzado, control estadístico, control estadístico de procesos, bases de datos, sistemas expertos y de inteligencia artificial, etc.
- Nivel 5 Automatización Total: Prácticamente no existe hoy en día (Excepto posiblemente para aplicaciones o emprendimientos de poca envergadura), sin embargo, la tendencia es alcanzar el máximo grado de automatización con sistemas informáticos integrados, mínima intervención humana, control y decisión a cargo del sistema.

Según Rodríguez, J. (2014) es así como, para procurar ser eficaces en el desarrollo de proyectos viables de automatización, la experiencia industrial señala algunos tópicos metódicos interesantes:

- Observar y conocer disponibilidad y tendencias estado del arte de la automatización en máquinas y procesos.
- Procurar un enfoque abierto y creativo frente a varias alternativas de automatización.
- Mirada retrospectiva de cómo actuaría el ser humano u otros organismos en determinadas rutinas de acción.
- Aplicar una estrategia integrada.

2.2.1.1 Ventajas de la Automatización.

Según Rodríguez, J. (2014) entre la gran infinidad de beneficios que proporciona hoy en día un proceso automatizado entre las que más destacan se encuentran:

- Reduce los gastos de mano de obra directos en un porcentaje más o menos alto según el grado de automatización.
- Ya que los productos son más competitivos, aumentan los beneficios, es decir, si se reducen costos es posible fabricar más barato y por lo tanto aumentar las ventas.
- Aumenta la capacidad de producción de la instalación utilizando las mismas máquinas y los trabajadores.
- Aumenta la calidad de producción ya que las máquinas automáticas son más precisas.

- Mejora el control de la producción ya que es posible introducir sistemas automáticos de verificación.
- Permite programar la producción.
- A mediano y a largo plazo y gracias a la constancia y a la uniformidad de la producción se garantizan plazos de entrega más fiables.
- Se reducen las incidencias laborales puesto que las máquinas automáticas realizan todo tipos de trabajos perjudiciales para el hombre.

2.2.1.2 Controlador Lógico Programable.

Roldan, J. (2011) en su libro *Automatismos Industriales* afirma lo siguiente:

El controlador lógico programable es un equipo electrónico que se usa frecuentemente en el manejo de procesos industriales. Fueron introducidos en los años 60 para reemplazar las antiguas lógicas cableadas o lógicas de relé, que eran controles hechos con diferentes tipos de relé (como relé de uso general o temporizadores), de hecho la primeras instrucciones diseñadas para el controlador lógico programable emulaban las funciones de los relés y eran dispuestos en un lenguaje gráfico llamado escalera por su similitud con una escalera como las usadas por los bomberos, muy similar a los diagramas o planos de la lógica de relé.

Según Roldan, J. (2011) los controladores lógicos programables han ido evolucionando con la tecnología, ahora tienen un conjunto de instrucciones que incluyen funciones lógicas, aritméticas, de comparación, manejo de archivos, flujo de programas y lazos PID entre otros. Un controlador lógico programable (PLC, por sus siglas en inglés) es un equipo altamente especializado que se utiliza para la fabricación, envasado, y otras situaciones industriales.

Según Roldan, J. (2011) los controladores lógicos programables están diseñados para ser capaces de tomar la información de una variedad de diferentes sensores y utilizarla para controlar una variedad de diferentes máquinas. Los PLC son capaces de controlar con precisión un proceso en tiempo real, por lo que son muy rápidos. Cuando un PLC recibe una instrucción, responde al instante, emitiendo los controles a sus motores. Un PLC tiene al menos cuatro componentes básicos: un controlador o CPU (unidad central de procesamiento). Una fuente de poder para alimentar a los equipos, módulos o tarjetas de entradas para suministrar información al controlador y módulos o tarjeta de salida a través de los cuales se transmite la información para realizar las acciones de control. Cuando estos componentes se encuentran empotrados en un solo elemento se dice que el PLC es fijo, en otros casos estos

componentes se integran en un chasis que puede ser físico o virtual, estos últimos se dicen que son modulares.

Según Roldan, J. (2011) el objetivo de un PLC es mantener un proceso en un estado deseado, para ello debe conocer el estado actual del proceso, esto se hace con sensores conectados a las entradas del PLC, también debe conocer el estado deseado, frecuentemente lo suministra el operador al controlador por medio de una interfaz de operación. Si el estado actual es diferente al estado deseado, el PLC calcula una acción de control que lleva a cabo por medio de actuadores conectados a los módulos de salida. Para programar los PLC se usa un lenguaje.

La norma IEC61131 especifica 4 lenguajes que son: escalera, diagrama de bloques, texto estructurado y lista de instrucciones, además, contempla las cartas de función secuencial, la cual es una estructura de programación similar al graficet que permite organizar los programas, donde cada acción se diseña con alguno de los 4 lenguajes mencionados antes.

Según Roldan, J. (2011) en la actualidad se habla de controladores de automatización programables (PAC) los cuales tienen todas las funciones del PLC, pero además son muy versátiles para manejar control de movimiento, integrar de

redes, variadores de frecuencia y sistemas de control distribuidos (DCS).

- **Entradas**

Según Roldan, J. (2011) los PLC reciben información de una variedad de diferentes sensores. Muchos de los sensores son en realidad interruptores simples. Por ejemplo, si un PLC en una fábrica de muebles tiene que mover una tabla hacia abajo a una cinta transportadora en una posición determinada, podría tener un interruptor de presión en el extremo de la cinta transportadora. Cuando la tabla llega a esa posición se presionará el interruptor, permitiendo que el PLC sepa que estaba en posición.

Según Roldan, J. (2011) otros tipos de sensores que un PLC puede utilizar son indicadores de presión que miden la fuerza, aceleradores para medir el movimiento y conmutadores activados por la luz. Los PLC también pueden utilizar insumos más complejos, como cámaras o micrófonos diseñados para reconocer ciertos patrones.

- **Salidas**

Según Roldan, J. (2011) los controladores lógicos programables se pueden utilizar para controlar casi cualquier proceso automático. Un PLC puede encender y apagar la

energía de las luces y otros equipos electrónicos, por ejemplo. En la industria, sin embargo, los PLC se utilizan generalmente para el accionamiento de máquinas.

2.2.1.2.1 *Lenguajes de Programación.*

Medina, J. (2010) en su libro *La automatización en la industria química* afirma lo siguiente:

Cuando se habla de los lenguajes de programación se hace referencia a diferentes formas de poder escribir el programa usuario, la creciente complejidad en la programación de los autómatas programables requiere más que nunca de la estandarización de esta. Bajo la dirección del IEC el estándar IEC 1131-3 (IEC 65) para la programación de PLC ha sido definido. Con la idea de hacer el modelo adecuado para un gran abanico de aplicaciones, cinco lenguajes han sido definidos en total:

- Gráfico secuencial de funciones (Grafcet)
- Lista de instrucciones.
- Texto estructurado.
- Diagrama de flujo.
- Diagrama de contactos o Lógica de Escalera o Ladder Logic.

No obstante, los lenguajes de programación más empleados en la actualidad son: Diagrama de Bloques Funcionales y el esquema de contactos.

- Listado de Instrucciones

Según Medina, J. (2010) utiliza instrucciones derivadas de las operaciones del álgebra de Boole, combinadas con otras que permiten representar funciones como temporizadores, contadores, movimientos de datos en la memoria y cálculos (suma, resta, multiplicación, división, raíz cuadrada, cálculo de porcentaje, cambios en el sistema de numeración, etc.). Cada instrucción está formada por un mnemónico o código, (abreviatura que representa una función), y uno o varios argumentos (variables que indican la dirección de memoria sobre la que se va a trabajar).

Según Medina, J. (2010) como puede imaginarse existe una equivalencia o correspondencia entre la lógica de escalera y el listado de instrucciones. En muchos PLC esta equivalencia se puede ver en forma inmediata sólo con activar un icono de la pantalla de programación.

- Diagrama de Contactos o Lógica de Escalera.

Según Medina, J. (2010) tradicionalmente los diagramas de lógica de escalera están compuestos por dos líneas verticales que representan las líneas de alimentación, mientras que los renglones contienen los cableados, los arreglos de contactos y las bobinas de relés. En los PLC, los diagramas de Lógica de Escalera o Ladder Logic son una manera fácil de dibujar los programas.

Según Medina, J. (2010) una ventaja importante es que los símbolos básicos están normalizados según NEMA y son empleados por todos los fabricantes. Cada contacto y cada bobina de relé representan una localización en el registro de entradas o salidas. Debe quedar claro que los dibujos sólo “representan” relés que no existen físicamente.

Según Medina, J. (2010) el símbolo de una bobina de relé representa un bit del registro de las salidas, que podrá estar encendido (puesto en “1”) o apagado (puesto en “0”) durante la ejecución del programa. Cada renglón o peldaño del diagrama

de lógica de escalera del PLC corresponde a un conjunto de instrucciones para el PLC, ese conjunto de instrucciones le dirá al PLC que hacer en respuesta al estado de las entradas (contactos).

Según Medina, J. (2010) como se sabe, existen dos símbolos para la programación de PLC: uno para representar contactos normalmente abiertos y otro para representar contactos normalmente cerrados. Estos contactos pueden representar entradas, salidas o variables internas, es decir, un bit del registro de entradas, o bits del registro de salida, o de los bits internos o auxiliares, también llamados relés internos o auxiliares.

Según Medina, J. (2010) una condición de verdadero o falso es otorgada al contacto si el PLC encuentra la requerida condición de bit. Si el PLC encuentra una condición de verdadero para todos los contactos del renglón, el bit de salida es encendido o apagado según lo indique el símbolo de esa salida. Un contacto de entrada (salida, variable interna) NA (normalmente abierto) hace que el PLC revise en el registro de las entradas

(salidas o variables internas) si esa entrada en particular se encuentra activa o encendida.

Según Medina, J. (2010) si el PLC encuentra la entrada activa permitirá la continuidad a través de ese contacto, en particular en el programa lógico realizado por el usuario. De forma similar un contacto de entrada (salida o variable interna) NC hace que el PLC revise en el registro de las entradas (salidas o variables internas) si esa en particular se encuentra inactiva o desactivada, esto es, que el PLC revisa a esa localización en el registro de las entradas para ver si está desactivada. De ser cierto, el PLC permite la continuidad a través de ese contacto en el programa del usuario.

Según Medina, J. (2010) son la columna vertebral de las redes de distribución eléctrica, se utilizan como apoyo de los armados de media y baja tensión, además, sirven para dar la altura adecuada a los conductores de la red de distribución. Se pueden clasificar según su resistencia, longitud o material de construcción.

2.2.1.2.2 Tipos de PLC.

Según Roldan, J. (2011) los PLC pueden clasificarse, en función de sus características como los siguientes:

- PLC Nano

Según Roldan, J. (2011) el PLC Nano integra la fuente de alimentación, CPU y entradas y salidas que puede manejar un conjunto reducido de entradas I y salidas Q.

- PLC Compacto

Según Roldan, J. (2011) este tipo de PLC tienen incorporada la fuente de alimentación, su CPU y los módulos de entrada y salida en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas entradas y salidas hasta varios cientos y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas.
- Módulos contadores.
- Módulos de comunicaciones.
- Interfaces de operador.
- Expansiones de entrada y salida.
- Indicador de programación.

- PLC Modular

Según Roldan, J. (2011) estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:

- El Rack
- La fuente de alimentación.
- El CPU
- Los módulos de entrada y salida
- Indicador de programación
- Puerto de enlace
- Módulo de expansión

Según Roldan, J. (2011) en estos tipos de PLC existen desde los denominados Micro-PLC que soportan gran cantidad de entradas y salida, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de entradas y salidas. En el siguiente grafico se muestra el PLC tipo modular.

2.2.1.2.3 *Tipos de señales de un PLC.*

Según Roldan, J. (2011) un PLC recibe y transfiere señales eléctricas, expresando así variables físicas finitas (temperatura, presión etc.). De este modo es necesario incluir en el SM un convertidor de señal para recibir y cambiar los valores a variables físicas.

- Señales digitales

Según Roldan, J. (2011) la señal digital, genera signos que pueden ser analizados en término de algunas magnitudes que representan valores discretos (forma particular de codificación que toma un símbolo o paquete de información). Por abstracción, dichos estados se sustituyen por ceros y unos, lo que facilita la aplicación de la lógica y la aritmética binaria.

Según Roldan, J. (2011) si el nivel alto se representa por 1 y el bajo por 0, se habla de lógica positiva y en caso contrario de lógica negativa, cada posición de la señal digital se denomina un bit. Los formatos típicos de las señales digitales son: byte – 8 bits, word – 16 bits, double word – 32 bits.

Según Roldan, J. (2011) es importante destacar que la señal digital es un formato de señal, no un método de transmisión. Sin embargo, cabe incidir en el hecho de que "digital" se refiere única y exclusivamente a un formato de señal, que puede ser transmitida vía satelital o terrenal, cuya captación se realiza con la antena tradicional.

- Señales analógicas

Según Roldan, J. (2011) son aquellas que poseen valores continuos, es decir, consisten en un número infinito de valores (ej. en el rango de 0 – 10 V). Hoy en día, los PLC no pueden procesar señales analógicas reales. De este modo, estas señales deben ser convertidas en señales digitales y viceversa. La elevada resolución y precisión de la señal analógica puede conseguirse utilizando más bits en la señal digital. Por ejemplo, una señal analógica típica de 0 – 10 V puede ser con precisión (pasos para la conversión en una señal digital) desde 0.1 V, 0.01 V o 0.001 V de acuerdo con el número de bits que vaya a tener la señal digital.

2.2.1.2.4 Partes del PLC

Fuentes, R. (2013) en su libro *Automatismo Lógicos Programables y reconfigurables* afirma lo siguiente: El PLC es un equipo autónomo y compacto que internamente está distribuido por diferentes áreas o secciones:

- Unidad Central de Procesos (CPU)
- Microprocesador
- Memoria

- Unidad de Alimentación

Según Fuentes, R. (2013) las Funciones Generales de las Secciones Internas son las que se describen a continuación:

- Unidad Central de Procesos (CPU)

Según Fuentes, R. (2013) la Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Se encarga de recibir las órdenes, del operario por medio de la consola de programación y el módulo de entradas. La CPU interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas, dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas.

- El microprocesador

Según Fuentes, R. (2013) es un circuito integrado que realiza las operaciones de tipo lógico, aritmético y de control de transferencia de datos dentro del controlador.

- Memorias

Según Fuentes, R. (2013) son registros de almacenamiento temporal de instrucciones, datos y direcciones. Los registros básicos son el

acumulador, el contador de programa, el registro de trabajo y el registro de banderas. Es el almacén de información del sistema. Contiene datos numéricos en código binario y está dividida en posiciones de memoria, a cada una de las cuales le corresponde una dirección de memoria, cada posición de memoria es un arreglo de una determinada cantidad de bits (8 o 16 bits).

Las posibilidades de acceso se clasifican en:

➤ Memorias de Solo Lectura

Según Fuentes, R. (2013) se utilizan para almacenar programas y datos constantes; la manera como están dispuestos los circuitos en la CPU determina que solo se pueda leer su contenido.

➤ Memorias de Lectura-Escritura

Según Fuentes, R. (2013) es una memoria de Acceso Aleatorio, utilizadas universalmente para almacenar datos variables que son escritos y leídos por la CPU.

• Unidad de alimentación

Según Fuentes, R. (2013) la unidad de alimentación del Controlador Lógico Programable

generalmente es de 220V A.C o 24 V CC. Además, es capaz de adaptar la tensión de la red 110V AC o 220 V AC, tiene una capacidad de frecuencia de 50Hz o 60Hz a la de funcionamiento de los circuitos electrónicos internos del controlador, así como a los dispositivos de entrada, los cuales, en su mayoría, reciben alimentación eléctrica desde esta unidad.

A continuación, en la siguiente Figura se muestra las partes del PLC Logo:

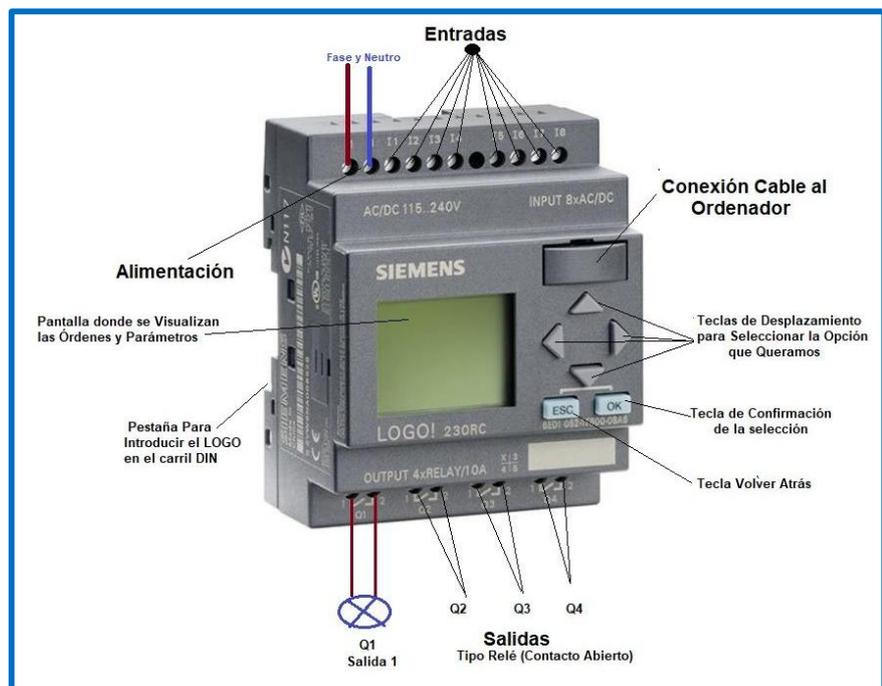


Figura 1: Partes del PLC Logo

2.2.2 Ahorro de energía eléctrica.

Desde hace unos años atrás se viene hablando del ahorro de energía eléctrica, pero, qué es el ahorro de energía eléctrica, Según Fiestas (2011) afirma lo siguiente: El ahorro energético es la gestión adecuada

del consumo de los diferentes tipos de energía y el objetivo del ahorro energético como su mismo nombre lo dice es ahorrar energía, lo cual se puede realizar de dos maneras: disminuyendo la potencia consumida por el utilizador o disminuir su tiempo de trabajo, ahorrar energía trae de manera inherente dos ventajas: disminuir la emisión de los gases de efecto invernadero y disminuir los costos por consumo de energía.

El autor también establece que: Hoy en día casi en la totalidad de procesos se utiliza la energía eléctrica como fuente energética para realizar trabajo. Desde una pequeña casa dentro de un asentamiento humano rural hasta una gran planta de producción hace uso de energía eléctrica, y en todas ellas se puede optimizar su uso. Esto se debe a que los procesos que utilizan electricidad presentan una mayor eficiencia, son más limpios y más controlables que los procesos que no trabajan con este tipo de energía, actualmente gracias a la electrónica de potencia y al control industrial, procesos que consumían mucha energía presentan una optimización tal que trabajan en su valor de rendimiento máximo.

2.2.2.1 Formas de ahorrar energía eléctrica.

Como se mencionó anteriormente, el ahorro energético será enfocado a los sistemas de utilización eléctrica. De acuerdo con lo investigado, se tiene que las formas de realizar un ahorro energético son tres a saber:

- Mejora del rendimiento de los equipos.

- Mejora del rendimiento de la instalación eléctrica.
- Utilización racional de los equipos.

Quito (2005) no define explícitamente en qué consiste el ahorro eléctrico, aunque establece 3 justificaciones para llevar a cabo un ahorro de energía eléctrica:

- Disminuir los efectos negativos de un estiaje haciéndolos menos severos en el sector eléctrico.
- Bajar el valor a pagar de la planilla por consumo de luz.
- Modular la curva de carga.

Por tal motivo, y según lo antes expuesto, para el presente Trabajo de Suficiencia Profesional, se definirá el Ahorro Eléctrico (o Ahorro Energético, como quiera llamarse) de forma operacional tal como sigue: aquel proceso o conjunto de procesos que induzca en las personas e instituciones practicar buenos hábitos y actitudes con respecto al buen uso de la Electricidad, que redunde en una mayor eficiencia en el uso de la energía.

2.3 Definición de términos básicos

- Actuadores: Son los elementos que usa el sistema con el fin de modificar el estado de los dispositivos que reciben las órdenes de los controladores, estos son los que actúan de unidad central de control.

- **Ahorro Energético:** El ahorro energético, también conocido como eficiencia energética o ahorro de energía eléctrica, es un concepto clave para el desarrollo sostenible.
- **Automatización:** La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.
- **Controlador Lógico Programable:** También llamados PLC son dispositivos para controlar procesos secuenciales y pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina.
- **Controlador:** Son los dispositivos que permiten la gestión del sistema, estos emiten las señales con la información que contiene las órdenes que se envían desde el equipo que se esté manejando, logrando así actuar sobre el sistema.
- **Diseño:** Un diseño es el resultado final de un proceso, cuyo objetivo es buscar una solución idónea a cierta problemática particular, pero tratando en lo posible de ser práctico y a la vez estético en lo que se hace.
- **Sensor:** Son los elementos que monitorizan el entorno en busca de un cambio para actuar, se los puede denominar como “los ojos del sistema”, ya que el momento de detectar un cambio de estado transmite al sistema la información que recibió, el controlador ejecutará una acción al recibir el cambio en el sensor que corresponda.
- **Sistema:** Un sistema es un módulo ordenado de elementos que se encuentran interrelacionados y que interactúan entre sí. El concepto se utiliza tanto para definir a un conjunto de conceptos como a objetos reales dotados de organización.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1 Modelo de solución propuesto

3.1.1 Descripción del Automatismo.

Como parte del desarrollo del sistema automatizado mediante controlador lógico programable, para el ahorro de energía eléctrica, es que a continuación, se describe las cargas eléctricas pertenecientes a las cuatro plantas del Instituto, los mismos que definirán el dimensionamiento del Controlador, el cual está relacionado con el número de entradas y salidas que se utilizarán en el proceso.

- **Primera Planta**

La primera planta del pabellón A, está conformado por cargas eléctricas tales como: lámparas, fluorescente, y equipos de aire acondicionado. A continuación, se describe la ubicación y representación en el plano de las cargas eléctricas:

➤ **Counther 970, Luces dicroico**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control, circuito N° 1 (C-1) en el plano están representadas por la letra **o** minúscula.

➤ **Counther 970, Luces fluorescente**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N° 2 (C-2) en el plano están representadas por la letra **c** minúscula.

➤ **Counther 970 y Hall, Luces pasadizos**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N° 3 (C-3) en el plano están representadas por la letra **b** minúscula.

➤ **Hall de exposiciones, Luces dicroico**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°4 (C-4) en el plano están representadas por la letra **e** minúscula.

➤ **Hall de exposiciones, Luces fluorescente**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°5 (C-5) en el plano están representadas por la letra **a** minúscula.

➤ **Counther 970, Equipo de aire acondicionado**

Es suministrado con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°6 (C-6).

➤ **Aula A101, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°7 (C-7).

➤ **Aula A102, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°8 (C-8).

➤ **Aula A103, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°9 (C-9).

A continuación, en la Tabla 1 se muestra la potencia consumida por cada equipo de iluminación; también en la Tabla 2, se muestra la potencia consumida por los equipos de aire acondicionado, todos ellos correspondientes a la primera planta:

Tabla 1
Cuadro de cargas piso N°1.1.

N° CIRCUITO	DESCRIPCION DE LA CARGA	POTENCIA(KW)	CANTIDAD (Unidad)	POTENCIA TOTAL (KW)
C-1	Planta 1-Counther 970 – T.C. Luces Dicroico (2X50W).	0.1	9	0.9
C-2	Planta 1-Counther 970 – T.C. Luces Fluorescente (2X36W).	0.072	26	1.872
C-3	Planta 1-Counther 970 y Hall – T.C. Luces Pasadizos (2X36W)	0.072	8	0.576
C-4	Planta 1-Hall de Exposiciones – T.C. Luces Dicroicos (50W)	0.050	26	1.300
C-5	Planta 1-Hall de Exposiciones – T.C. Luces Fluorescente(2X36W)	0.072	27	1.944

Tabla 2
Cuadro de cargas piso N°1.2.

NÚMERO DE CIRCUITO ELÉCTRICO	UBICACIÓN	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE LAS AULAS - PABELLON A			
		MARCA	CAPACIDAD (BTU/h)	CONSUMO DE CORRIENTE (A)	CONSUMO DE POTENCIA E (KW)
C-6	Counther 970	LG	24000	8.06	2.672
C-7	Aula A 101	MIDEA	48000	14.78	4.900
C-8	Aula A 102	MIDEA	48000	14.78	4.900
C-9	Aula A 103	YORK	36000	17.32	5.742

En la Figura 2, se muestra el plano correspondiente a la primera planta, en el cual se precisa la ubicación de las cargas eléctricas descritas en la Tabla 1 y 2.

- **Segunda planta**

La segunda planta del pabellón A, está conformado por cargas eléctricas de equipos de aire acondicionado. A continuación, se describe la ubicación y representación en el plano de las cargas eléctricas:

- **Aula A201, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°10 (C-10).

- **Aula A202, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°11 (C-11).

➤ **Aula A203, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°12 (C-12).

➤ **Aula A204, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°13 (C-13).

➤ **Aula A205, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°14 (C-14).

➤ **Aula A206, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°15 (C-15).

En la siguiente Tabla se muestra las características y ubicación de los equipos de aire acondicionado, correspondientes a la segunda planta:

Tabla 3
Cuadro de cargas piso N°2.

NÚMERO DE CIRCUITO ELÉCTRICO	UBICACIÓN	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE LAS AULAS - PABELLON A			
		MARCA	CAPACIDAD (BTU/h)	CONSUMO DE CORRIENTE (A)	CONSUMO DE POTENCIA (KW)
C-10	Aula A 201	MIDEA	48000	14.78	4.900
C-11	Aula A 202	MIDEA	48000	14.78	4.900
C-12	Aula A 203	MIDEA	48000	14.78	4.900
C-13	Aula A 204	MIDEA	48000	14.78	4.900
C-14	Aula A 205	MIDEA	60000	16.1	5.337
C-15	Aula A 206	YORK	36000	17.32	5.742

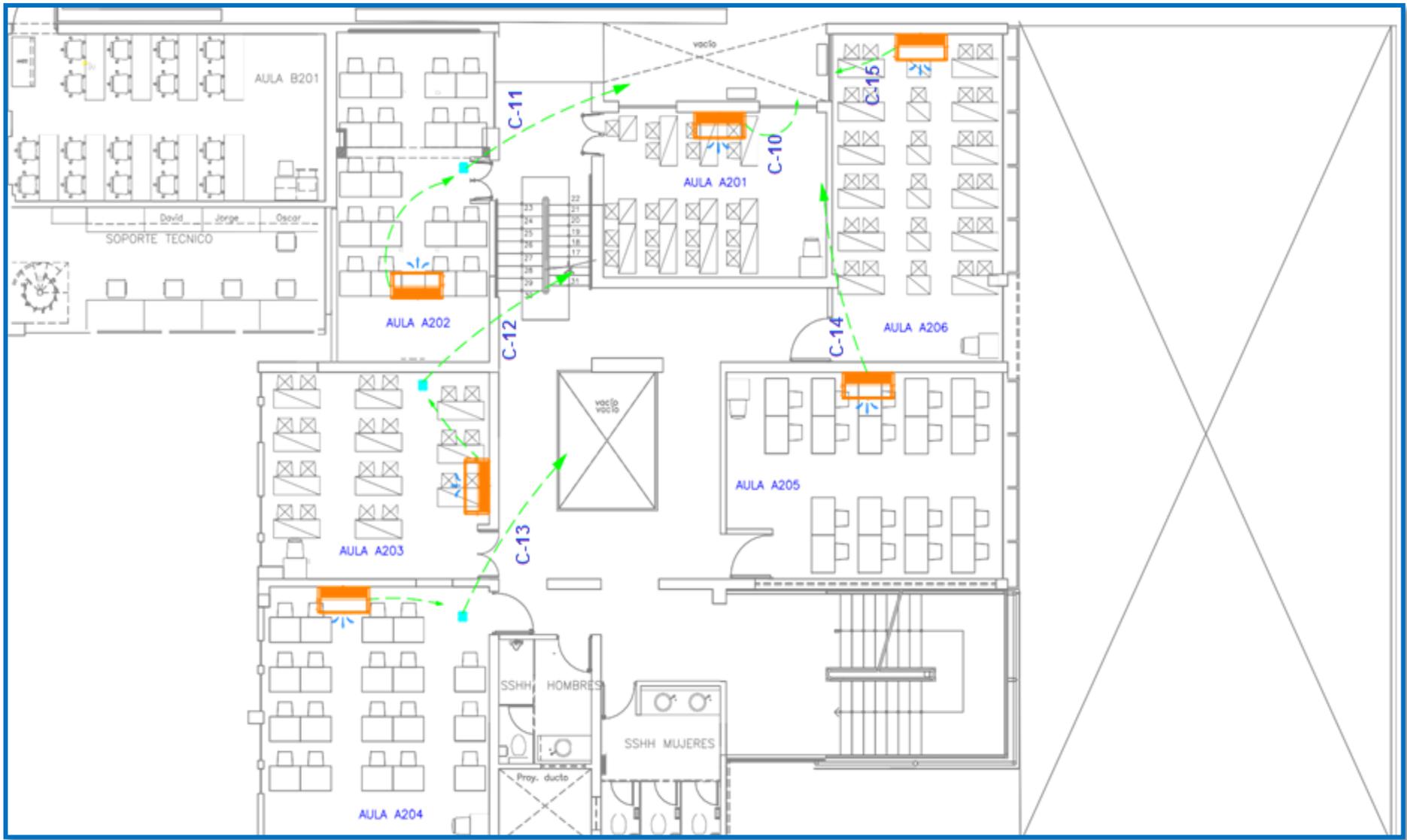


Figura 3: Plano de la segunda planta – Instituto Privado Toulouse Lautrec

En la Figura 3, se muestra el plano correspondiente a la segunda planta, en el cual se precisa la ubicación de las cargas eléctricas descritas en la Tabla 3.

- **Tercera Planta**

La tercera planta del pabellón A, está conformado por cargas eléctricas de equipos de aire acondicionado. A continuación, se describe la ubicación y representación en el plano de las cargas eléctricas:

- **Aula A301, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica desde el Tablero de Control circuito N°16 (C-16).

- **Aula A302, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica desde el Tablero de Control circuito N°17 (C-17).

- **Aula A303, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica desde el Tablero de Control circuito N°18 (C-18).

- **Aula A304, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica desde el Tablero de Control circuito N°19 (C-19).

- **Aula A305, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica desde el Tablero de Control circuito N°20 (C-20).

➤ **Aula A306, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°21 (C-21).

En la siguiente tabla se muestra las características y ubicación de los equipos de aire acondicionado, correspondientes al piso 3.

Tabla 4
Cuadro de cargas piso N°3.

NÚMERO DE CIRCUITO ELÉCTRICO	UBICACIÓN	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE LAS AULAS - PABELLON A			
		MARCA	CAPACIDAD (BTU/h)	CONSUMO DE CORRIENTE (A)	CONSUMO DE POTENCIA (KW)
C-16	Aula A 301	MIDEA	48000	14.78	4.900
C-17	Aula A 302	MIDEA	48000	14.78	4.900
C-18	Aula A 303	MIDEA	48000	14.78	4.900
C-19	Aula A 304	MIDEA	48000	14.78	4.900
C-20	Aula A 305	YORK	36000	17.32	5.742
C-21	Aula A 306	YORK	36000	17.32	5.742

En la Figura 4, se muestra el plano correspondiente a la tercera planta, en el cual se precisa la ubicación de las cargas eléctricas descritas en la Tabla 4.

• **Cuarta Planta**

La cuarta planta del pabellón A, está conformado por cargas eléctricas de equipos de aire acondicionado. A continuación, se describe la ubicación y representación en el plano de las cargas eléctricas.

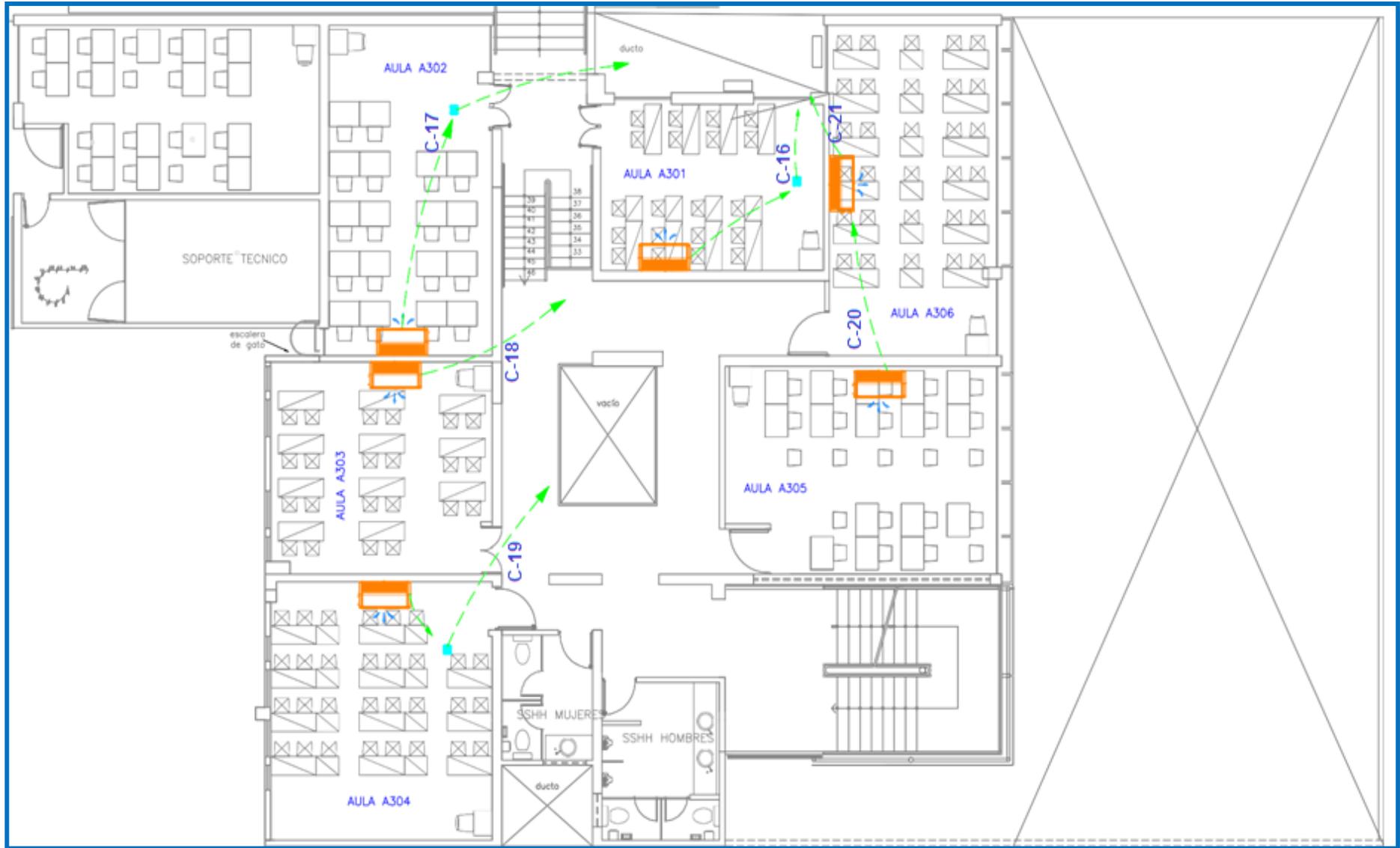


Figura 4: Plano de la tercera planta – Instituto Privado Toulouse Lautrec.

➤ **Aula A401, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°22 (C-22).

➤ **Aula A402, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°23 (C-23).

➤ **Aula A403, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°24 (C-24).

➤ **Aula A404, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°25 (C-25).

➤ **Aula A405, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°26 (C-26).

➤ **Aula A406, Equipo de aire acondicionado**

Son suministrados con energía eléctrica (kwh) desde el Tablero de Control circuito N°27 (C-27).

En la siguiente tabla se muestra las características y ubicación de los equipos de aire acondicionado, correspondientes a la tercera planta:

Tabla 5
Cuadro de cargas piso N°4.

NÚMERO DE CIRCUITO ELÉCTRICO	UBICACIÓN	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE LAS AULAS			
		MARCA	CAPACIDAD (BTU/h)	CONSUMO DE CORRIENTE (A)	CONSUMO DE POTENCIA (KW)
C-22	Aula A 401	MIDEA	60000	16.1	5.337
C-23	Aula A 402	MIDEA	60000	16.1	5.337
C-24	Aula A 403	MIDEA	48000	14.78	4.900
C-25	Aula A 404	MIDEA	48000	14.78	4.900
C-26	Aula A 405	YORK	36000	17.32	5.742
C-27	Aula A 406	YORK	36000	17.32	5.742

En la Figura 5, se muestra el plano correspondiente a la cuarta planta, en el cual se precisa la ubicación de las cargas eléctricas descritas en la Tabla 5.

Según lo precisado en párrafos anteriores, y considerando el número de cargas a controlar, es que se determinó que, el Controlador Lógico Programable más adecuado a los requerimientos técnicos, es el controlador Logo 230 RCE, ya que cuenta con el número de salidas requeridas, así como la interfase de transferencia de datos y los bloques de funciones para controlar en tiempo real las cargas eléctricas de manera secuencial; Los datos técnicos de este equipo se presentan a continuación:

- Alimentación: 115V/230V/Relé, 8ED /4SD
- Memoria de trabajo: 8 GB
- Interfaz Ethernet
- 400 bloques de función.
- 8 salidas discretas.



Figura 5: Plano de la cuarta planta – Instituto Privado Toulouse Lautrec

El PLC trabajará en base a los tiempos de operación que cada equipo tiene diariamente durante las 24hrs esta información ha sido proporcionada por el área de Registros académicos del Instituto Privado Toulouse Lautrec.

A continuación, en las siguientes figuras se muestran los diagramas de tiempo del accionamiento de los equipos eléctricos del Instituto Privado Toulouse Lautrec, en cual se detalla el intervalo de tiempo que estos operan diariamente según el horario establecido de clase en cada aula, área y piso.

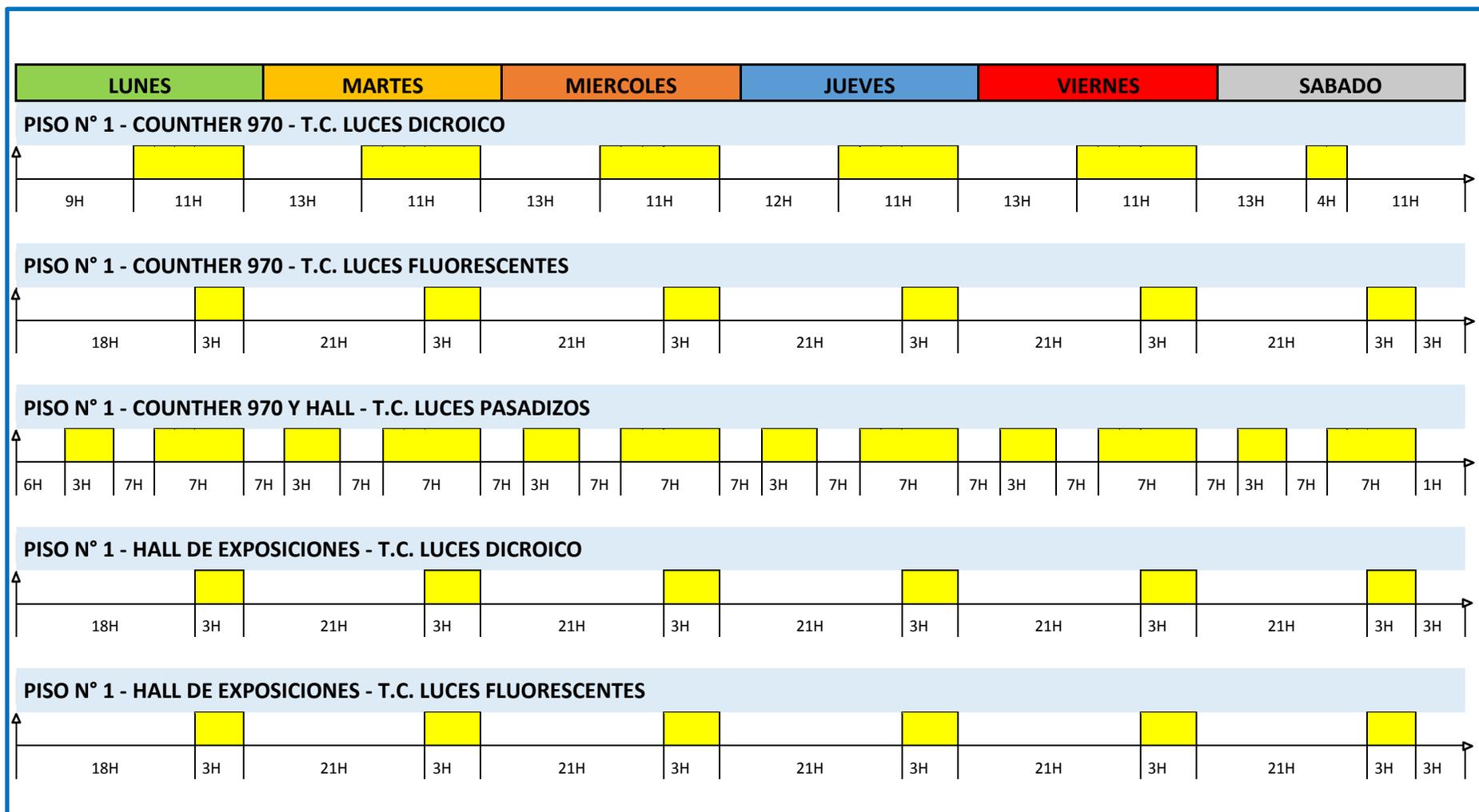


Figura 6: Diagrama de Tiempo de accionamiento de los equipos del Piso N° 1.1

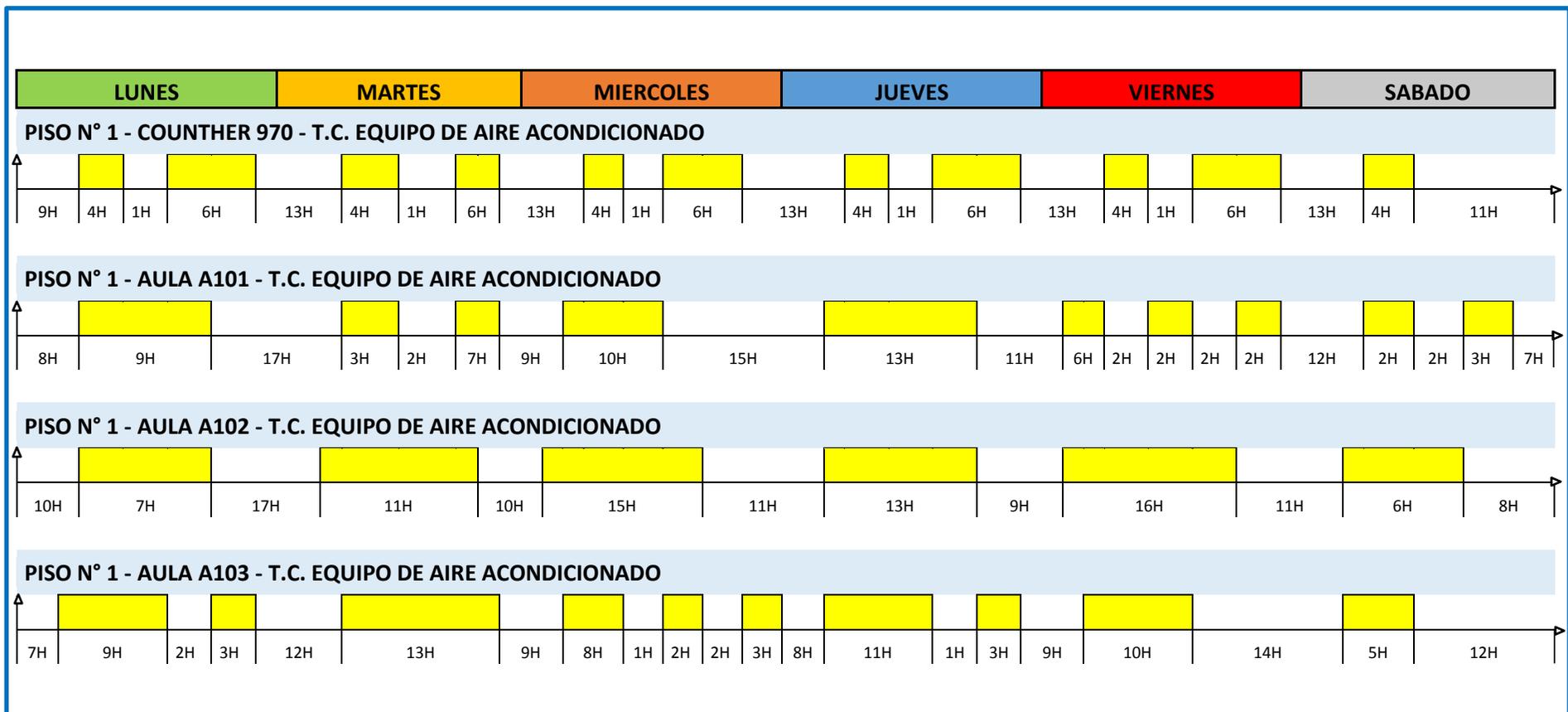


Figura 7: Diagrama de Tiempo de accionamiento de los equipos del Piso N° 1.2

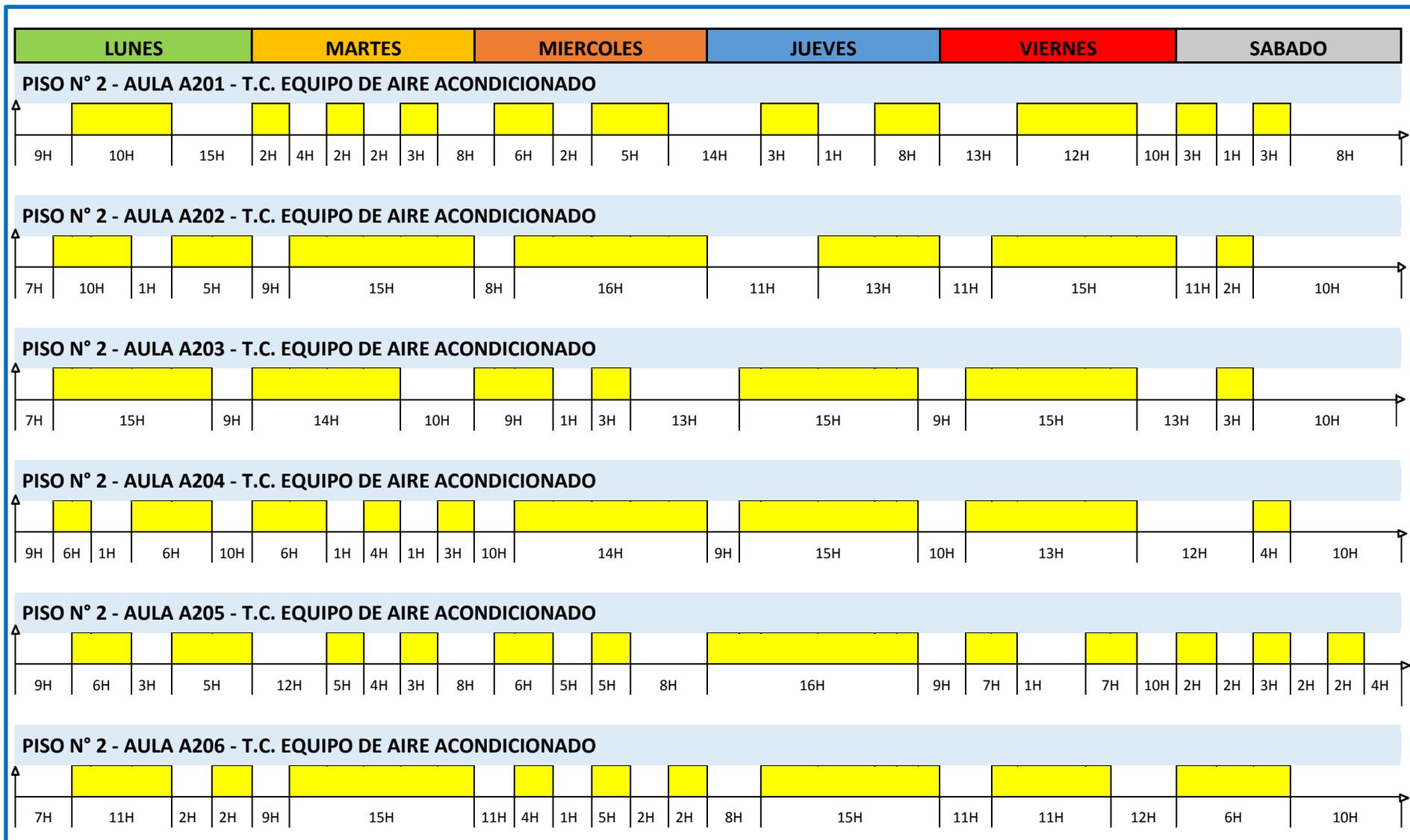


Figura 8: Diagrama de Tiempo de accionamiento de los equipos del Piso N° 2

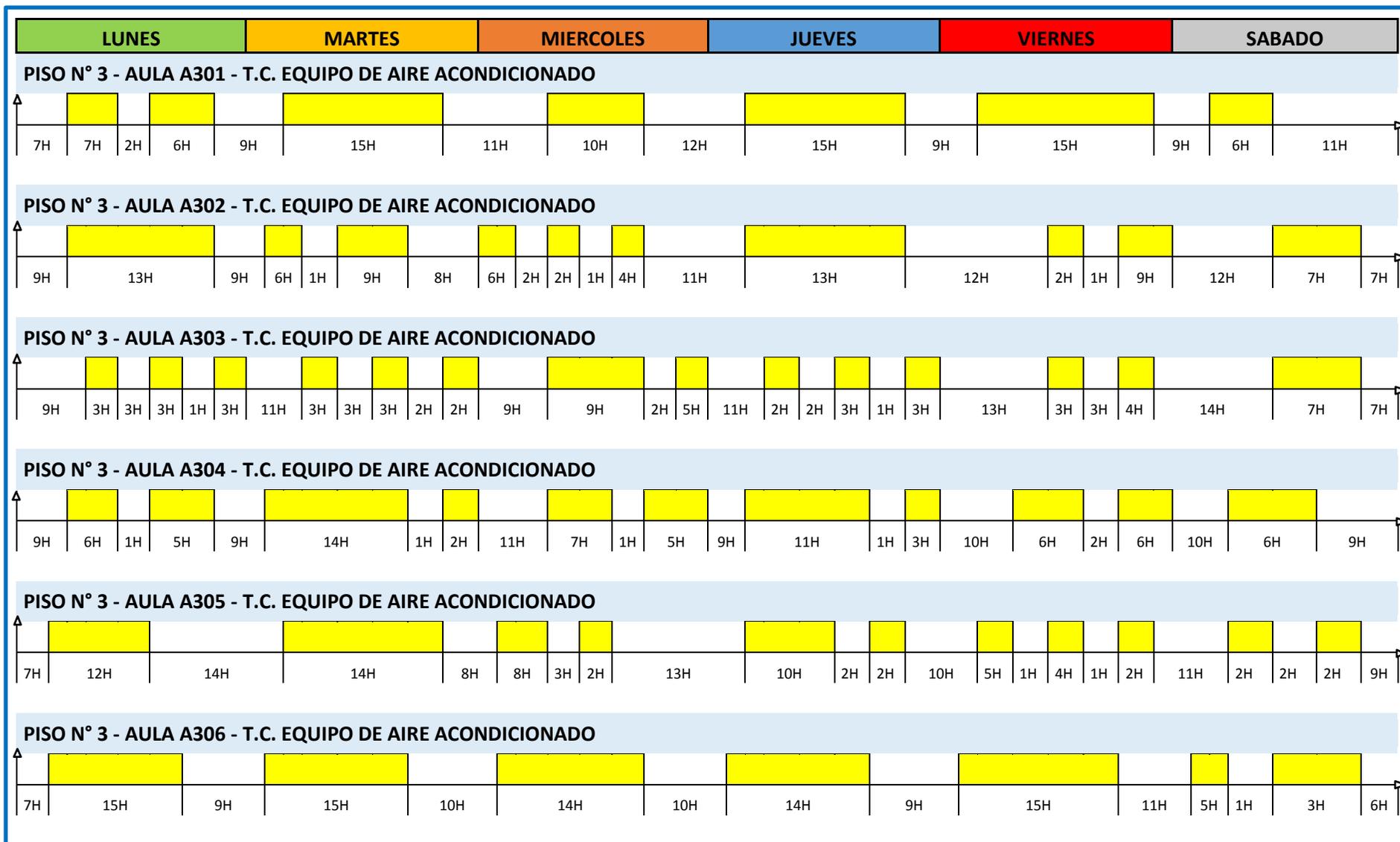


Figura 9: Diagrama de Tiempo de accionamiento de los equipos del Piso N° 3

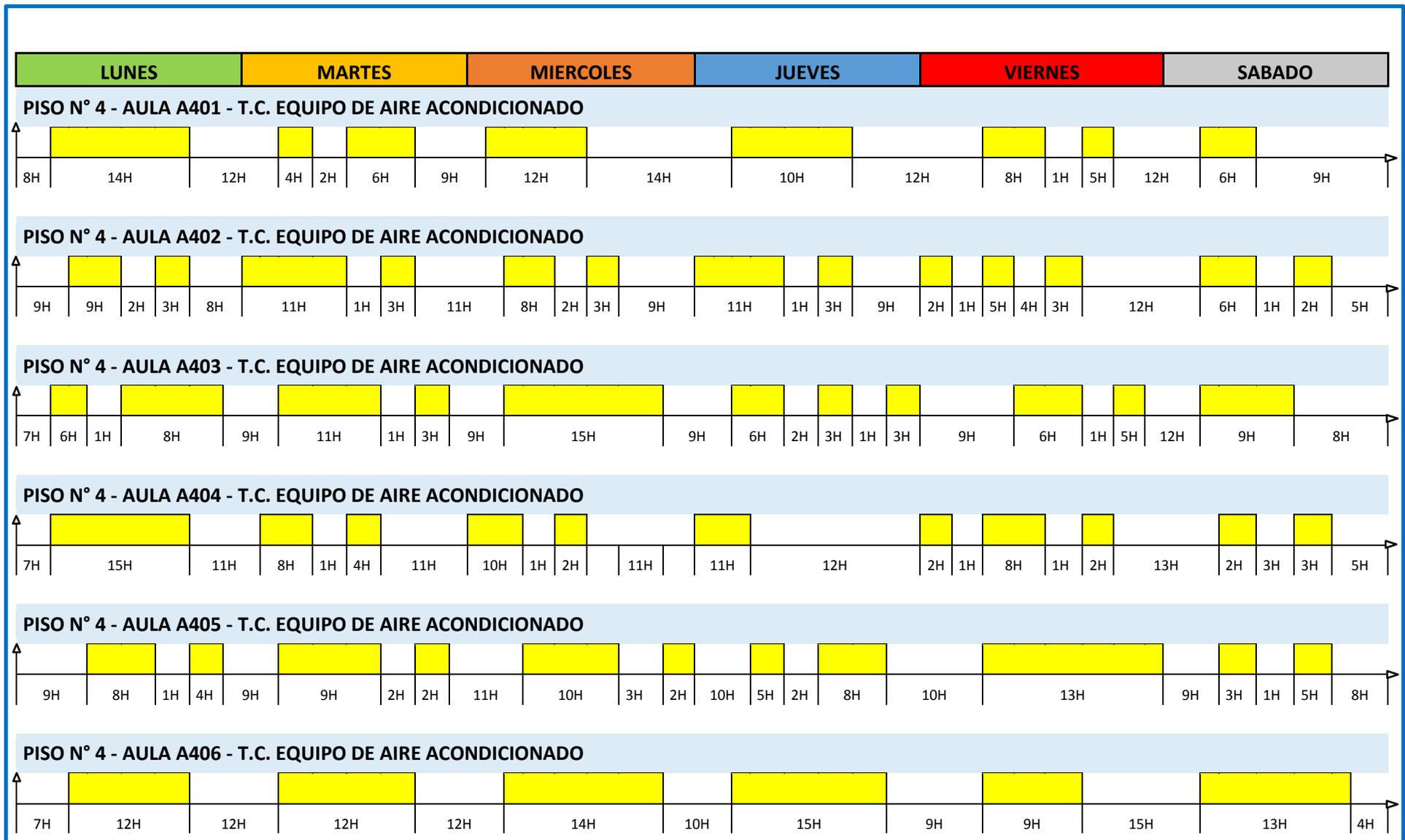


Figura 10: Diagrama de Tiempo de accionamiento de los equipos del Piso N° 4

3.1.2 Desarrollo del Automatismo.

Una vez desarrollado los diagramas de tiempo de las cuatro plantas del Instituto, se procede a desarrollar la programación del Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230RCE. A continuación, se detallan el procedimiento seguido para la programación correspondiente a la primera planta, cabe señalar que las demás áreas y aulas de cada piso seguirán la misma secuencia de programación:

- La secuencia lógica utilizada en la programación para el Counther 970 –TC. Luces Dicroico, muestra en el primer segmento al interruptor de arranque, representado por la entrada discreta I1, que establecerá el inicio de la secuencia de accionamiento secuencial automatizado. Este interruptor I1 está conectado hacia el temporizador con retardo a la conexión T001, quien determinará el primer intervalo de tiempo en el que no está habilitado el encendido de las luces de dicroico de esta área.
- En el segundo segmento se utiliza un contacto normalmente abierto del Temporizador T001, quien al cumplir el tiempo preestablecido de 9 Horas automáticamente habilitara el encendido de las luces, esto por 11 horas, cuyo elemento encargado de determinar dicho tiempo es el temporizador T002.
- En el tercer segmento se utiliza un contacto normalmente abierto del Temporizador T002, quien al cumplir el tiempo preestablecido de 11 Horas automáticamente habilitara el encendido de las luces, esto por 13 horas, cuyo elemento encargado de determinar dicho tiempo es el temporizador T003.

- En el cuarto segmento se utiliza un contacto normalmente abierto del Temporizador T003, quien al cumplir el tiempo preestablecido de 13 Horas automáticamente habilitara el encendido de las luces, esto por 11 horas, cuyo elemento encargado de determinar dicho tiempo es el temporizador T004.
- En el quinto segmento se utiliza un contacto normalmente abierto del Temporizador T004, quien al cumplir el tiempo preestablecido de 11 Horas automáticamente habilitara el encendido de las luces, esto por 13 horas, cuyo elemento encargado de determinar dicho tiempo es el temporizador T005.
- En el sexto segmento se utiliza un contacto normalmente abierto del Temporizador T005, quien al cumplir el tiempo preestablecido de 13 Horas automáticamente habilitara el encendido de las luces, esto por 11 horas, cuyo elemento encargado de determinar dicho tiempo es el temporizador T006.
- En el séptimo segmento se utiliza un contacto normalmente abierto del Temporizador T006, quien al cumplir el tiempo preestablecido de 11 Horas automáticamente habilitara el encendido de las luces, esto por 13 horas, cuyo elemento encargado de determinar dicho tiempo es el temporizador T007.
- En el octavo segmento se utiliza un contacto normalmente abierto del Temporizador T007, quien al cumplir el tiempo preestablecido de 13 Horas automáticamente habilitara el encendido de las luces, esto por 11 horas, cuyo elemento encargado de determinar dicho tiempo es el temporizador T008.

- En el noveno segmento se utiliza un contacto normalmente abierto del Temporizador T009, quien al cumplir el tiempo preestablecido de 11 Horas automáticamente habilitara el encendido de las luces, esto por 13 horas, cuyo elemento encargado de determinar dicho tiempo es el temporizador T010.
- En el décimo segmento se utiliza un contacto normalmente abierto del Temporizador T010, quien al cumplir el tiempo preestablecido de 13 Horas automáticamente habilitara el encendido de las luces, esto por 11 horas, cuyo elemento encargado de determinar dicho tiempo es el temporizador T011.
- En el décimo primer segmento se utiliza un contacto normalmente abierto del Temporizador T011, quien al cumplir el tiempo preestablecido de 11 Horas automáticamente habilitara el encendido de las luces, esto por 13 horas, cuyo elemento encargado de determinar dicho tiempo es el temporizador T012.
- En el décimo segundo segmento se utiliza un contacto normalmente abierto del Temporizador T012, quien al cumplir el tiempo preestablecido de 13 Horas automáticamente habilitara el encendido de las luces, esto por 4 horas, cuyo elemento encargado de determinar dicho tiempo es el temporizador T013.
- En el décimo tercer segmento se utiliza un contacto normalmente abierto del Temporizador T013, quien al cumplir el tiempo preestablecido de 4 Horas automáticamente deshabilitará por 11 horas, el posible encendido de la carga Q1.

- La bobina Q1 del controlador lógico programable, representa el actuador que habilitara y deshabilitara la línea de alimentación de las luces dicroico del Counter 970, ubicado en la Planta N° 1.
- Para dicha habilitación y deshabilitación secuencial temporizada, se utilizó en la programación seis segmentos adicionales, a los descritos en los párrafos anteriores.
- Inicio esta programación, haciendo uso del contacto normalmente abierto del temporizador con retardo a la conexión T001, conectado en serie con el contacto normalmente cerrado del temporizador con retardo a la conexión T002, con el propósito de que, al arrancar el proceso, la Bobina Q1 quede deshabilitada un tiempo establecido por el temporizador T001, para luego automáticamente quedar habilitado un tiempo establecido por el temporizador T002.
- Como el tiempo de habilitación y deshabilitación de la bonina Q1, se realiza de forma alternada (entiéndase por el hecho de pasar de un nivel alto a nivel bajo y viceversa), es que se dispone en paralelo, las conexiones en serie de los contactos normalmente abierto de los temporizadores que mantendrán un tiempo deshabilitado a la bobina Q1 (T003, T005, T007, T009, T011) con el contacto normalmente cerrado del temporizador que mantendrá un tiempo habilitado a la bonina Q1 (T004,T006, T008, T012, T0013); garantizando de esta forma cumplir con el diagrama de tiempo secuencial, definido de forma procesa para una semana de operación de las cargas.

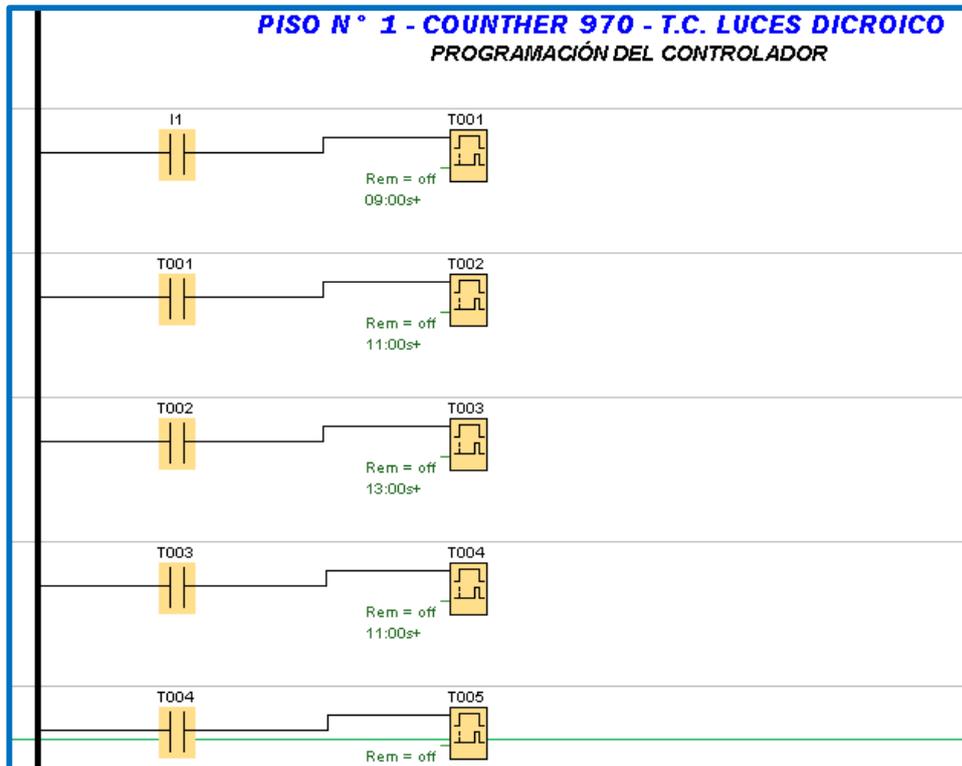


Figura 11: Programación Piso N°1 Counter 970 – TC Luces Dicroico – Parte 1

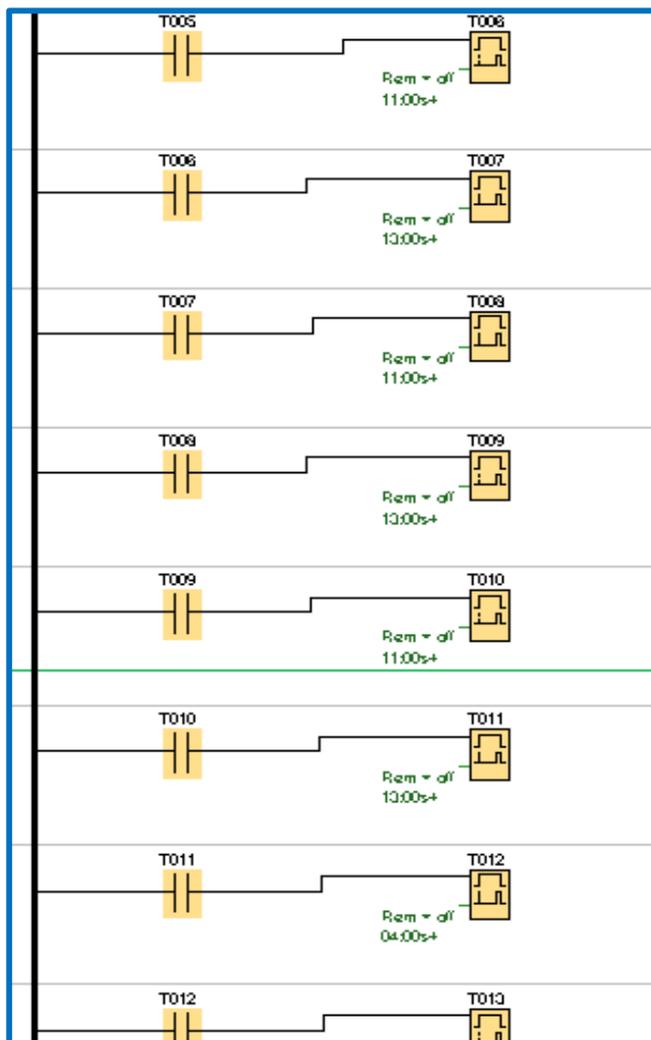


Figura 12: Programación Piso N°1 Counter 970 – TC Luces Dicroico – Parte 2

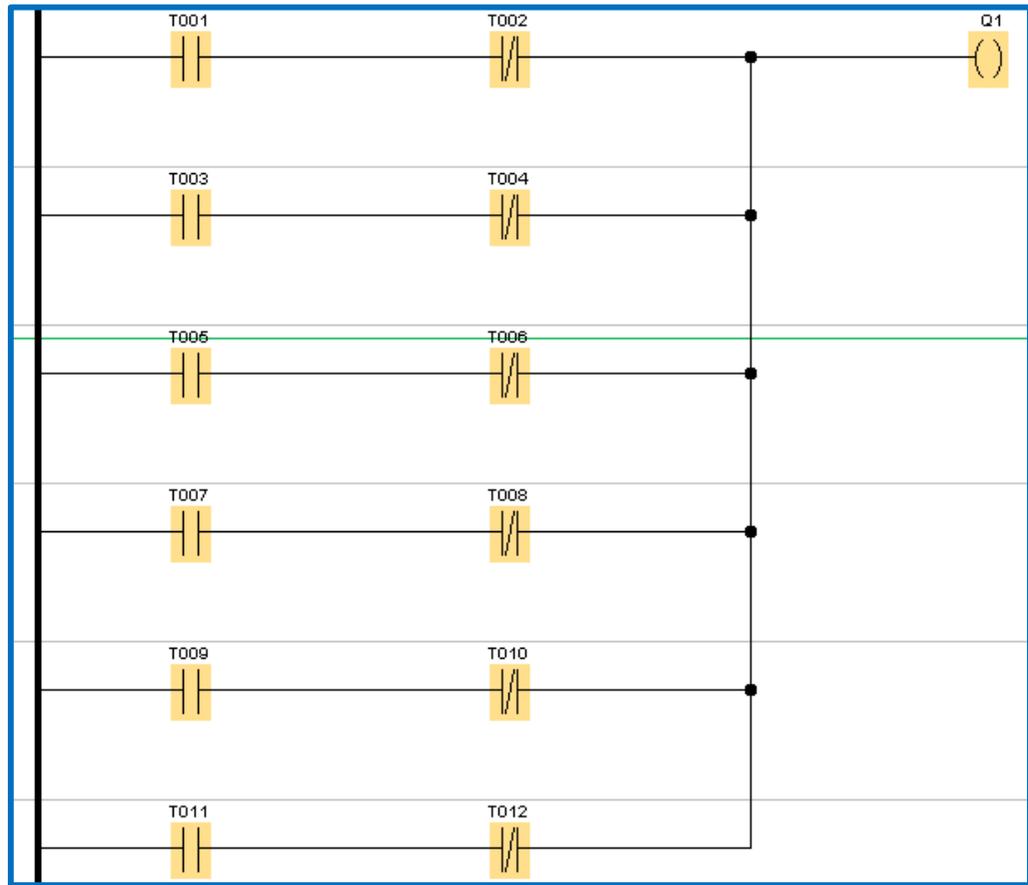


Figura 13: Programación Piso N°1 COUNTER 970 – TC Luces Dicroico – Parte 3

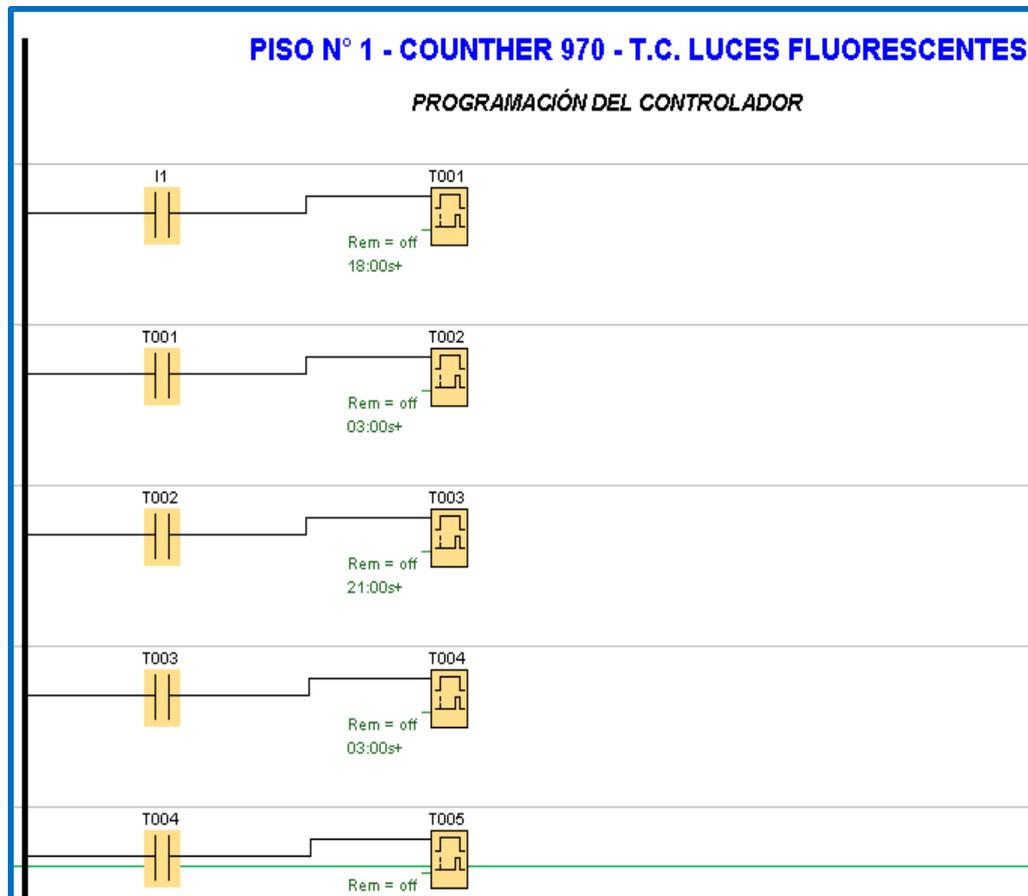


Figura 14: Programación Piso N°1 COUNTER 970 – TC Luces Fluorescentes – Parte 1

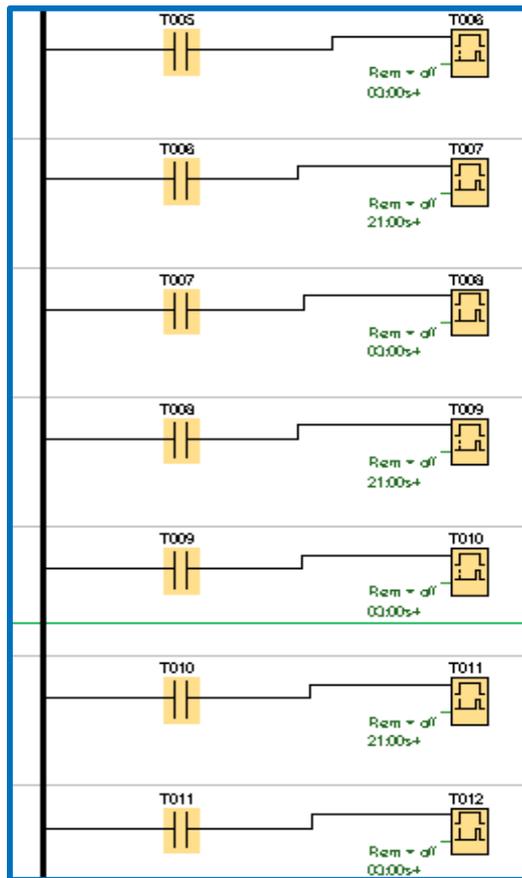


Figura 15: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Luces Fluorescentes – Parte 2

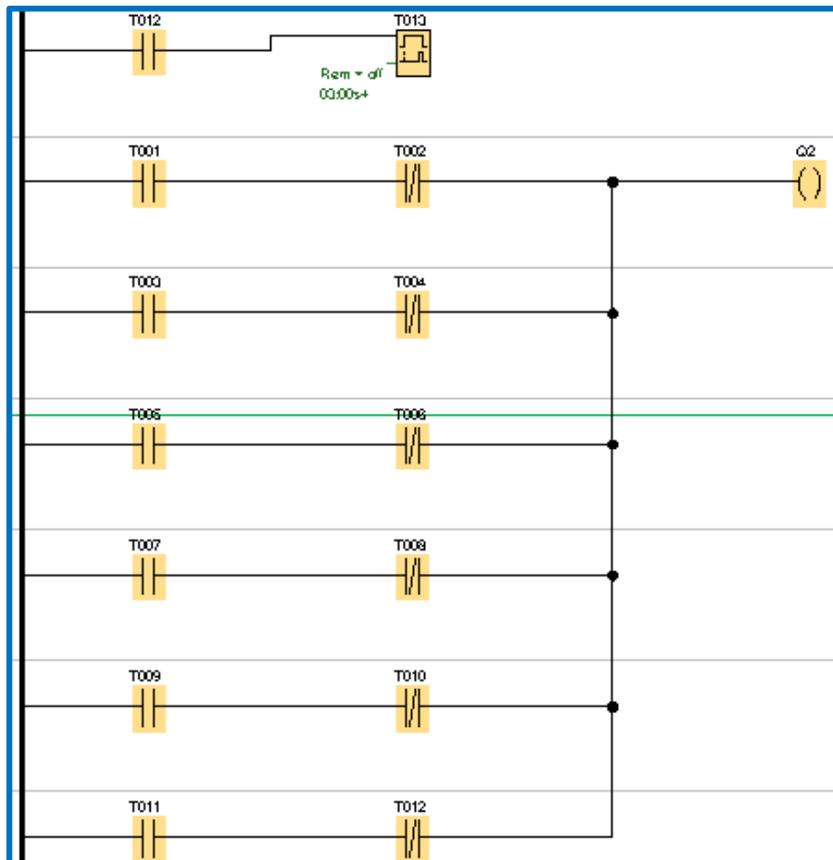


Figura 16: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Luces Fluorescentes – Parte 3

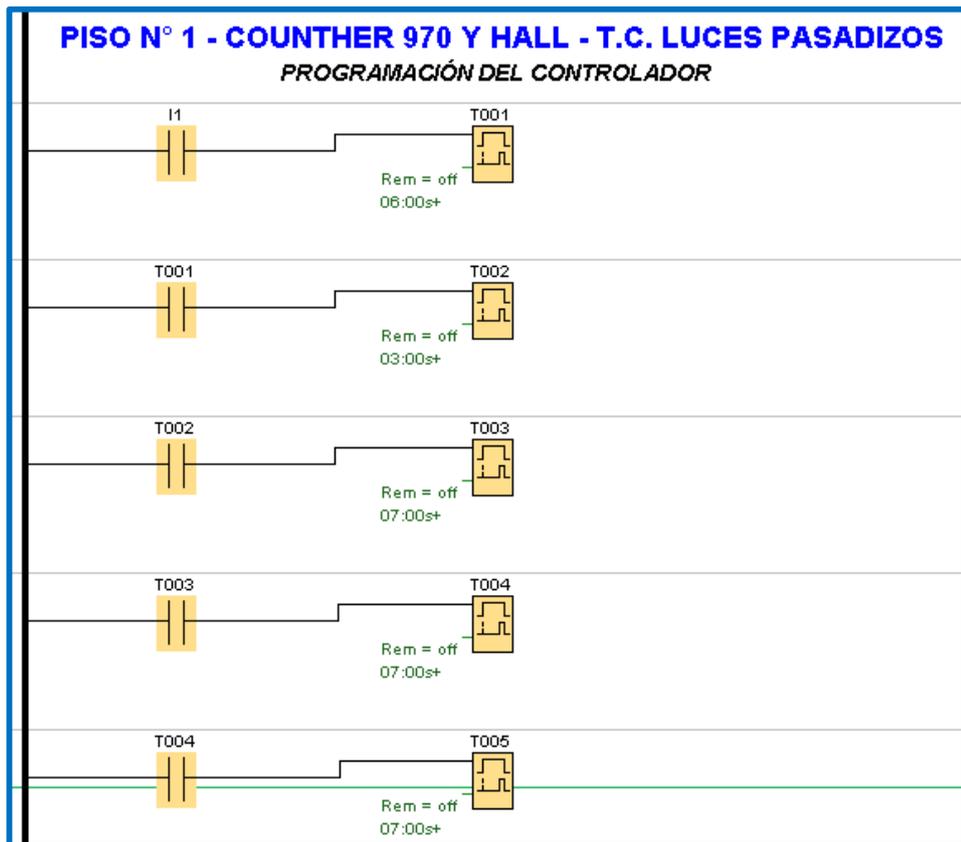


Figura 17: Programación Piso N°1 Counter 970 y Hall – TC Luces Pasadizos – Parte 1

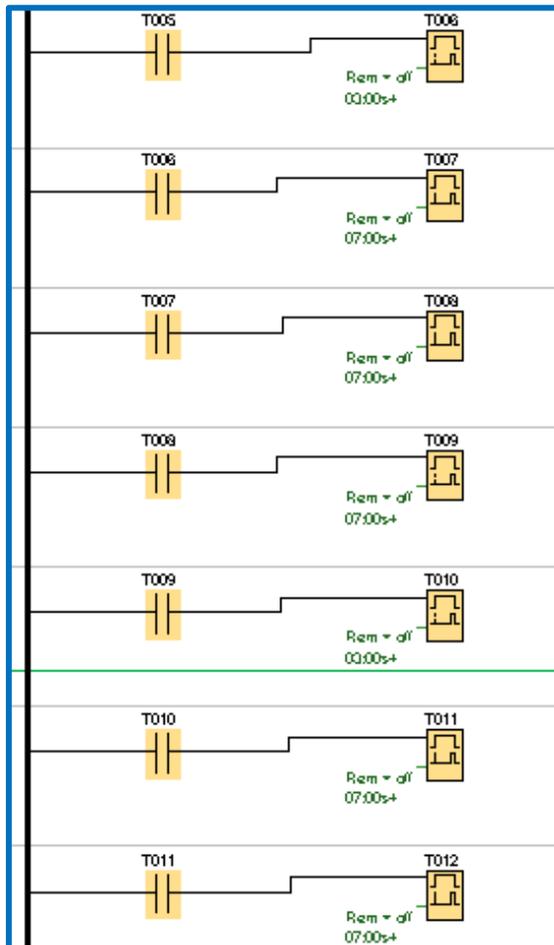


Figura 18: Programación Piso N°1 Counter 970 y Hall – TC Luces Pasadizos – Parte 2

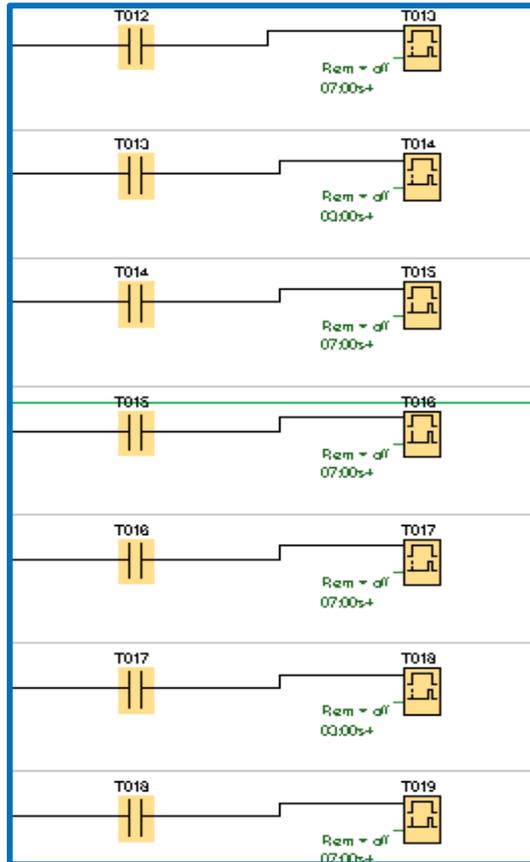


Figura 19: Programación Piso N°1 Counther 970 y Hall – TC Luces Pasadizos – Parte 3

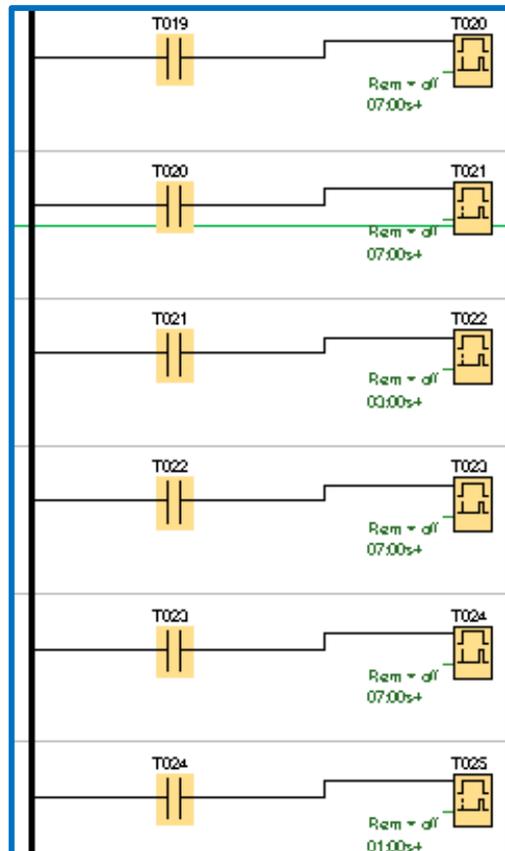


Figura 20: Programación Piso N°1 Counther 970 y Hall – TC Luces Pasadizos – Parte 4

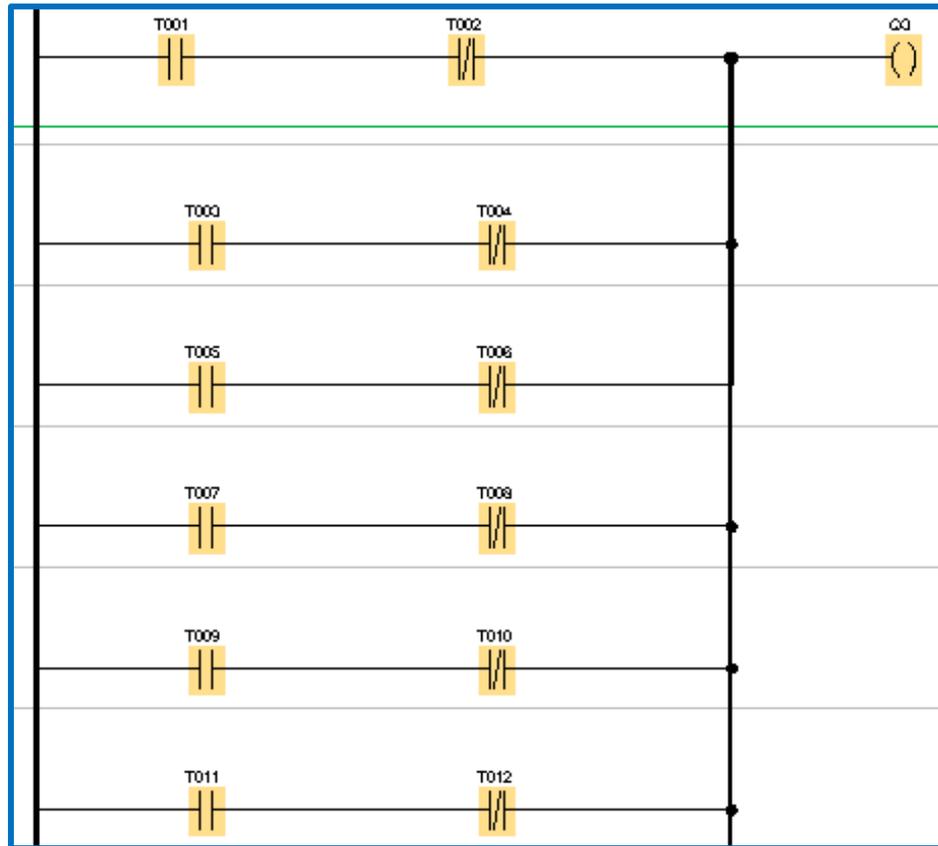


Figura 21: Programación Piso N°1 Counter 970 y Hall – TC Luces Pasadizos – Parte 5

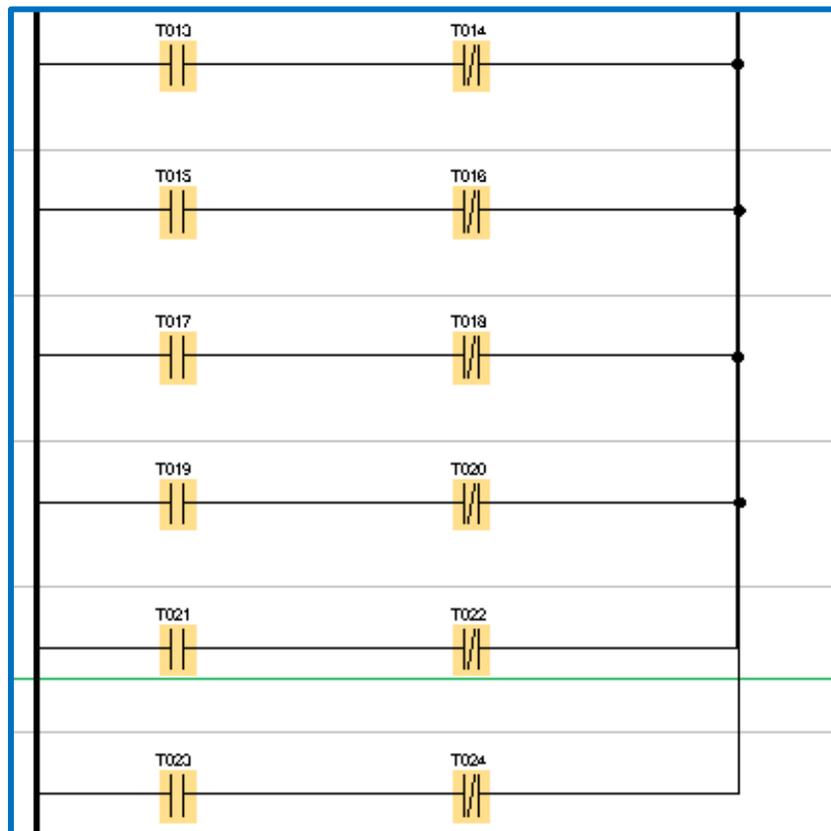


Figura 22: Programación Piso N°1 Counter 970 y Hall – TC Luces Pasadizos – Parte 6

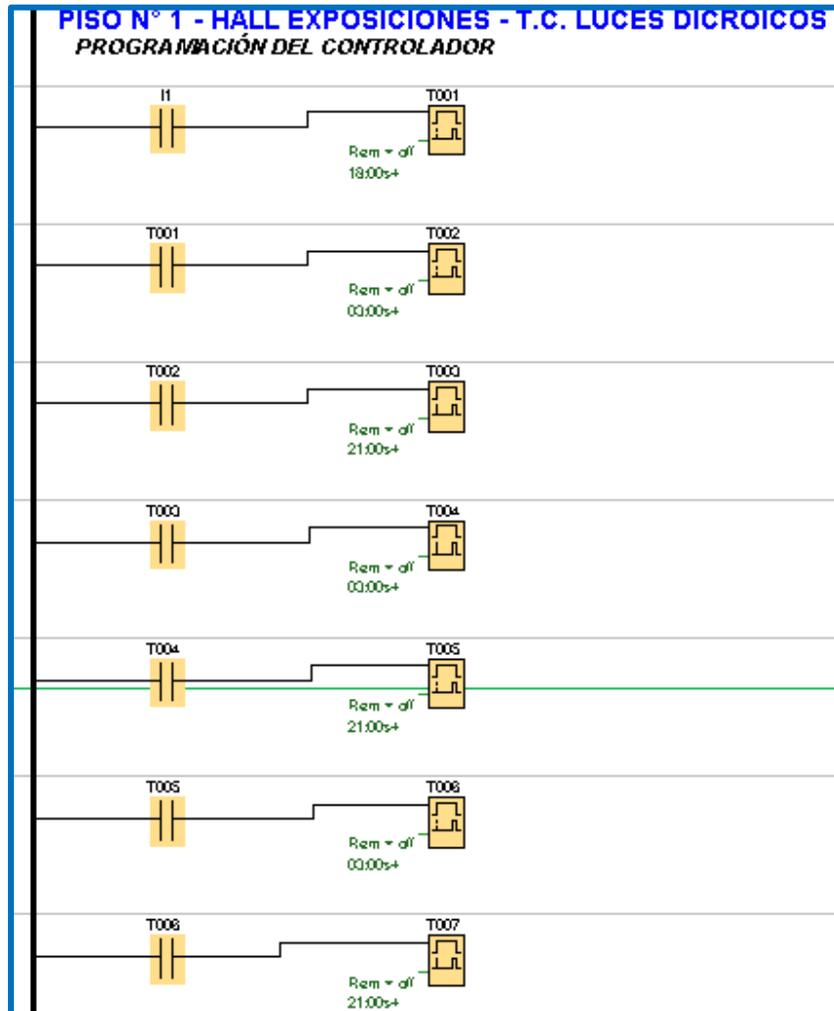


Figura 23: Programación Piso N°1 Hall Exposiciones – TC Luces Dicroicos – Parte 1

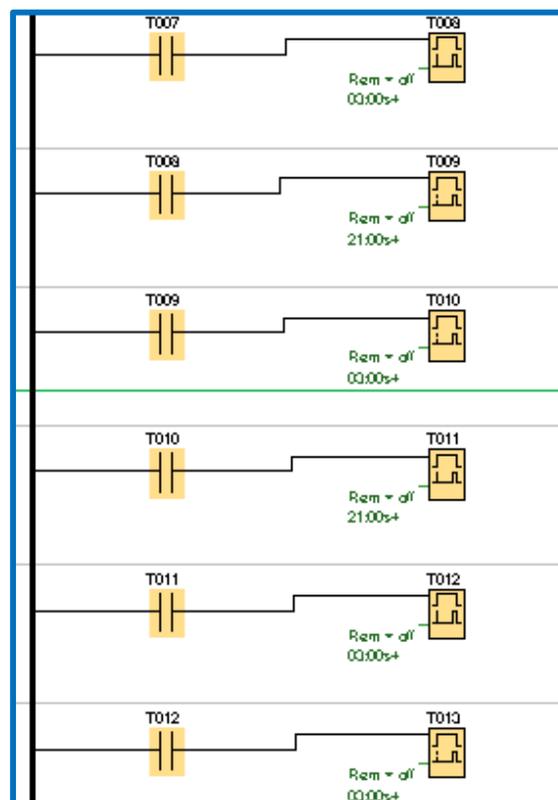


Figura 24: Programación Piso N°1 Hall Exposiciones – TC Luces Dicroicos – Parte 2

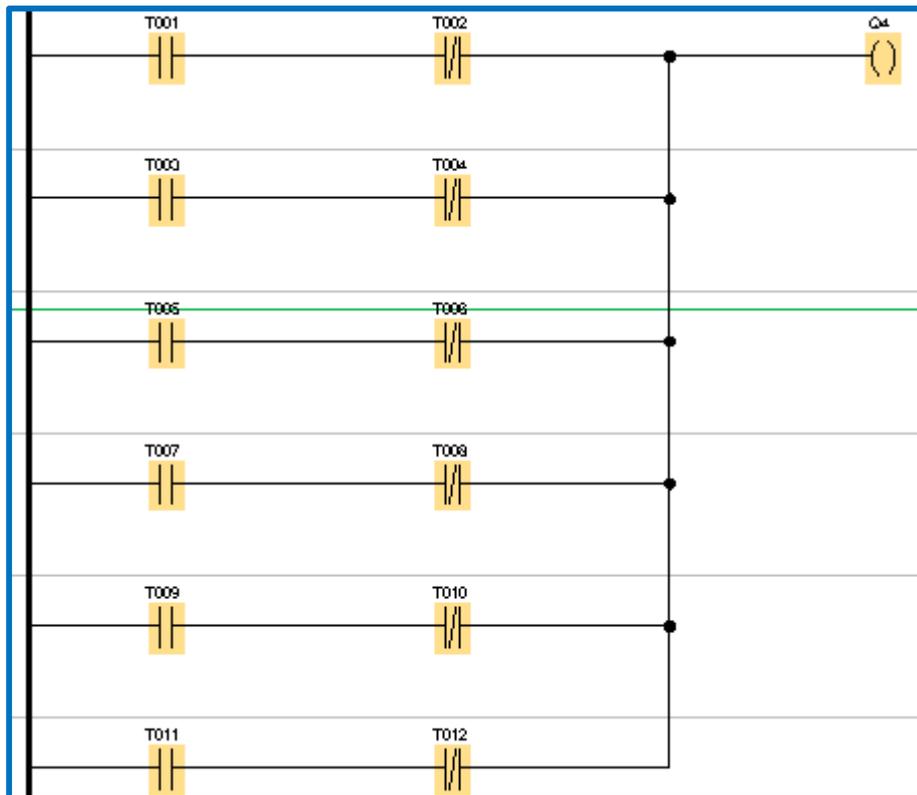


Figura 25: Programación Piso N°1 Hall Exposiciones – TC Luces Dicroicos – Parte 3

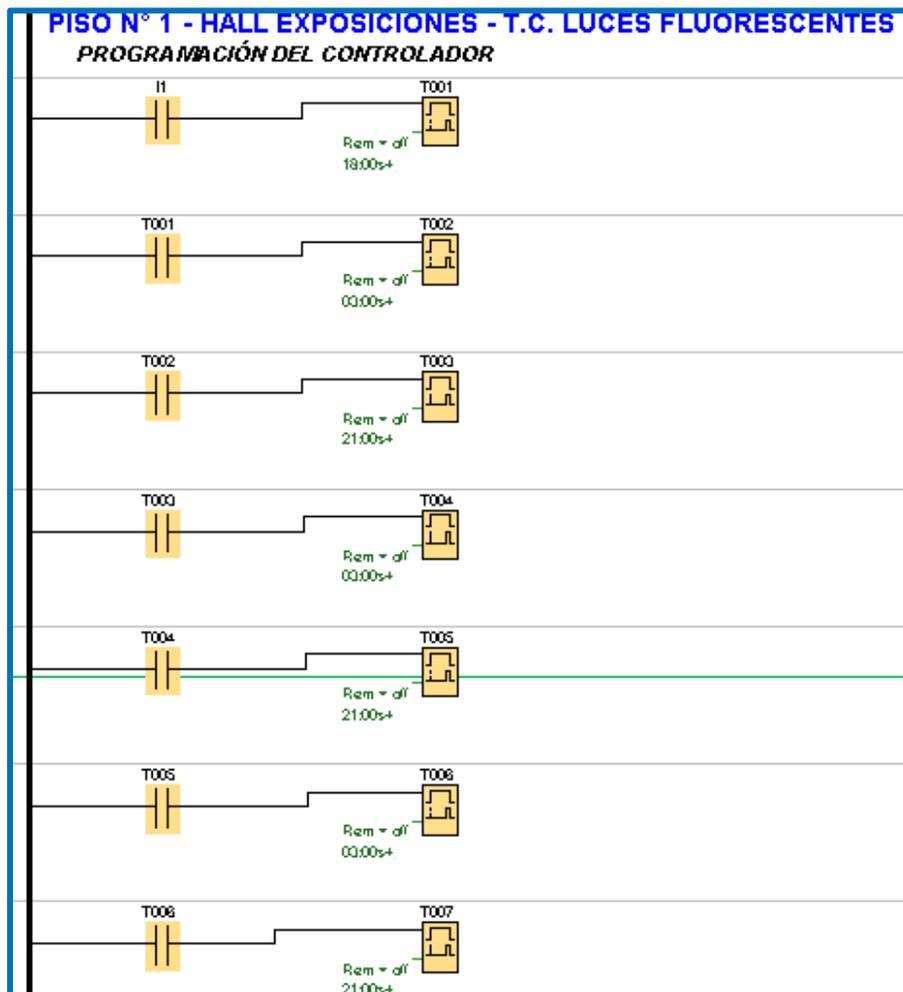


Figura 26: Programación Piso N°1 Hall Exposiciones – TC Luces Fluorescentes – Parte 1

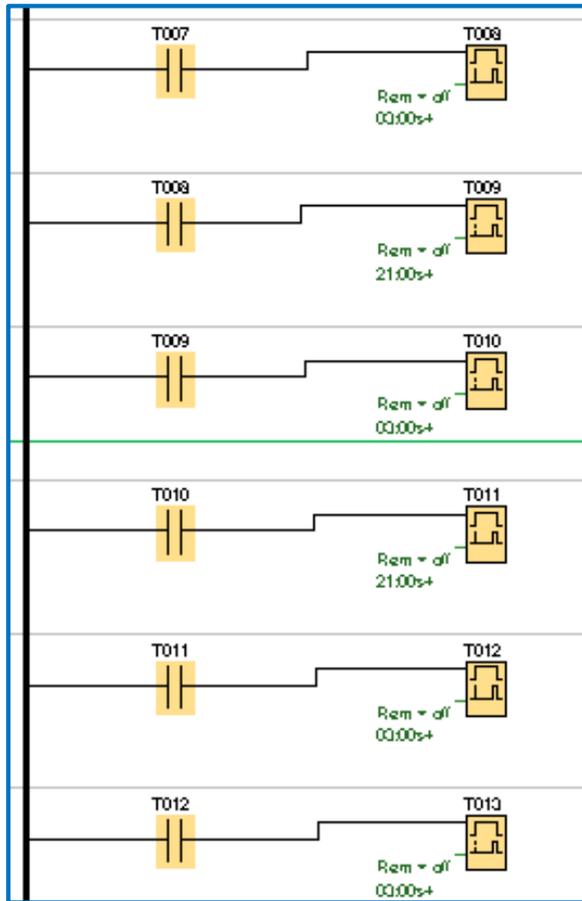


Figura 27: Programación Piso N°1 Hall Exposiciones – TC Luces Fluorescentes – Parte 2

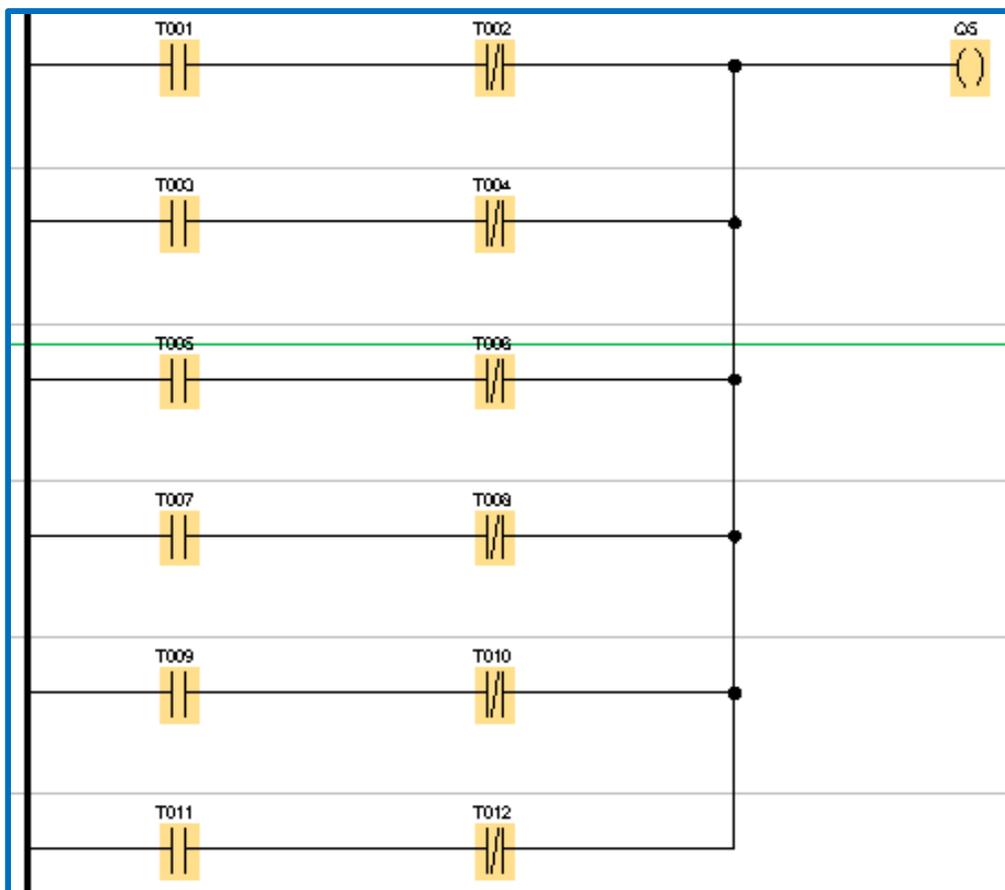


Figura 28: Programación Piso N°1 Hall Exposiciones – TC Luces Fluorescentes – Parte 3

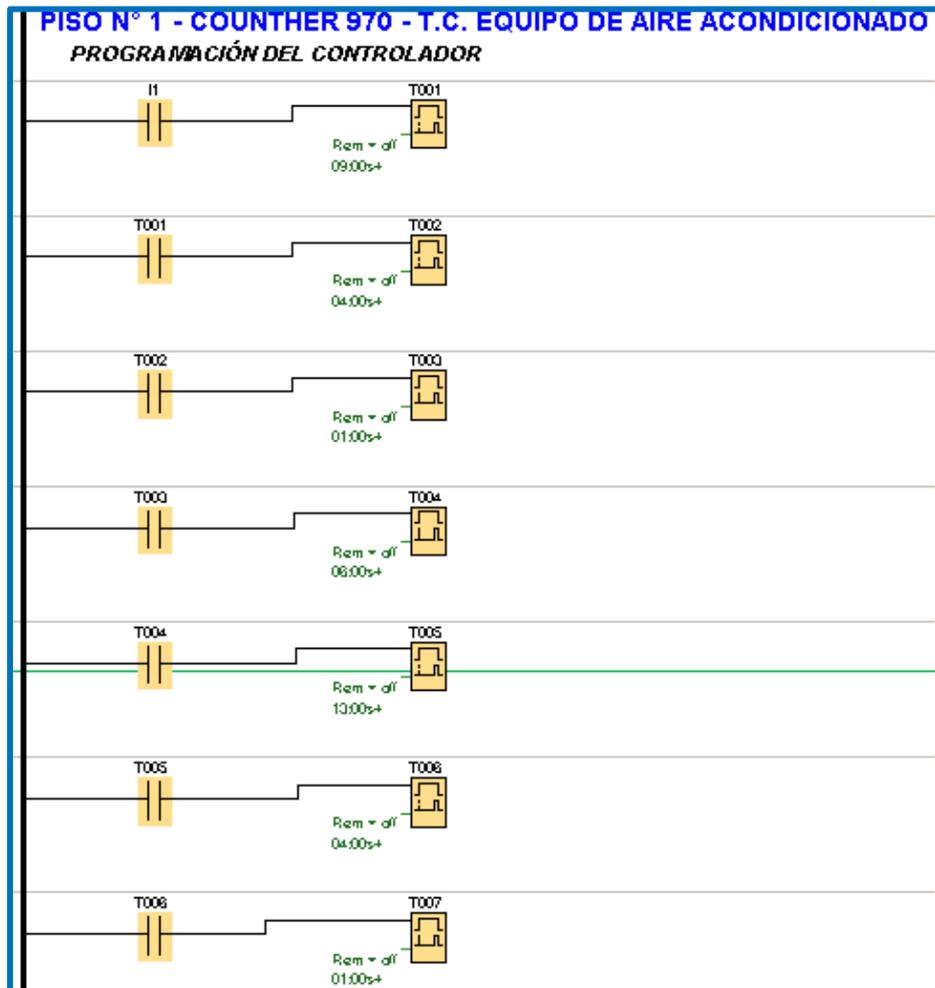


Figura 29: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 1

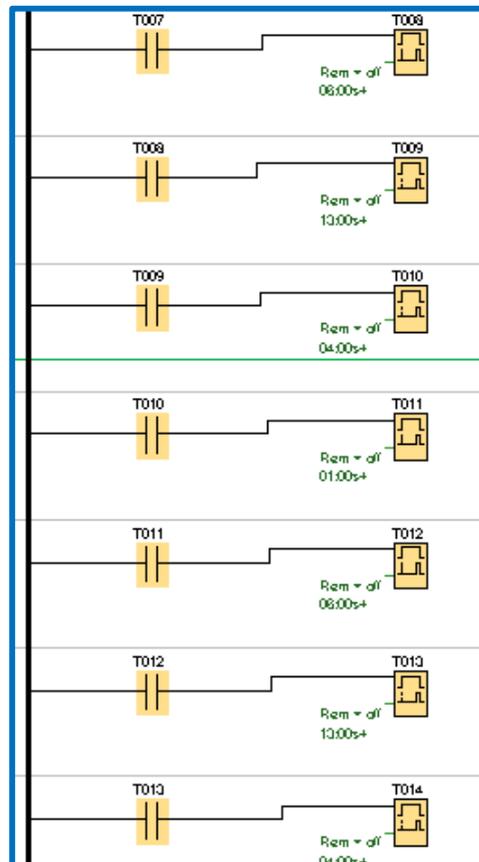


Figura 30: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 2

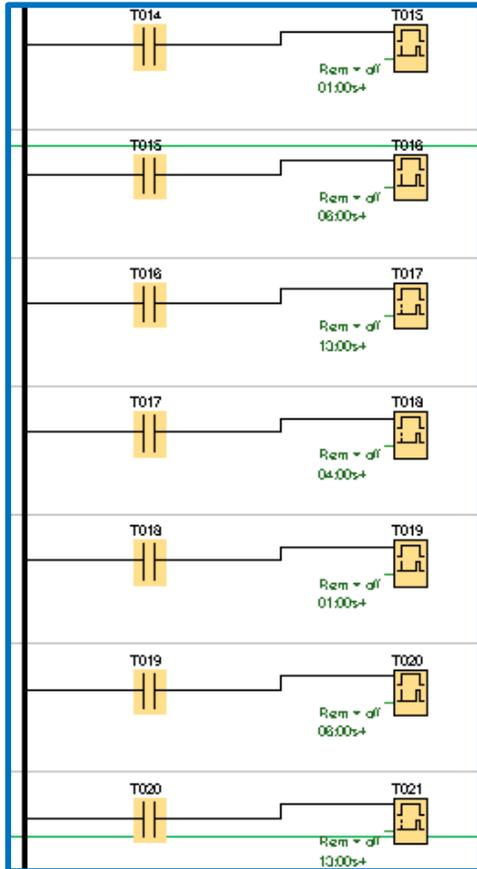


Figura 31: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 3

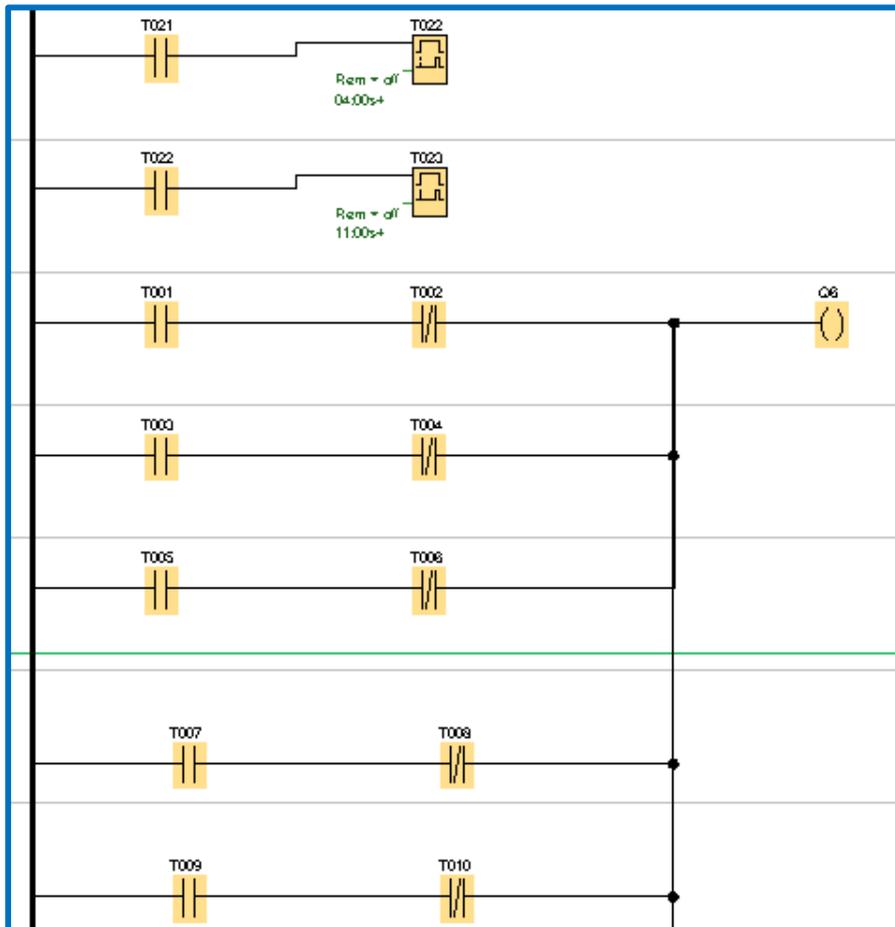


Figura 32: Programación Piso N°1 Counther 970 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 4

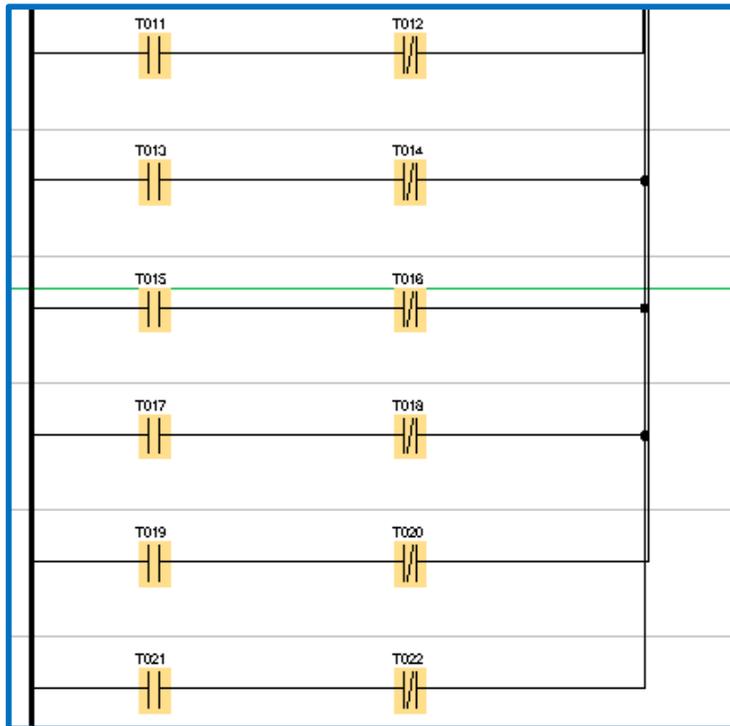


Figura 33: Programación Piso N°1 Counter 970 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 5

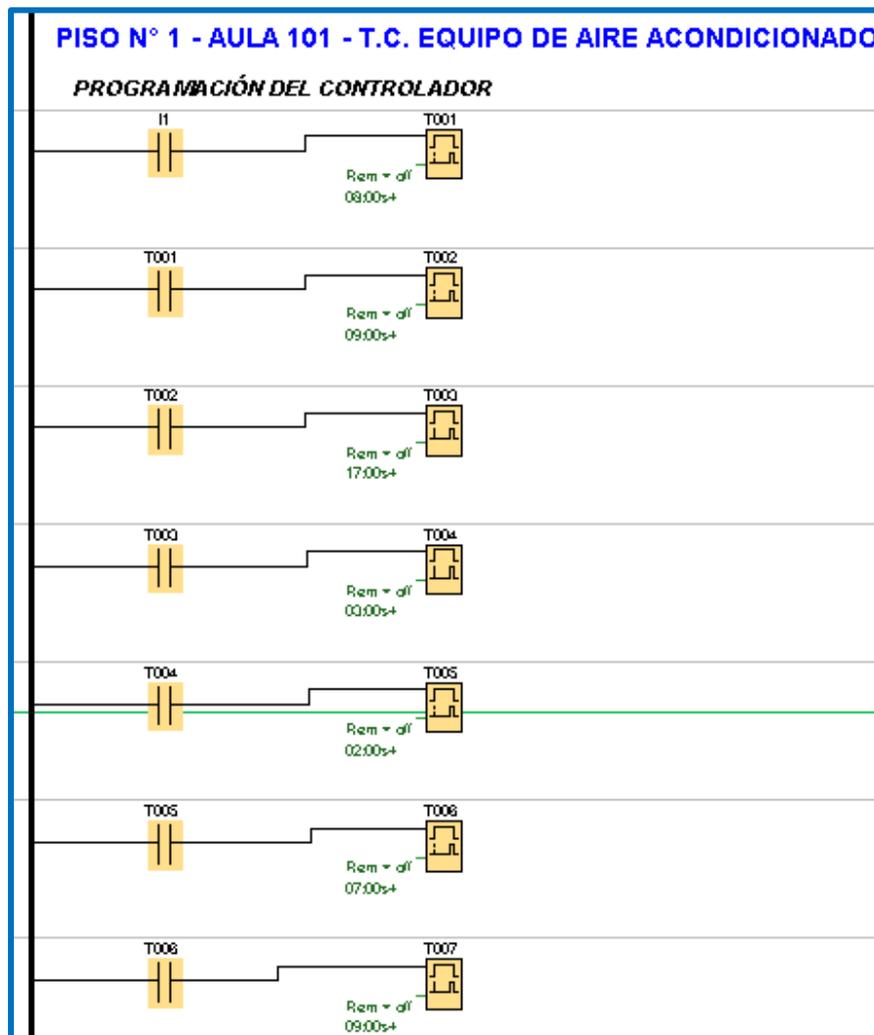


Figura 34: Programación Piso N°1 Aula 101 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 1

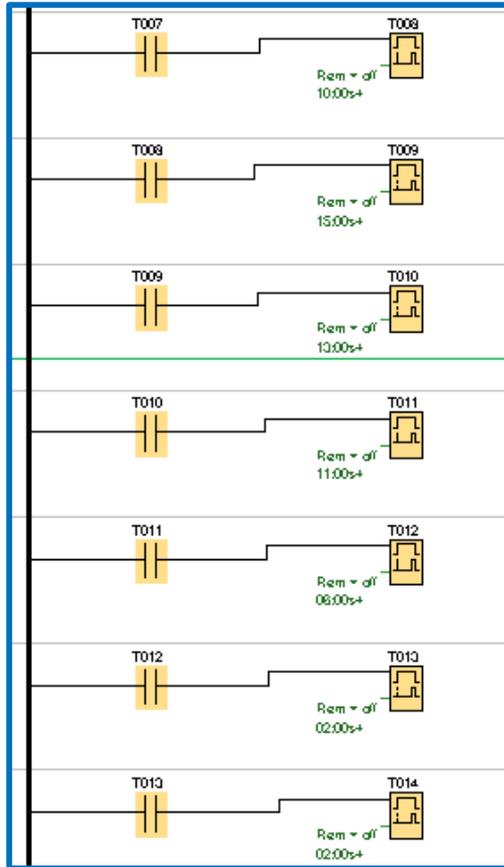


Figura 35: Programación Piso N°1 Aula 101 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 2

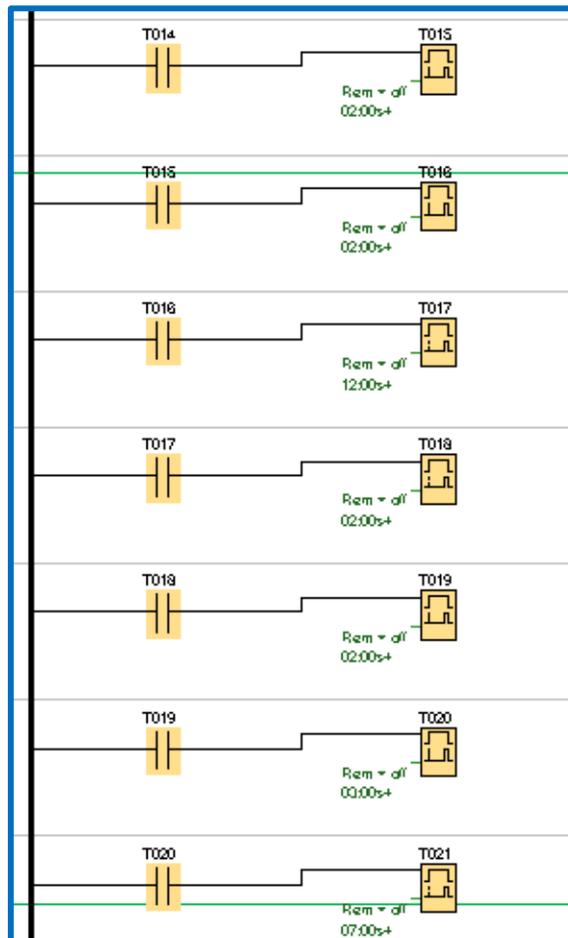


Figura 36: Programación Piso N°1 Aula 101 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 3

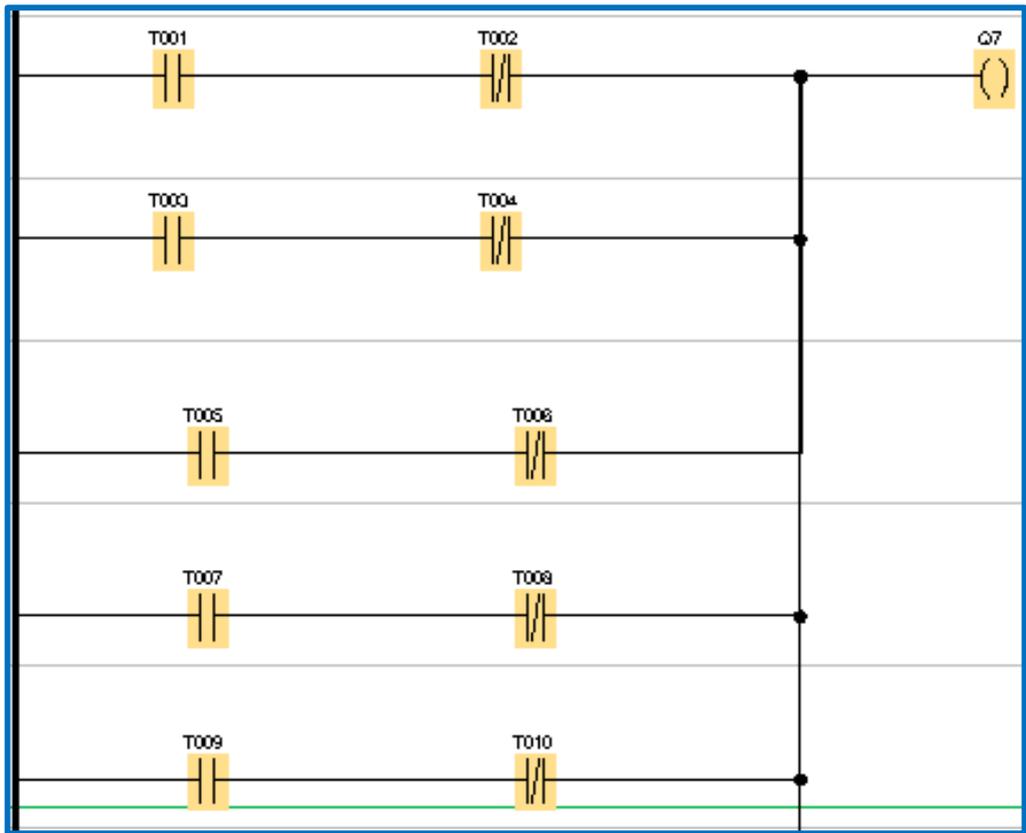


Figura 37: Programación Piso N°1 Aula 101 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 4

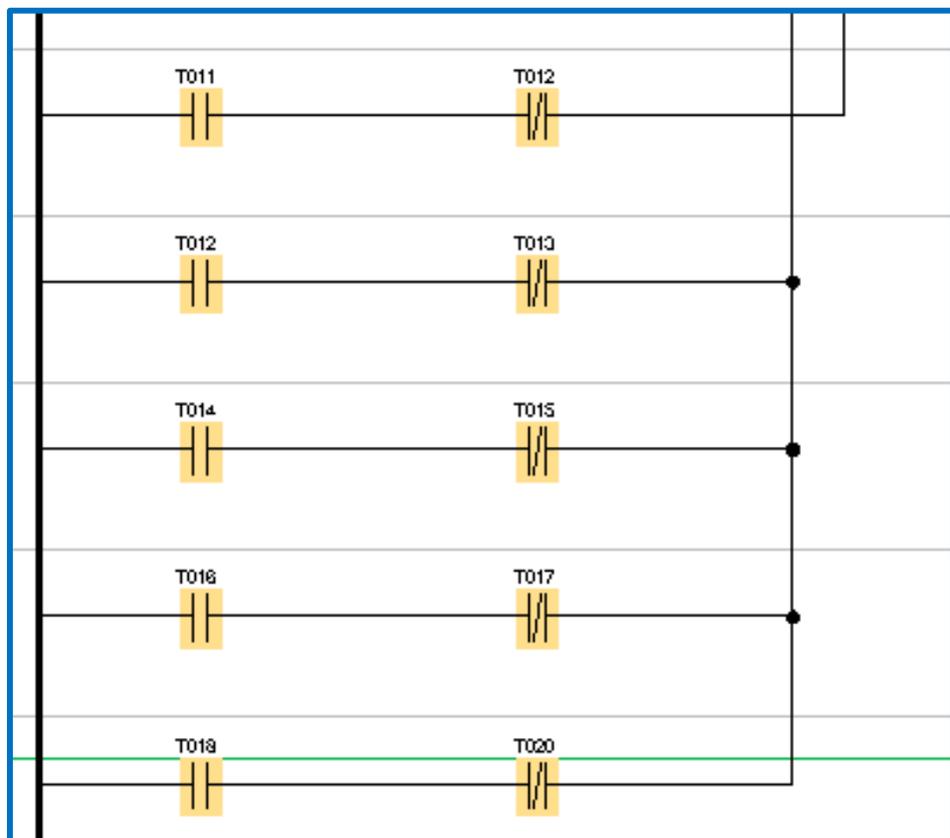


Figura 38: Programación Piso N°1 Aula 101 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 5

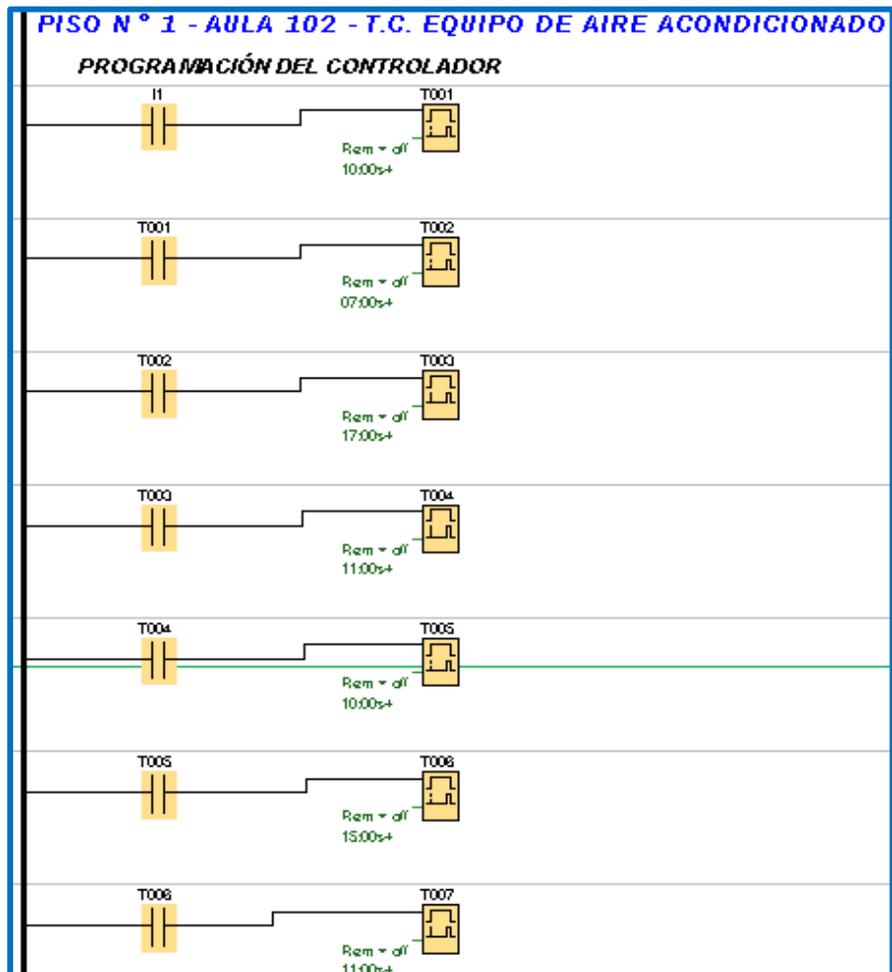


Figura 39: Programación Piso N°1 Aula 102 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 1

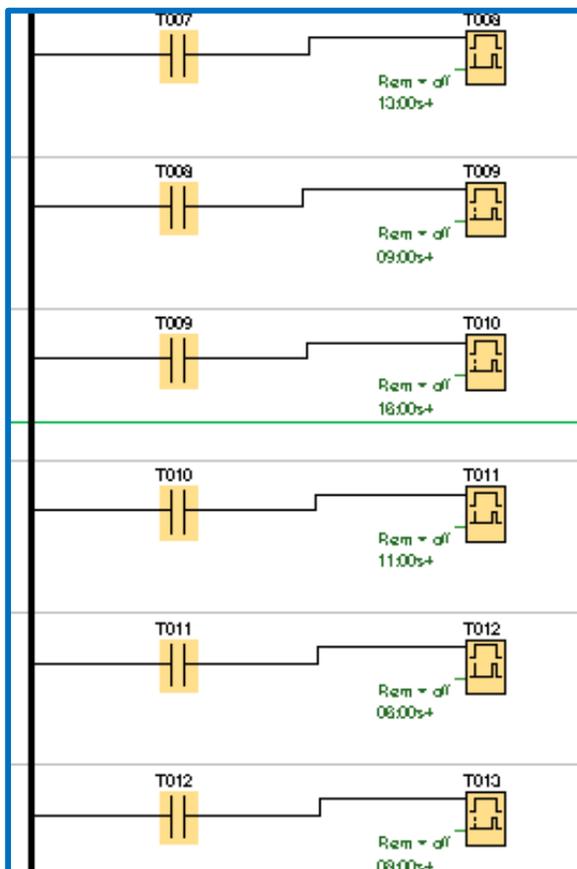


Figura 40: Programación Piso N°1 Aula 102 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 2

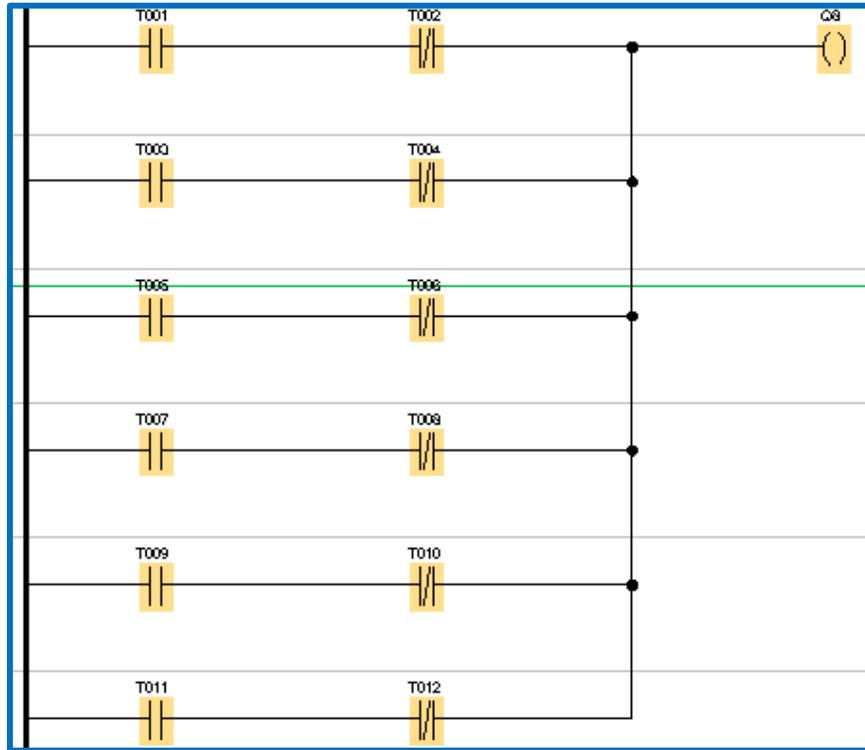


Figura 41: Programación Piso N°1 Aula 102 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 3

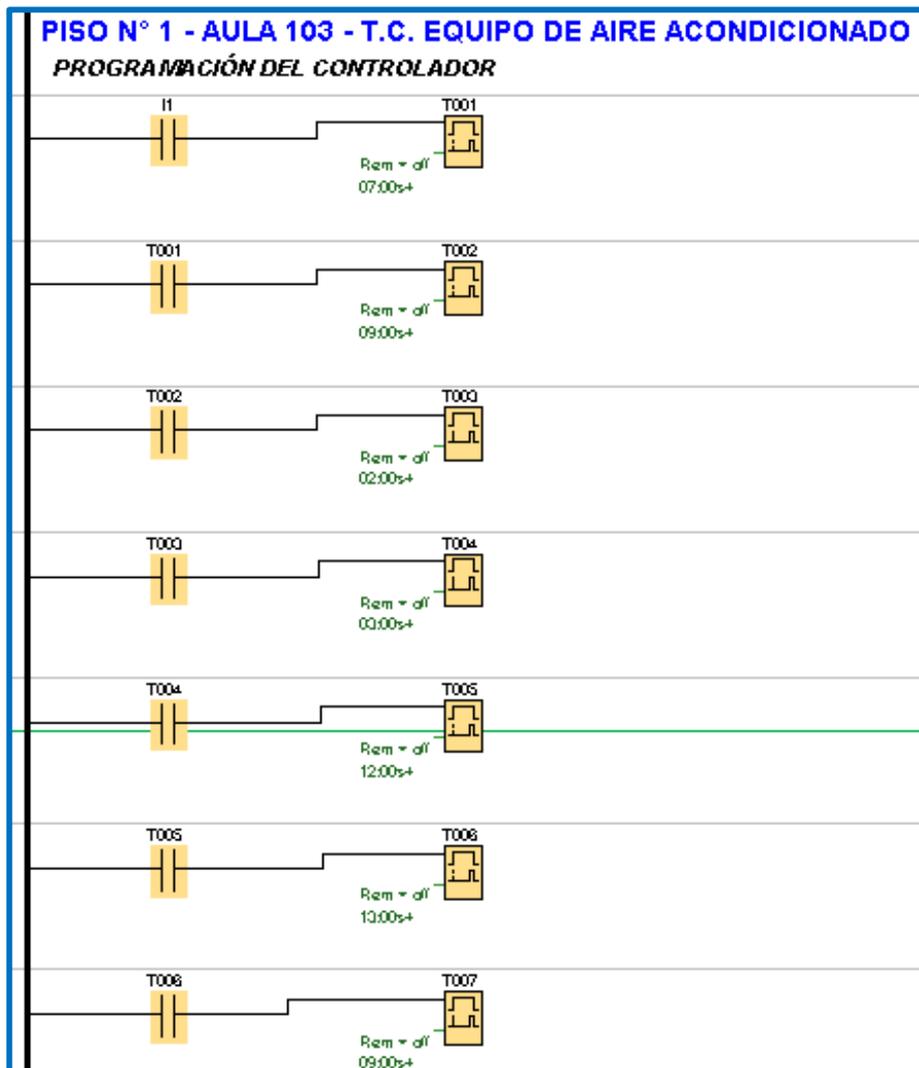


Figura 42: Programación Piso N°1 Aula 103 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 1

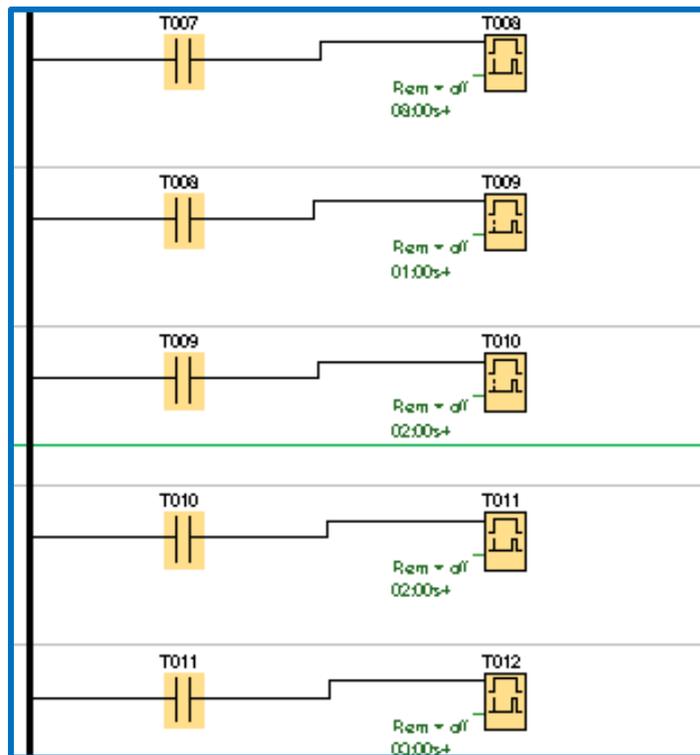


Figura 43: Programación Piso N°1 Aula 103 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 2

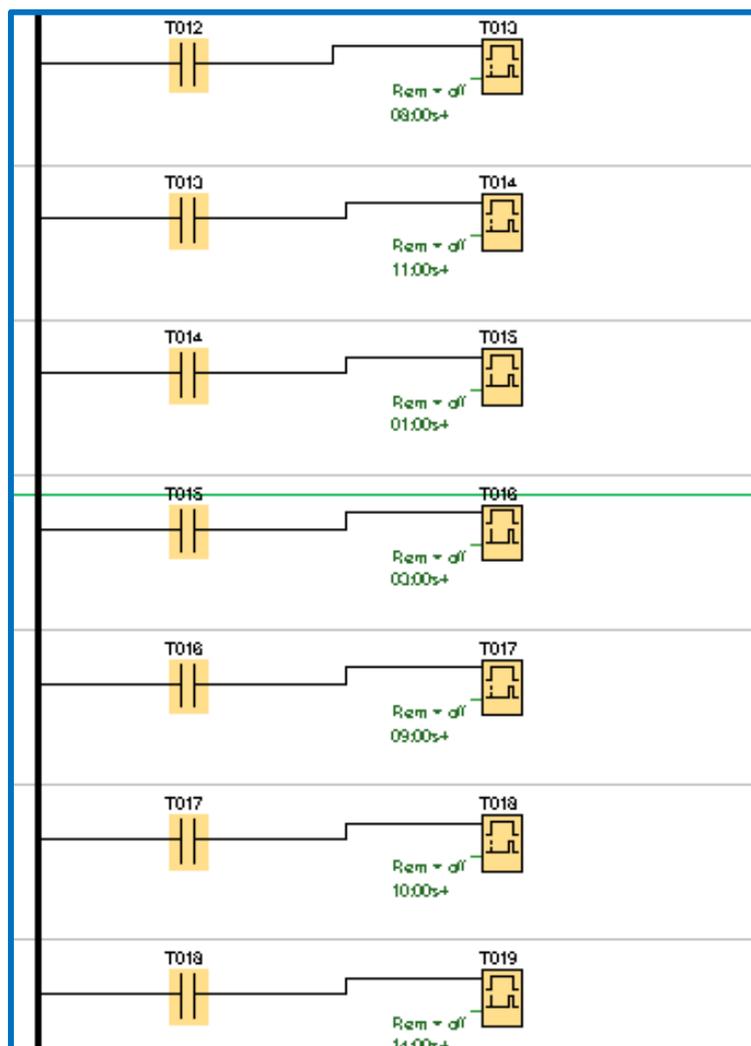


Figura 44: Programación Piso N°1 Aula 103 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 3

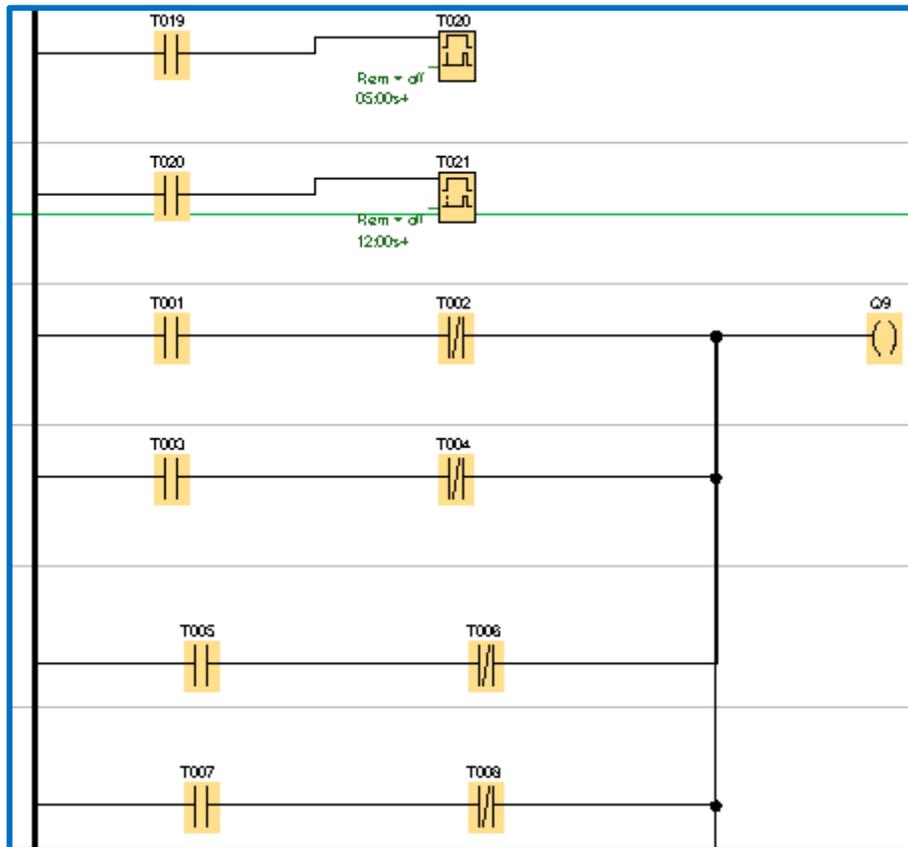


Figura 45: Programación Piso N°1 Aula 103 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 4

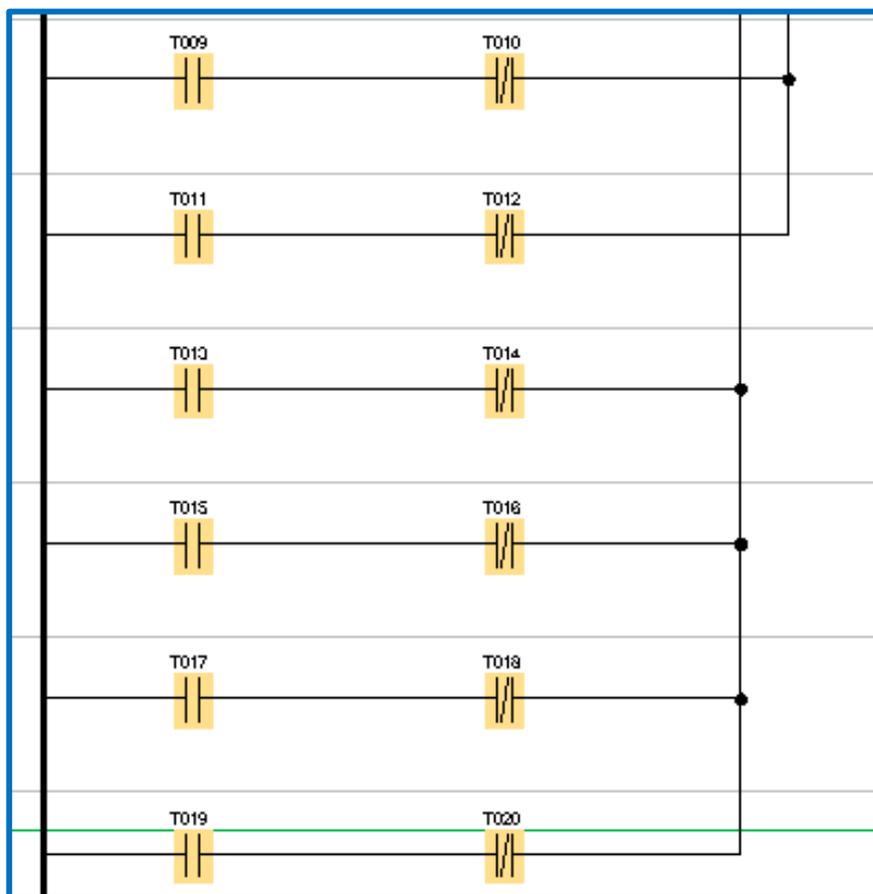


Figura 46: Programación Piso N°1 Aula 103 – TC Equipo de Aire Acondicionado – Parte 5

3.2 Resultados

El instituto Privado Toulouse Lautrec tiene una tarifa MT3, nivel de tensión 10KV, medidor trifásico, conexión aérea, potencia contratada 328.00kw, con una facturación variable dentro de ello el consumo de energía (kwh) y potencia en horas punta y fuera de punta, que son los más altos reporte de facturación, además dicha institución es cliente fuera de hora punta.

Para realizar los cálculos antes y después de automatizar, primero se extraerá los datos del consumo de energía (kwh) de los siguientes meses diciembre 2017, marzo 2018, abril 2018.

Con la finalidad de determinar el ahorro de energía eléctrica que se obtuvo luego de haber implementado el sistema automatizado, a continuación, calculamos la potencia total de las cargas eléctricas y las mediciones realizadas antes y después de la automatización:

Pt = Potencia total de las cuatro plantas según las placas de características

$$Pt = 24.80KW + 30.67KW + 31.084KW + 31.958KW$$

$$Pt = 118.527kw$$

Adicional de las cargas automatizadas se encuentran otras cargas que no serán automatizadas pero se considerará para los cálculos del ahorro de energía eléctrica.

$$\text{Consumo de Potencia} = 60 \text{ KW}$$

$$\text{Consumo de Energía al mes} = 11624 \text{ KWh/mes}$$

En la siguiente figura se muestra el consumo de energía (KWh) en horas de la noche, horas punta, horas fuera de punta durante 8 días del mes de abril.

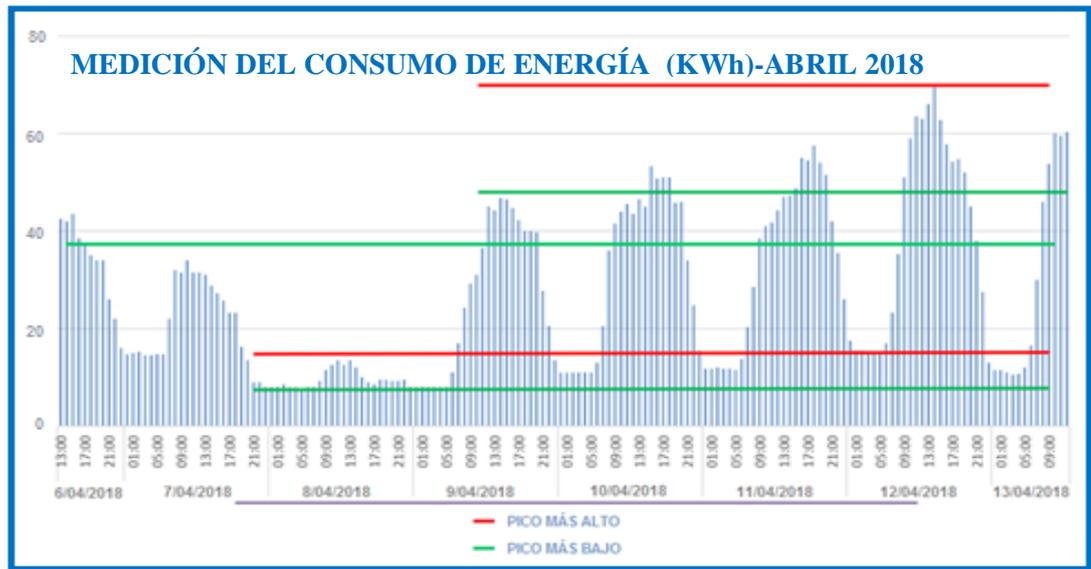


Figura 47: Medición del Consumo de la energía (kwh/mes - abril)

De la figura 46 se extrae las siguientes mediciones:

- ΔE noche (kwh) = Variación de la energía en la noche(1h-5h)
- ΔE noche (kwh) = $15\text{kw}-6\text{kw} = 8\text{kw} \times 5\text{h} = 40\text{kwh} \times 22\text{días} = 880\text{kwh}$.

Claramente se puede verificar que en horas de la noche hay pérdidas de energía que es de 880kwh/mensual.

En la siguiente tabla se muestra el consumo de energía mensual correspondiente al mes diciembre, marzo y abril.

Tabla 6
Consumo Total de energía (kWh/mes - diciembre, marzo y abril)

CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA (kWh/mes)	
Mes	Consumo Mensual
Diciembre 2017	56,166.00
Marzo 2018	58,668.00
Abril 2018	76,404.00

En la siguiente figura se muestra el consumo total de energía (KWh) mensual correspondiente al mes diciembre, marzo y abril.

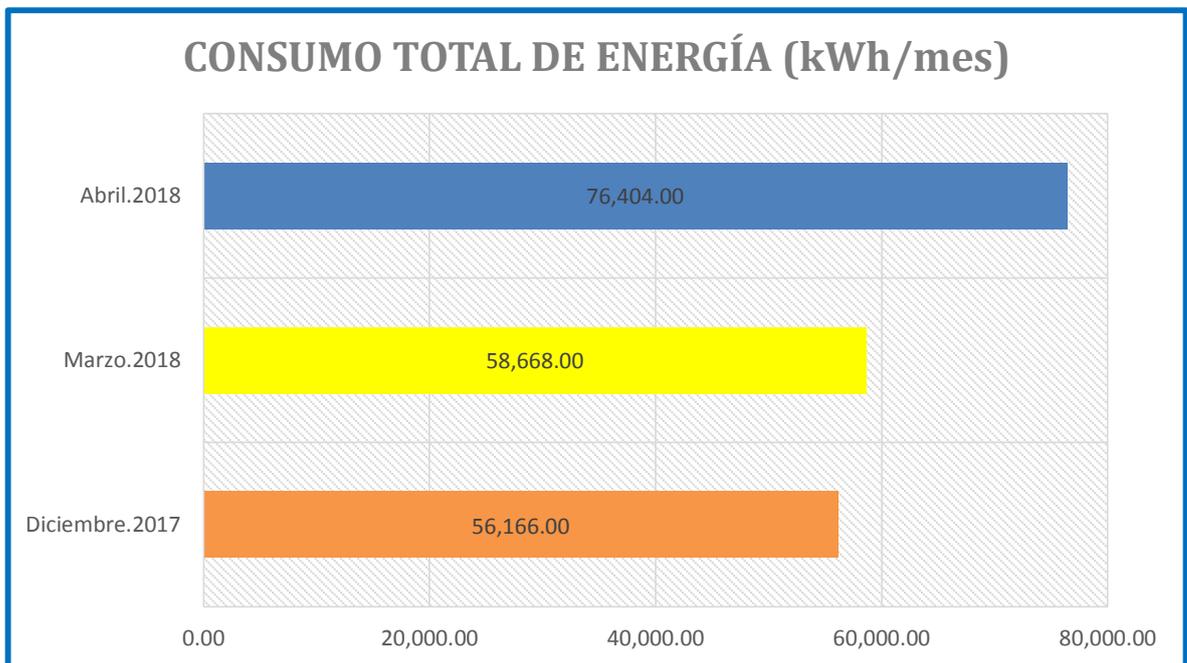


Figura 48: Consumo Total de energía (kWh/mes - diciembre, marzo y abril)

OSINERGMIN, Según la norma "Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final" en el Capítulo Primero y Artículo 4° define que: Se entenderá por horas punta (HP), el periodo comprendido entre las 18:00 y las 23:00 horas de cada día de todos los meses del año y horas fuera de punta (HFP), al resto de horas del mes no comprendidas en las horas de punta (HP).

A continuación, en las 4 siguientes tablas consecutivas se muestran las cantidades de horas que funcionan las cargas eléctricas en el transcurso de la semana (Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes y sábado) después de haber realizado la automatización, dichas horas se obtuvieron de acuerdo a los diagramas de tiempo en lo cual nos detallan el funcionamiento de las cargas eléctricas en horas punta y fuera de horas punta

Tabla 7

Cantidad de horas funcionadas de las cargas eléctricas (piso n°1)

FUNCIONAMIENTO DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS-PLANTA N°1												
N° CIRCUITO	EN HORAS FUERA DE PUNTA						EN HORAS PUNTA					
	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S
C-1	9	9	9	9	9	4	2	2	2	2	2	0
C-2	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3
C-3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
C-4	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3
C-5	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3
C-6	8	8	8	8	8	8	2	2	2	2	2	0
C-7	9	6	11	10	8	5	0	4	0	3	2	0
C-8	7	8	11	9	11	0	0	4	4	3	5	0
C-9	9	9	10	11	10	5	3	4	3	4	0	0
TOTAL DE HORAS	222						129					

CIRCUITO N° 1

Potencia = 0.9kw

EHFP = 0.9kw x 49h = 44.1kwh x 4 = 176.4kwh/mes

EHP = 0.9kw x 10h = 9kwh x 4 = 36kwh/mes

CIRCUITO N° 2

Potencia = 1.872kw

EHFP = 1.872kw x 0h = 0kwh

EHP = 1.872kw x 18h = 33.696kwh x 4 = 134.784kwh/mes

CIRCUITO N° 3

Potencia = 0.576kw

EHFP = 0.576kw x 30h = 17.28kwh x 4 = 69.12kwh/mes

EHP = 0.576kw x 30h = 17.8kwh x 4 = 69.12kwh/mes

CIRCUITO N° 4

Potencia = 1.3kw

EHFP = 1.3kw x 0h = 0kwh

EHP = 1.3kw x 18h = 23.4kwh x 4 = 93.6kwh/mes

CIRCUITO N° 5

Potencia = 1.944kw

EHFP = 1.944kw x 0h = 0kwh

EHP = 1.944kw x 18h = 34.992kwh x 4 = 139.968kwh/mes

CIRCUITO N° 6

Potencia = 2.672kw x 0.6 = 1.6kw

EHFP = 1.6kw x 48h = 76.95kwh x 4 = 307.814kwh/mes

EHP = 1.6kw x 10h = 16.032kwh x 4 = 64.128kwh/mes

CIRCUITO N° 7

Potencia = 4.9kw x 0.6 = 2.94kw

EHFP = 2.94kw x 49h = 144.06kwh x 4 = 576.24kwh/mes

EHP = 2.94kw x 9h = 26.64kwh x 4 = 106.56kwh/mes

CIRCUITO N° 8

$$\text{Potencia} = 4.9\text{kw} \times 0.6 = 2.94\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 2.94\text{kw} \times 46\text{h} = 135.24\text{kwh} \times 4 = 540.96\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 2.94\text{kw} \times 16\text{h} = 47.04\text{kwh} \times 4 = 188.16\text{kwh/mes}$$

CIRCUITO N° 9

$$\text{Potencia} = 5.742\text{kw} \times 0.6 = 3.45\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 3.45\text{kw} \times 54\text{h} = 186.04\text{kwh} \times 4 = 744.16\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 3.45\text{kw} \times 14\text{h} = 48.234\text{kwh} \times 4 = 192.93\text{kwh/mes}$$

Tabla 8

Cantidad de horas funcionadas de las cargas eléctricas (piso n°2)

FUNCIONAMIENTO DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS-PLANTA N°2												
N° CIRCUITO	EN HORAS FUERA DE PUNTA						EN HORAS PUNTA					
	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S
C-10	9	4	9	7	6	6	1	3	2	4	5	0
C-11	10	10	11	8	11	2	5	5	5	5	4	0
C-12	11	11	10	11	11	3	4	4	0	4	4	0
C-13	8	9	9	10	9	4	4	4	5	5	4	0
C-14	6	5	6	11	9	5	5	3	5	5	5	2
C-15	11	11	8	11	9	6	2	4	3	4	2	0
TOTAL DE HORAS	150						55					

CIRCUITO N° 10

$$\text{Potencia} = 4.9\text{kw} \times 0.6 = 2.94\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 2.94\text{kw} \times 52\text{h} = 120.54\text{kwh} \times 4 = 482.16\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 2.94\text{kw} \times 24\text{h} = 44.1\text{kwh} \times 4 = 176.4\text{kwh/mes}$$

CIRCUITO N° 11

$$\text{Potencia} = 4.9\text{kw} \times 0.6 = 2.94\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 2.94\text{kw} \times 52\text{h} = 152.88\text{kwh} \times 4 = 611.52\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 2.94\text{kw} \times 24\text{h} = 70.56\text{kwh} \times 4 = 282.24\text{kwh/mes}$$

CIRCUITO N° 12

$$\text{Potencia} = 4.9\text{kw} \times 0.6 = 2.94\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 2.94\text{kw} \times 57\text{h} = 167.58\text{kwh} \times 4 = 670.32\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 2.94\text{kw} \times 16\text{h} = 47.04\text{kwh} \times 4 = 188.16\text{kwh/mes}$$

CIRCUITO N° 13

$$\text{Potencia} = 4.9\text{kw} \times 0.6 = 2.94\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 2.94\text{kw} \times 49\text{h} = 144.06\text{kwh} \times 4 = 576.24\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 2.94\text{kw} \times 22\text{h} = 64.68\text{kwh} \times 4 = 258.72\text{kwh/mes}$$

CIRCUITO N° 14

$$\text{Potencia} = 5.337\text{kw} \times 0.6 = 3.20\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 3.20\text{kw} \times 42\text{h} = 134.9\text{kwh} \times 4 = 537.9\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 3.20\text{kw} \times 25\text{h} = 80\text{kwh} \times 4 = 320.22\text{kwh/mes}$$

CIRCUITO N° 15

$$\text{Potencia} = 5.742\text{kw} \times 0.6 = 3.45\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 3.45\text{kw} \times 56\text{h} = 192.93\text{kwh} \times 4 = 771.7\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 3.45\text{kw} \times 15\text{h} = 51.67\text{kwh} \times 4 = 206.7\text{kwh/mes}$$

Tabla 9
Cantidad de horas funcionadas de las cargas eléctricas (piso n°3)

FUNCIONAMIENTO DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS-PLANTA N°3												
N° CIRCUITO	EN HORAS FUERA DE PUNTA						EN HORAS PUNTA					
	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S
C-16	9	11	9	11	11	8	4	4	1	4	4	0
C-17	8	8	9	6	5	7	3	2	5	3	2	0
C-18	9	10	9	9	7	7	4	5	4	4	4	0
C-19	8	11	8	11	8	7	4	4	4	3	2	0
C-20	11	9	8	9	9	4	1	5	2	3	2	0
C-21	9	11	10	10	11	8	4	4	4	4	4	0
TOTAL DE HORAS	315						103					

CIRCUITO N° 16

Potencia = 4.9kw x 0.6 = 2.94kw

EHFP = 2.94kw x 59h = 173.46kwh x 4 = 693.84kwh/mes

EHP = 2.94kw x 17h = 49.98kwh x 4 = 199.92kwh/mes

CIRCUITO N° 17

Potencia = 4.9kw x 0.6 = 2.94kw

EHFP = 2.94kw x 43h = 126.4kwh x 4 = 505.7kwh/mes

EHP = 2.94kw x 15h = 44.1kwh x 4 = 176.4kwh/mes

CIRCUITO N° 18

Potencia = 4.9kw x 0.6 = 2.94kw

EHFP = 2.94kw x 51h = 149.9kwh x 4 = 599.8kwh/mes

EHP = 2.94kw x 21h = 61.7kwh x 4 = 246.96kwh/mes

CIRCUITO N° 19

$$\text{Potencia} = 4.9\text{kw} \times 0.6 = 2.94\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 2.94\text{kw} \times 53\text{h} = 155.8\text{kwh} \times 4 = 623.3\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 2.94\text{kw} \times 17\text{h} = 50\text{kwh} \times 4 = 200\text{kwh/mes}$$

CIRCUITO N° 20

$$\text{Potencia} = 5.742\text{kw} \times 0.6 = 3.45\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 3.45\text{kw} \times 50\text{h} = 176.5\text{kwh} \times 4 = 690\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 3.45\text{kw} \times 13\text{h} = 44.9\text{kwh} \times 4 = 179.4\text{kwh/mes}$$

CIRCUITO N° 21

$$\text{Potencia} = 5.742\text{kw} \times 0.6 = 3.45\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 3.45\text{kw} \times 59\text{h} = 203.6\text{kwh} \times 4 = 814.2\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 3.45\text{kw} \times 20\text{h} = 69\text{kwh} \times 4 = 276\text{kwh/mes}$$

Tabla 10

Cantidad de horas funcionadas de las cargas eléctricas (piso n°4)

FUNCIONAMIENTO DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS-PLANTA N°4												
N° CIRCUITO	EN HORAS FUERA DE PUNTA						EN HORAS PUNTA					
	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S
C-22	10	6	11	9	10	6	4	4	1	1	3	0
C-23	9	11	8	11	7	6	3	3	3	3	2	0
C-24	10	11	11	9	10	9	4	3	4	3	1	0
C-25	11	8	10	9	9	4	4	4	2	2	3	1
C-26	8	9	10	8	9	8	4	2	2	5	4	0
C-27	11	11	11	11	9	11	1	0	3	4	0	2
TOTAL DE HORAS	331						85					

CIRCUITO N° 22

$$\text{Potencia} = 5.337\text{kw} \times 0.6 = 3.20\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 3.20\text{kw} \times 50\text{h} = 160.11\text{kwh} \times 4 = 640.44\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 3.20\text{kw} \times 13\text{h} = 41.63\text{kwh} \times 4 = 166.52\text{kwh/mes}$$

CIRCUITO N° 23

$$\text{Potencia} = 5.337\text{kw} \times 0.6 = 3.20\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 3.20\text{kw} \times 52\text{h} = 166.52\text{kwh} \times 4 = 666.06\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 3.20\text{kw} \times 14\text{h} = 44.83\text{kwh} \times 4 = 179.32\text{kwh/mes}$$

CIRCUITO N° 24

$$\text{Potencia} = 4.9\text{kw} \times 0.6 = 2.94\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 2.94\text{kw} \times 60\text{h} = 176.4\text{kwh} \times 4 = 705.6\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 2.94\text{kw} \times 15\text{h} = 44.1\text{kwh} \times 4 = 176.4\text{kwh/mes}$$

CIRCUITO N° 25

$$\text{Potencia} = 4.9\text{kw} \times 0.6 = 2.94\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 2.94\text{kw} \times 51\text{h} = 149.94\text{kwh} \times 4 = 599.76\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 2.94\text{kw} \times 16\text{h} = 47.04\text{kwh} \times 4 = 188.16\text{kwh/mes}$$

CIRCUITO N° 26

$$\text{Potencia} = 5.742\text{kw} \times 0.6 = 3.45\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 3.45\text{kw} \times 52\text{h} = 179.4\text{kwh} \times 4 = 717.6\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 3.45\text{kw} \times 17\text{h} = 58.65\text{kwh} \times 4 = 234.6\text{kwh/mes}$$

CIRCUITO N° 27

$$\text{Potencia} = 5.742\text{kw} \times 0.6 = 3.45\text{kw}$$

$$\text{EHFP} = 3.45\text{kw} \times 64\text{h} = 220.8\text{kwh} \times 4 = 883.2\text{kwh/mes}$$

$$\text{EHP} = 3.45\text{kw} \times 10\text{h} = 34.5\text{kwh} \times 4 = 138\text{kwh/mes}$$

TEHFP = Total de energía en horas fuera de punta

$$\text{TEHFP} = 14,204.0376 \text{ kwh/mes}$$

TEHP = Total de energía en hora de punta

$$\text{TEHP} = 4,823.3832 \text{ kwh/mes}$$

Según el recibo de energía del concesionario Luz del Sur, en una tarifa MT3 el consumo de energía en hora punta esta 0.2344 soles y en fuera de hora punta 0.1967 soles.

Antes de la automatización

$$\text{EProm.} = \text{Energía promedio} = 63,746.00 \text{ kwh/mes}$$

$$= 63,746.00 \text{ kwh/mes} = \text{S}/.11586.93$$

Después de la automatización

$$\text{ET} = \text{Energía Total} = (14,204.0376 + 4,823.3832) \text{ kwh/mes}$$

$$\text{ET} = 19,027.4208 + \text{consume de energía eléctrica de las cargas adicionales}$$

$$\text{ET} = 19,027.4208\text{kwh/mes} + 11,624\text{wh/mes}$$

$$\text{ET} = 30,651\text{wh/mes} \times 0.21555 = \text{S}/.6,606.9$$

ANALISIS DEL CONSUMO DE POTENCIA

Antes de la automatización

EProm. = Energía promedio = 63,746.00 kwh/mes

Horas de funcionamiento según Horario de clases = 16h x 30 = 480 h/mes

$$P = 63,746.00\text{kwh/mes} / 480\text{h/mes} = 132.8041667\text{KW}$$

Después de la automatización

ET = 30,651wh/mes

Horas de funcionamiento según Horario de clases = 16h x 30 = 480 h/mes

$$P = 30,651\text{wh/mes} / 480\text{h/mes} = 63.85625\text{KW}$$

En la siguiente tabla se muestra el consumo de energía mensual correspondiente al mes de mayo.

Tabla 11
Consumo Total de energía (kWh/mes - mayo)

PROMEDIO TOTAL DE CONSUMO DE ENERGÍA (KWh/mes)	
Antes de la Automatización	Después de la Automatización
63,746.00	30,651.00

Ante los valores mostrados en la siguiente tabla se muestra el resultado promedio del consumo de energía (kWh/mes) antes y después de la automatización.

Tabla 12
Promedio total de consumo de energía (kWh/mes)

CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA (kWh/mes)	
Mes	Consumo Mensual
Mayo	30,651.00

En la siguiente figura se muestra el promedio total de consumo de energía (kWh/mes) antes y después de la automatización.

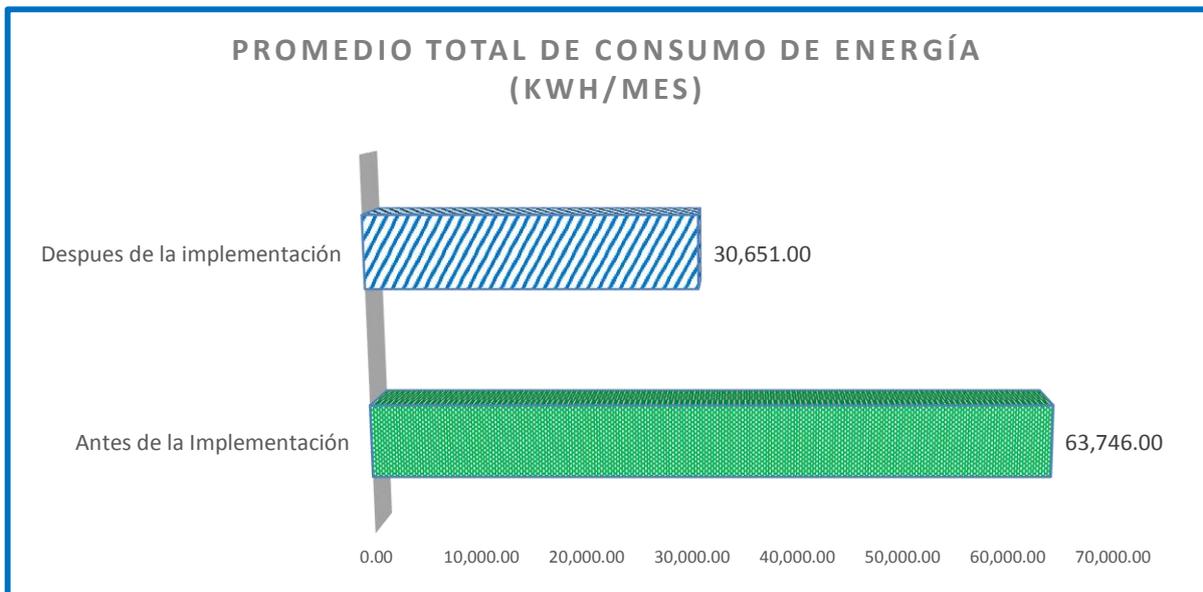


Figura 49: Promedio total de consumo de energía (kWh/mes)

En relación con el ahorro de energía eléctrica a continuación en la siguiente tabla se muestra el cálculo que se realizó con los valores obtenidos de consumo de energía eléctrica mensual antes y después de la automatización el cual se multiplico con el costo de la energía eléctrica que es S. / 0.21555céntimos kWh, luego de haber realizado el cálculo se determinó que el ahorro mensual es S/. 4,980.03

Tabla 13
Ahorro de energía eléctrica

AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA		
	Consumo total (kWh/mes)	Costo S/. 0.21555céntimos kWh
Antes de la Automatización	63,746.00	11,586.93
Después de la Automatización	30,651.00	6,606.9
Ahorro Total S/.		4,980.03

CONCLUSIONES

- Se concluye que se determinó las características de diseño del sistema automatizado mediante el Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230 RCE, las cuales se diseñaron en base de temporizadores con retardo a la conexión utilizando el software LOGO! Soft Comfort V7, asimismo se logró determinar que el ahorro mensual en el Instituto Privado Toulouse Lautrec S.A.C. es de S/.4,980.03, el cual resulta muy beneficioso para la Empresa.
- Se concluye que se determinó el dimensionamiento del Controlador Lógico Programable que se utilizará en el diseño del sistema automatizado en el Instituto Privado Toulouse Lautrec S.A.C., el cual será de la marca Siemens modelo Logo 230 RCE, que tiene como características técnicas 115V/230V/Relé y 8ED /4SD.
- Se concluye que se desarrolló los diagramas de tiempo para el accionamiento de los actuadores los cuales en total serán 27, 9 en el primer piso, 6 en el segundo piso, 6 en el tercer piso y 6 en el cuarto piso los mismos que serán controlados por el Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230 RCE.
- Se concluye que se determinó el consumo de energía, el cual bajo en un 48.08% luego de realizar la automatización del Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230 RCE en el Instituto Privado Toulouse Lautrec S.A.C., así también la potencia se redujo en un 48.08%.

RECOMENDACIONES

- En relación con el diseño del sistema automatizado mediante el Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230 RCE, se recomienda, familiarizar al personal con los nuevos cambios del Instituto, por lo que se debe considerar realizar capacitaciones con la finalidad de obtener un excelente funcionamiento del sistema y soluciones a las posibles limitaciones que pueda tener.
- En relación con la determinación del Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230 RCE, se recomienda, conectar un transformador de aislamiento en la alimentación del PLC con la finalidad de obtener una protección de los equipos ante algún problema de fugas a tierra.
- En relación con el desarrollo de los diagramas de tiempo para el accionamiento de los actuadores, se recomienda, realizarlos con la mayor concentración posible y corroborar lo realizado, ya que el diseño propuesto servirá para el desarrollo de la programación la cual permitirá la solución y optimización del uso eficiente de la energía eléctrica en el Instituto Privado Toulouse Lautrec S.A.C.
- En relación con el consumo de energía eléctrica en el Instituto Privado Toulouse Lautrec S.A.C., se recomienda, invertir en nuevas tecnologías en el caso de la iluminación utilizar las lámparas tipo LED ya que tienen grandes ventajas en el ahorro, asimismo se recomienda el uso de paneles solares con la finalidad de tener un mayor ahorro de consumo de energía eléctrica, con el cual también se estaría contribuyendo al cuidado del medio ambiente.

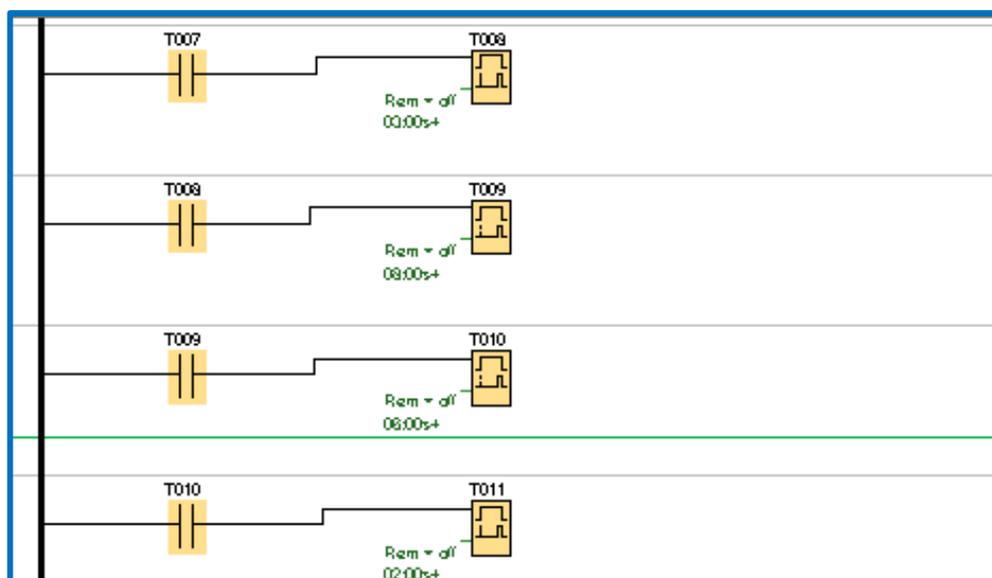
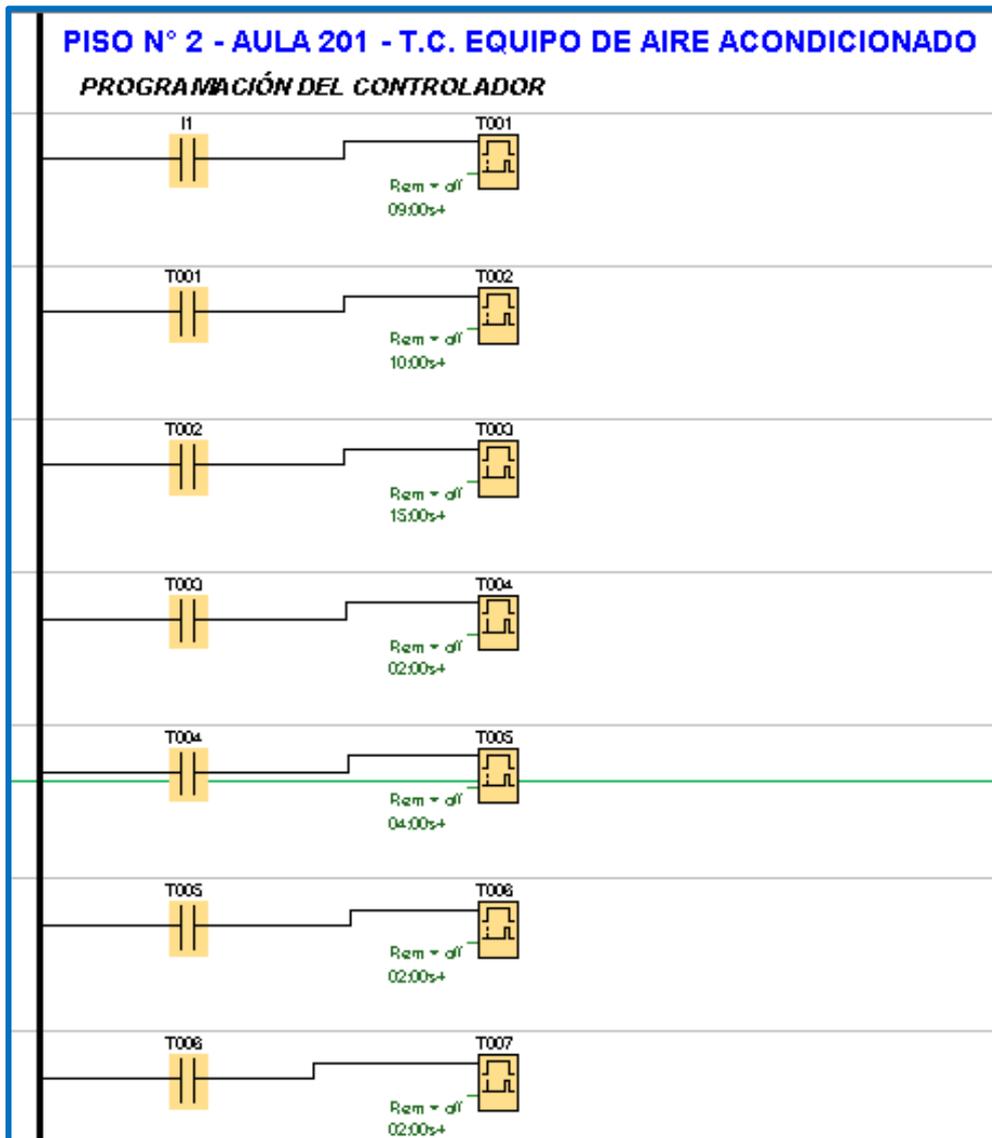
BIBLIOGRAFÍA

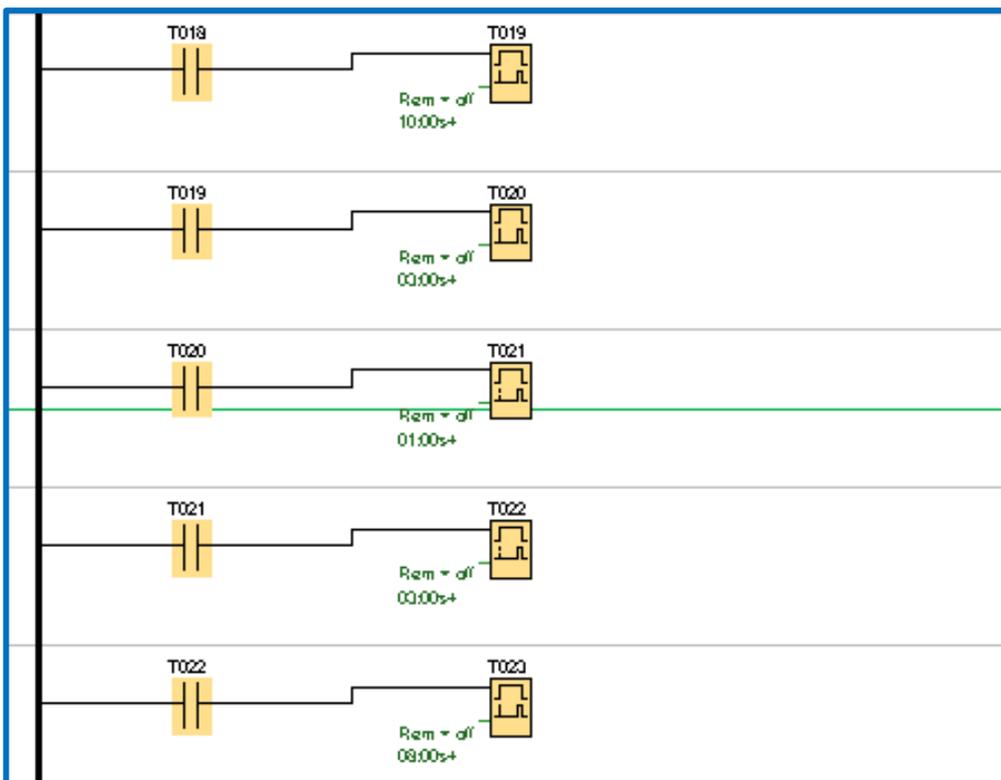
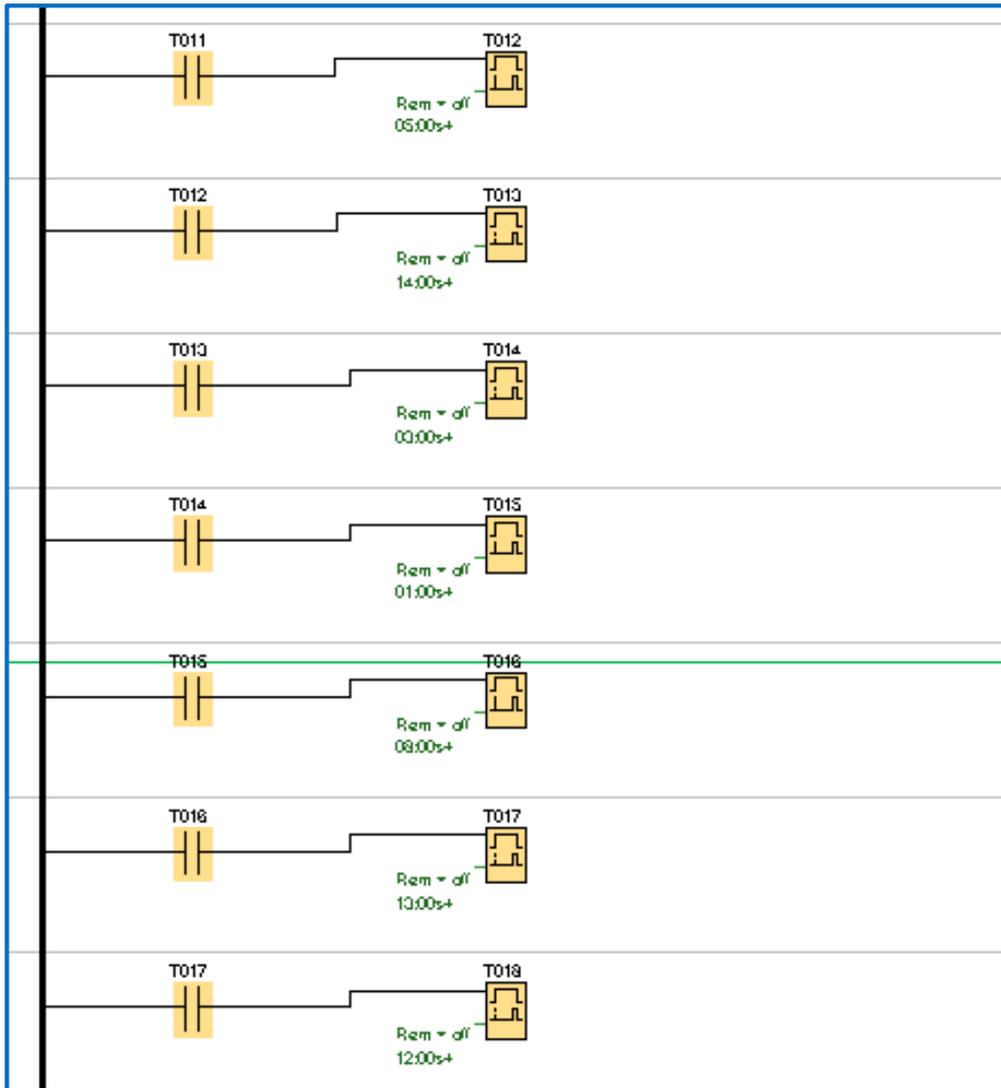
- Baudilio, L. (2011). *Automatización del sistema de aire comprimido para ahorro de energía*. (Tesis de Pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala
- Cadena, J. (2015). *Eficiencia energética en edificaciones empleando sistemas de control y automatización basados en el estándar KNX*. (Tesis de Pregrado). Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España
- Contreras, A. (2010). *Diseño de un sistema de automatización para el sistema de iluminación de una planta industrial*. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú
- Hernández, D., Piña, M. y Vásquez, M. (2008). *Automatización para la administración de energía, control de acceso, vigilancia, incendio, intrusión y clima del complejo de oficinas*. (Tesis de Pregrado). Instituto Politécnico Nacional de México. México
- Fuentes, R. (2013). *Automatismo Lógicos Programables y reconfigurables*. Editorial: DIGITAL. México
- León, M. (2010). *Automatización de sistemas de iluminación en edificaciones comerciales y de transporte masivo*. (Tesis de Pregrado). Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela
- Martínez, C. (2013). *Viabilidad e impacto en el valor de la empresa en la implementación de sistemas y tecnologías para el ahorro y uso eficiente de la energía*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México. México

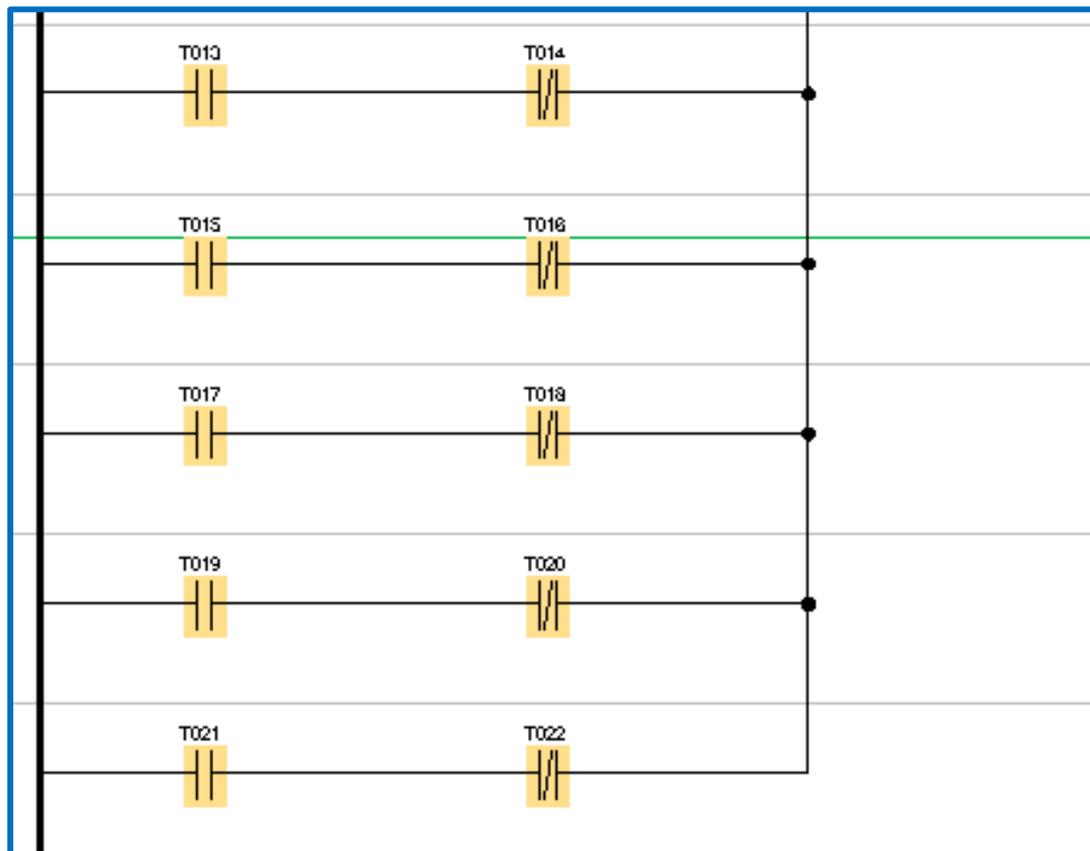
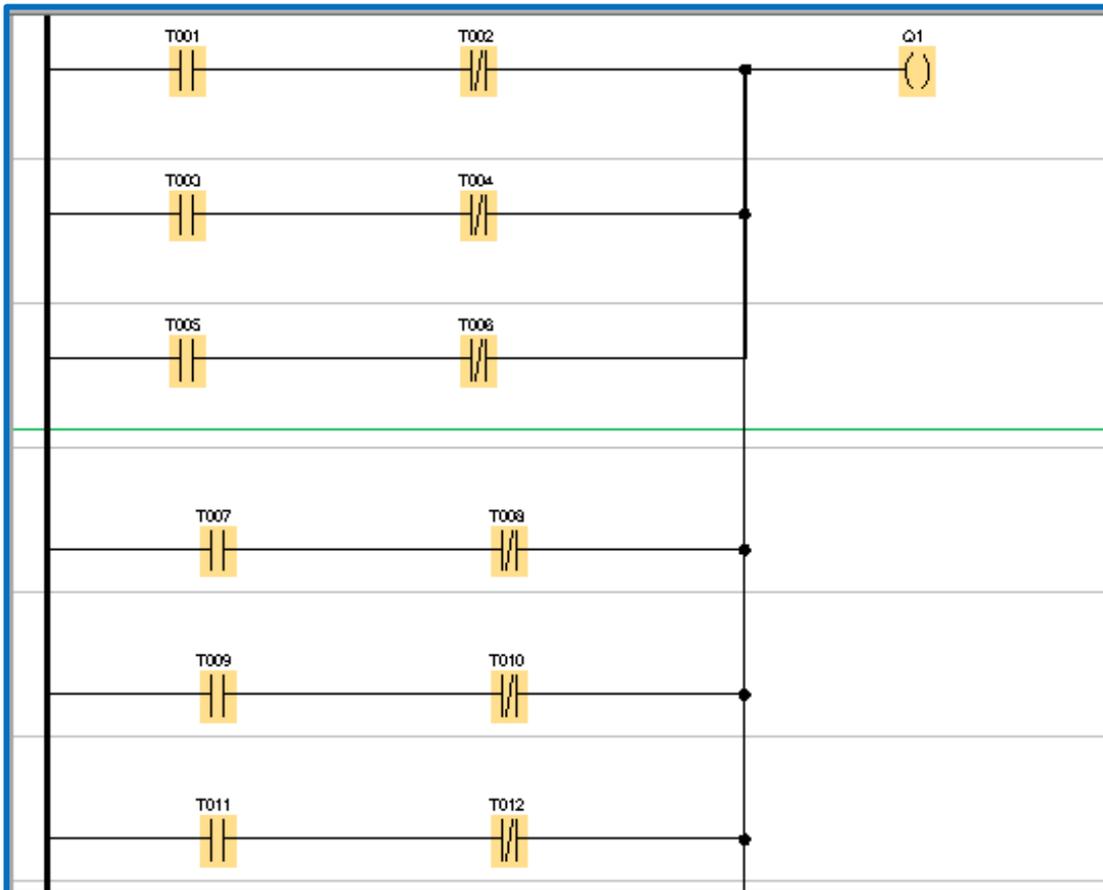
- Medina, J. (2010). *La automatización en la industria química*. Barcelona, España: UPC
- Roldan, J. (2011). *Automatismos Industriales*. Madrid, España: Paraninfo
- Rodríguez, J. (2014). *Automatismos Industriales*. Madrid, España: Paraninfo
- Siadén, S. (2016). *Diseño de un sistema para el ahorro de energía en el Edificio Park Office La Molina*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Pedro Luis Gallo. Lambayeque, Perú

ANEXOS

ANEXO 1
PROGRAMACIÓN PISO 2

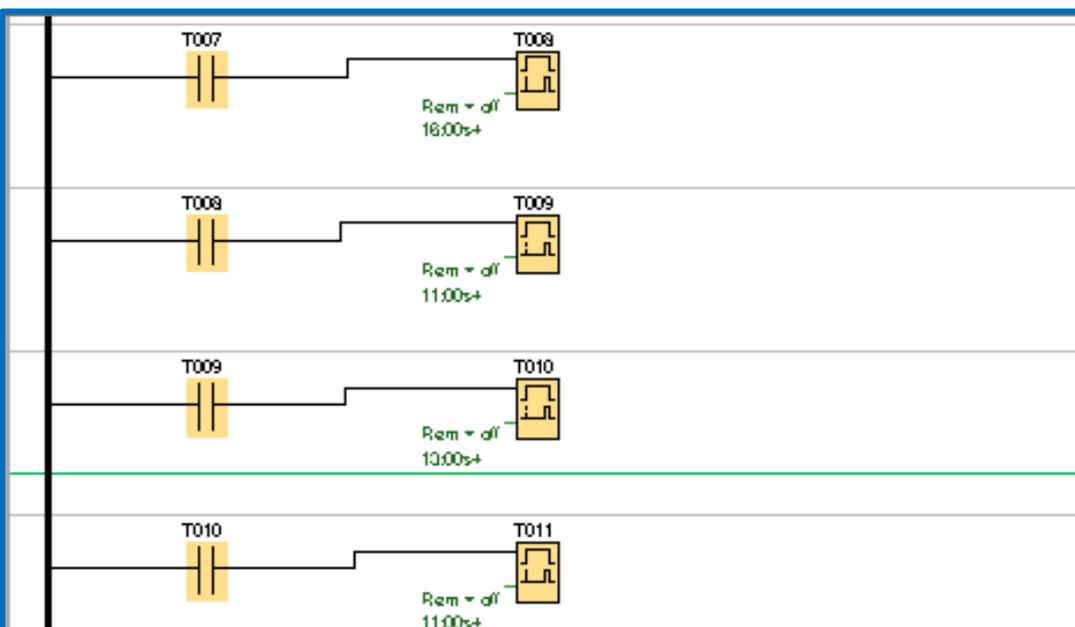
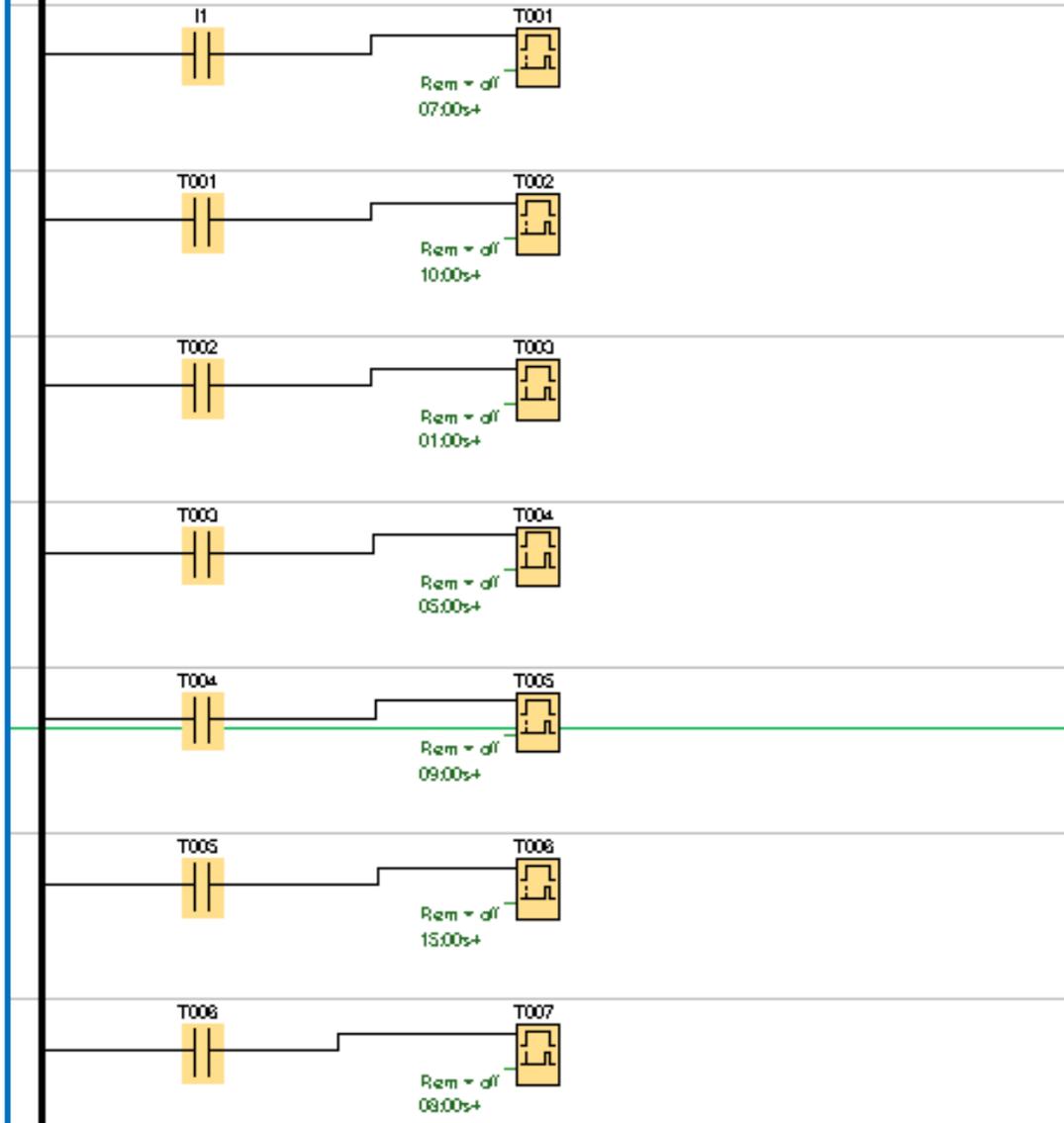


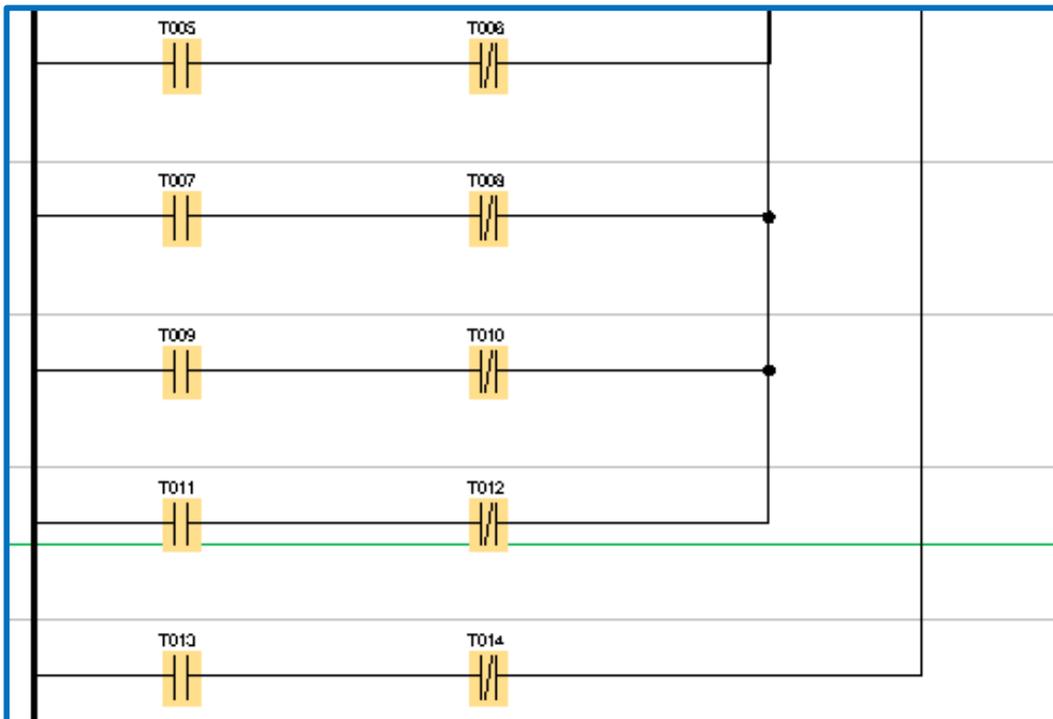
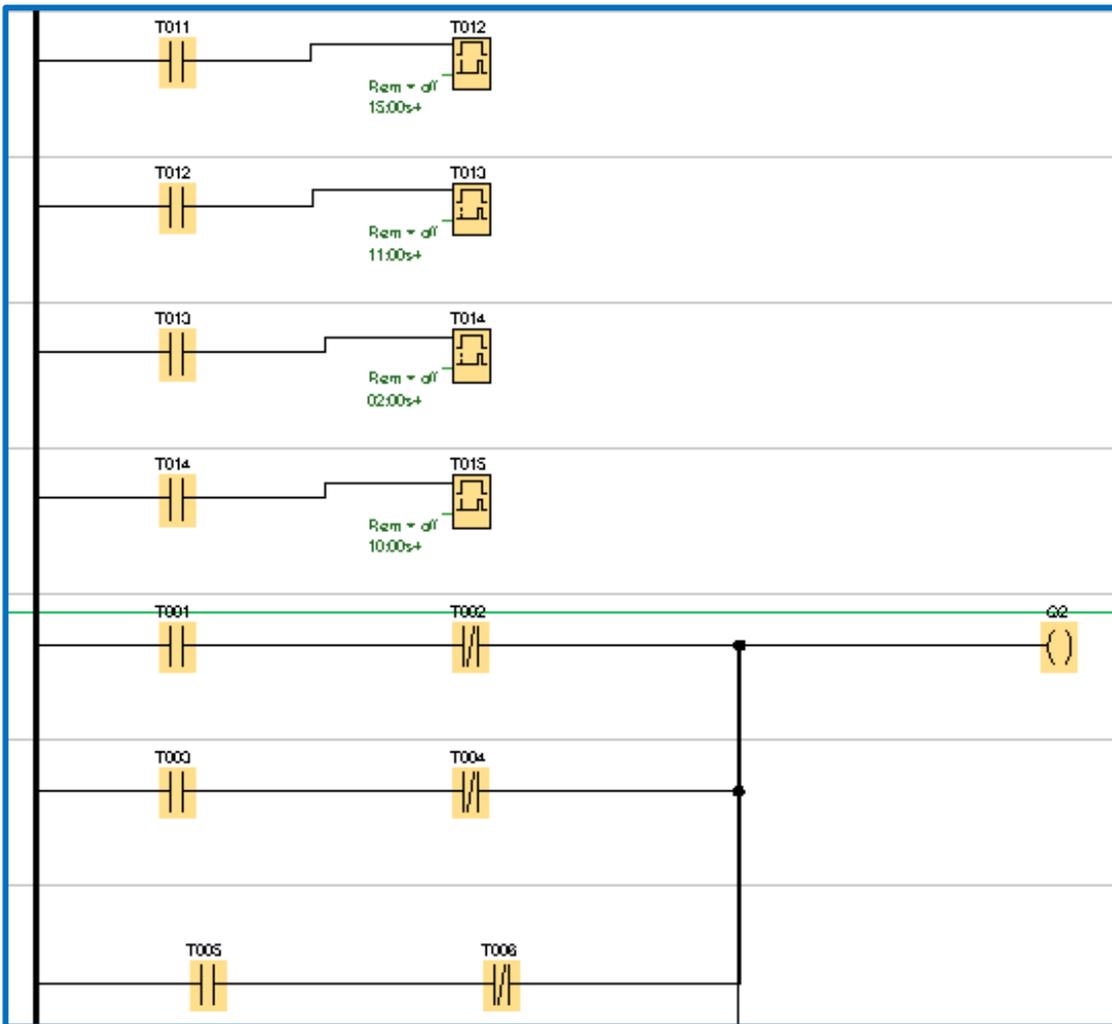




PISO N° 2 - AULA 202 - T.C. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO

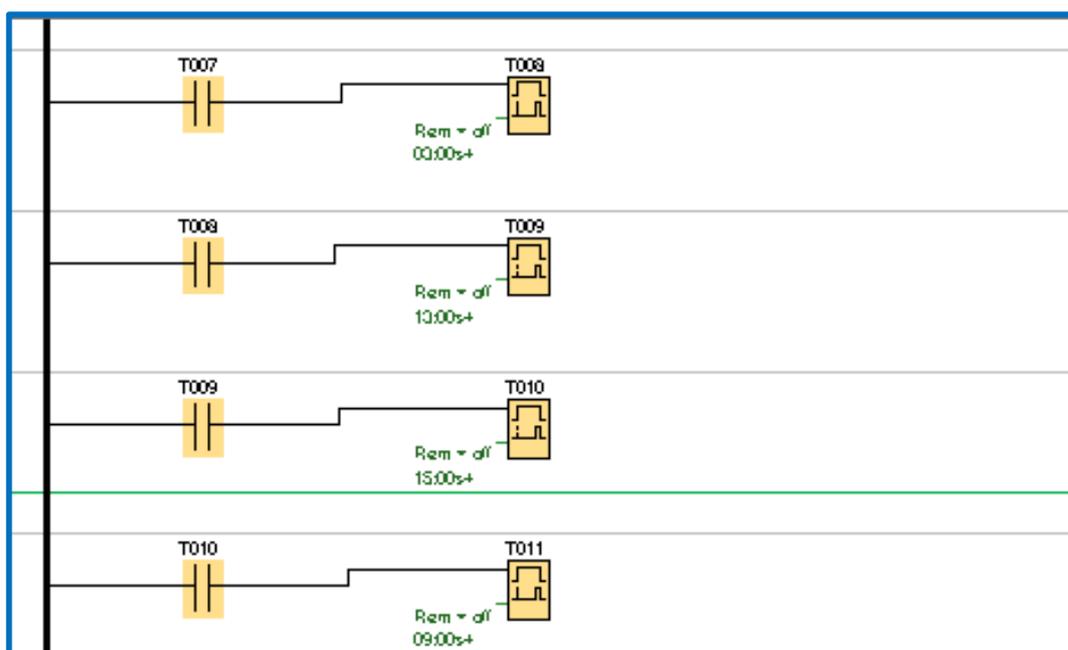
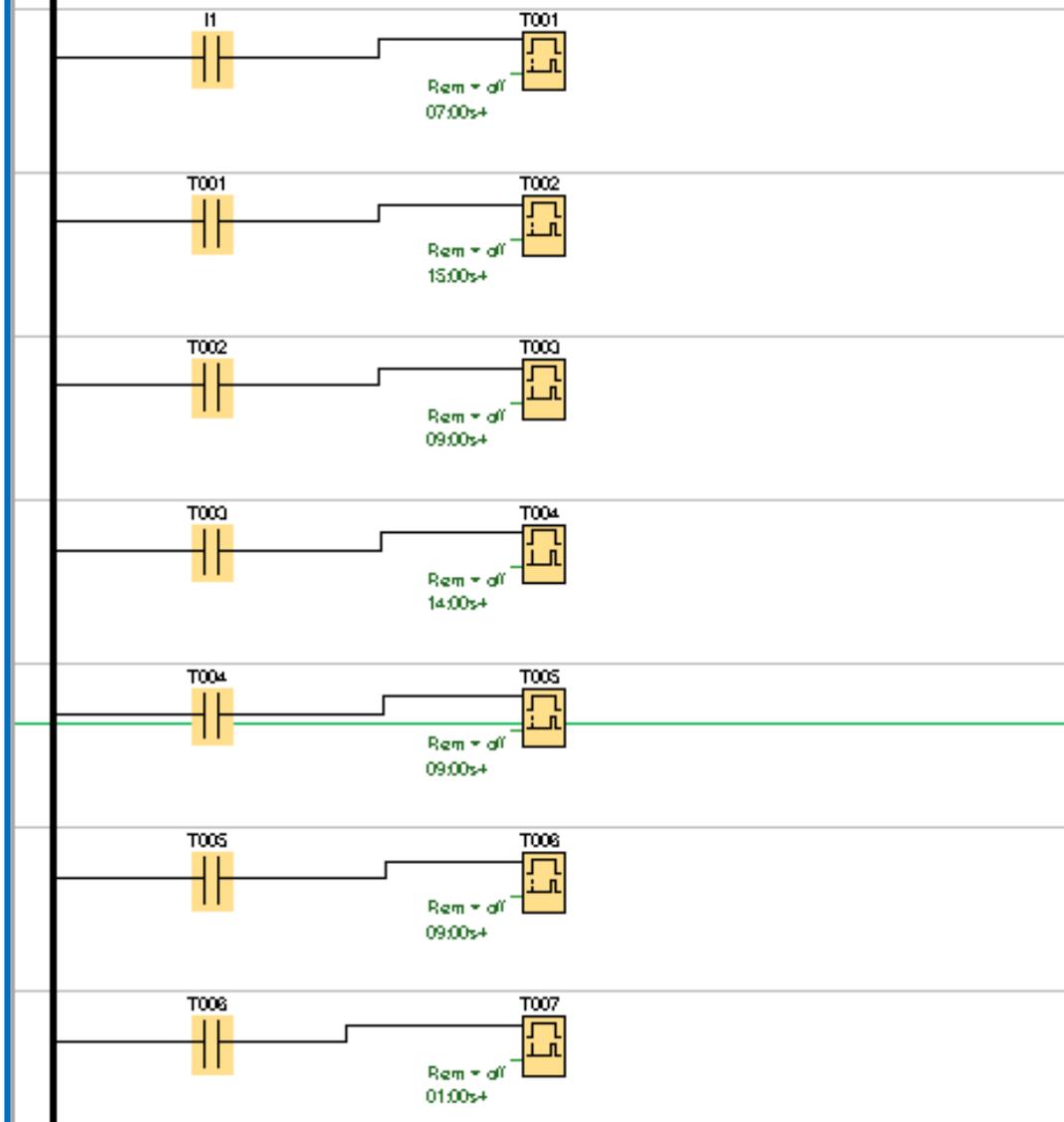
PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

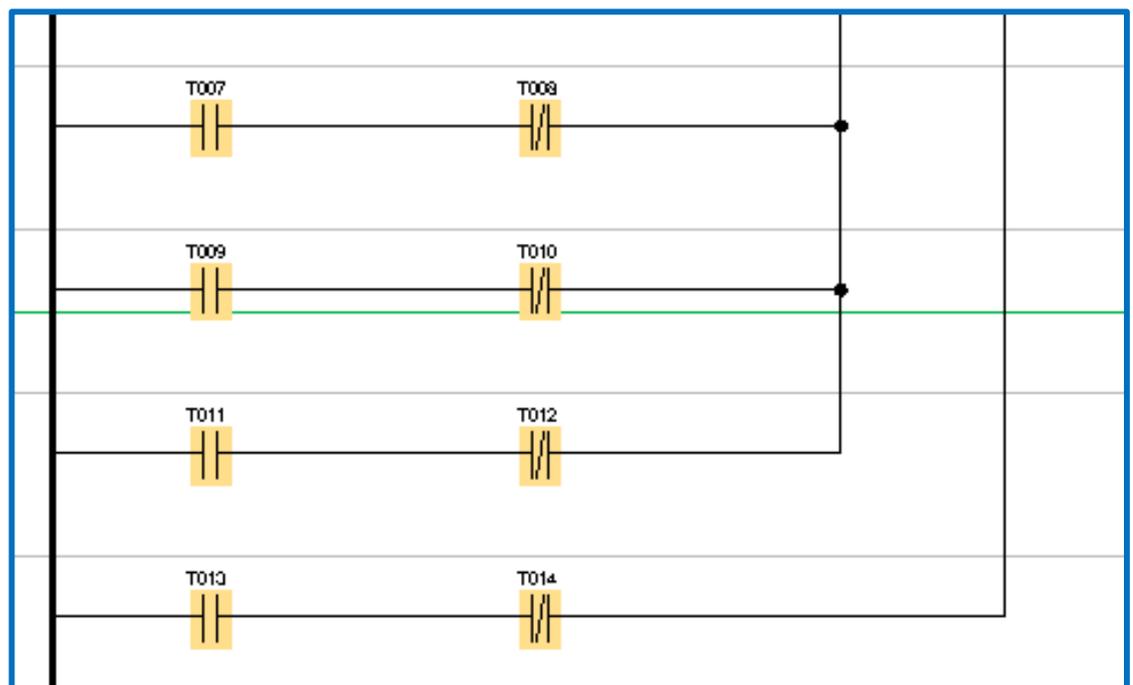
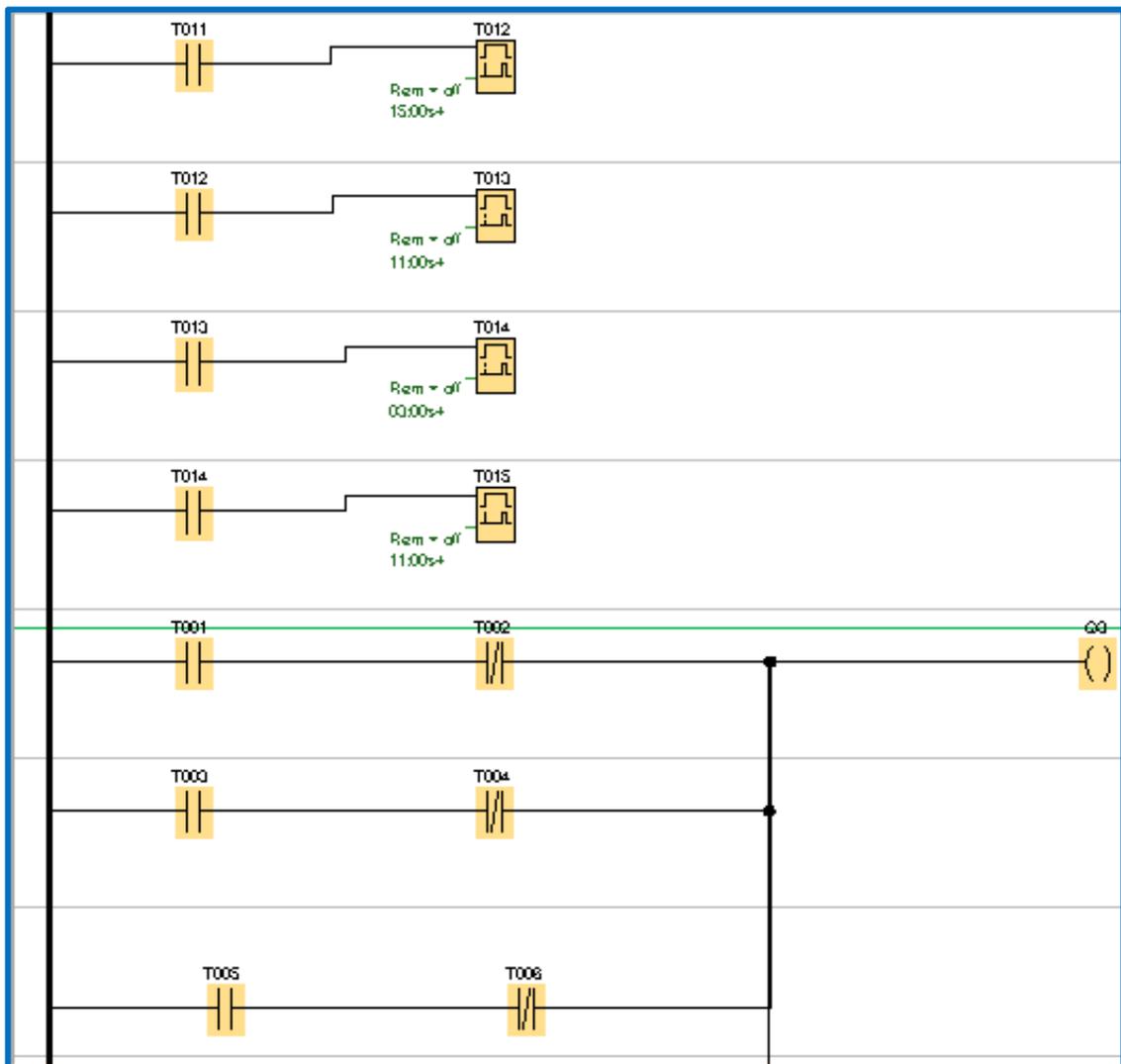




PISO N° 2 - AULA 203 - T.C. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO

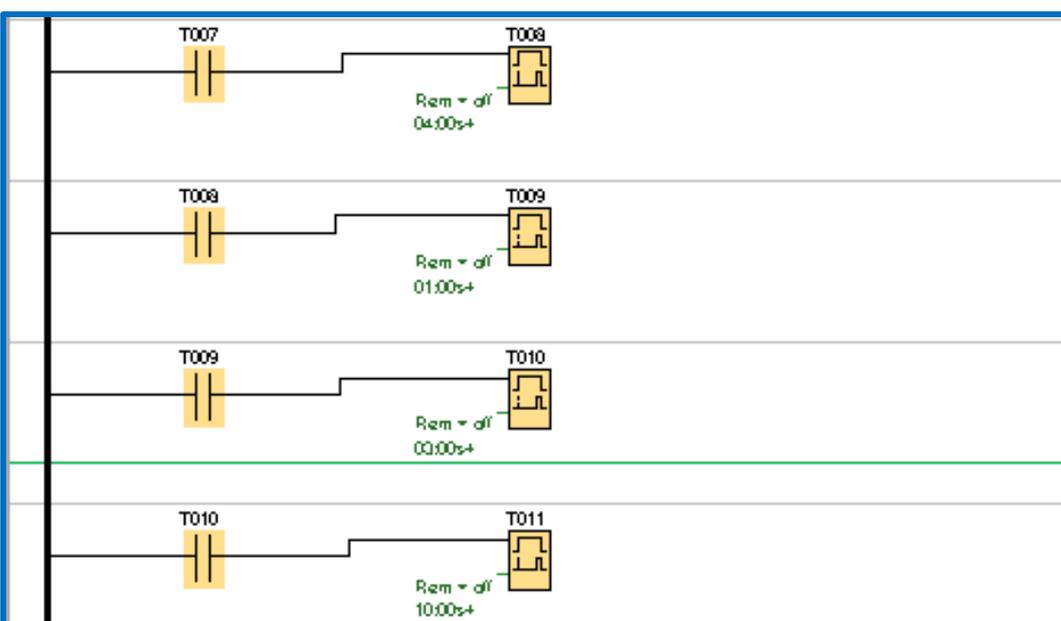
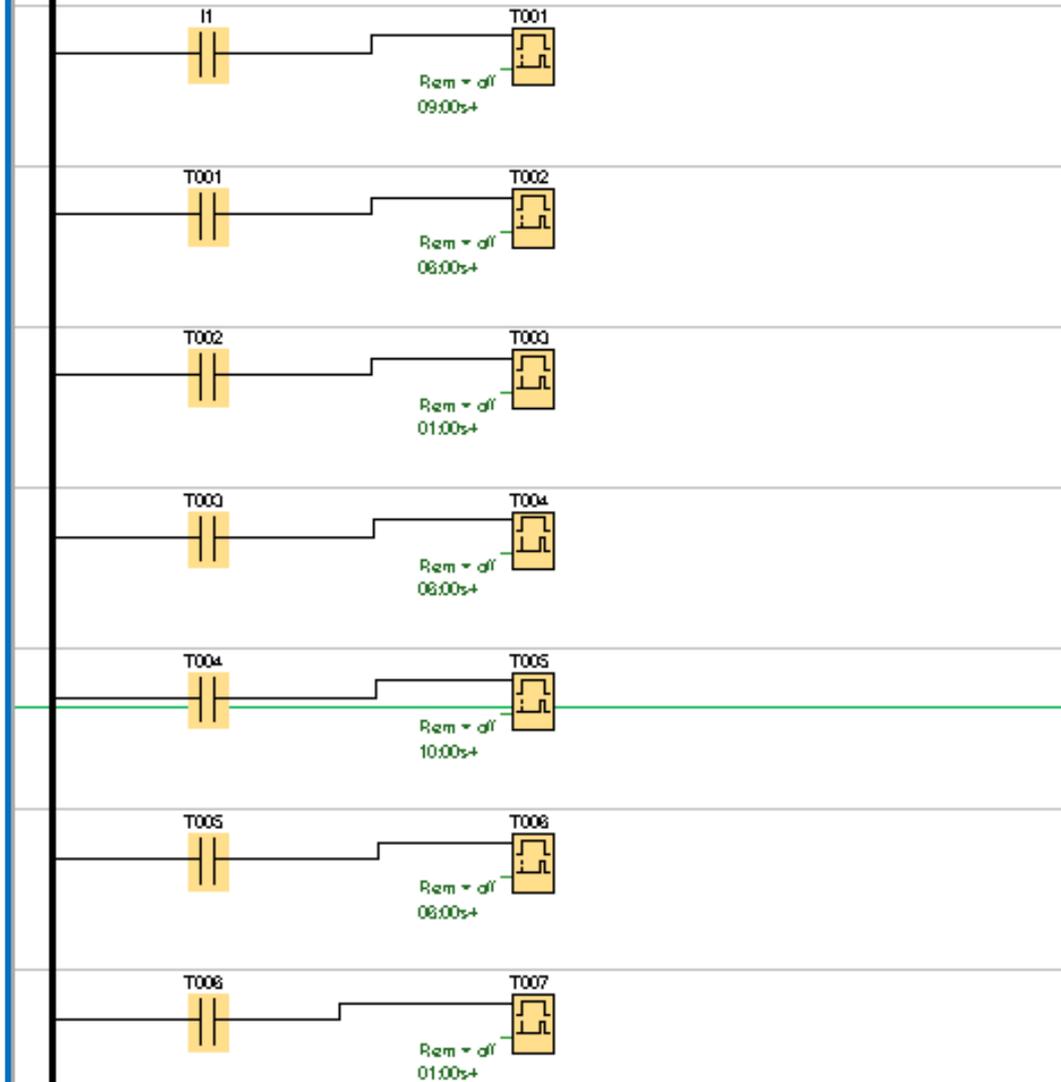
PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

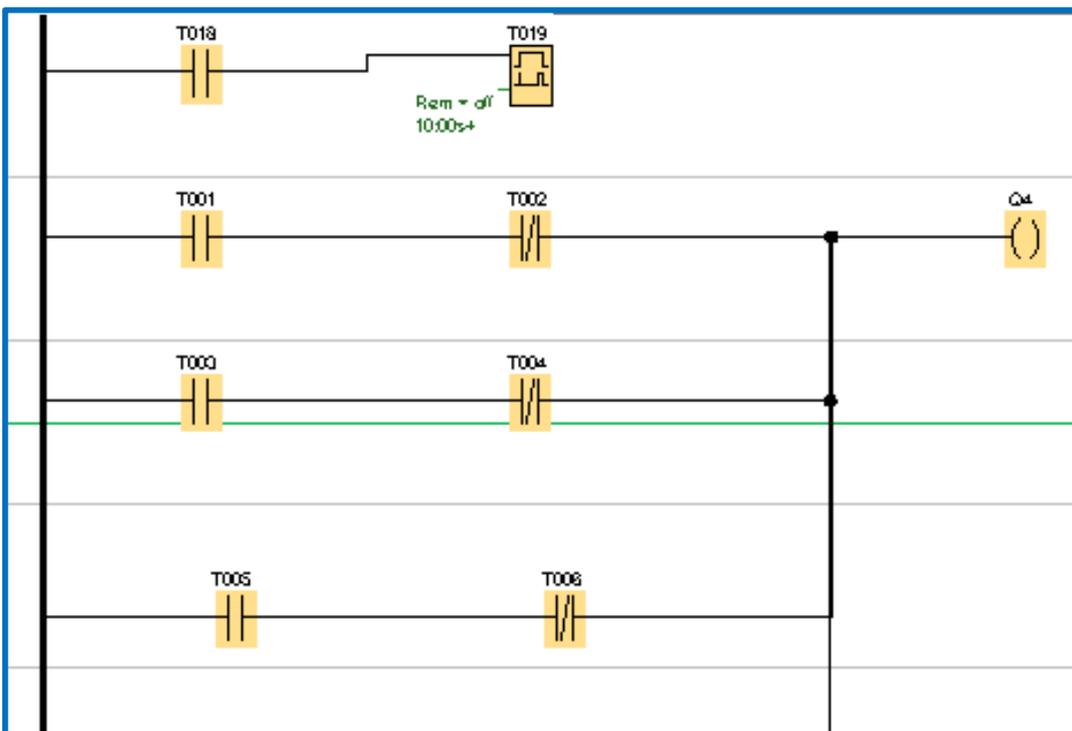
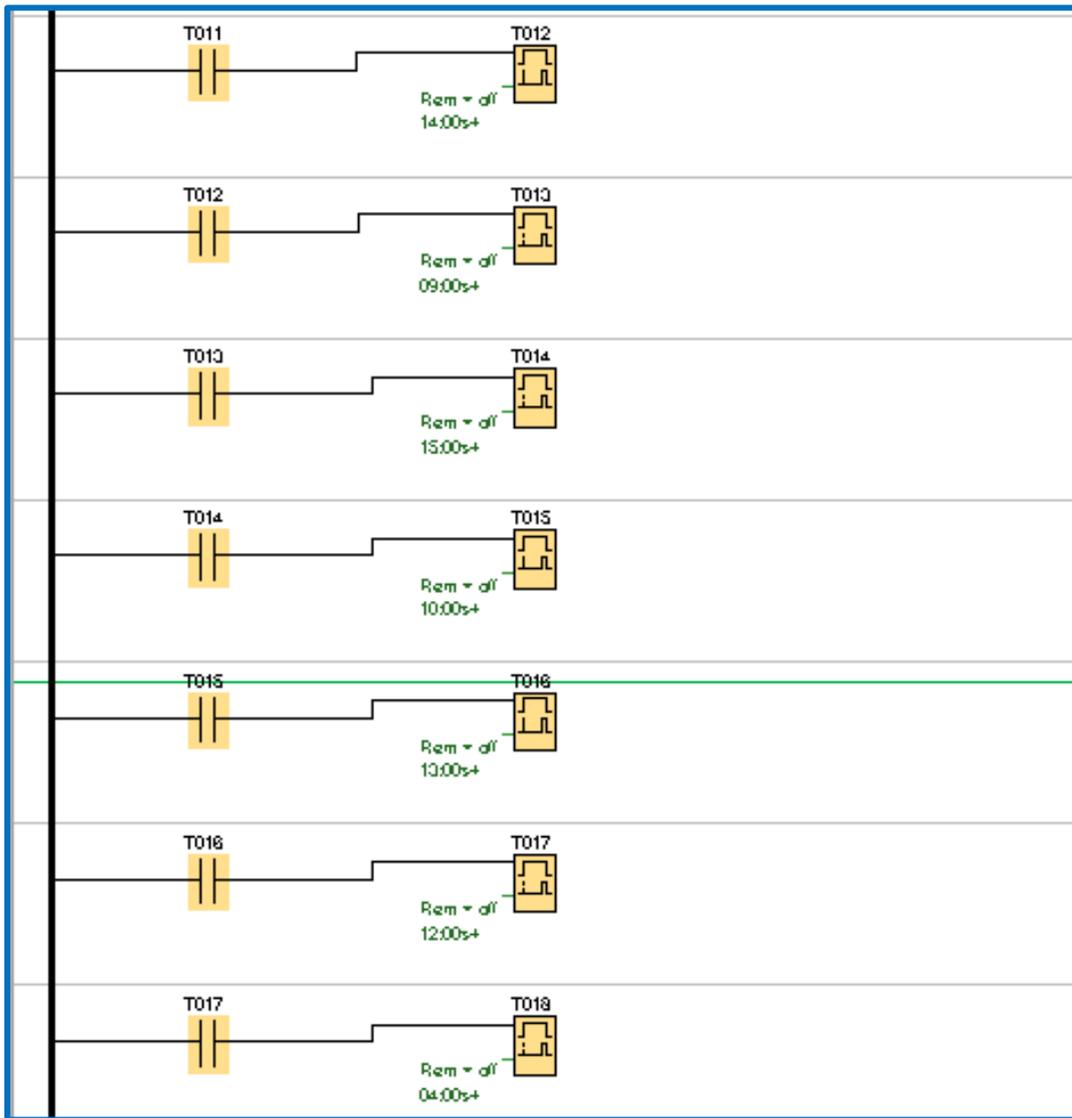


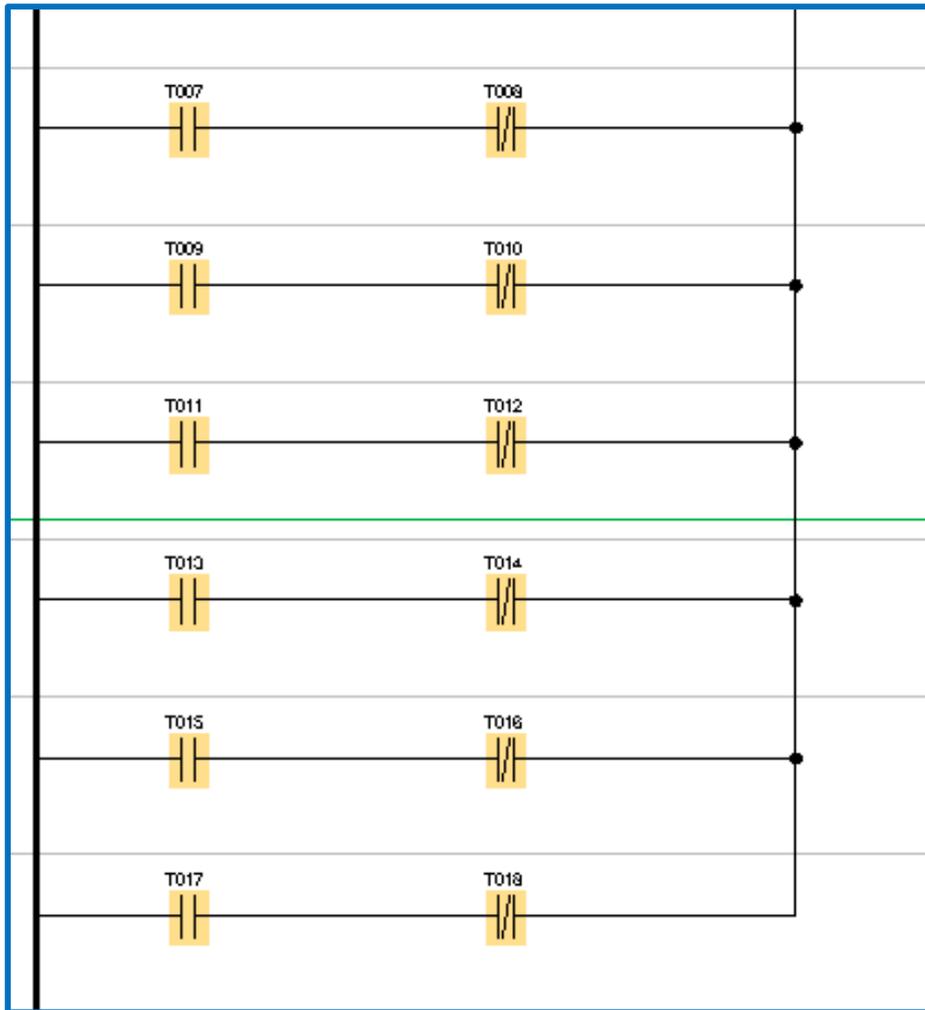


PISO N° 2 - AULA 204 - T.C. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO

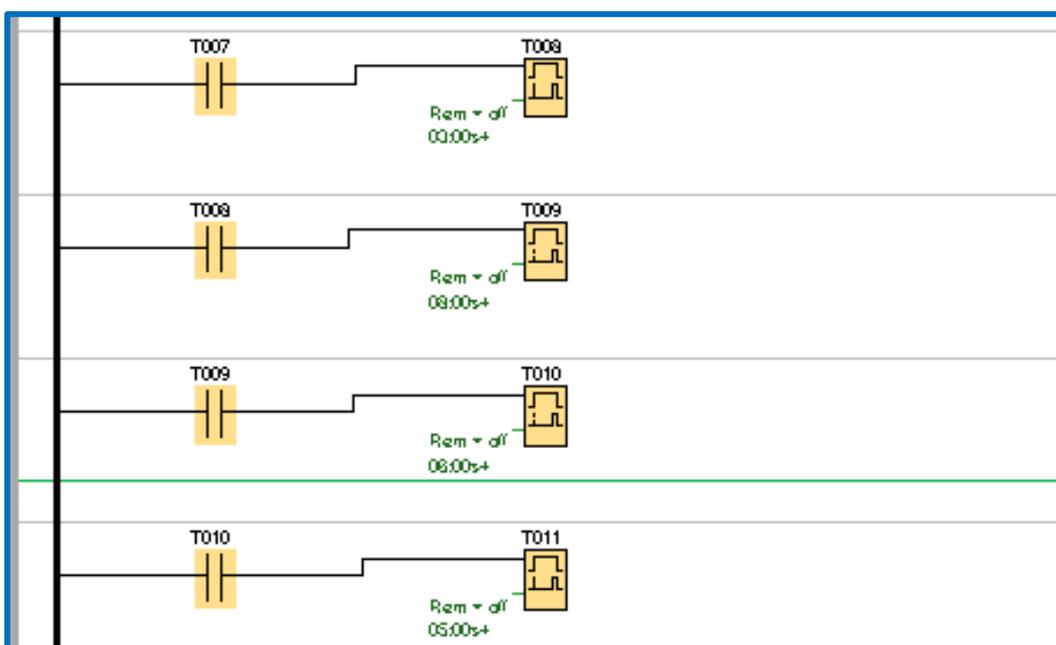
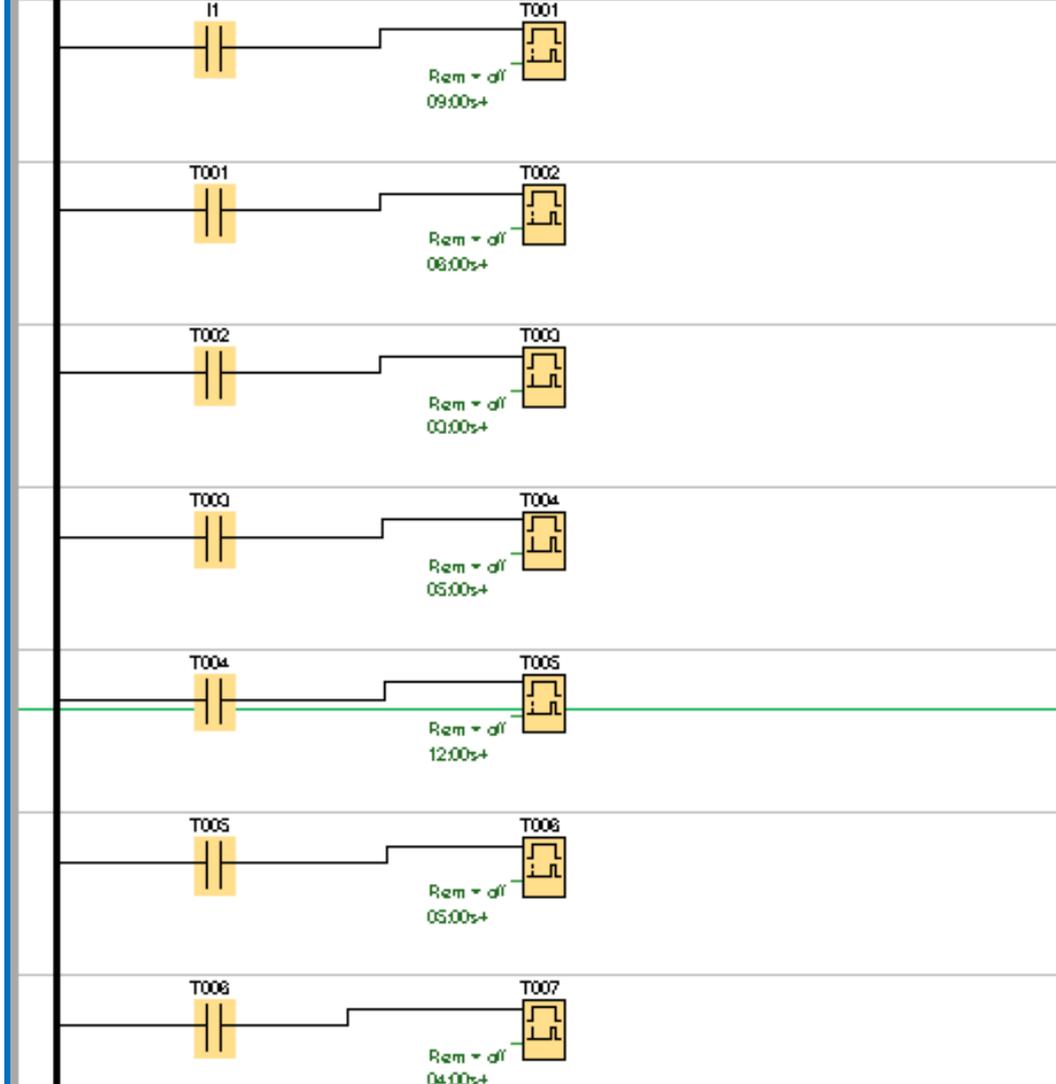
PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

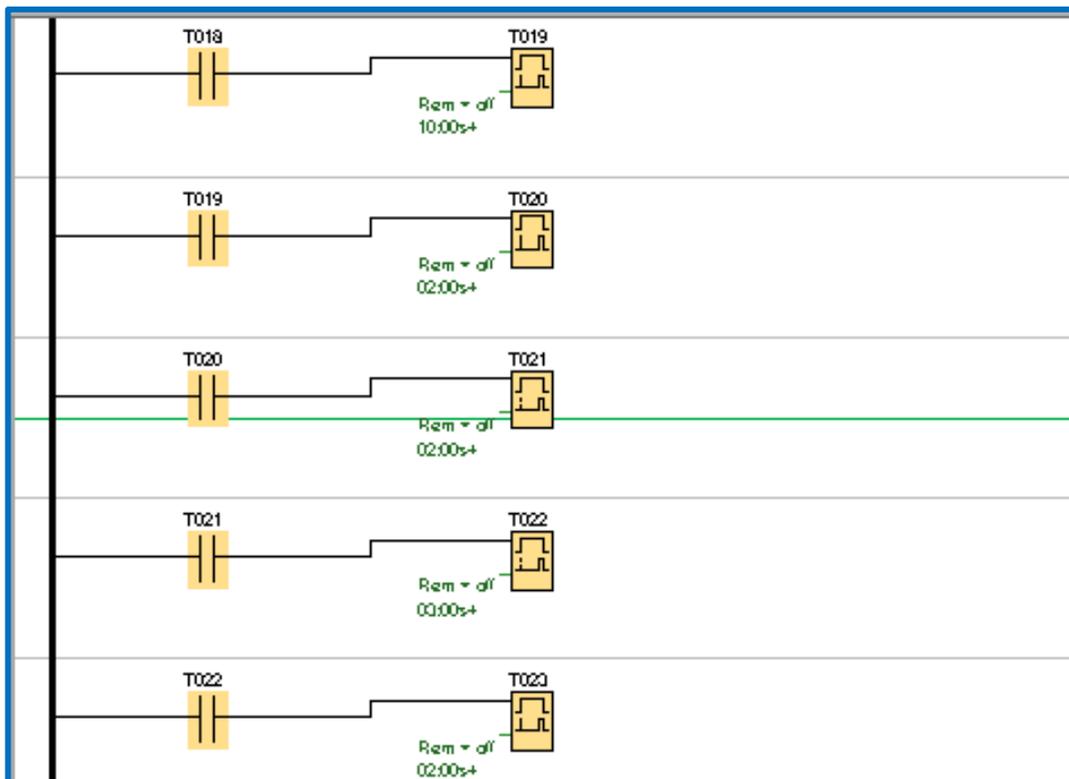
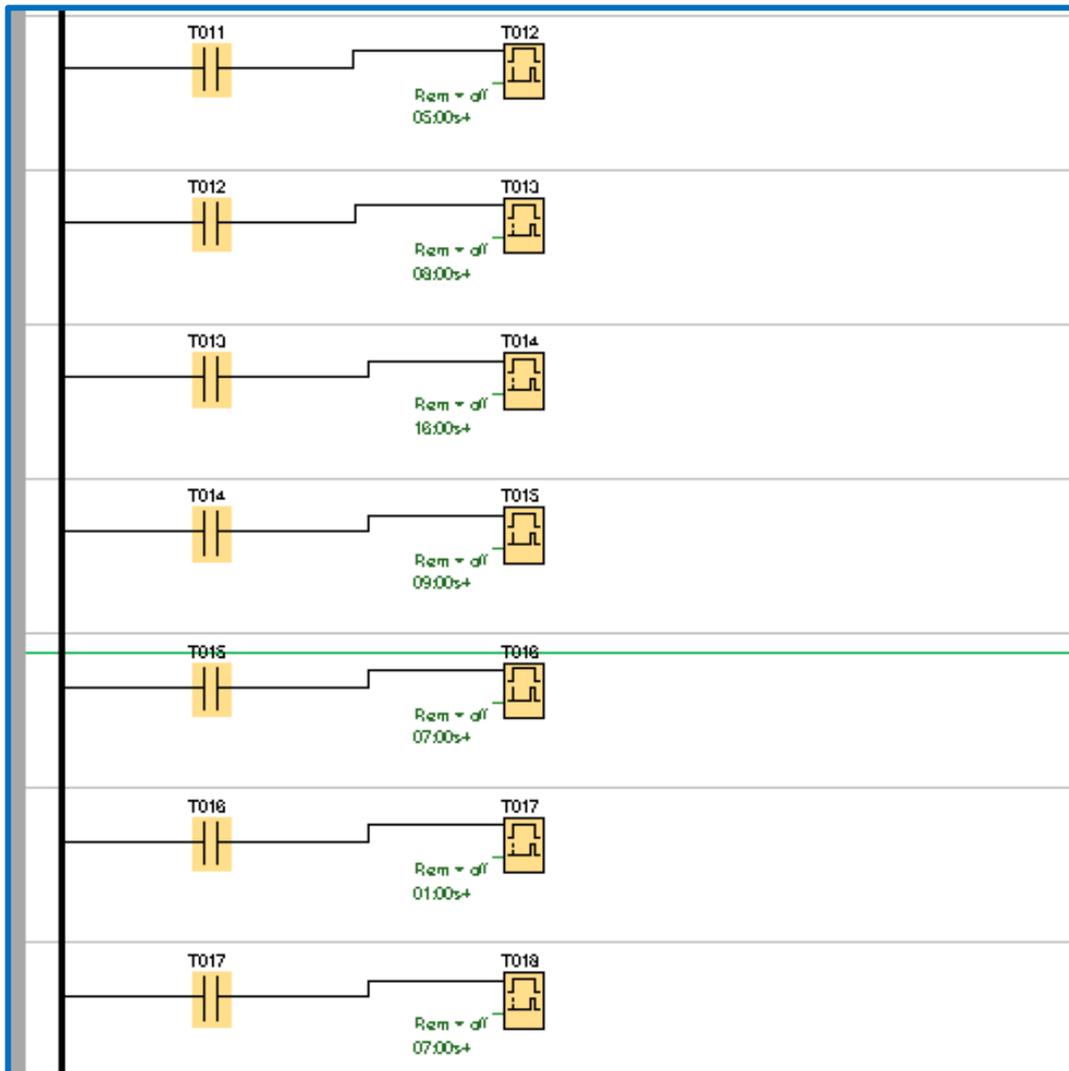


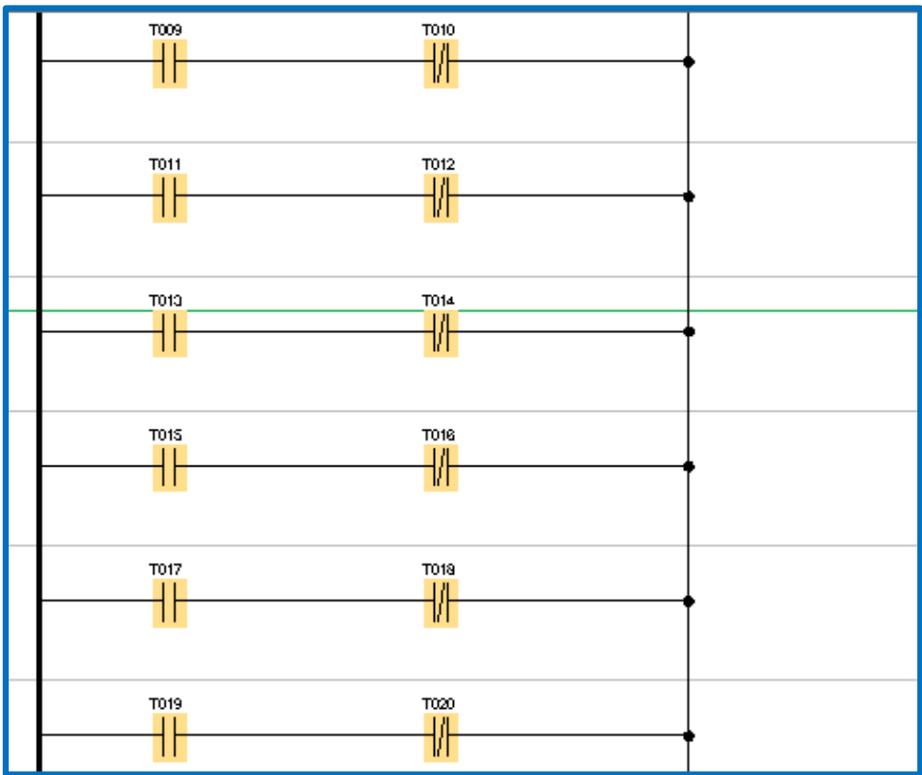
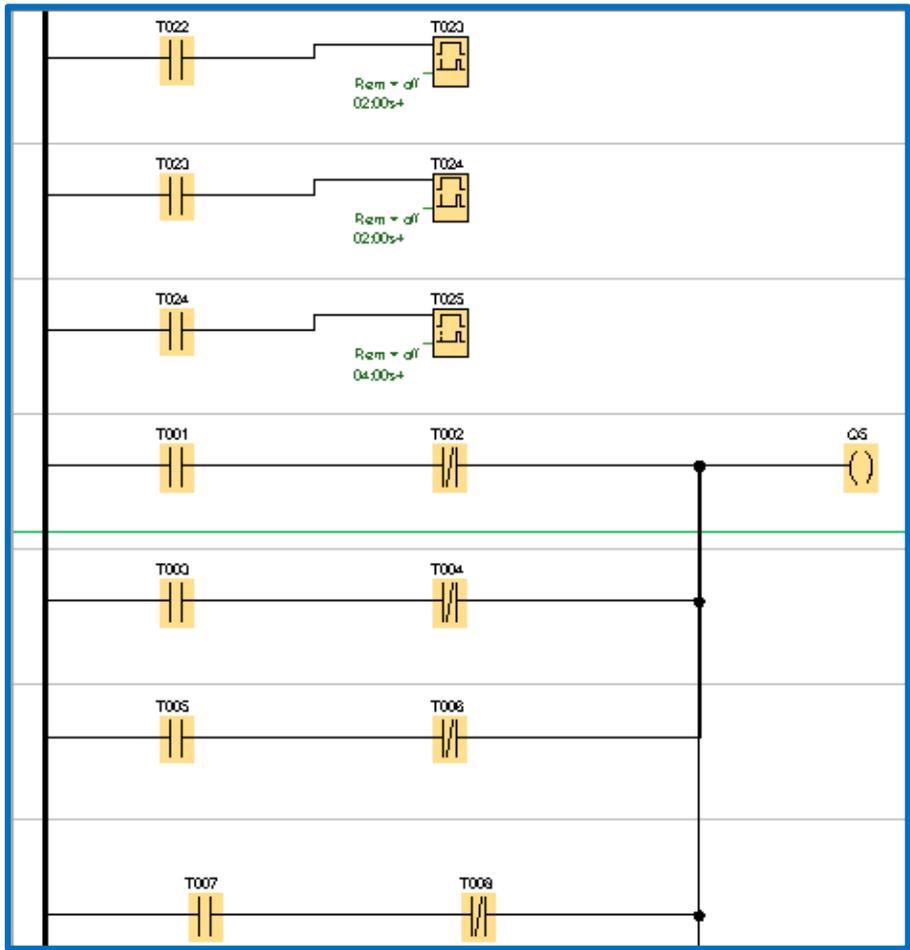


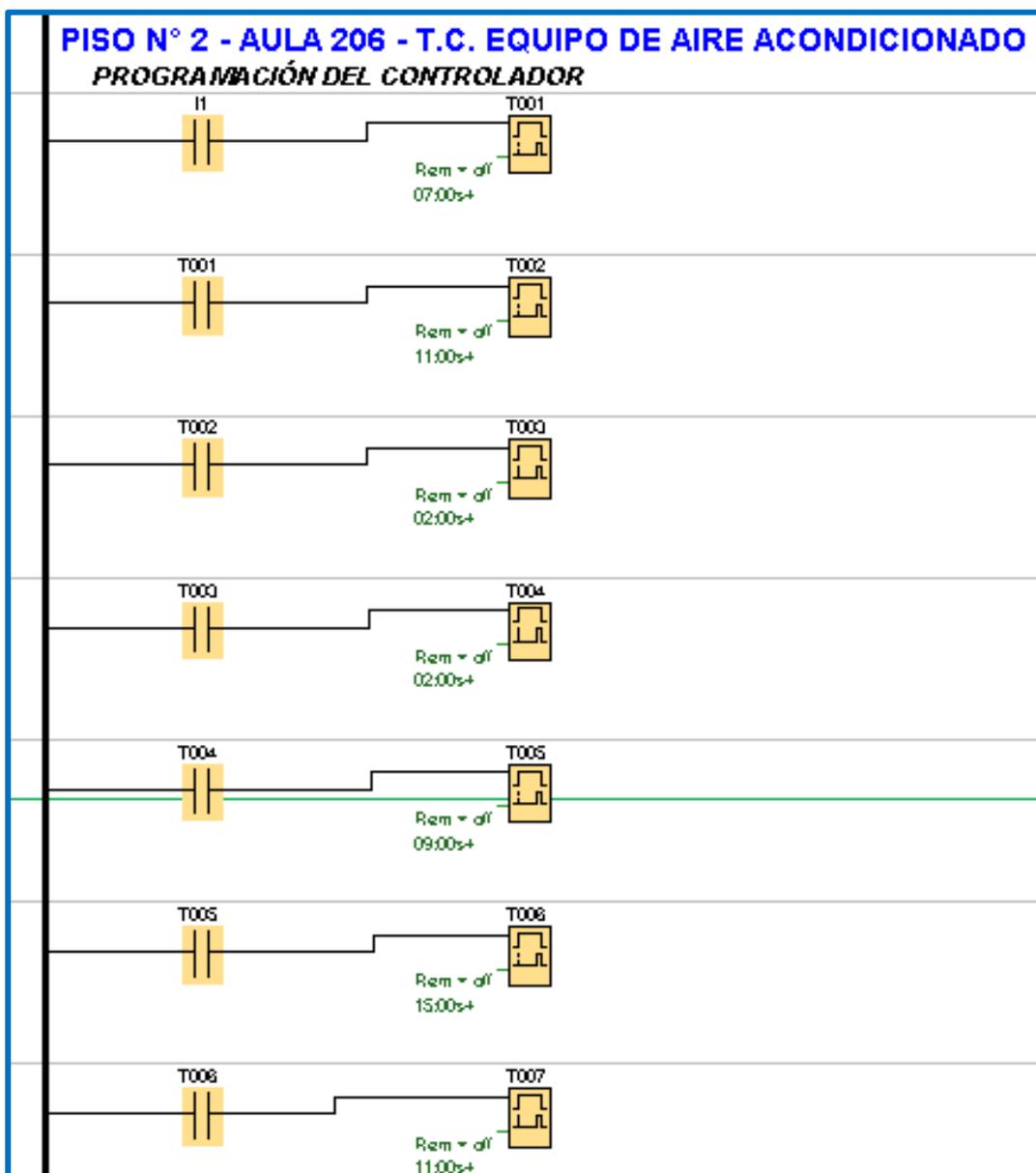
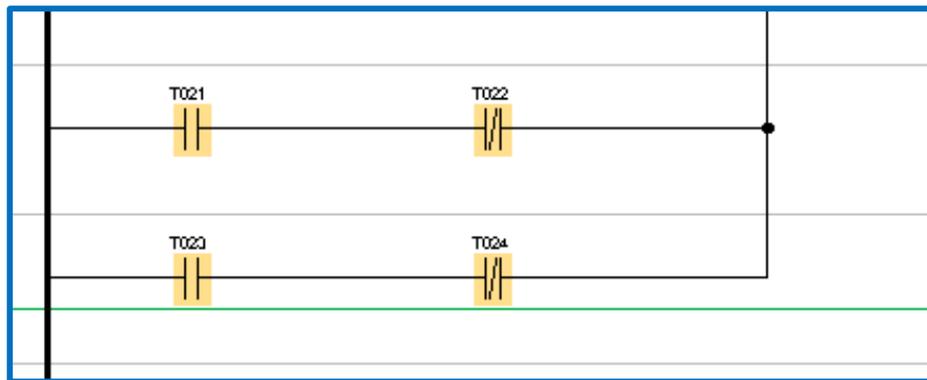


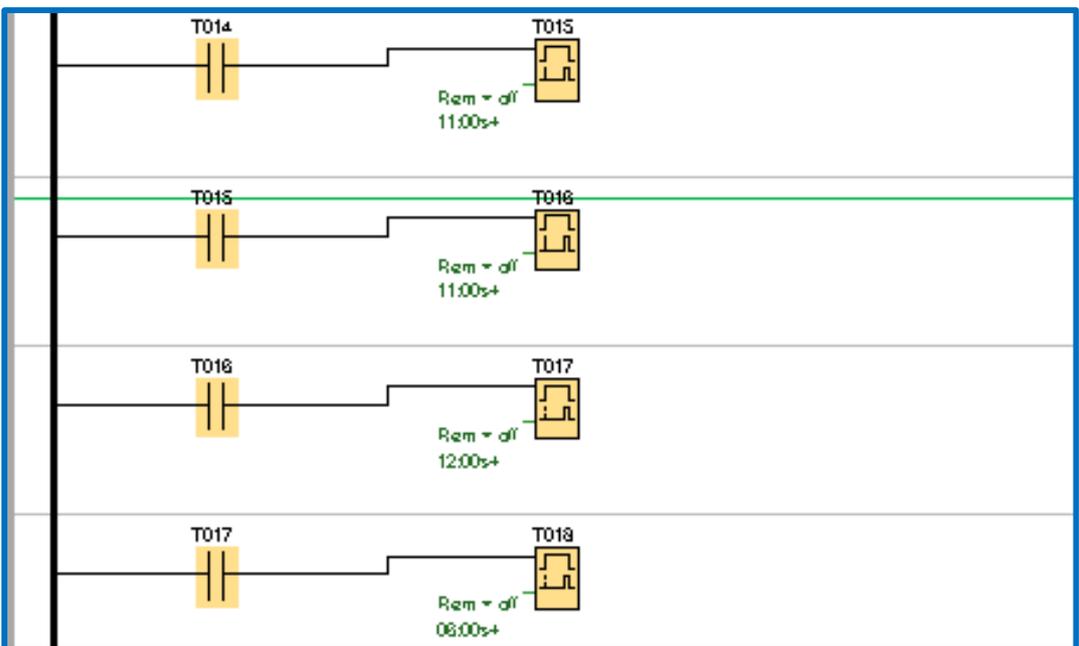
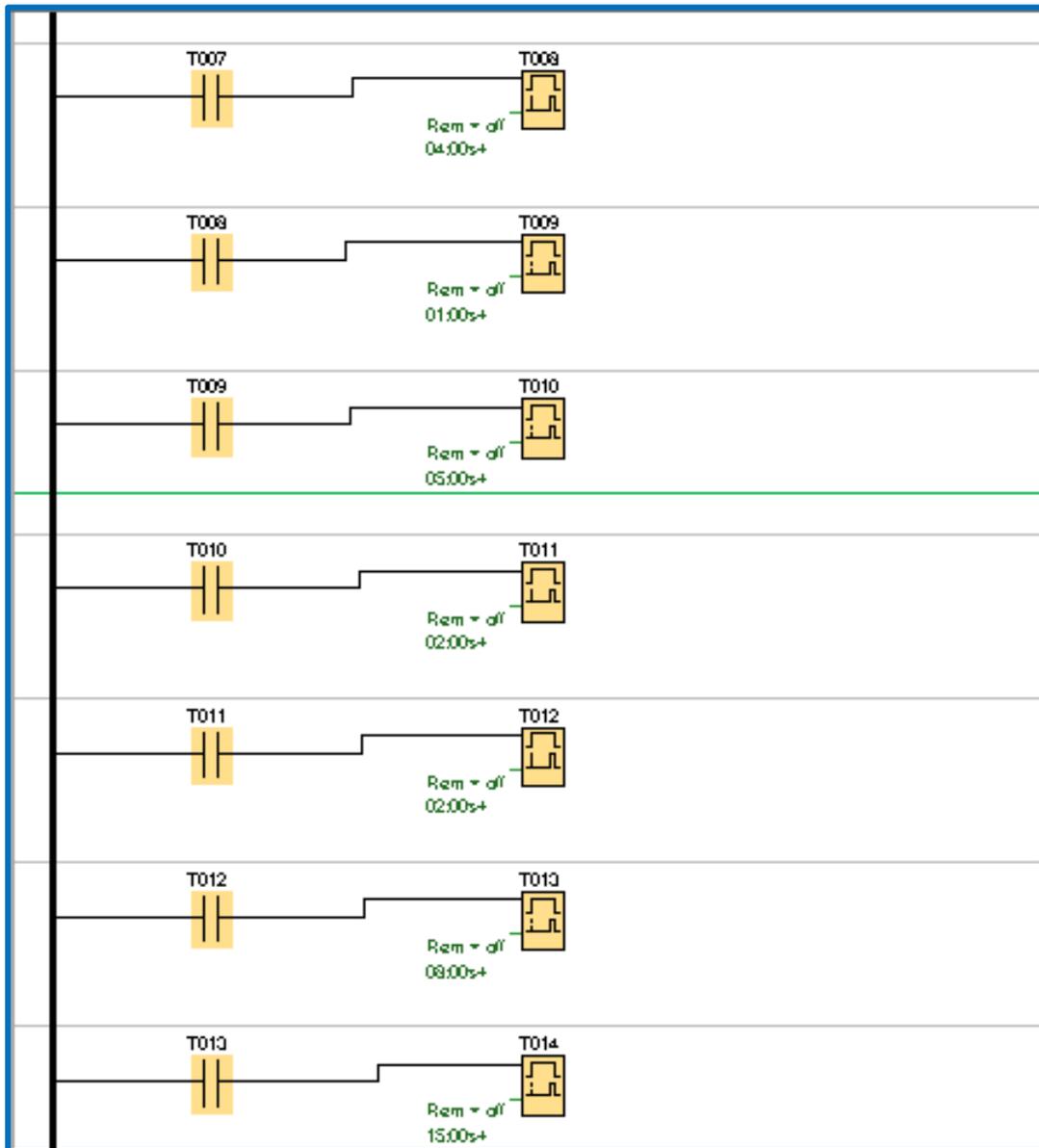
PISO N° 2 - AULA 205 - T.C. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO
PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

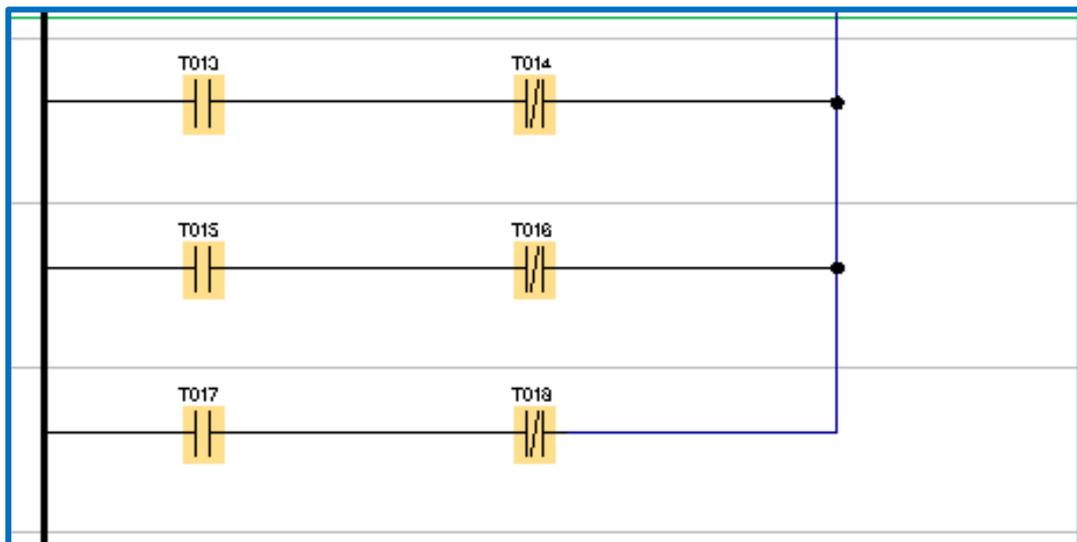
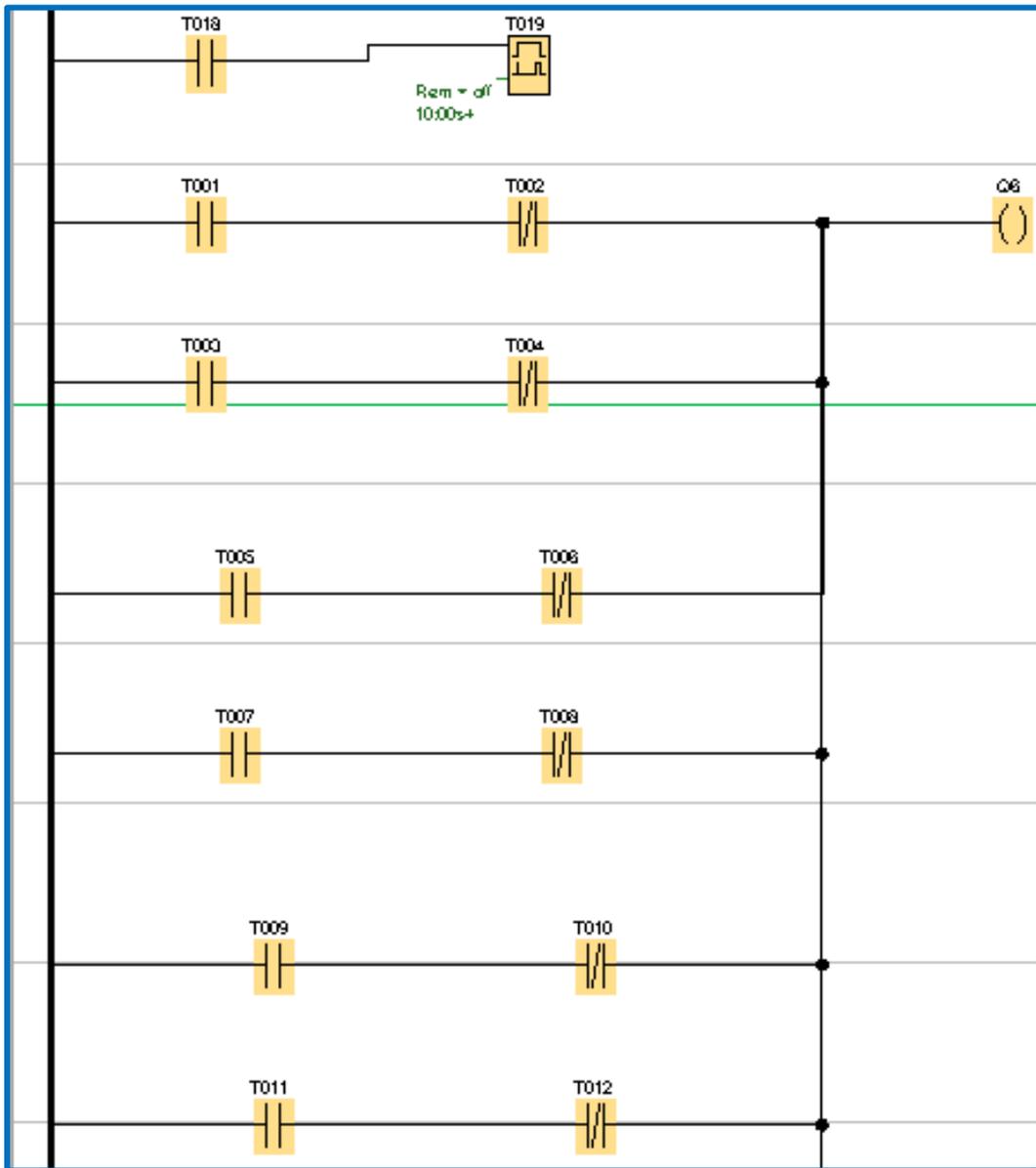




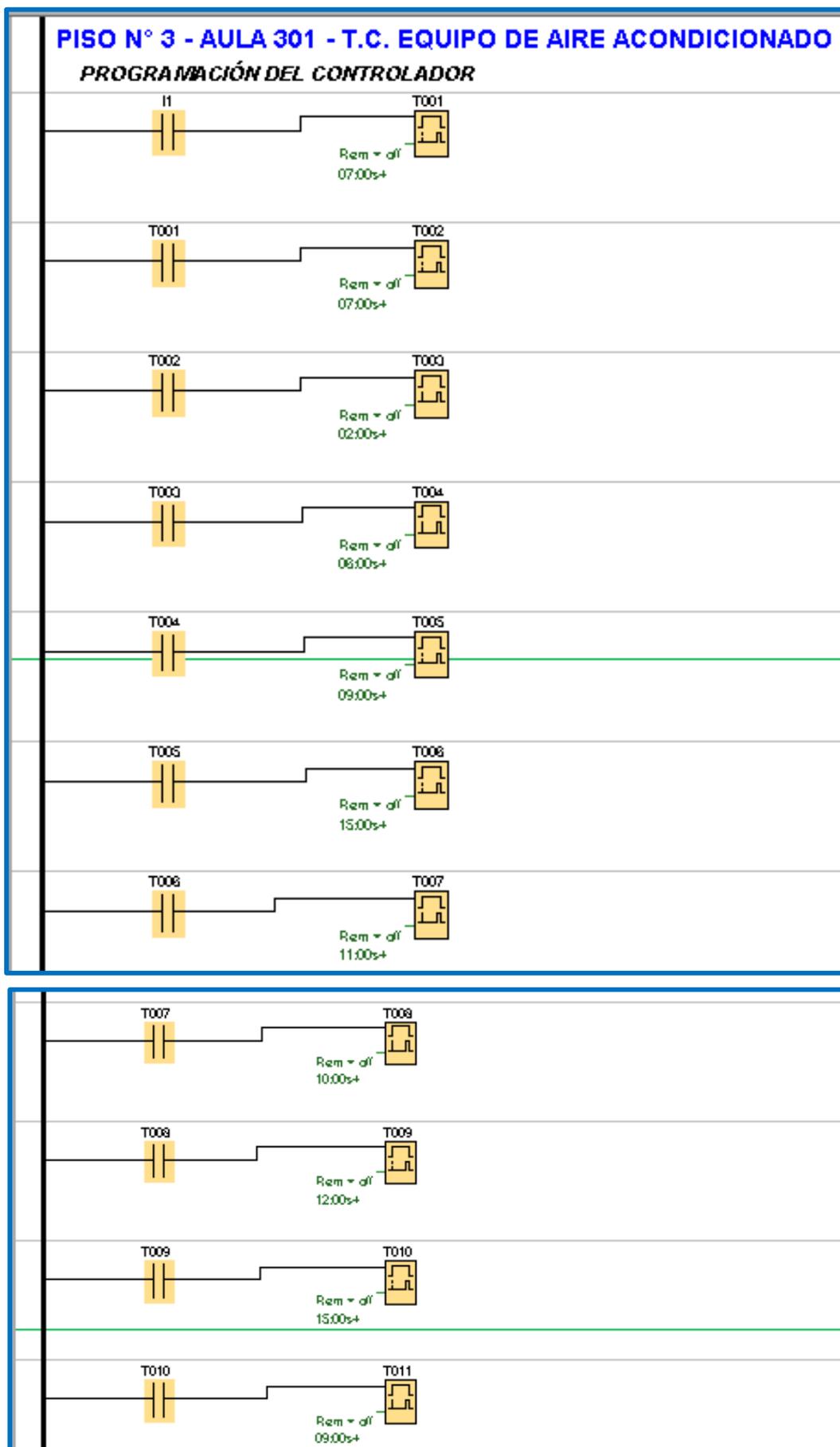


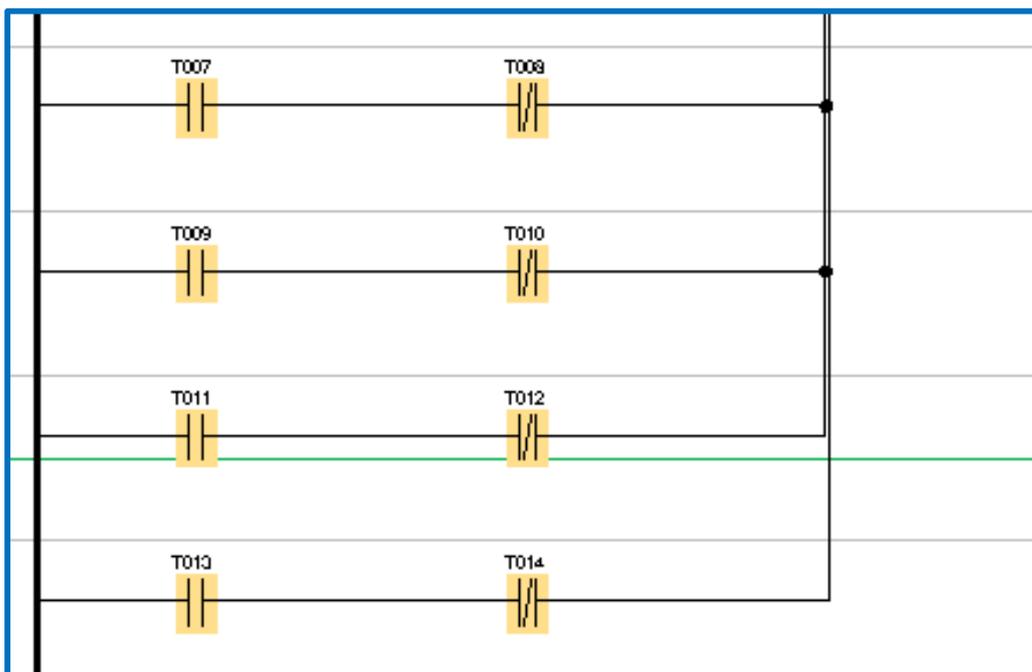
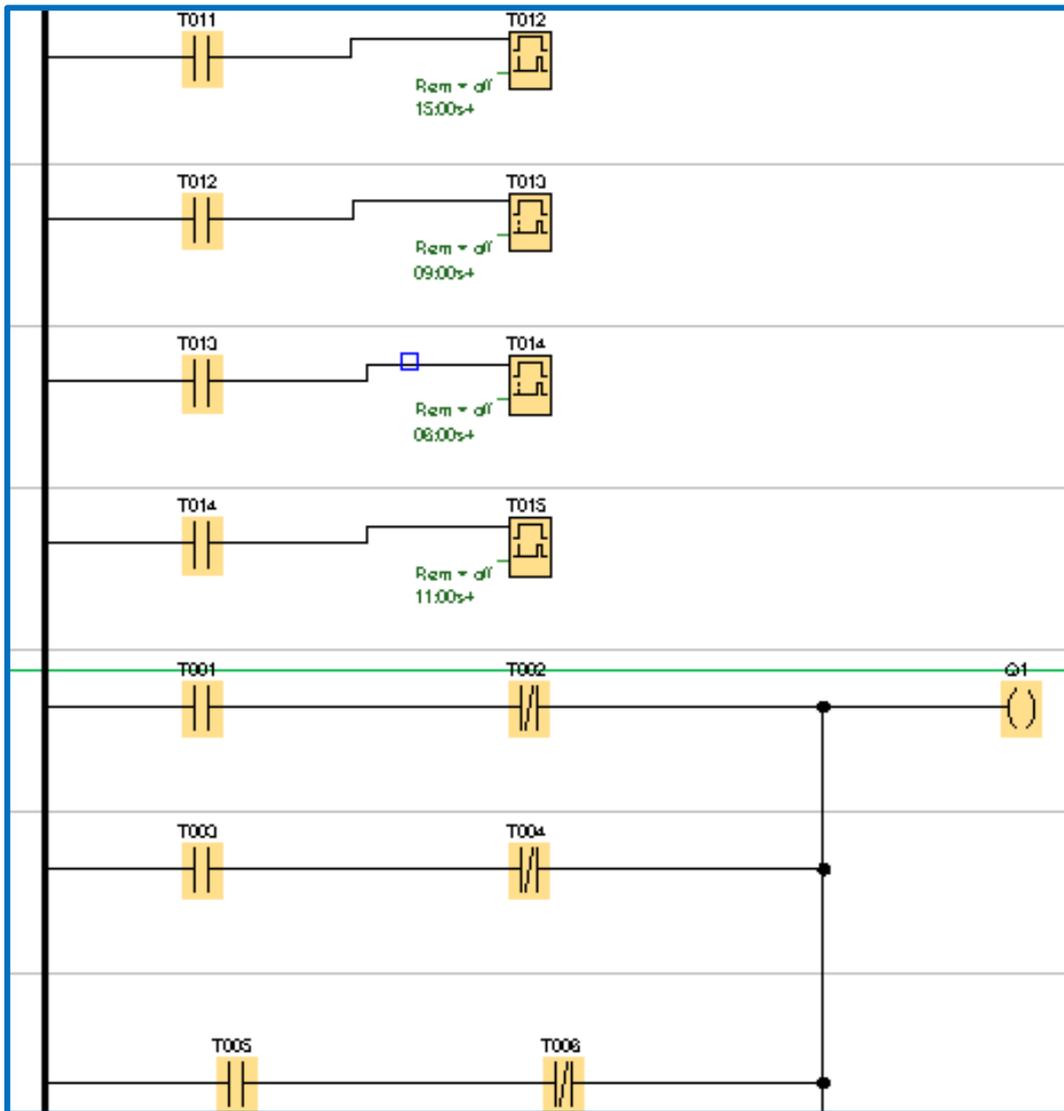




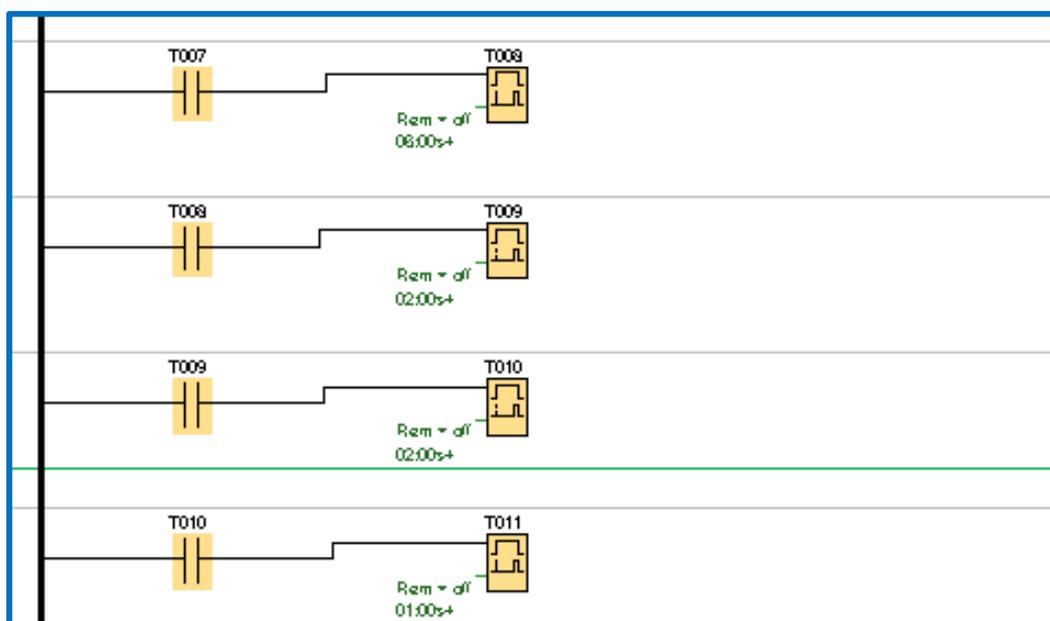
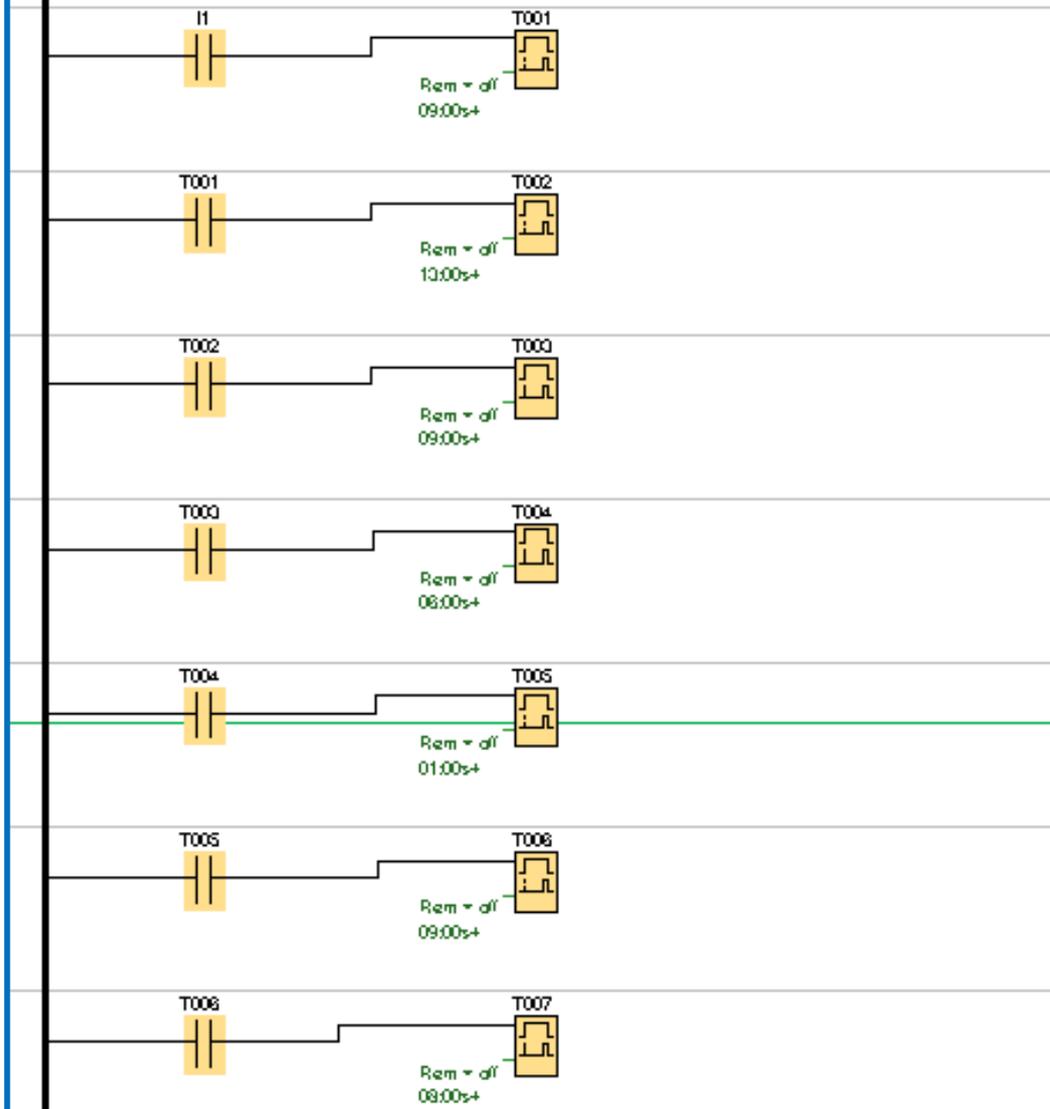


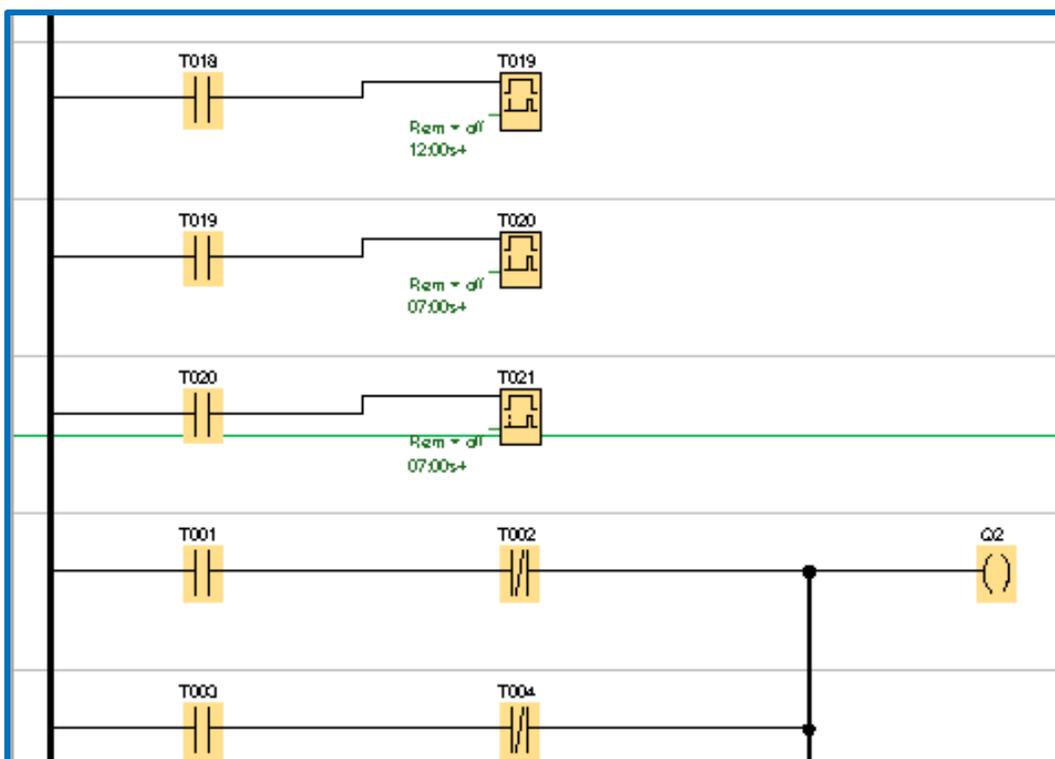
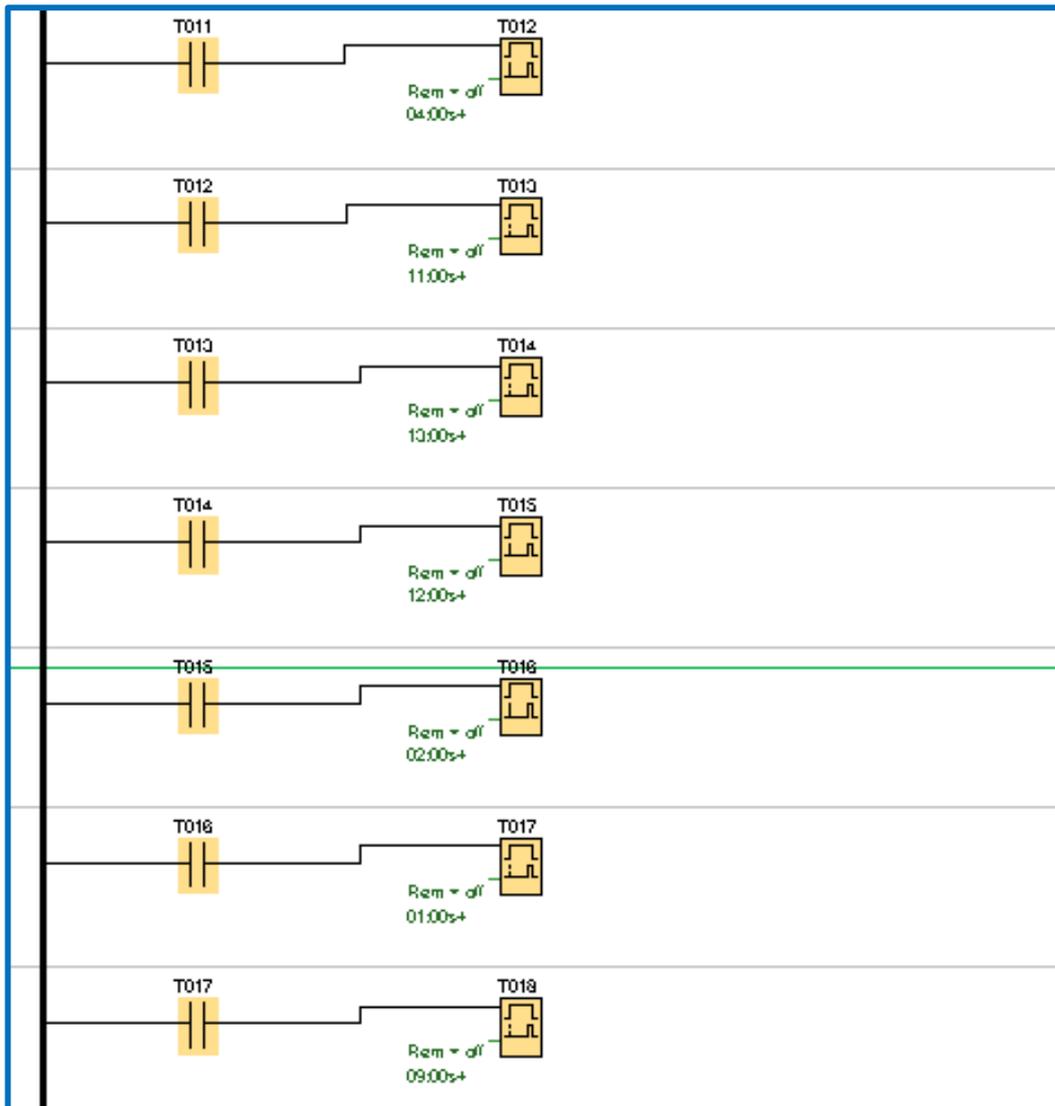
PROGRAMACIÓN PISO 3

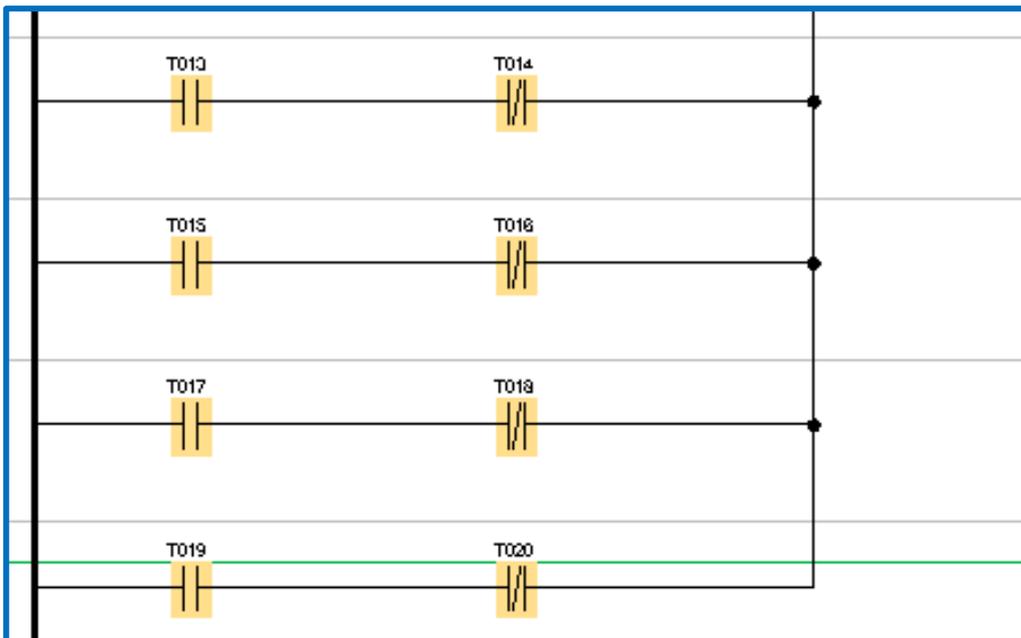
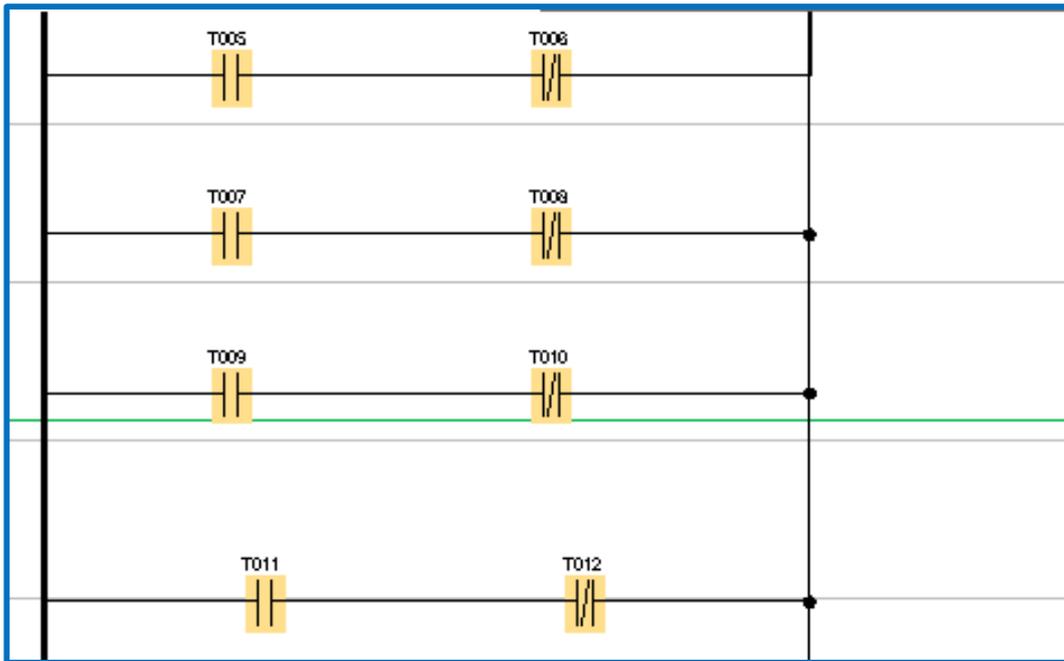




PISO N° 3 - AULA 302 - T.C. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO
PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

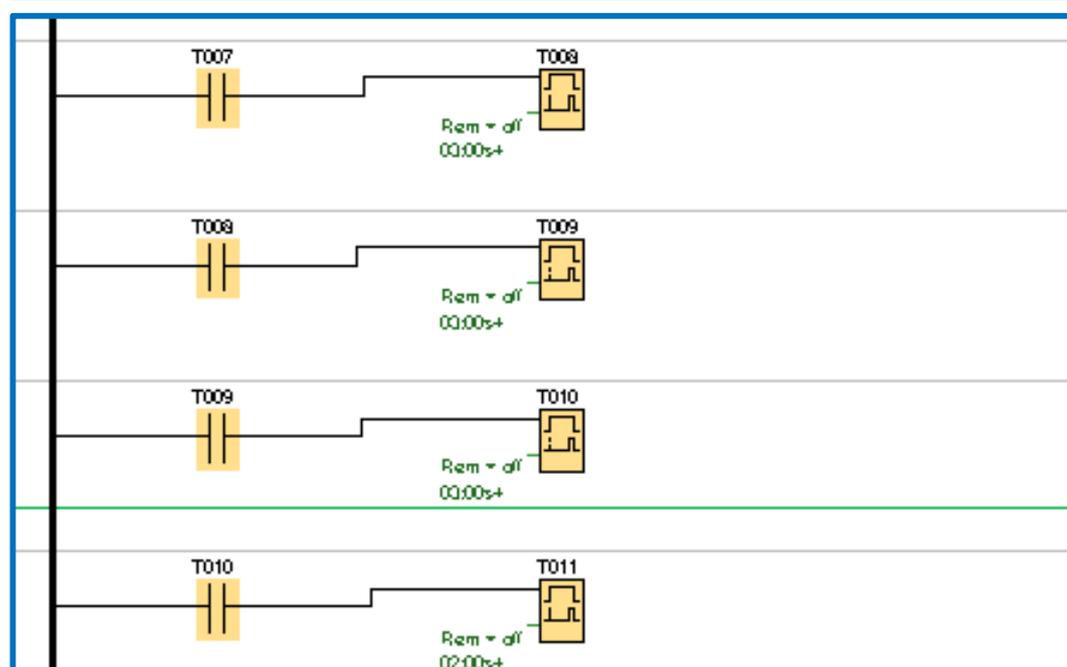
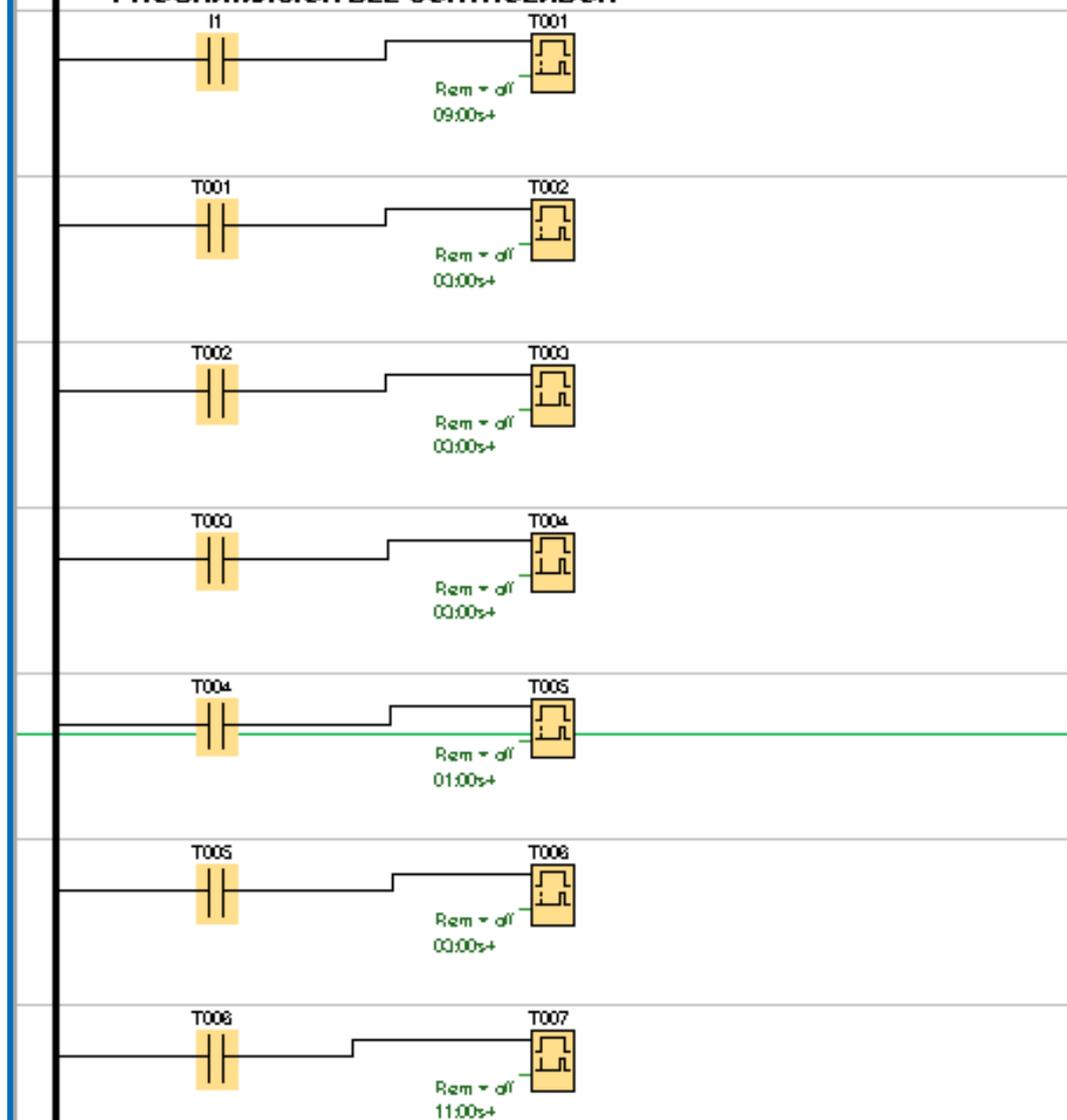


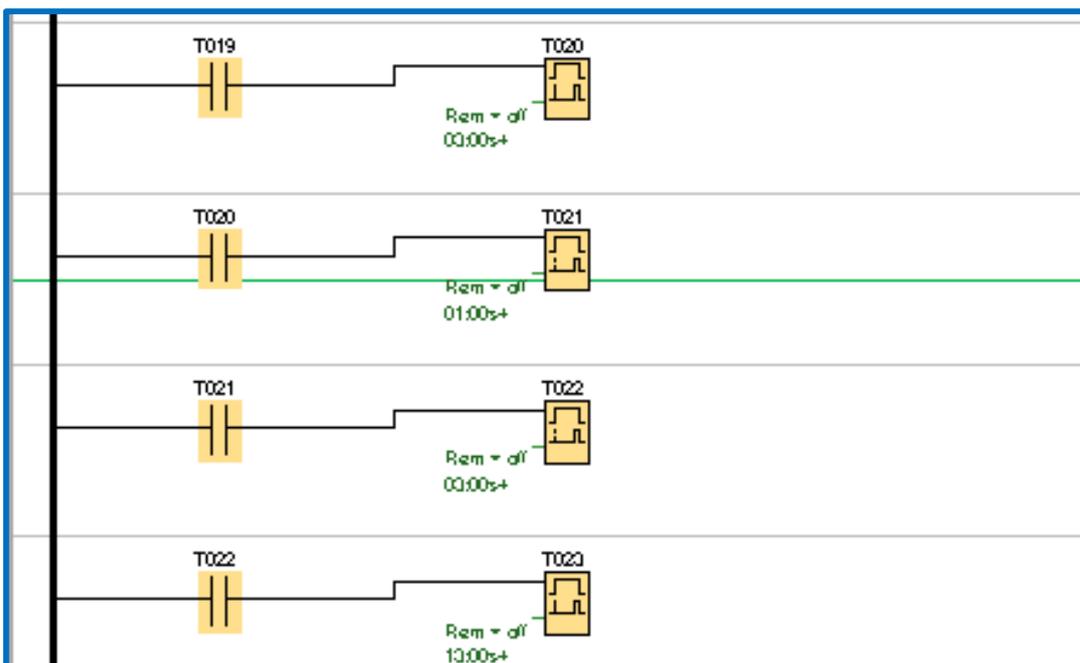
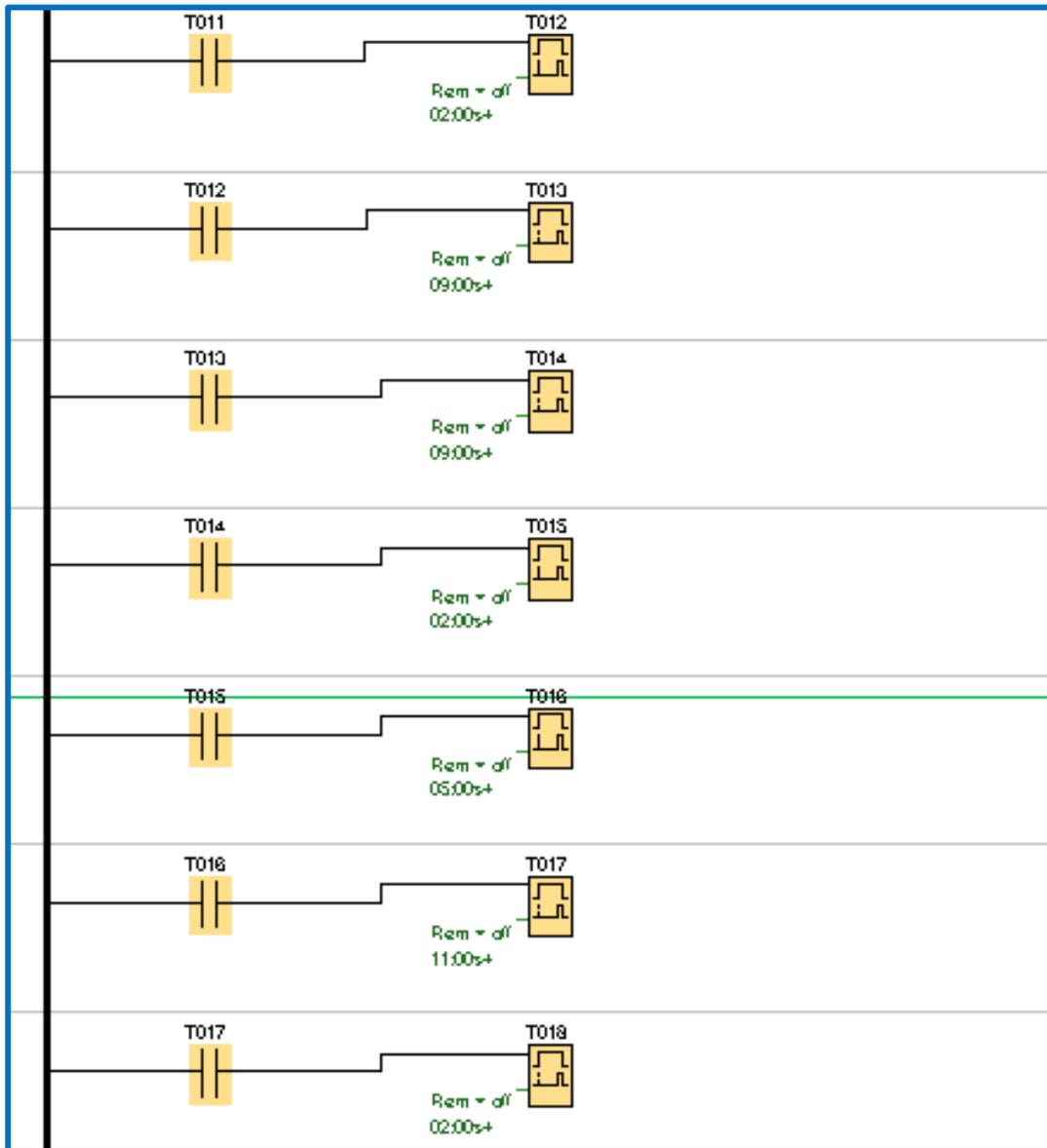


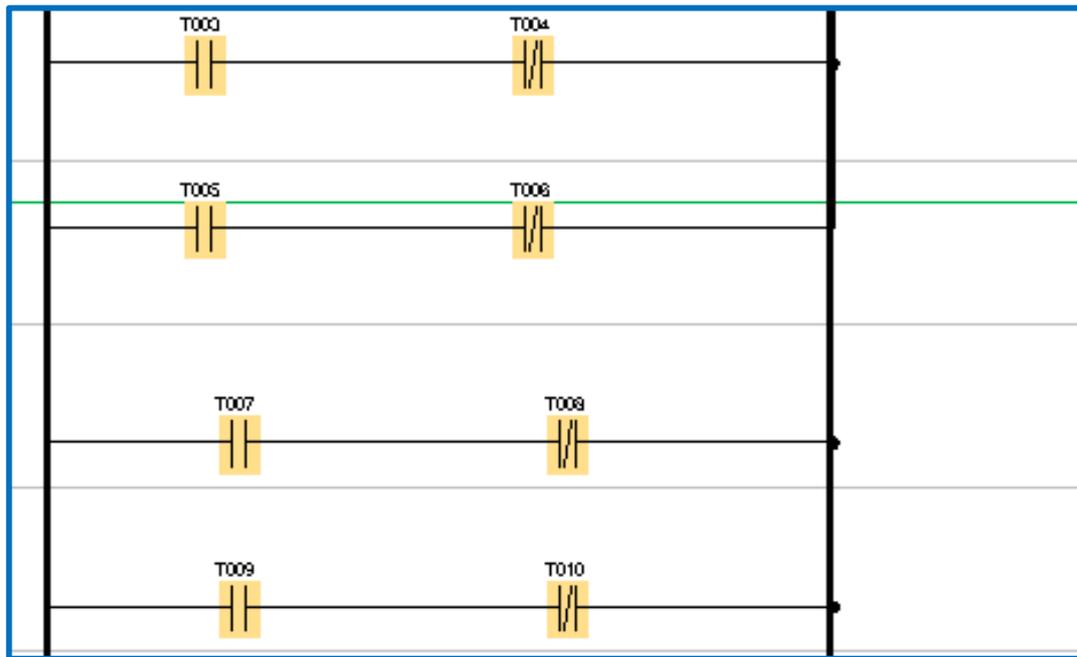
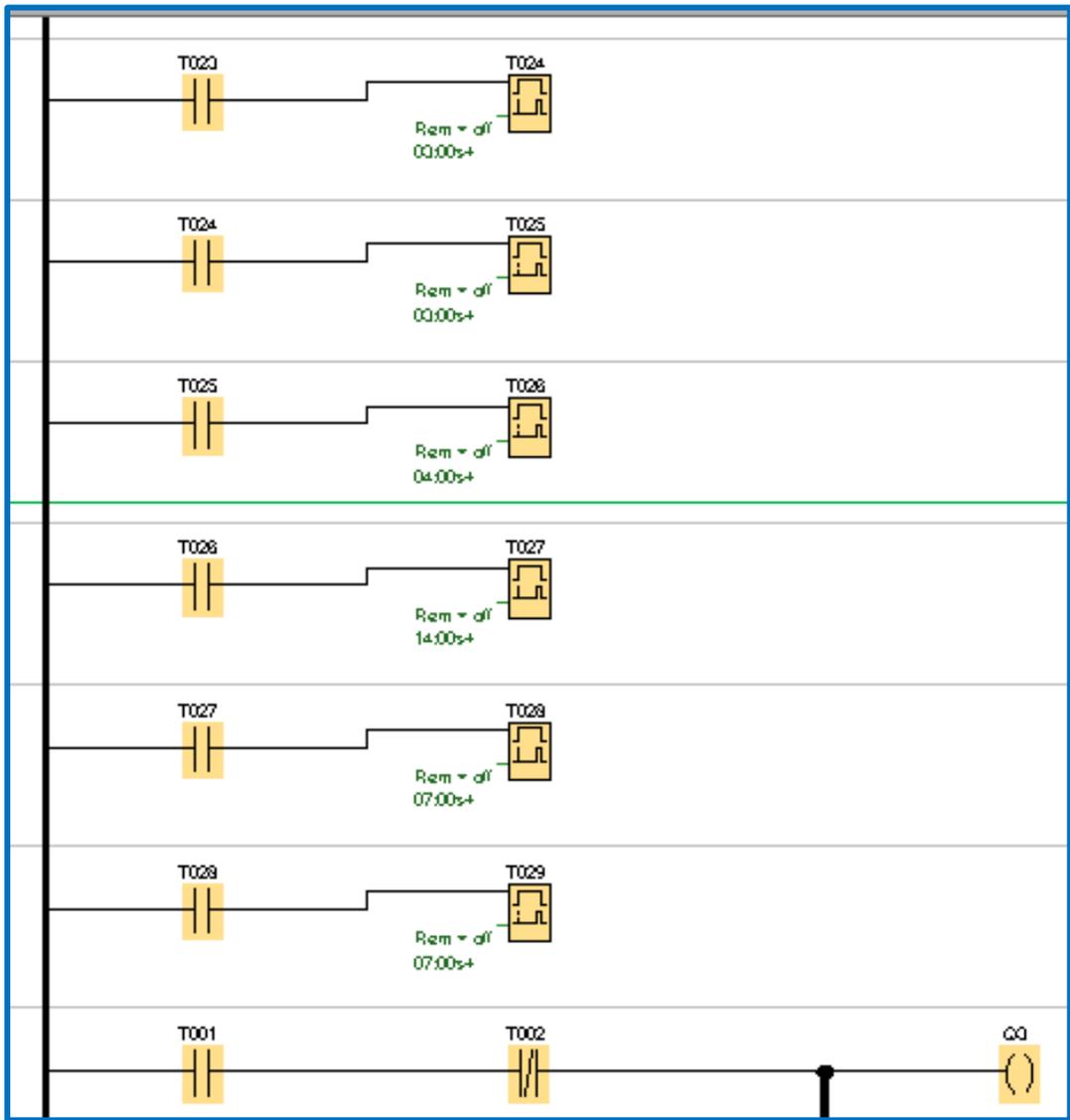


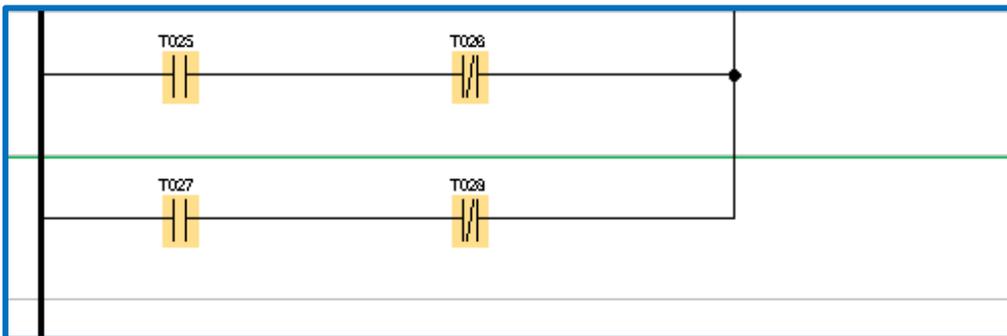
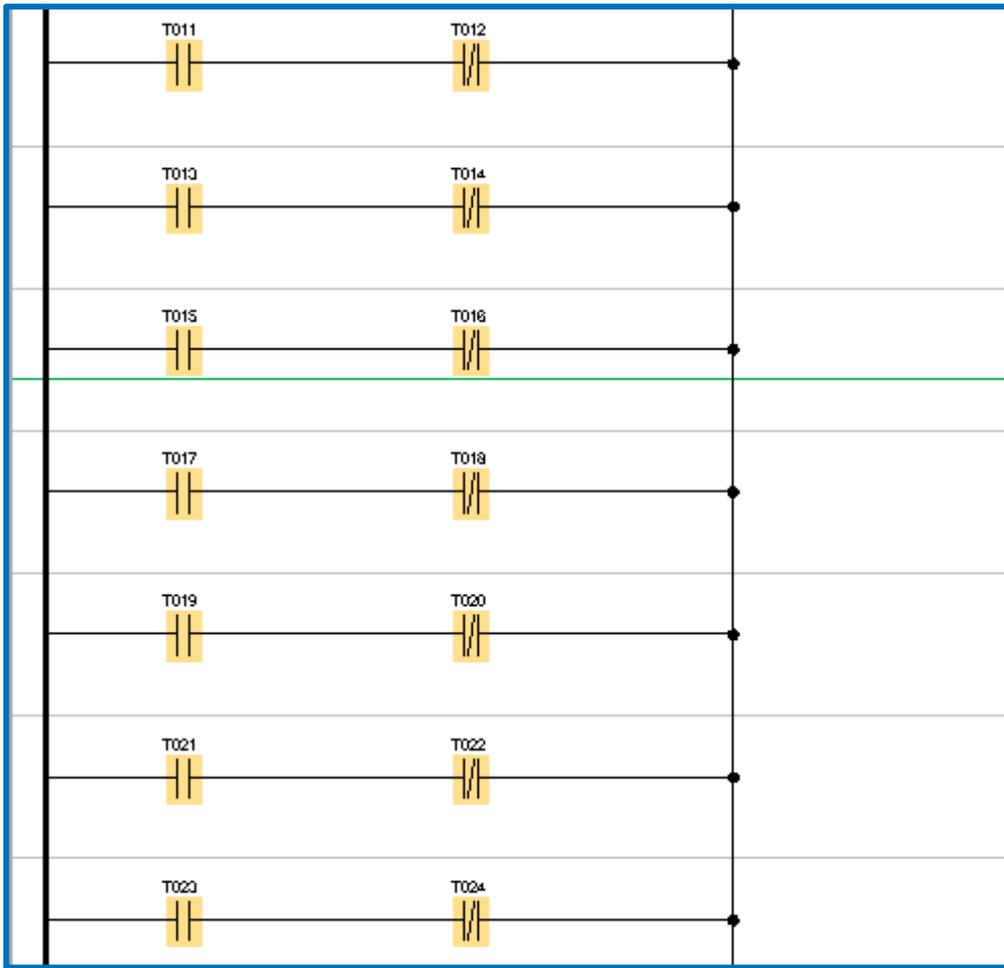
PISO N° 3 - AULA 303 - T.C. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO

PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

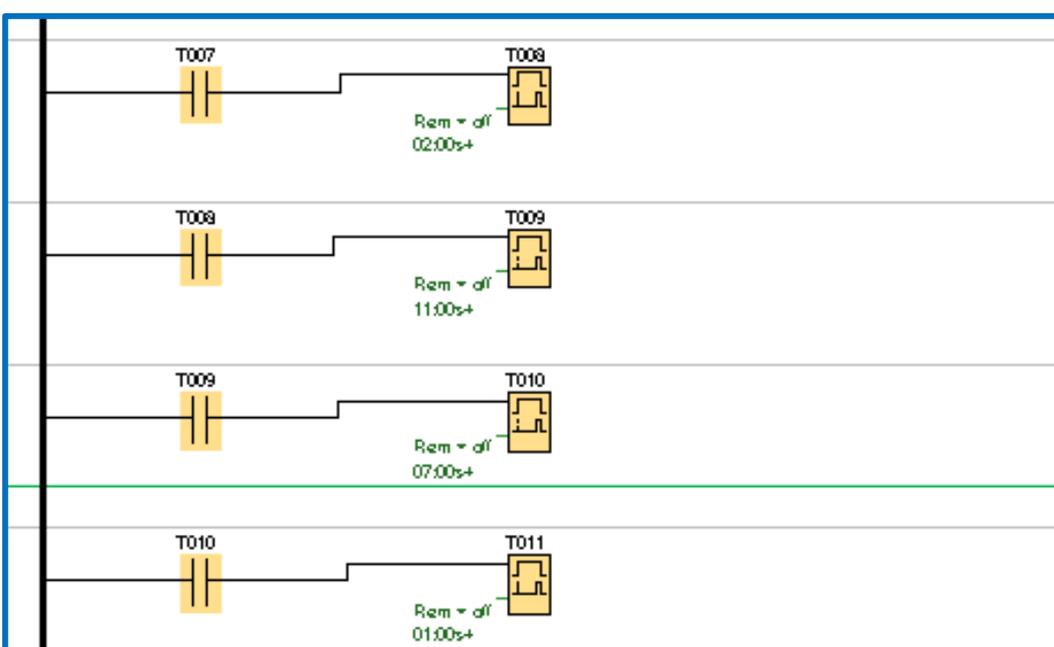
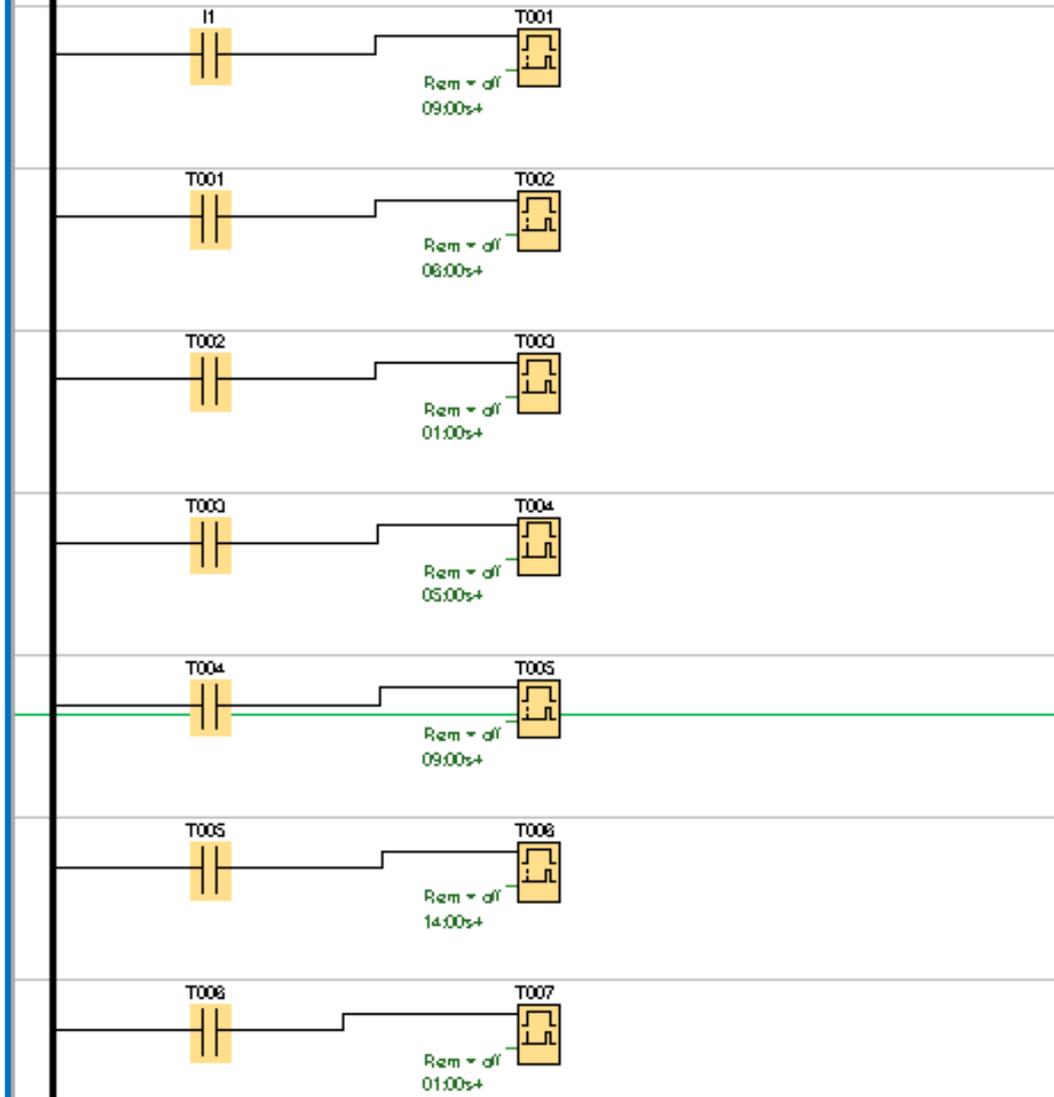


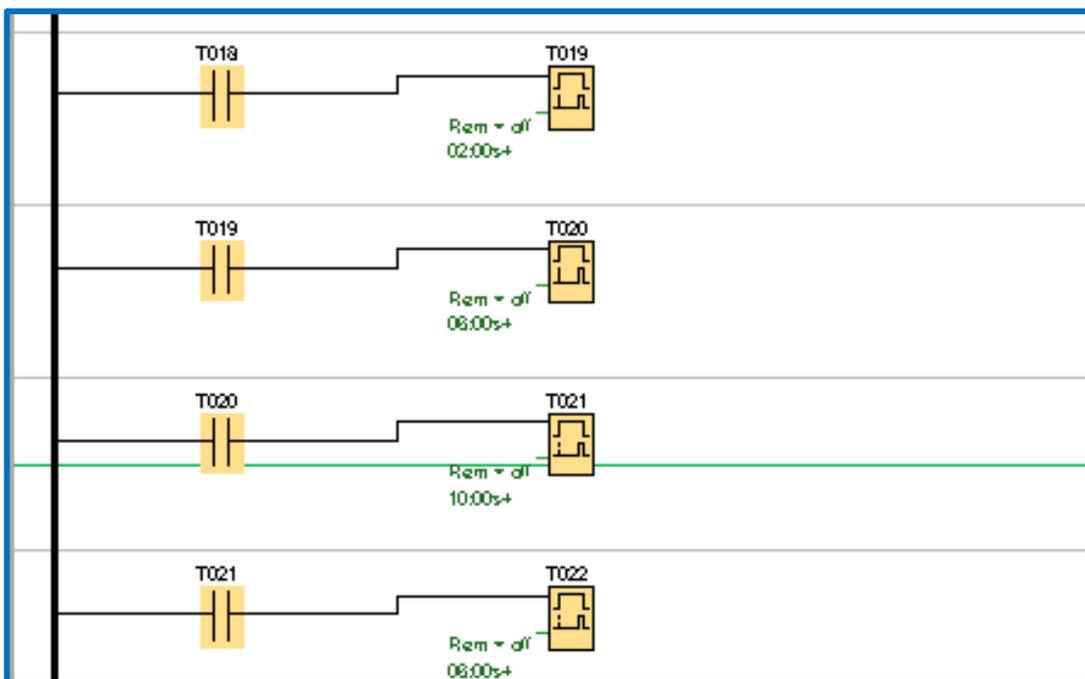
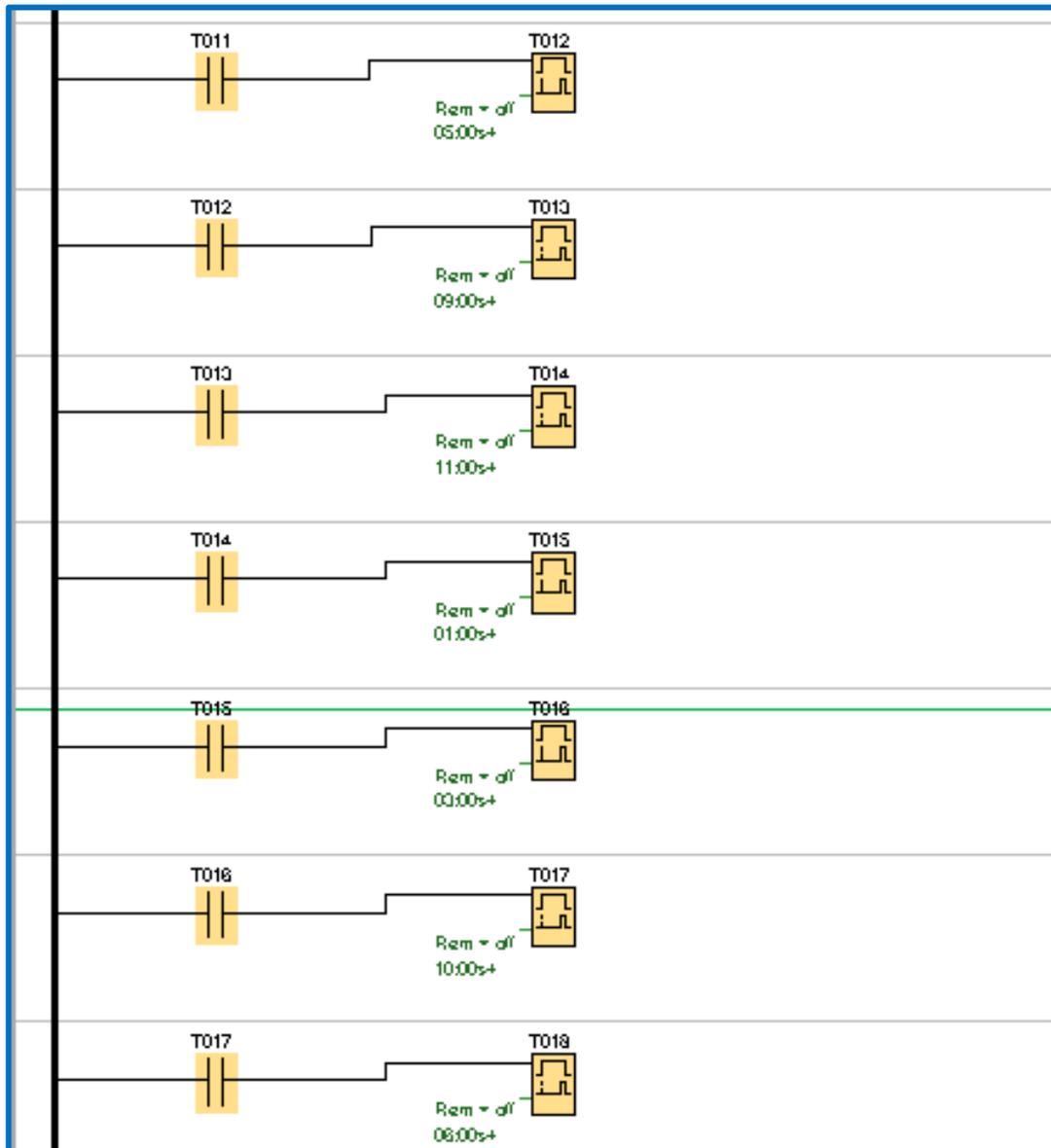


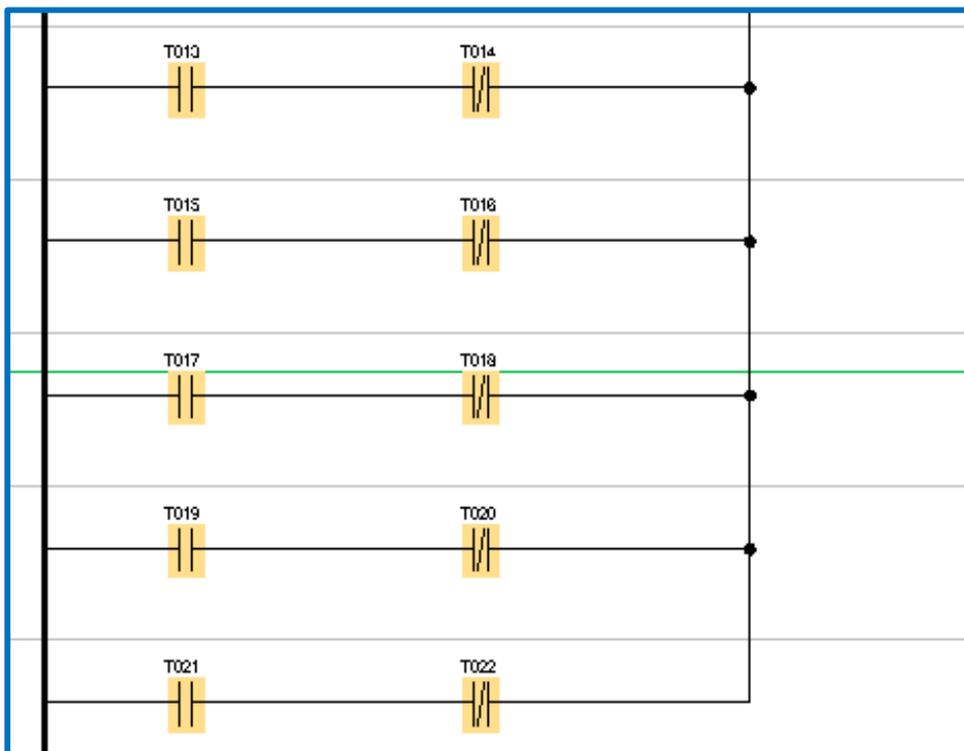
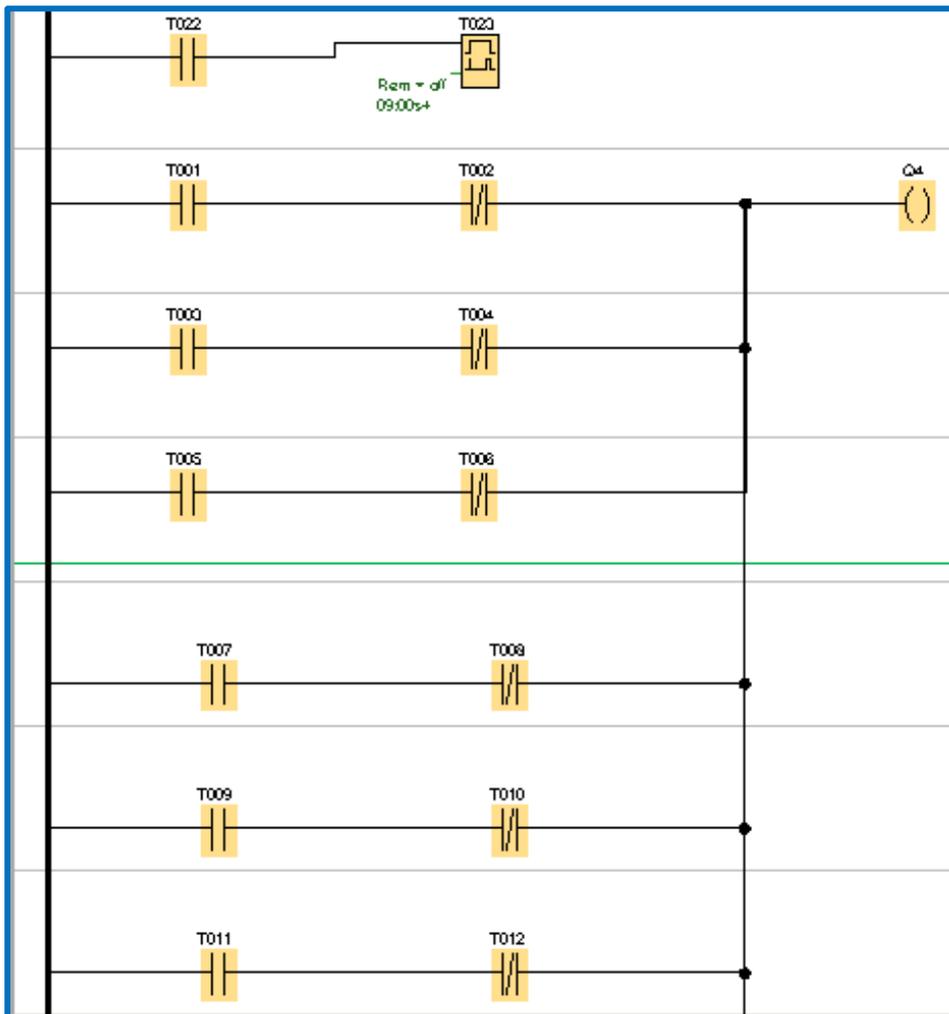




PISO N° 3 - AULA 304 - T.C. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO
PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

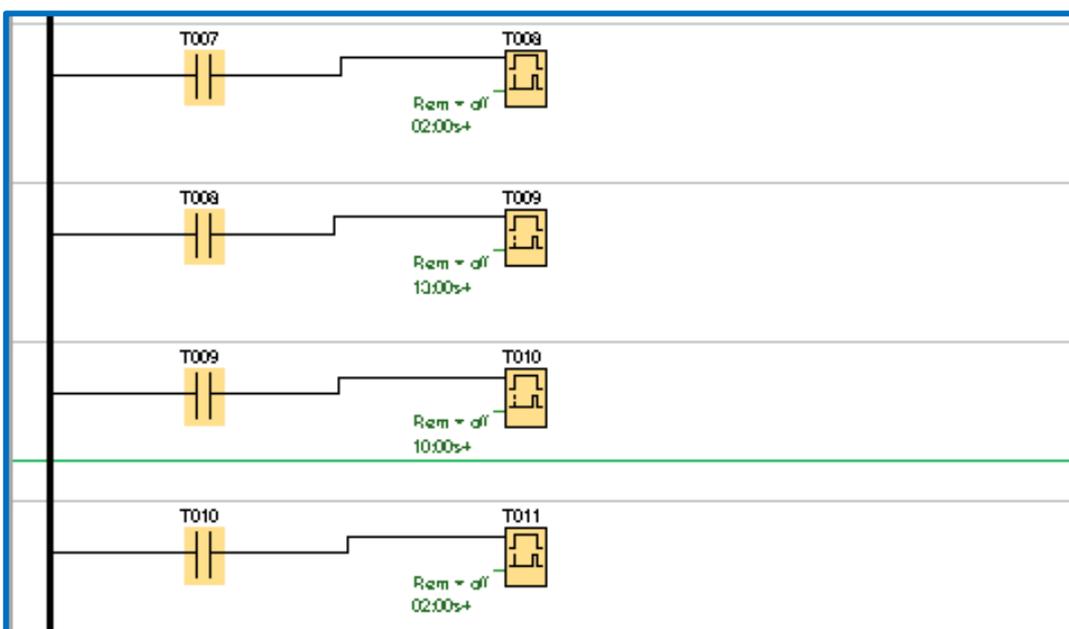
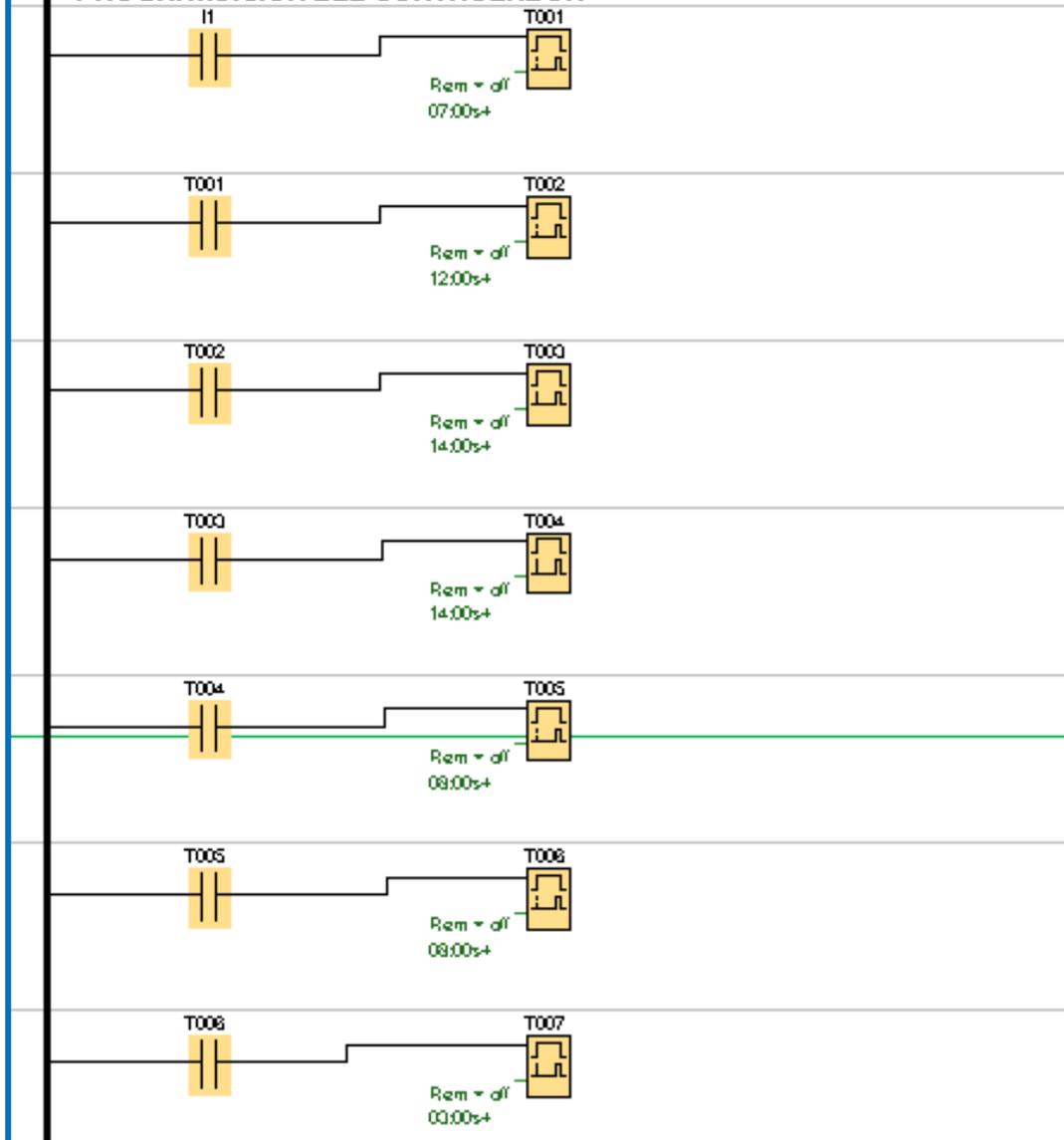


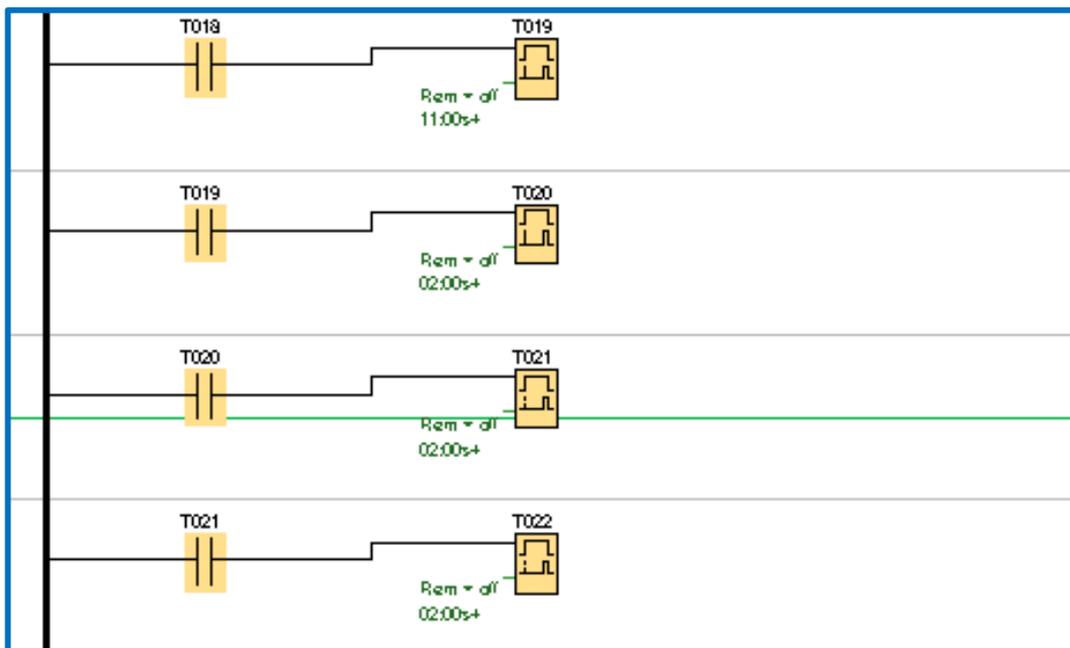
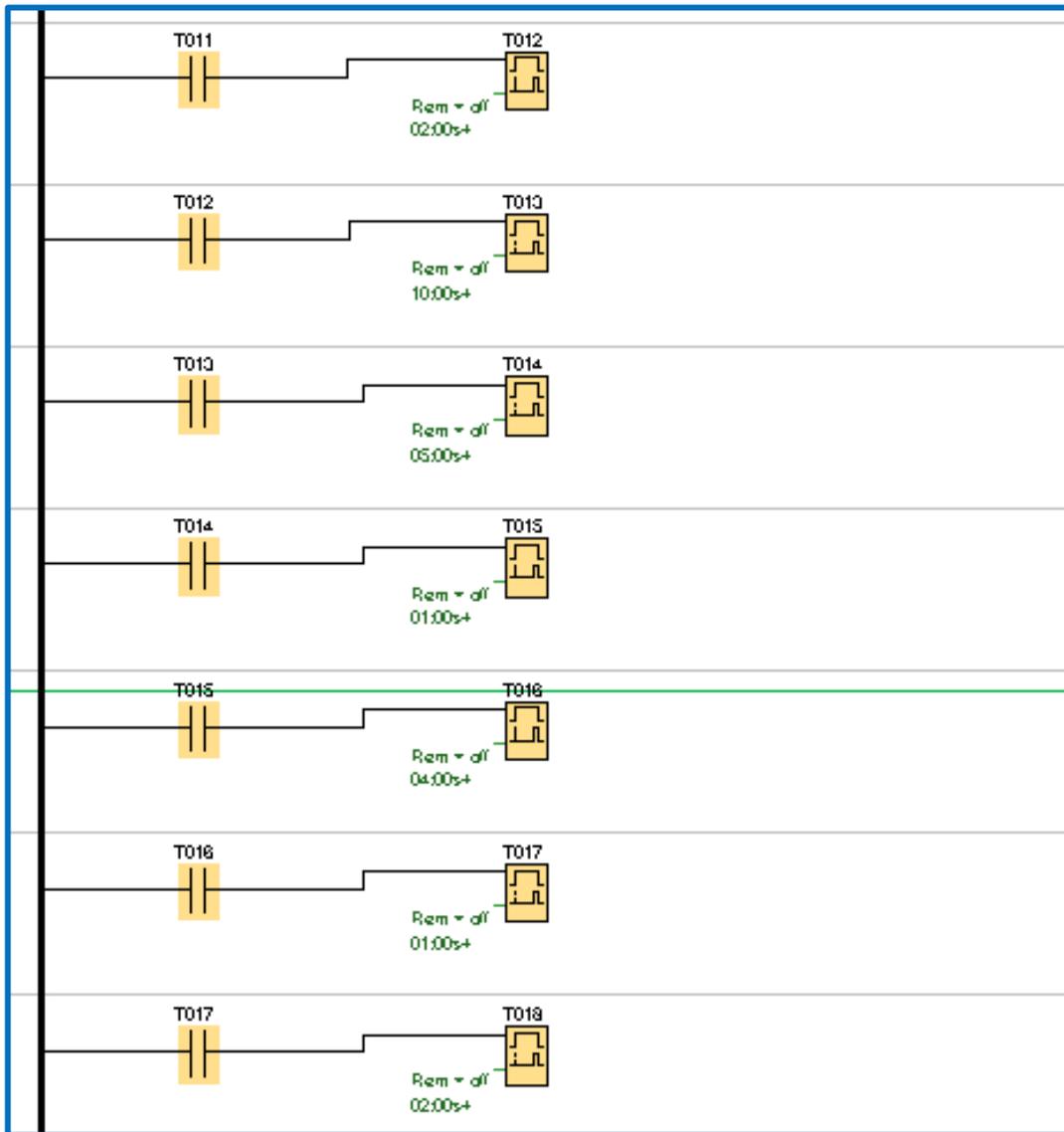


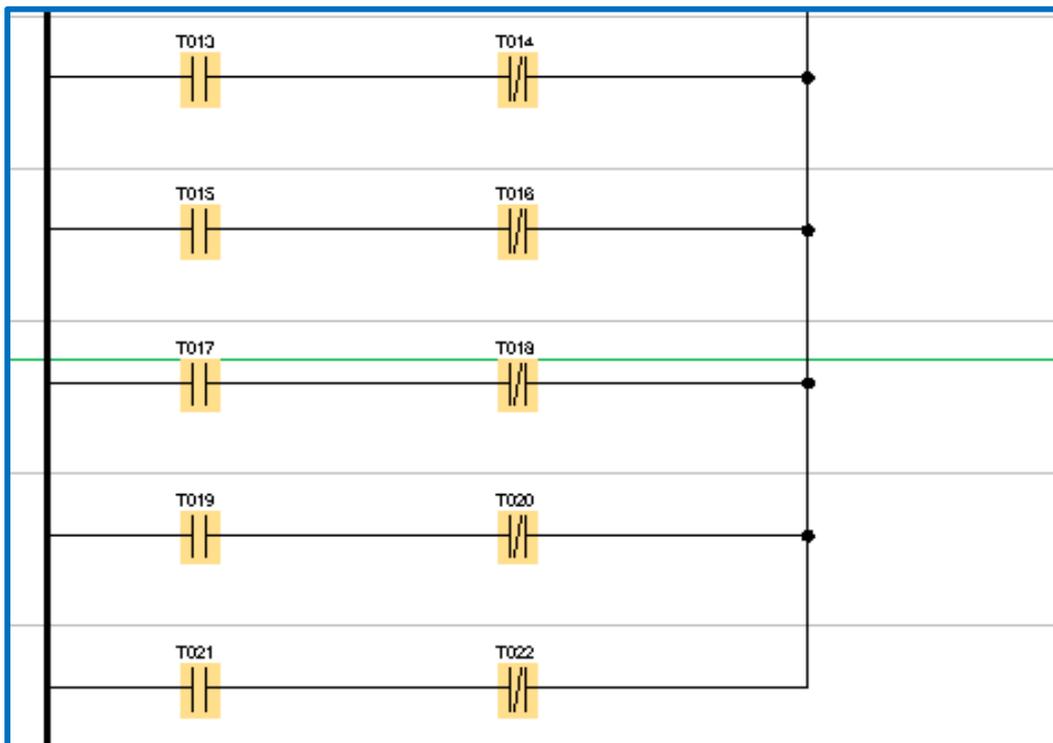
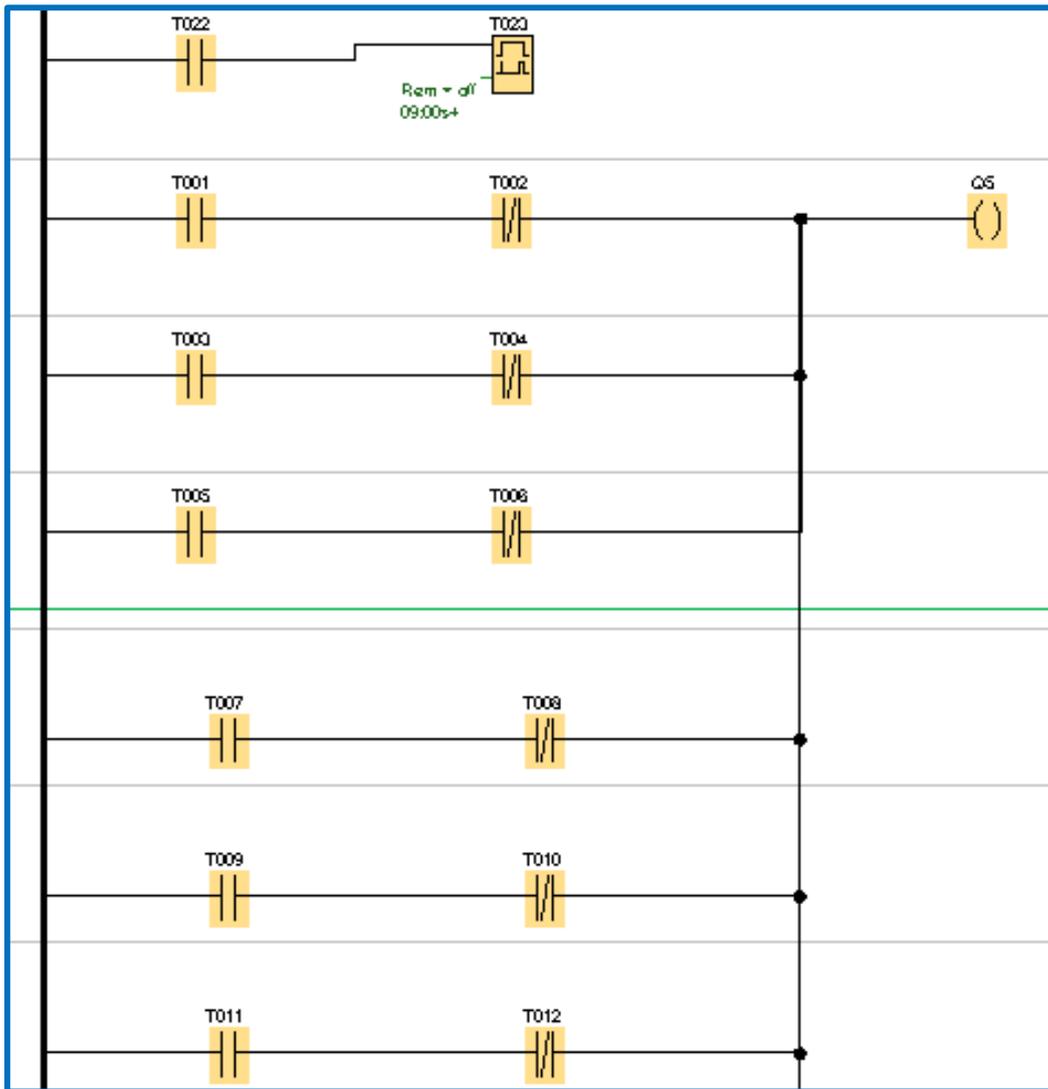


PISO N° 3 - AULA 305 - T.C. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO

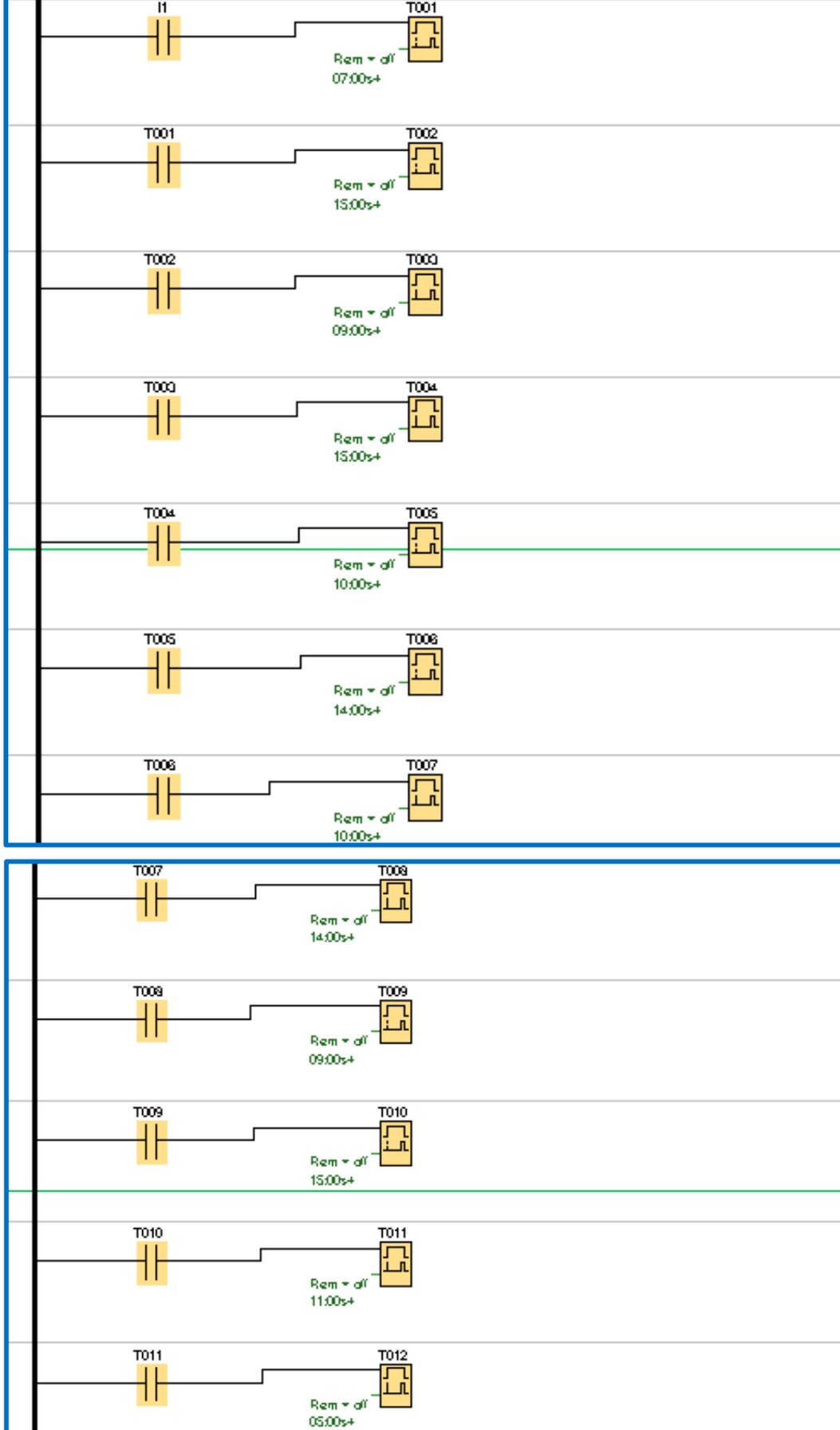
PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

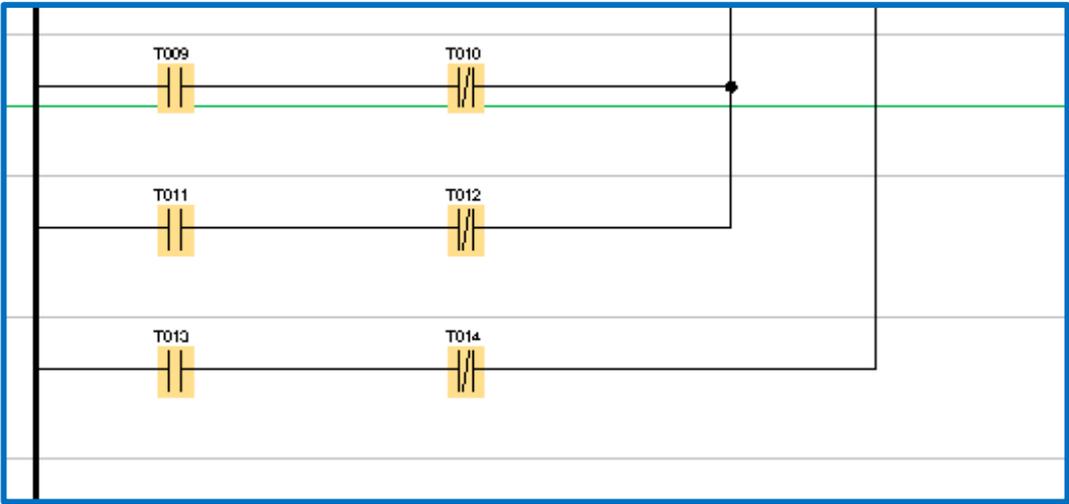
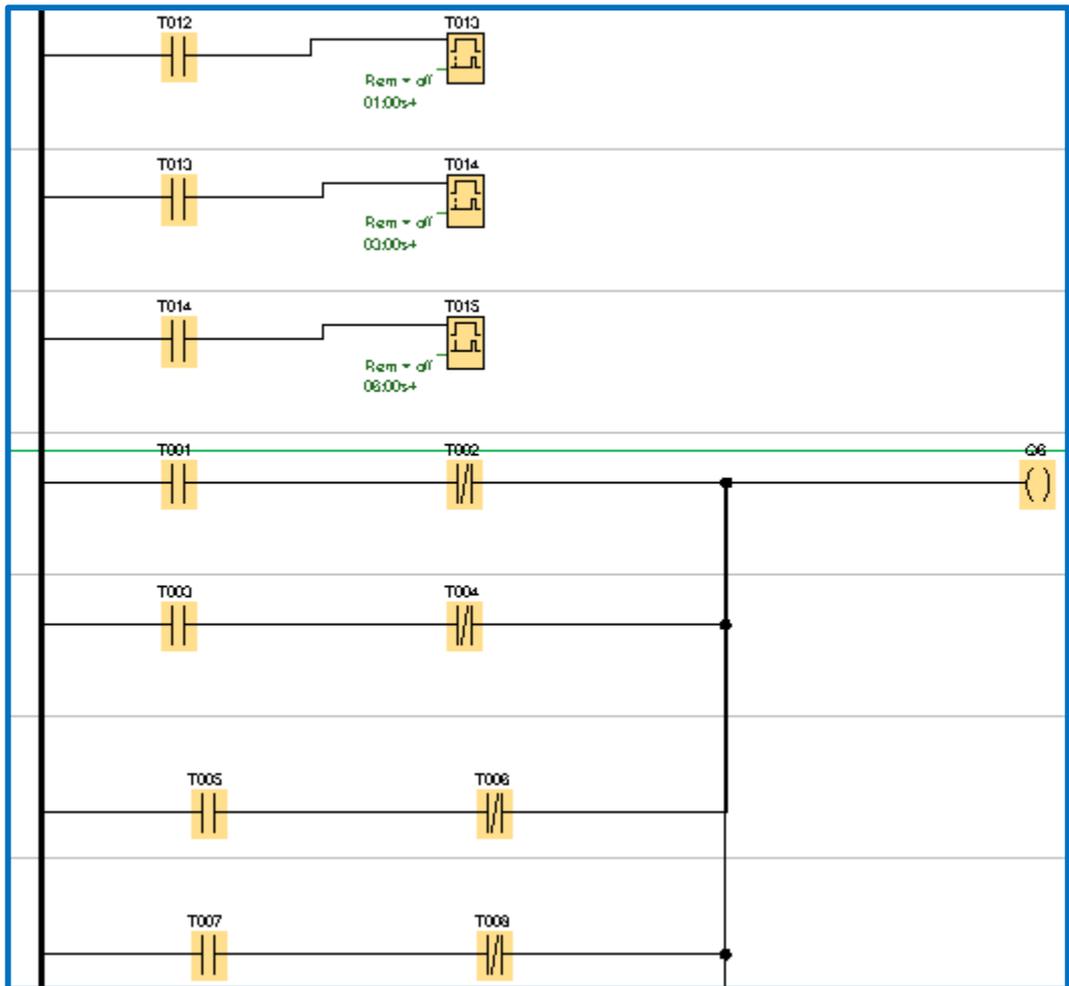




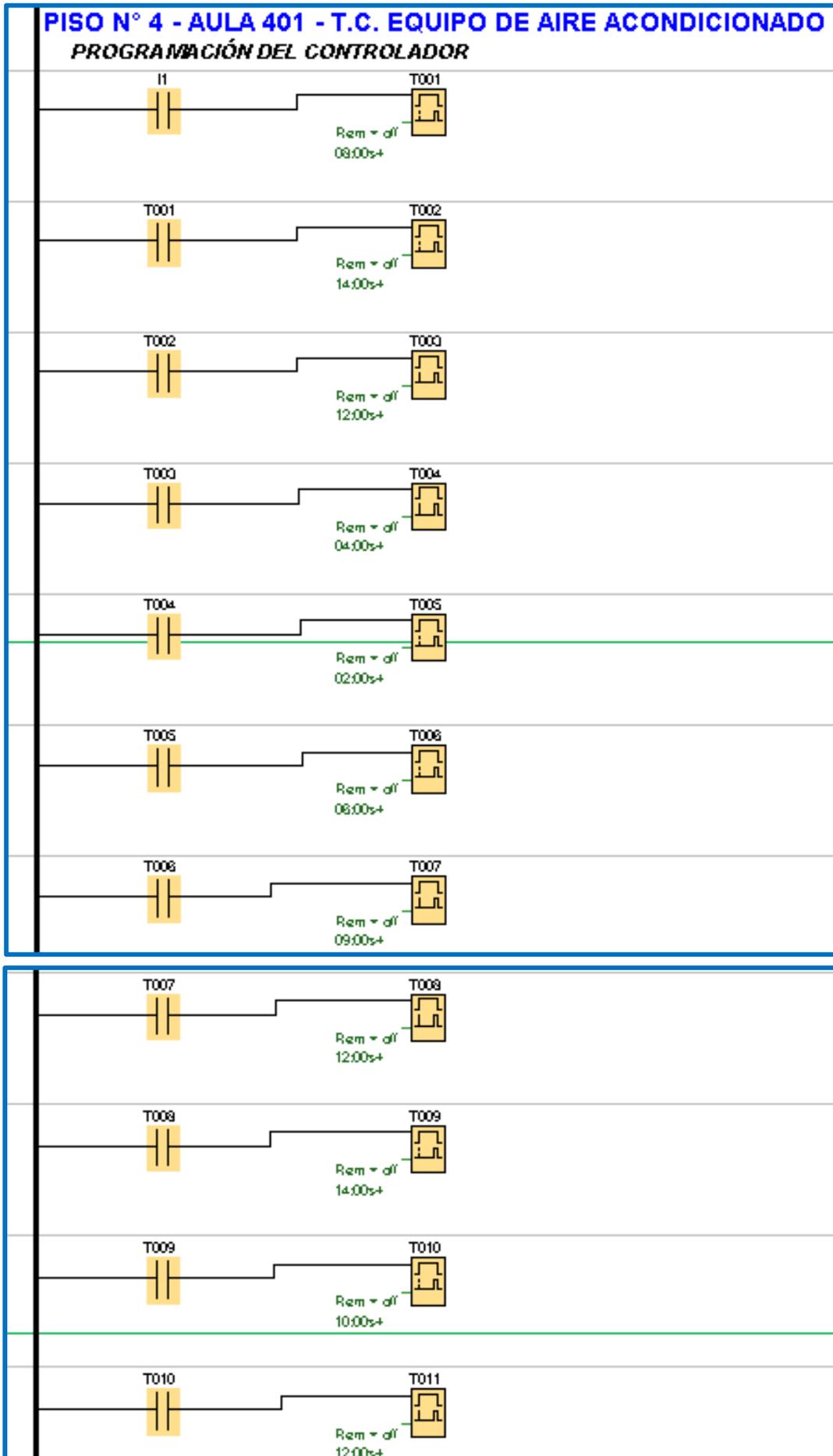


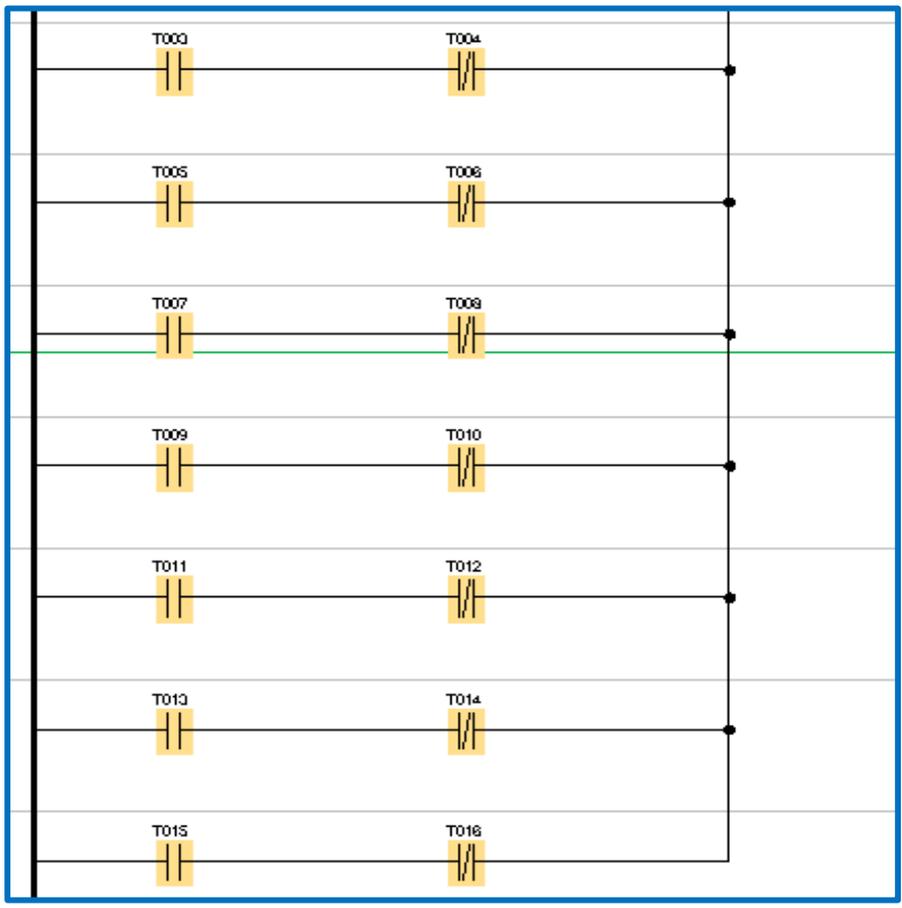
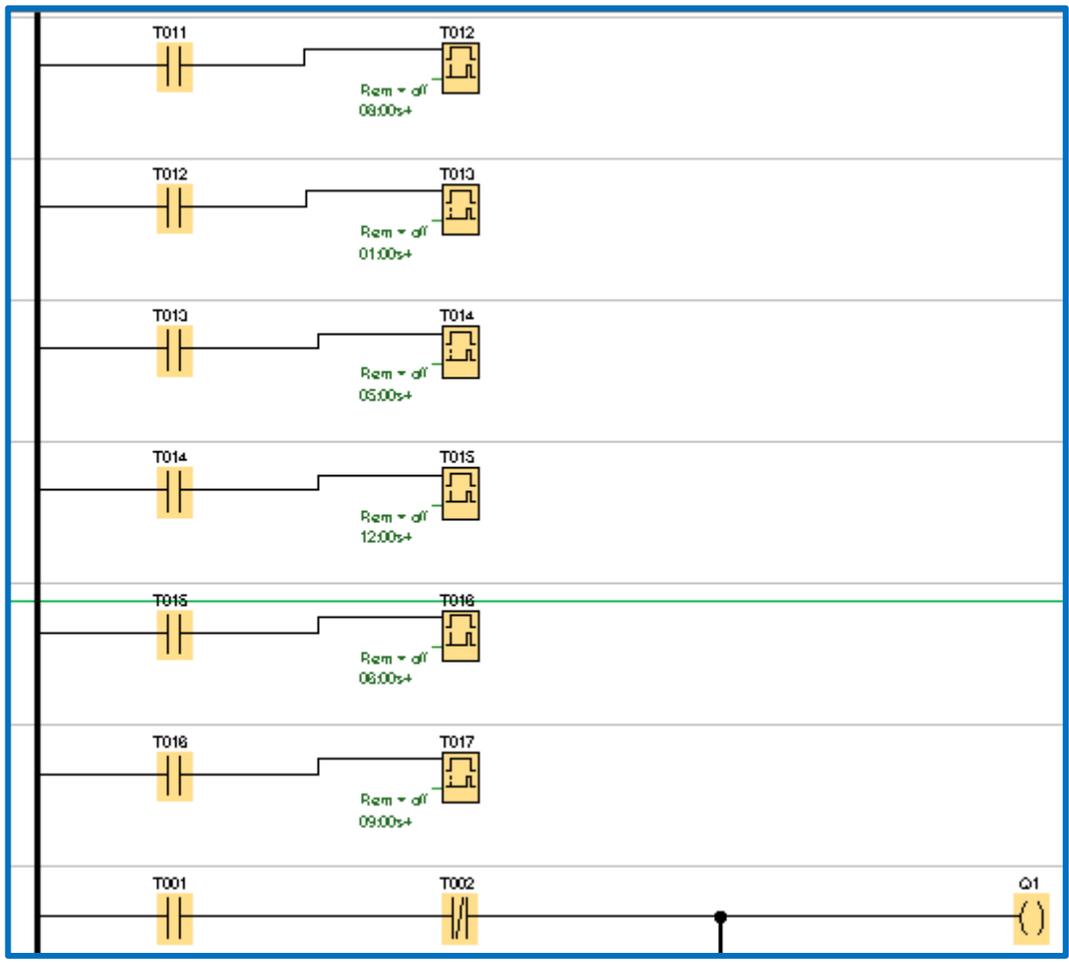
PISO N° 3 - AULA 306 - T.C. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO
PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR



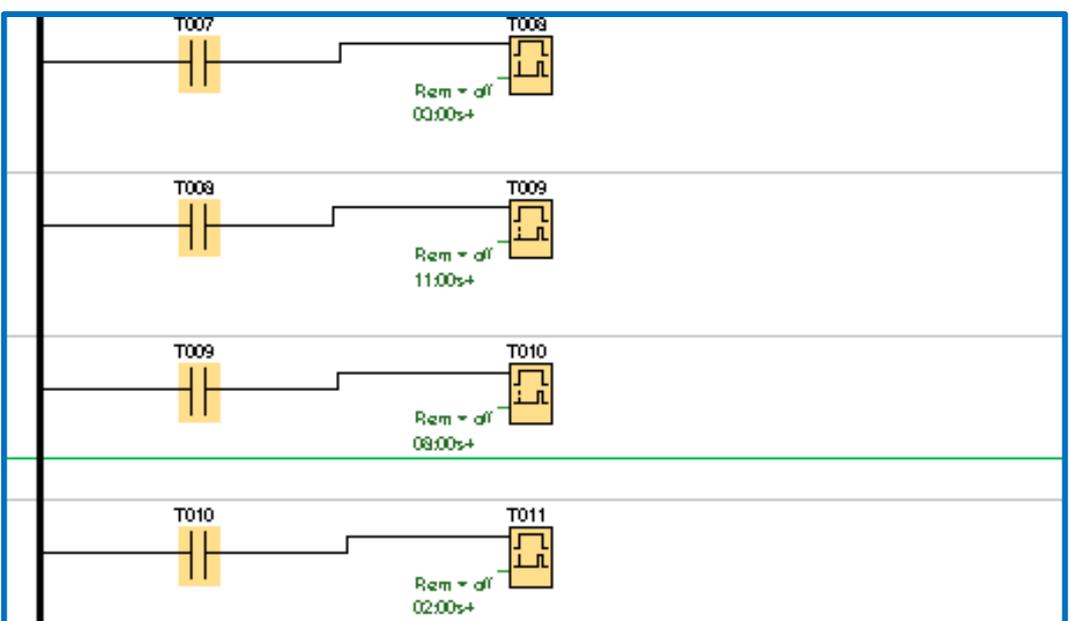
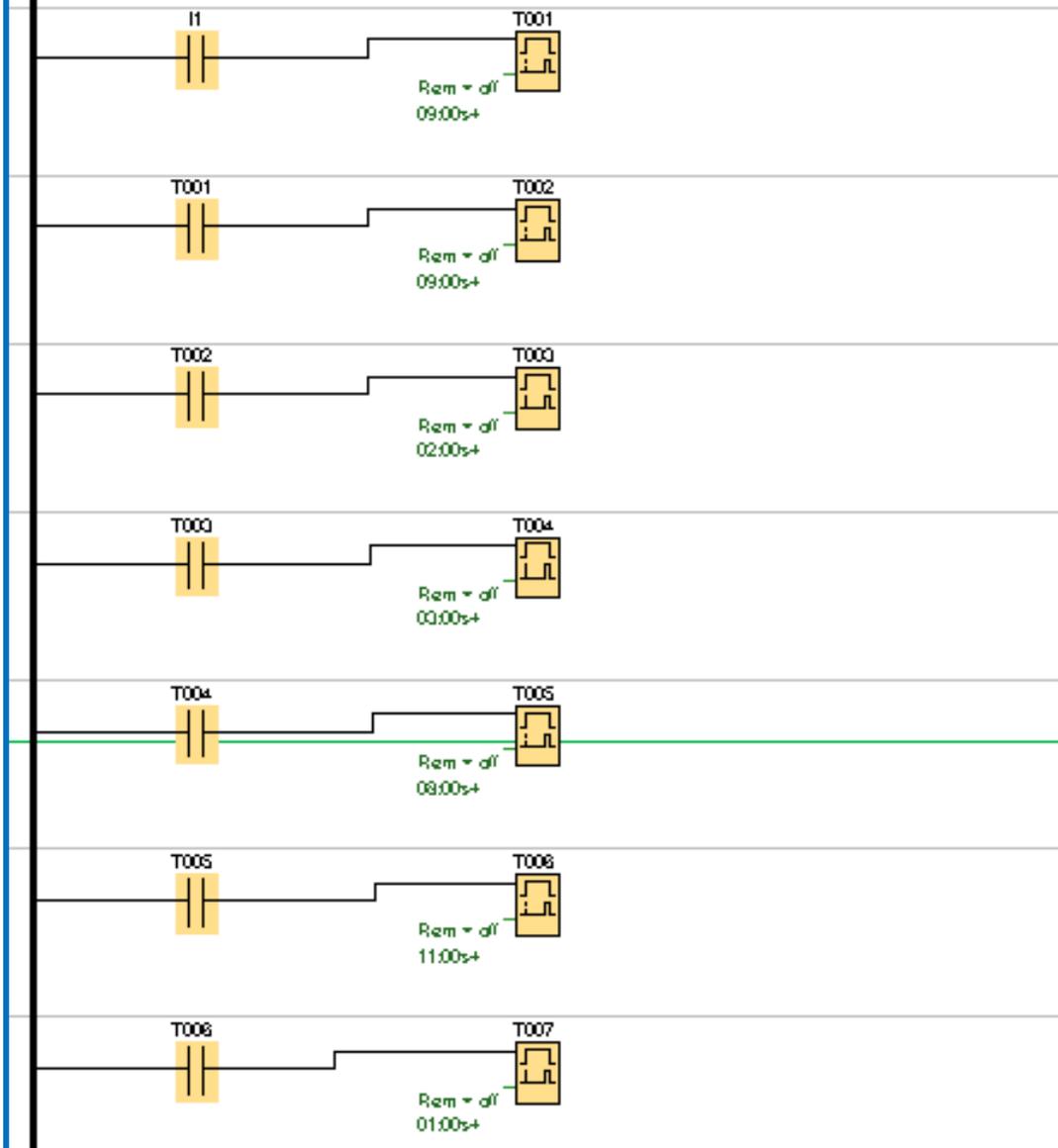


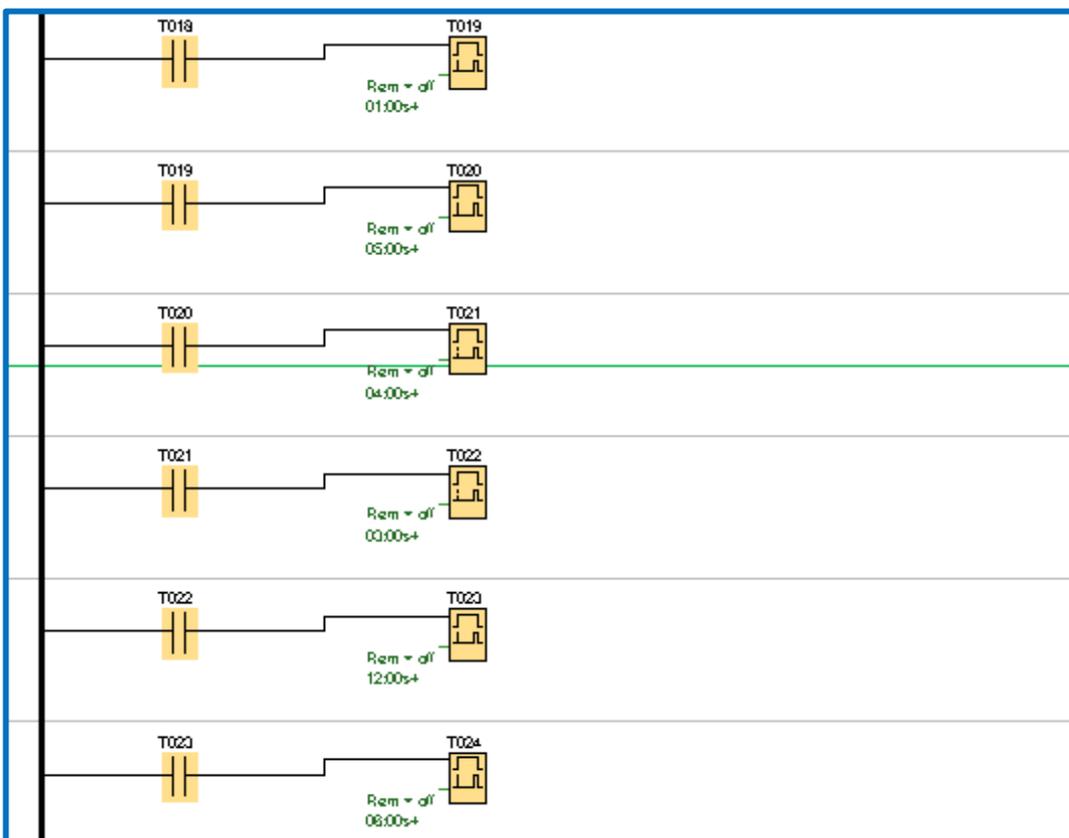
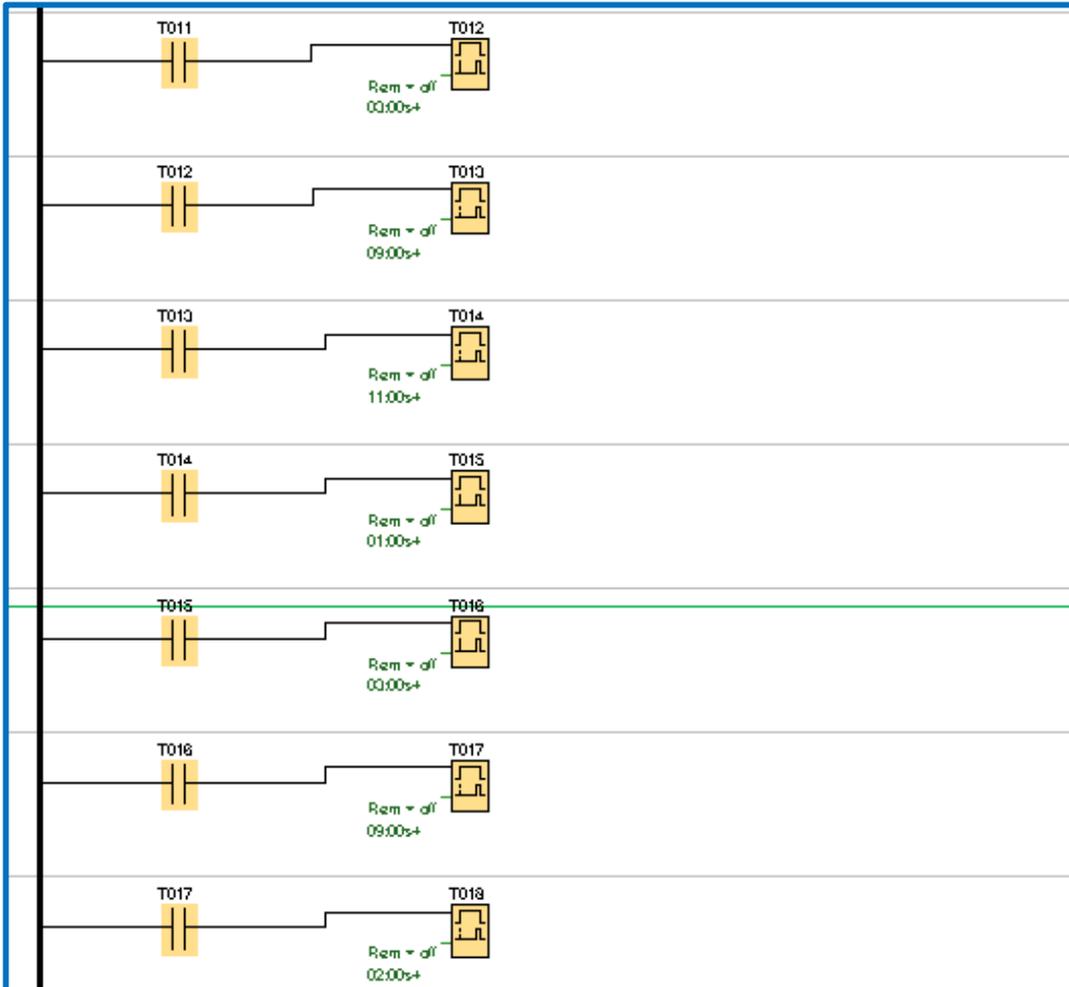
PROGRAMACIÓN PISO 4

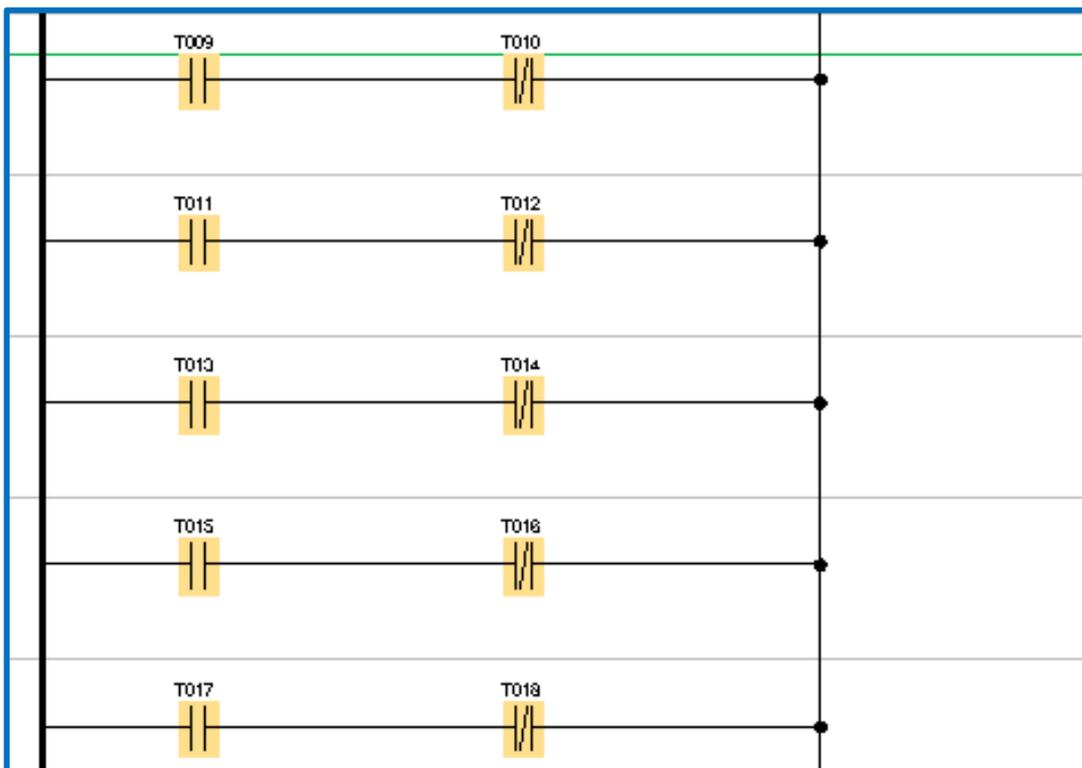
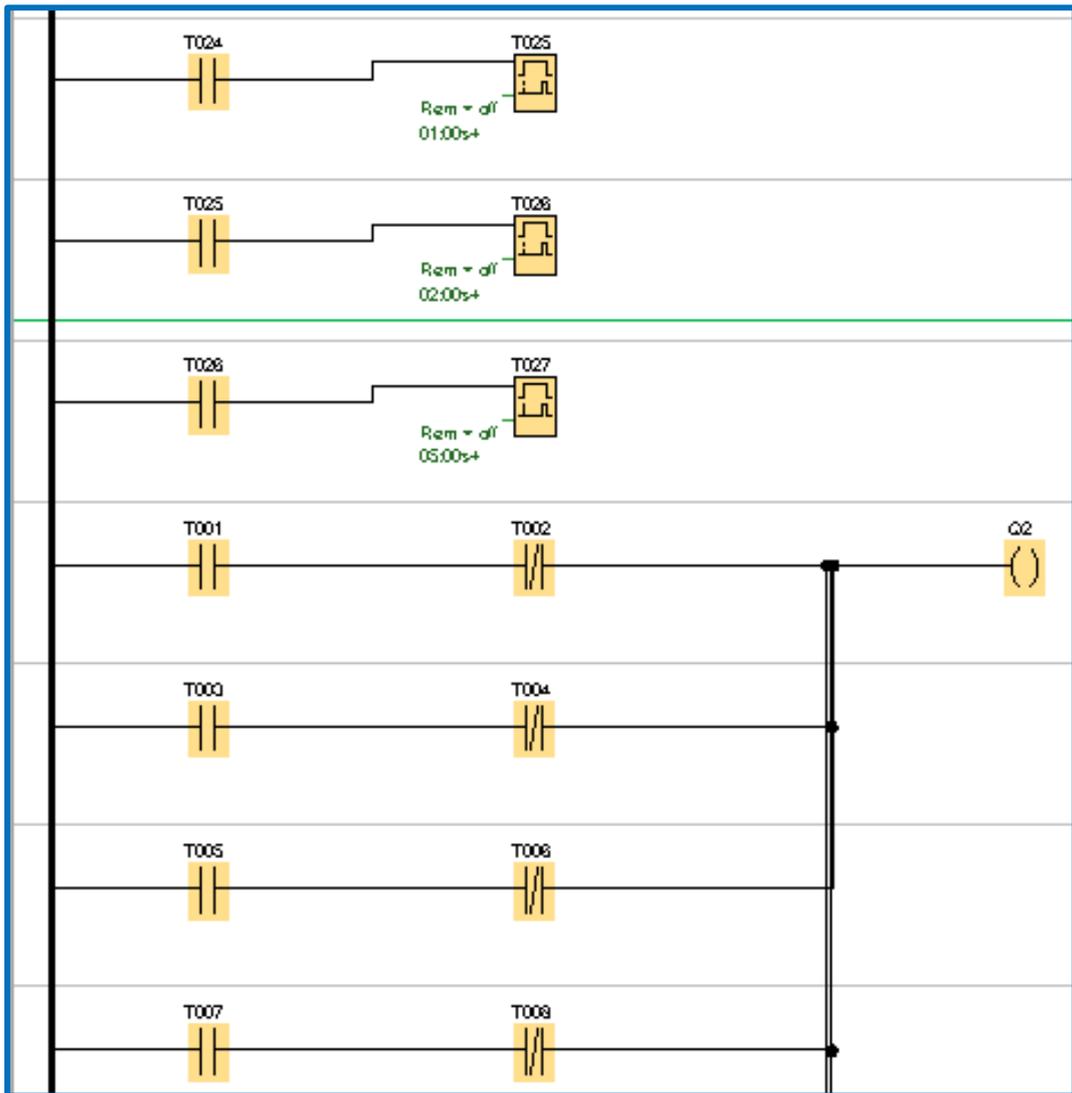


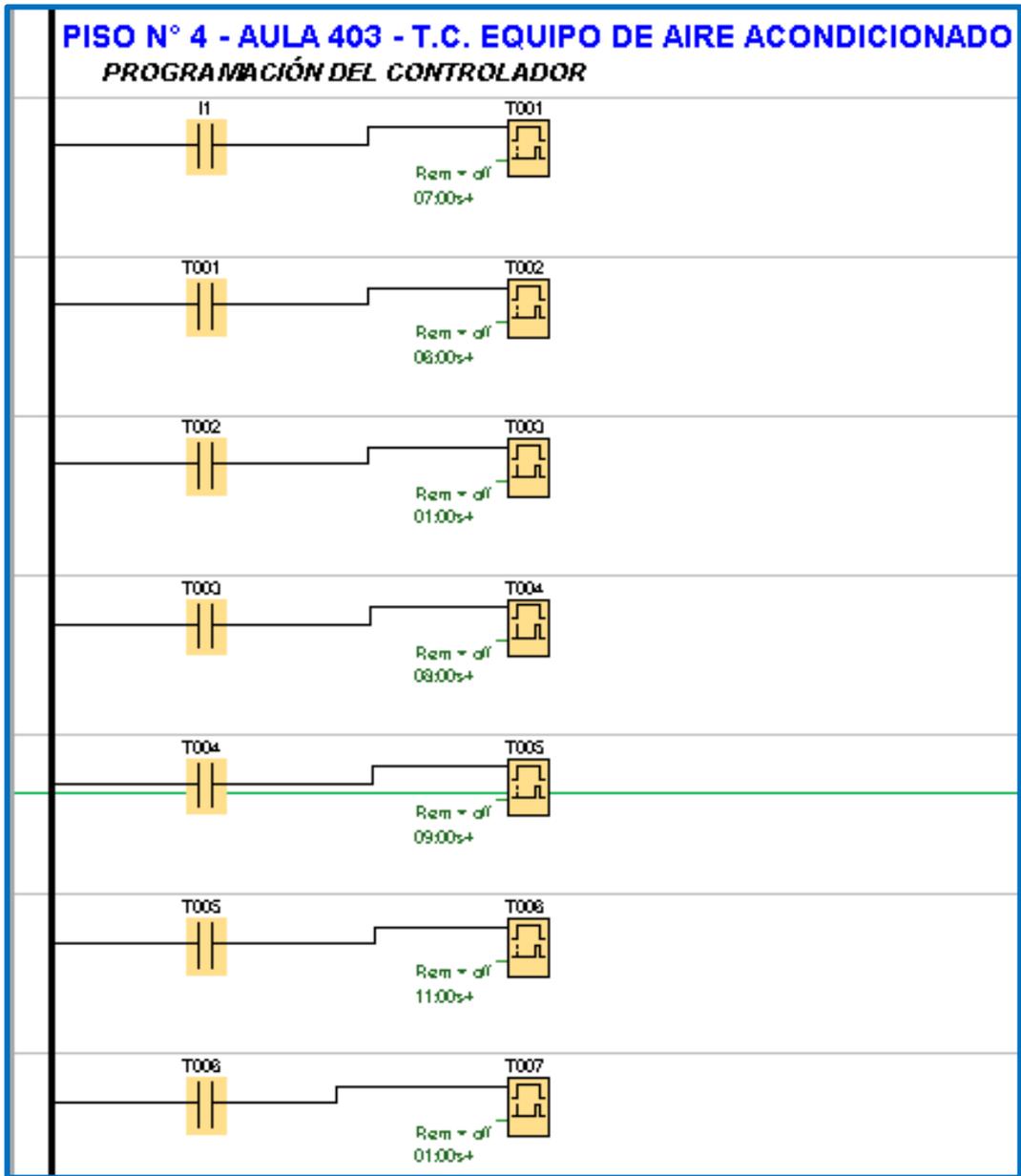
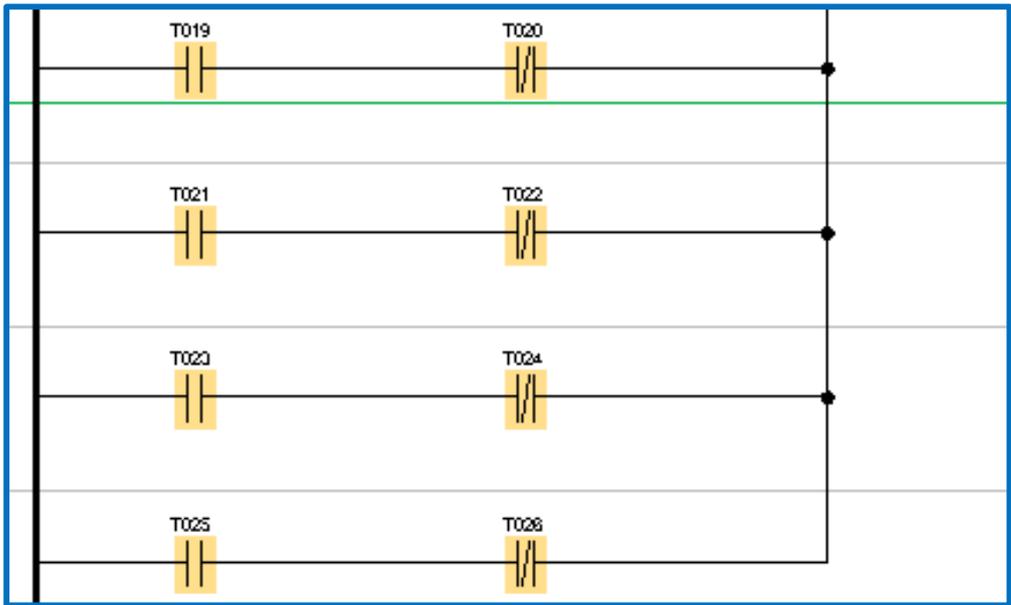


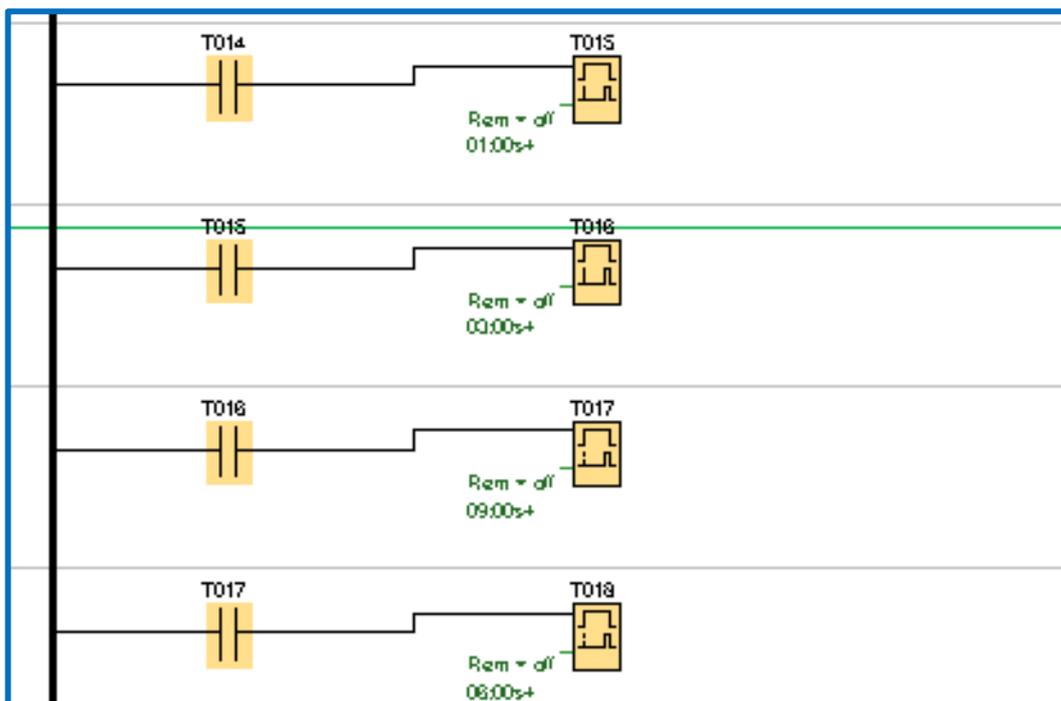
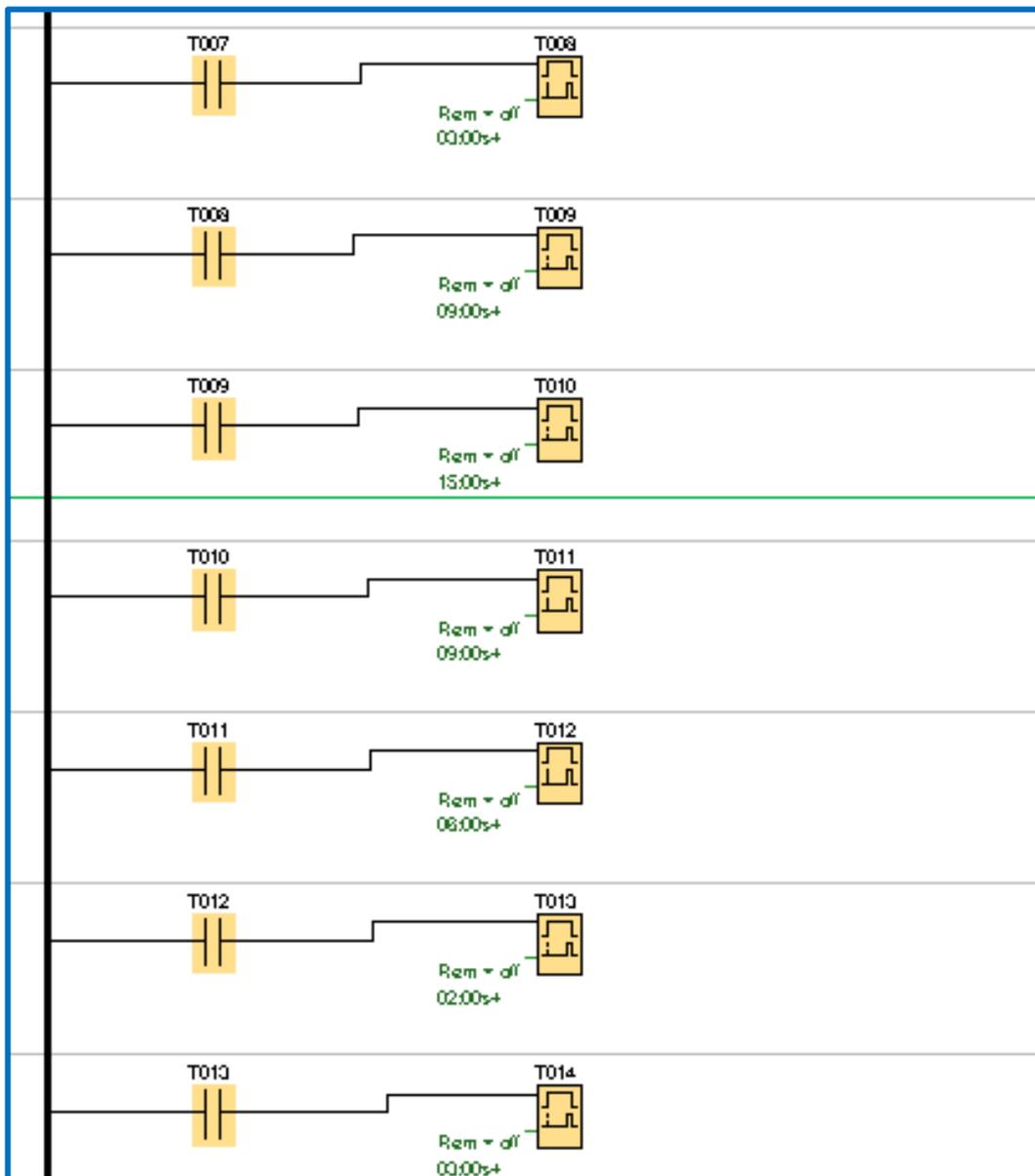
PISO N° 4 - AULA 402 - T.C. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO
PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

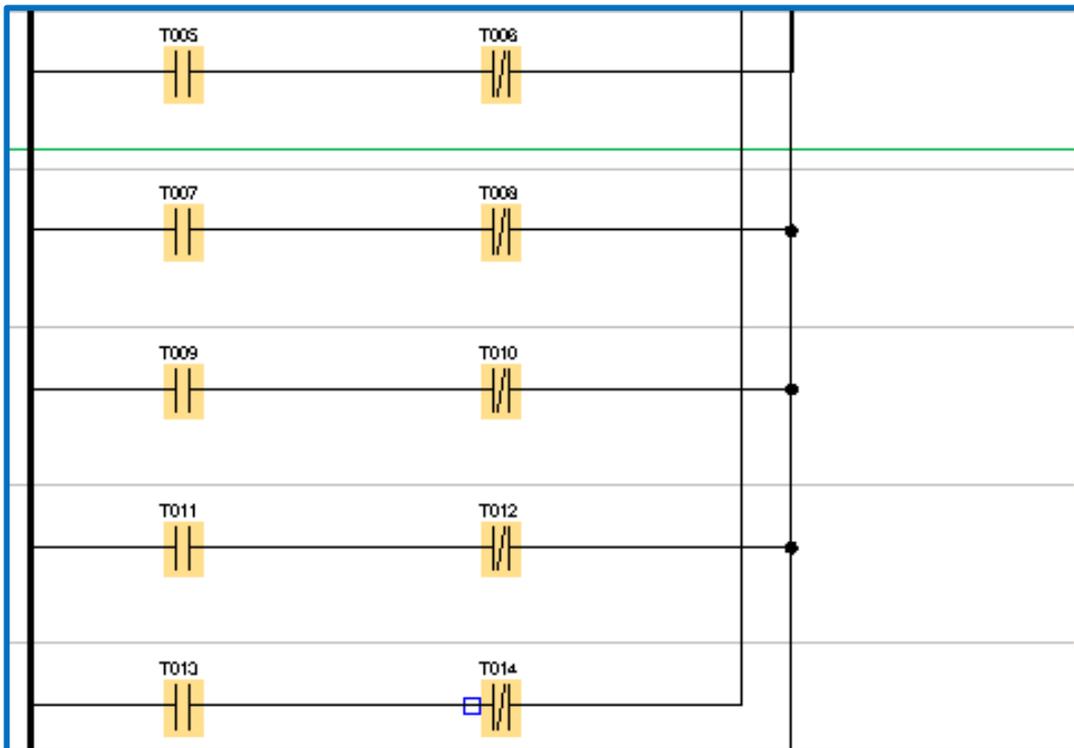
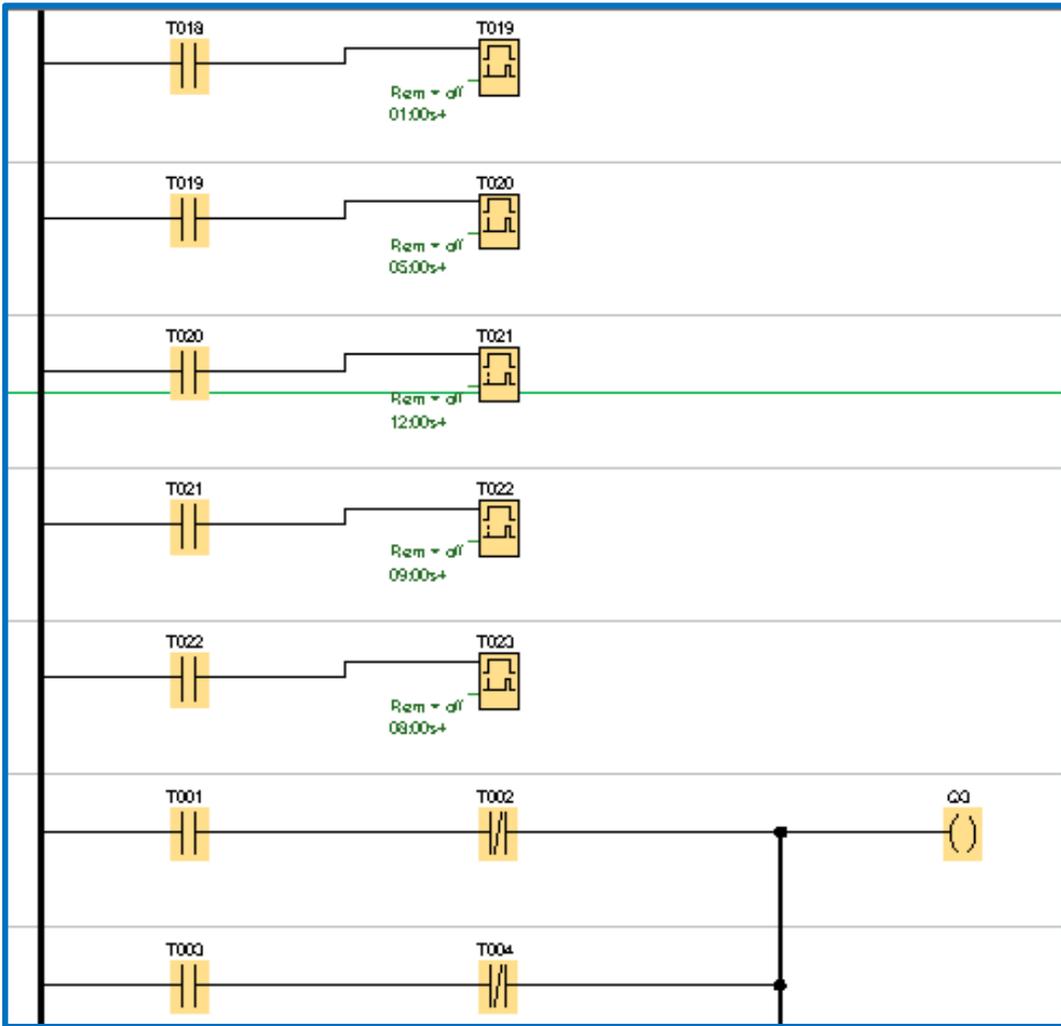


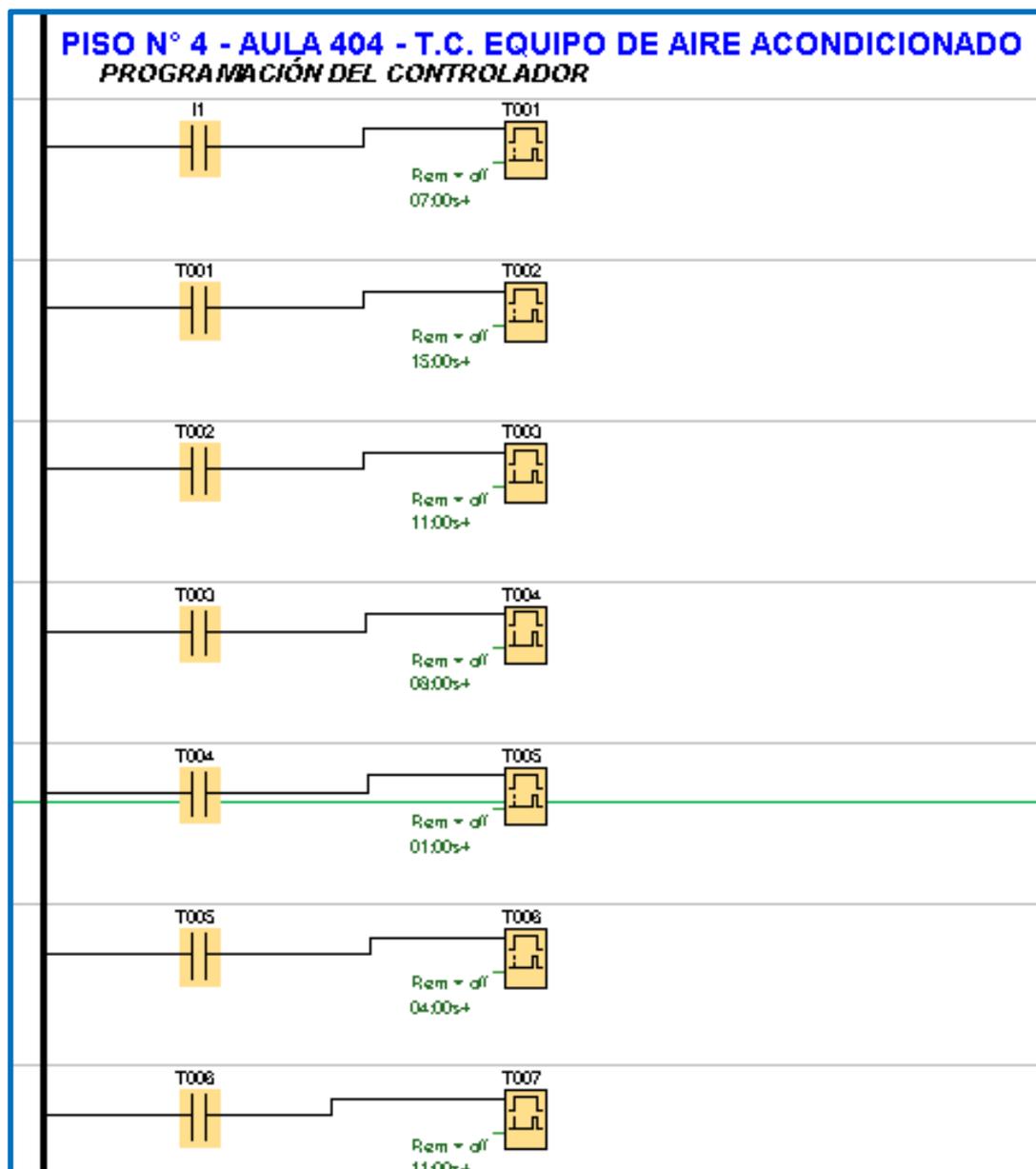
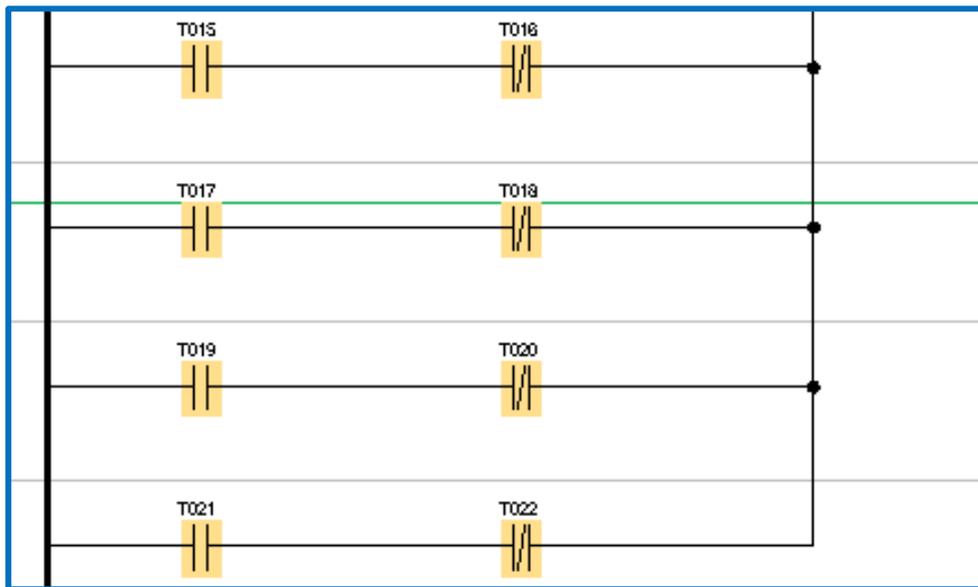


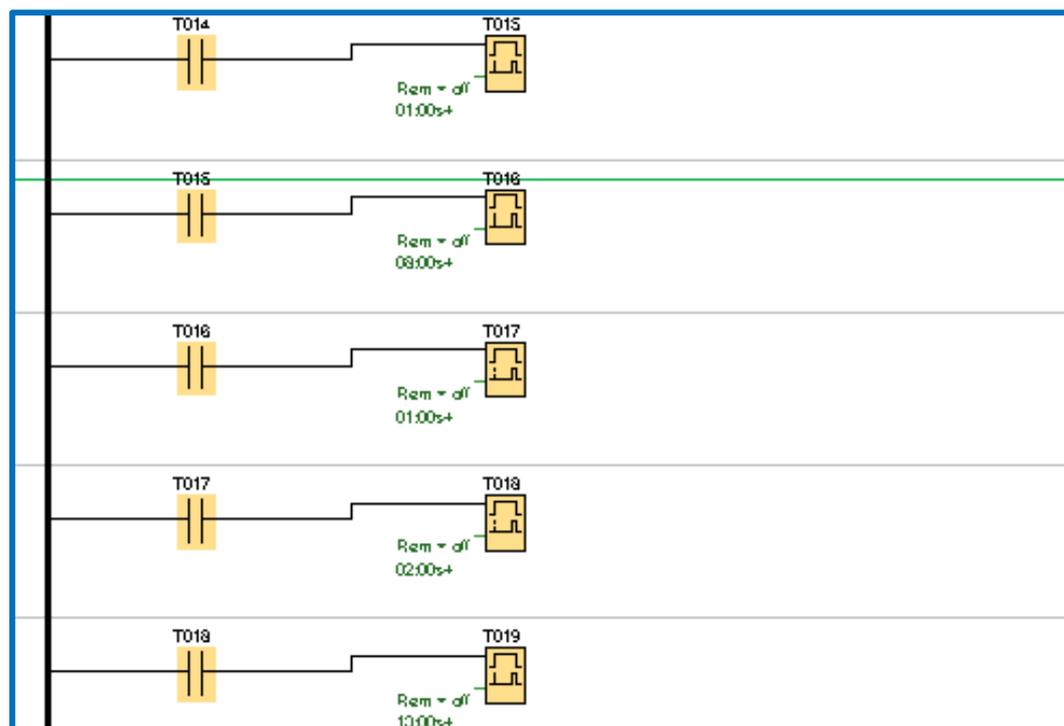
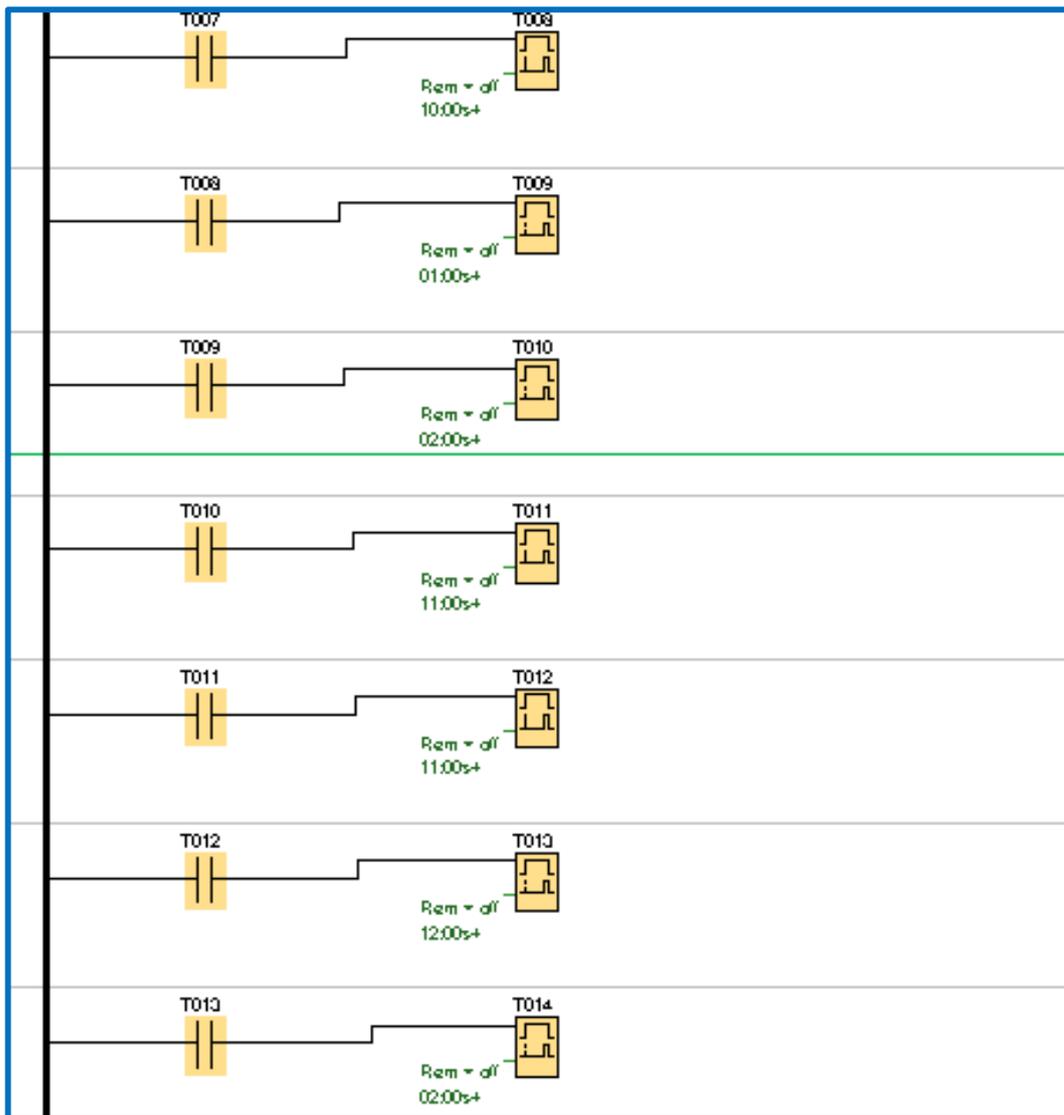


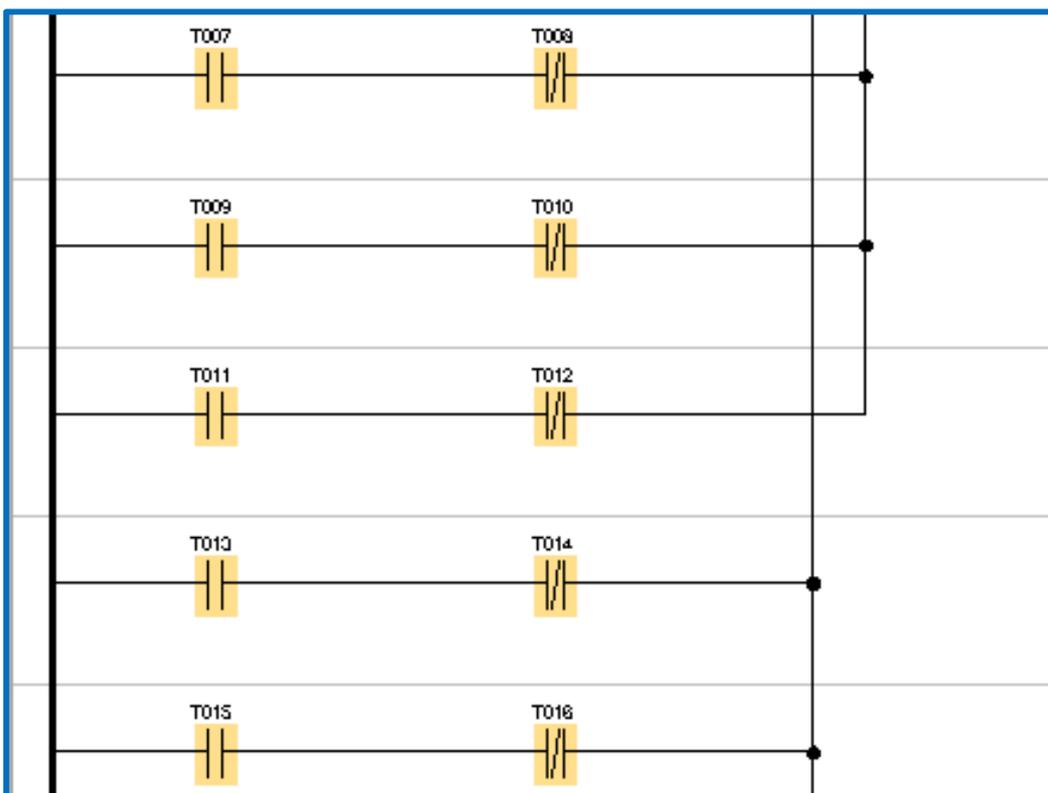
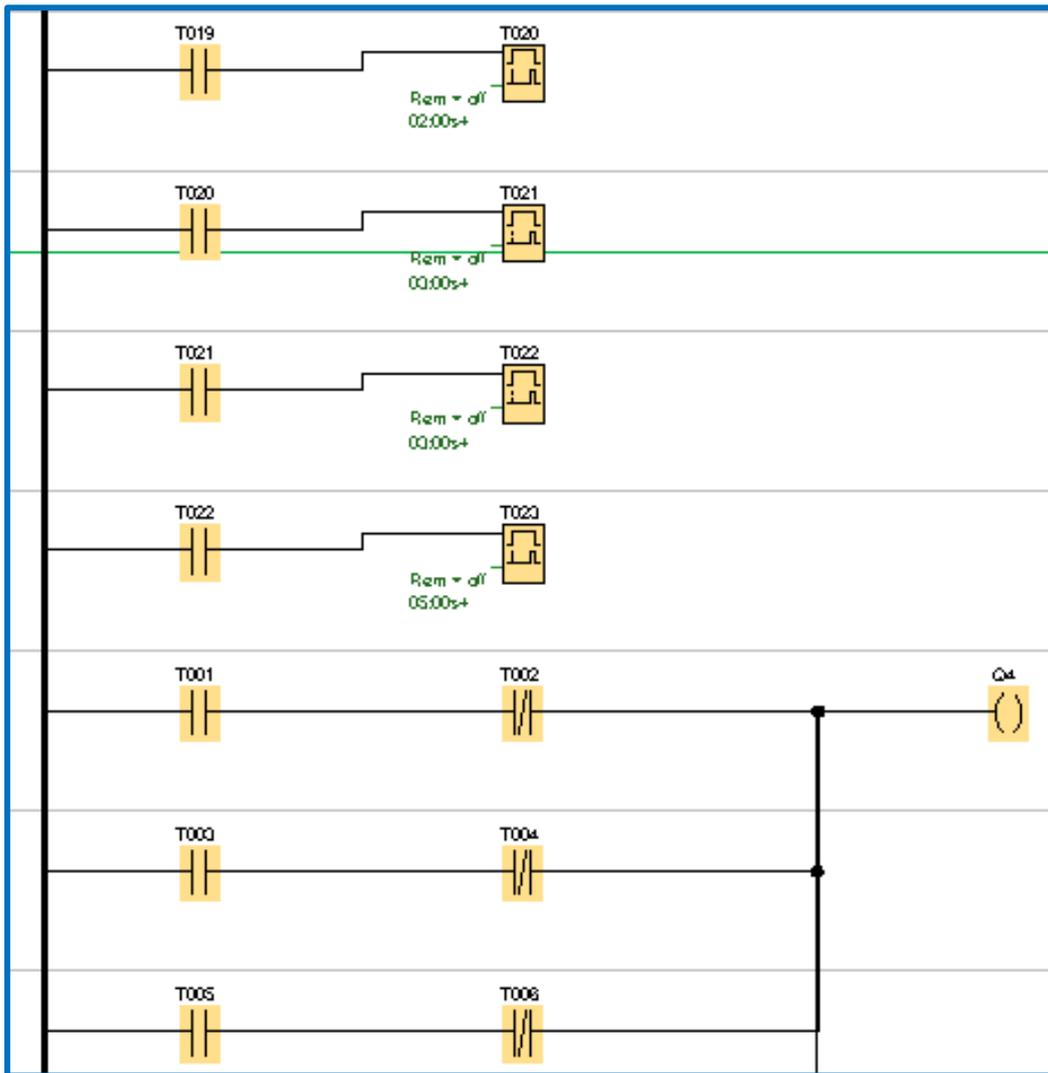


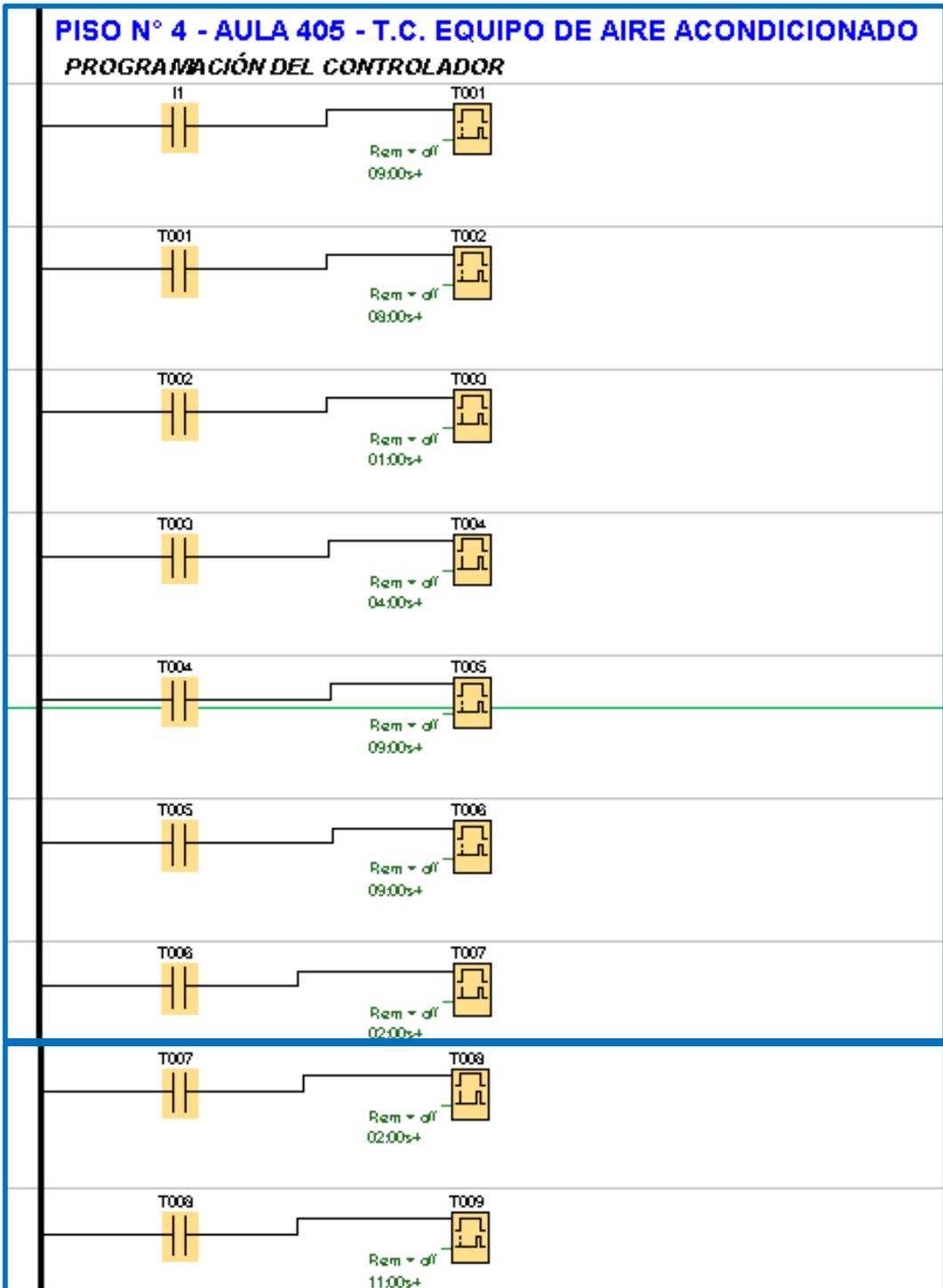
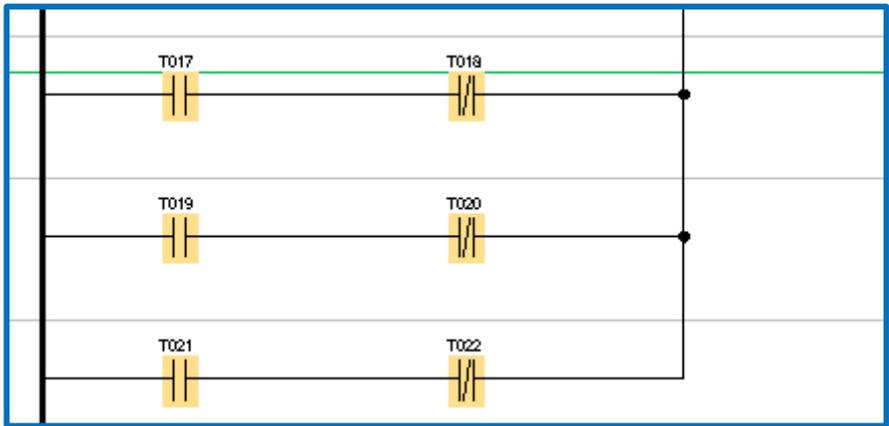


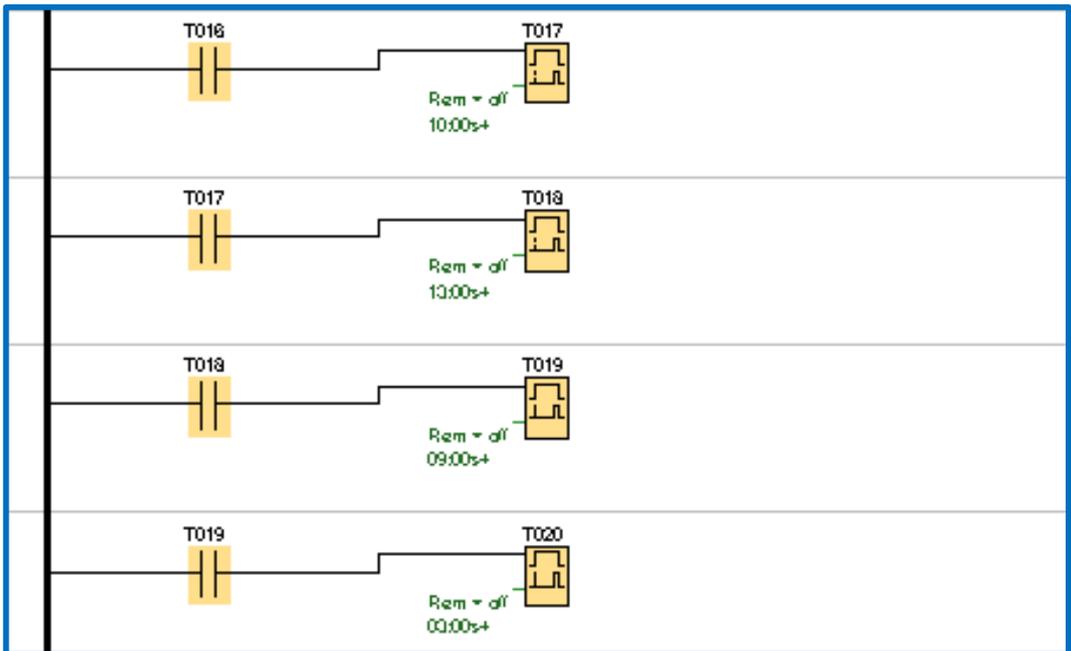
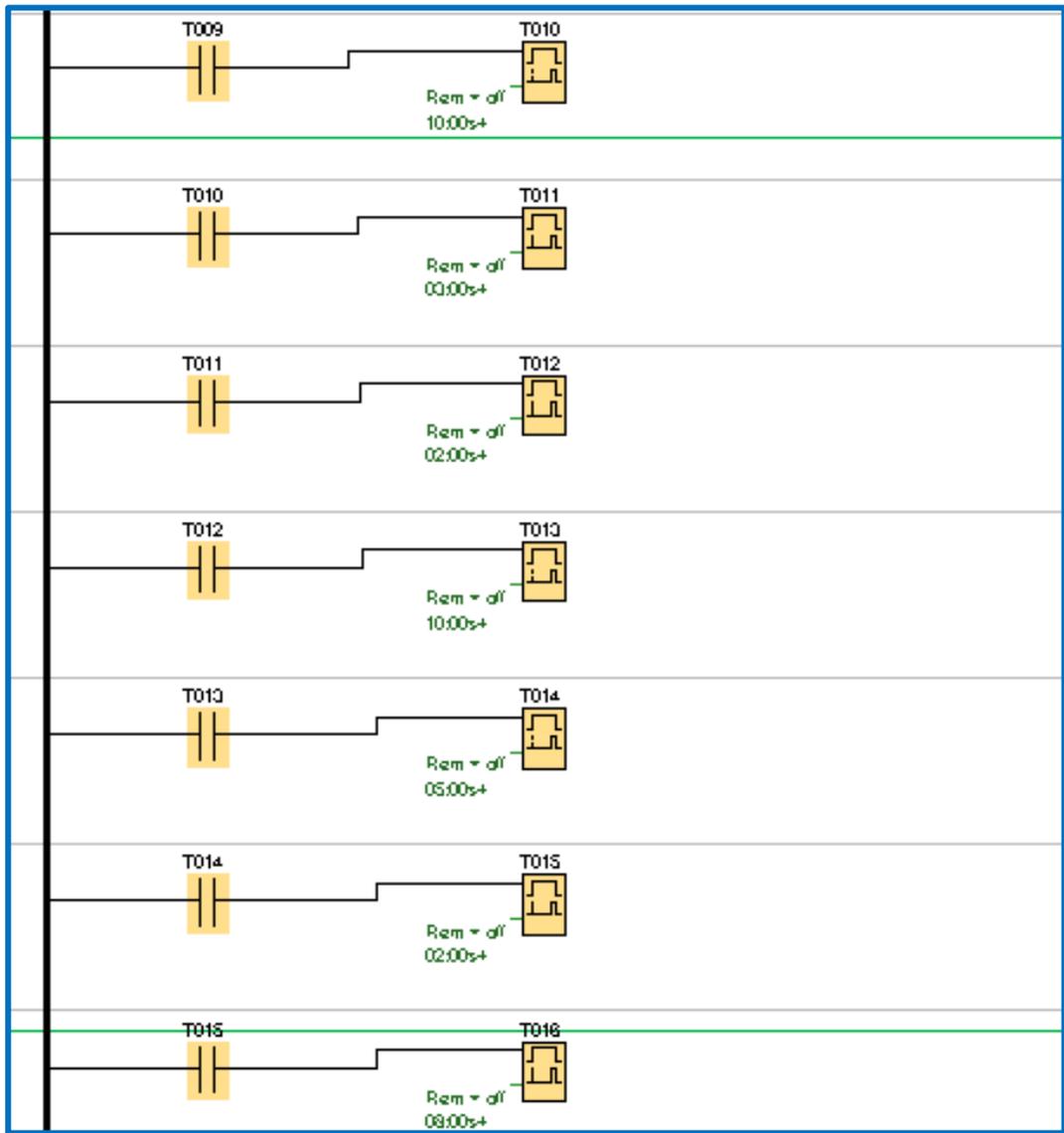


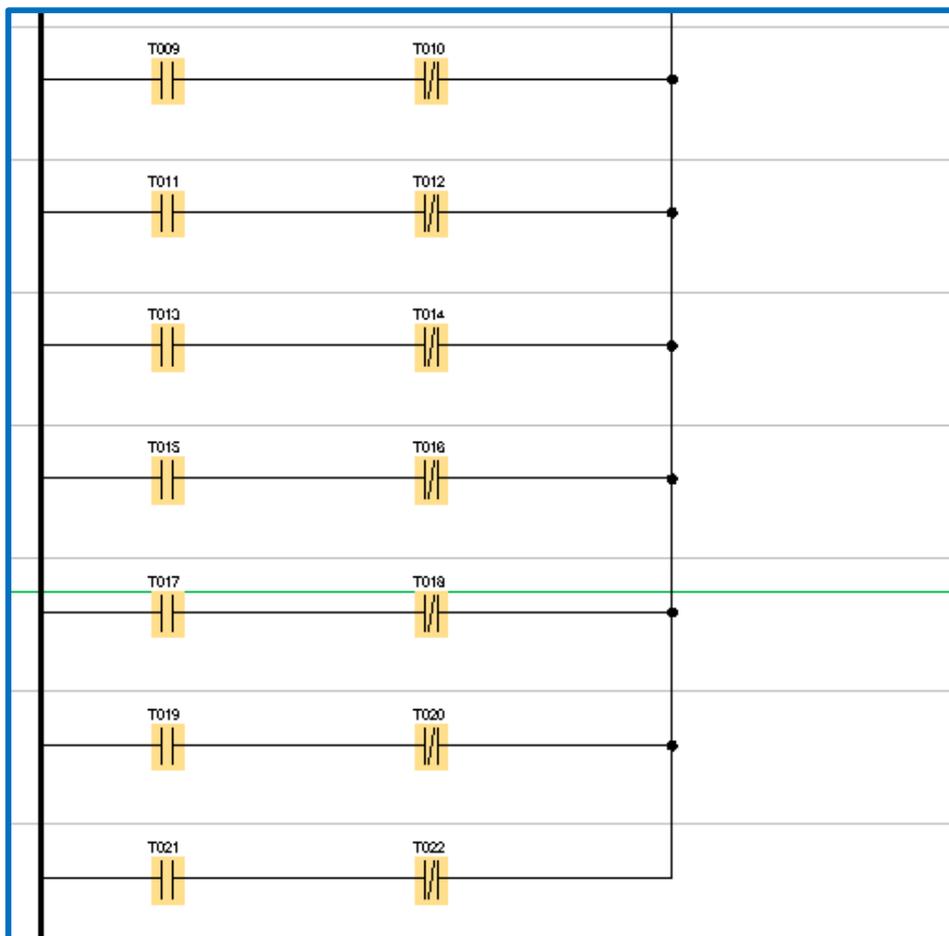
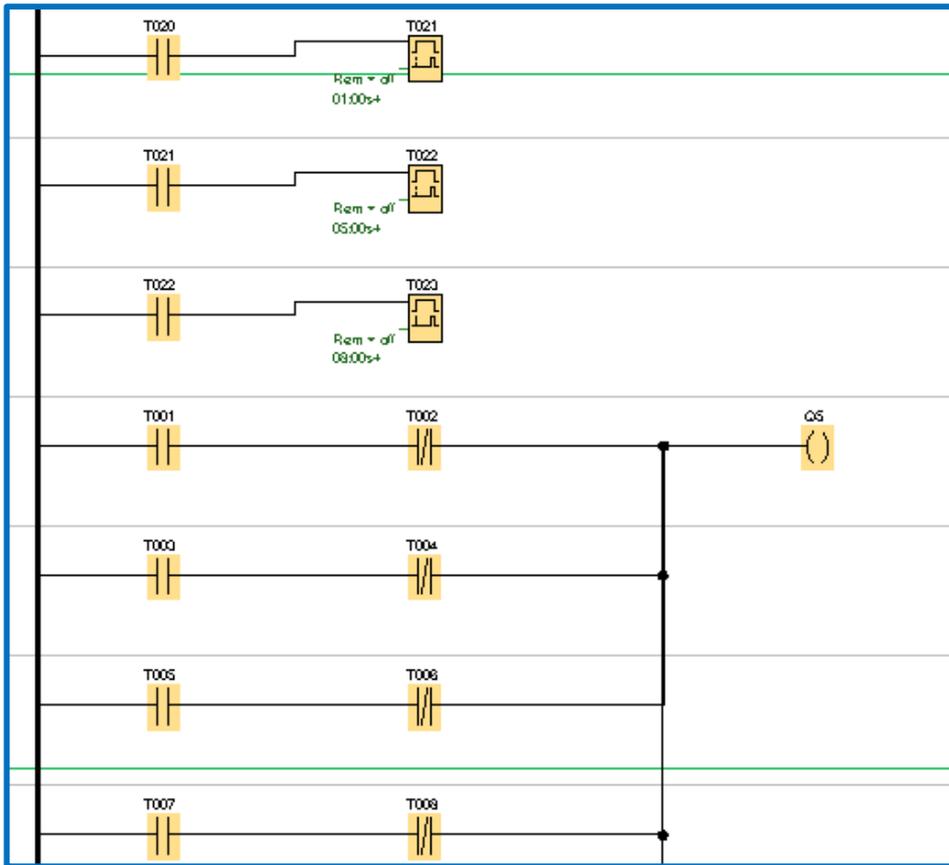












PISO N° 4 - AULA 406 - T.C. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO
PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

