

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL

Tema:

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE LA
MANUFACTURA ESBELTA EN LA PROGRAMACIÓN INDUSTRIAL

Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en
Automatización y sistemas de control

Autor: Ing. Marco Antonio Viteri Barrera

Director: Ing. Sylvia Nathaly Rea Minango, Mg

Ambato – Ecuador

2019

**A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas,
Electrónica e Industrial.**

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg, e integrado por los señores: Ingeniero Edin Alex Garcés Coca Mg, Ingeniero Darío José Mendoza Chipantasi Mg, Ingeniero Franklin Wilfrido Salazar Logroño Mg, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: “Análisis de la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta en la programación industrial”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Marco Antonio Viteri Barrera, para optar por el Grado Académico de Magister en Automatización y Sistemas de Control; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg
Presidente del tribunal



Ing. Edin Alex Garcés Coca, Mg
Miembro del tribunal



Ing. Darío José Mendoza Chipantasi, Mg
Miembro del tribunal



Ing. Franklin Wilfrido Salazar Logroño, Mg
Miembro del tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación presentado con el tema: “Análisis de la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta en la programación industrial”, le corresponde exclusivamente al señor Ingeniero Marco Antonio Viteri Barrera, Autor, bajo la Dirección de la Ing. Sylvia Nathaly Rea Minango, Mg, Directora del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Marco Antonio Viteri Barrera
c.c. 1801811900
AUTOR

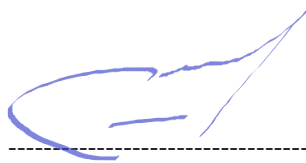


Ing. Sylvia Nathaly Rea Minango Mg.
c.c. 1721261921
DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



Ing. Marco Antonio Viteri Barrera
c.c. 1801811900
AUTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a mi Creador por la fortaleza sentida en mi ser y la confianza que me da para lograr el objetivo.

A mi directora Ing. Sylvia Nathaly Rea, quien, con mucha paciencia, me brindó su apoyo y trabajo profesional

DEDICATORIA

A mi esposa Alexandra, con
todo el amor que le guardo
y a mis hijos a quienes he
tratado de marcarles el camino a
seguir.

A toda mi familia que ha estado
siempre pendiente de mi vida y
brindándome su apoyo

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	i
A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.....	ii
Autoría del trabajo de investigación.....	iii
Derechos de autor.....	iv
Agradecimiento.....	v
Dedicatoria.....	vi
Índice de contenido.....	vii
Índice de gráficos.....	ix
Índice de tablas.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.....	2
Tema de Investigación.....	2
Planteamiento del Problema.....	2
Contextualización	2
Árbol del problema.....	5
Análisis Crítico.....	6
Formulación del Problema.....	7
Delimitación del objeto de investigación.....	7
Justificación.....	8
Objetivos.....	9
CAPÍTULO 2.....	10
Antecedentes Investigativos.....	10
Categorías Fundamentales.....	11
Herramientas de la manufactura esbelta.....	13
Siete Desperdicios.....	13
Las 5 S	15
Just in time.....	15
Sistema Pull.....	16
Mantenimiento Productivo Total.....	16
Mejora continua.....	16
Kanban.....	17
Sistema de producción.....	17

Mapeo de la cadena de valor.....	17
Programación industrial.....	19
Programa de PLC.....	20
Hipótesis.....	20
CAPÍTULO 3.....	21
Enfoque de la investigación.....	21
Modalidad básica de la investigación.....	21
Operacionalización de Variables.....	22
Procesamiento y Análisis.....	24
CAPITULO 4.....	26
ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	26
ANALISIS DE DATOS.....	38
CAPÍTULO 5	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
CAPITULO 6.....	48
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	48
Justificación.....	49
Objetivos de la propuesta.....	50
Fundamentación.....	50
Descripción del sistema a trabajar.....	56
SITUACION PLANTEADA.....	75
SITUACION FINAL.....	85
DATOS DEL PROCESO PLANTEADO.....	107
DATOS DEL PROCESO FINAL.....	114
COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	123
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA PROPUESTA.....	125
BIBLIOGRAFIA.....	127
ANEXOS.....	131

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1 Relación Causa Efecto.....	5
Gráfico 2-1 Variable Independiente y dependiente.....	12
Gráfico 2-2 Variable Dependiente.....	12
Gráfico 2-3 Esquema de aplicación de flujo VSM.....	18
Gráfico 3-1 estructura de estudio para el análisis.....	25
Gráfico 4-1 VSM condición actual estación de distribución.....	28
Gráfico 4-2 gráficos utilizados en VSM.....	29
Gráfico 4-3 VSM sistema de giro condición inicial.....	31
Gráfico 4-4 VSM estación Pick and Place inicial.....	33
Gráfico 4-5 VSM estación de Musculo inicial.....	35
Gráfico 4-6 VSM estación de separación inicial.....	37
Gráfico 4-7 Tiempos de estación de distribución pieza 1.....	38
Gráfico 4-8 Tiempos de estación de distribución pieza 2.....	39
Gráfico 4-9 Tiempos de estación de distribución pieza 2.....	40
Gráfico 4-10 Tiempos de estación de Giro.....	41
Gráfico 4-11 Tiempos de estación Pick and Place.....	42
Gráfico 4-12 Tiempos de estación de musculo.....	43
Gráfico 4-13 Tiempos de estación de separación.....	44
Gráfico 4-14 Tiempo total de estaciones.....	45
Gráfico 6-1 Herramienta 5 S.....	52
Gráfico 6-2 Herramienta Kanban.....	53
Gráfico 6-3 Herramienta JIT.....	54
Gráfico 6-4 Herramienta VSM.....	55
Gráfico 6-5 Estaciones componentes del proceso de ensamblaje.....	56
Gráfico 6-6 Disposición de las estaciones componentes del proceso de ensamblaje.....	57
Gráfico 6-7 Estación de distribución.....	57
Gráfico 6-8 Estación de giro.....	59
Gráfico 6-9 Estación Pick and place.....	61
Gráfico 6-10 Estación de músculo neumático.....	63
Gráfico 6-11 Estación de separación.....	65
Gráfico 6-12 Diagrama Ladder para estudio.....	71

Gráfico 6-13 Diagrama Ladder para estudio, salidas.....	72
Gráfico 6-14 Diagrama grafcet para estudio.....	73
Gráfico 6-15 Diagrama Ladder para estudio de sensor (JIT).....	74
Gráfico 6-16 VSM distribución planteado.....	76
Gráfico 6-17 VSM giro planteado.....	78
Gráfico 6-18 VSM pick and place planteado.....	80
Gráfico 6-19 VSM distribución planteado.....	82
Gráfico 6-20 VSM separación planteado.....	84
Gráfico 6-21 VSM distribución final.....	86
Gráfico 6-22 VSM distribución final.....	87
Gráfico 6-23 VSM Giro final.....	89
Gráfico 6-24 VSM Pick and Place final.....	92
Gráfico 6-25 VSM Músculo final.....	95
Gráfico 6-26 VSM Separación final.....	99
Gráfico 6-27 VSM total.....	106
Gráfico 6-28 Estación de distribución pieza 1 planteado.....	107
Gráfico 6-29 Estación de distribución pieza 2 planteado.....	108
Gráfico 6-30 Estación de distribución pieza 3 planteado.....	109
Gráfico 6-31 Estación de giro planteado.....	110
Gráfico 6-32 Estación de pick and place planteado.....	111
Gráfico 6-33 Estación de músculo planteado.....	112
Gráfico 6-34 Estación de separación planteado.....	113
Gráfico 6-35 Estación de distribución pieza 1 final.....	115
Gráfico 6-36 Estación de distribución pieza 2 final.....	116
Gráfico 6-37 Estación de distribución pieza 3 final.....	117
Gráfico 6-38 Estación de giro final.....	118
Gráfico 6-39 Estación de pick and place final.....	119
Gráfico 6-40 Estación de músculo final.....	120
Gráfico 6-41 Estación de separación final.....	121
Gráfico 6-42 Tiempo total de proceso.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 análisis de las herramientas de la manufactura esbelta.....	22
Tabla 3-2 programación industrial.....	23
Tabla 4-1 Hoja de proceso estación de distribución condición inicial.....	27
Tabla 4-2 Hoja de procesos: estación de giro condición inicial.....	30
Tabla 4-3 Hoja de procesos estación pick place condición inicial.....	32
Tabla 4-4 Hoja de procesos estación de músculo condición inicial.....	34
Tabla 4-5 Hoja de procesos estación de separación condición inicial.....	36
Tabla 6-1 Hoja de procesos original.....	69
Tabla 6-2 Hoja de procesos final.....	70
Tabla 6-3 Hoja de proceso estación de distribución planteada.....	75
Tabla 6-4 Hoja de procesos: estación de giro planteada.....	77
Tabla 6-5 Hoja de proceso estación pick and place planteada.....	79
Tabla 6-6 Hoja de proceso músculo planteada.....	81
Tabla 6-7 Hoja de procesos estación separación planteada.....	83
Tabla 6-8 Hoja de proceso estación de distribución final.....	85
Tabla 6-9.: Comparación de tiempos entre los VSM original, planteado y final.	87
Tabla 6-10 Hoja de procesos: estación de giro final.....	88
Tabla 6-11 Tiempos tomados desde el inicio del proceso hasta la detección de posición.	90
Tabla 6-12. Tiempos tomados desde la detección de posición hasta la detección de base.....	90
Tabla 6-13 Tiempos tomados durante el proceso de corrección de base.	90
Tabla 6-14 Tiempos tomados desde el término de la corrección de base hasta el final del proceso.....	90
Tabla 6-15 Hoja de procesos: estación pick and place final.....	91
Tabla 6-16 Comparación entre estado actual y final de tiempos de actividades del proceso de la estación.....	93
Tabla 6-17 Hoja de proceso estación de músculo final.....	94
Tabla 6-18 Comparación entre estado actual y final de tiempos de actividades del proceso de la estación.....	97
Tabla 6-19 Hoja de procesos estación de separación final.....	98
Tabla 6-20 Tiempos en cada proceso de diagrama de procesos original.....	101

Tabla 6-21: Diagrama de proceso propuesto.....	102
Tabla 6-22: Diagrama de procesos final.....	103
Tabla 6-23 realiza comparación de tiempos entre los datos.....	104

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL / DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL

TEMA:

"ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN LA PROGRAMACIÓN INDUSTRIAL"

AUTOR: Ing. Marco Antonio Viteri Barrera

DIRECTORA: Ing. Sylvia Nathaly Rea Minango, Mg.

FECHA: Diciembre, 2018

RESUMEN EJECUTIVO

Una propuesta para la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta es presentada en este trabajo investigativo. El desarrollo de una forma de pensamiento esbelto para realizar la programación de los procesos industriales y conseguir eliminar todo lo que no corresponda estrictamente al desarrollo del mismo. Todo el procesamiento tanto de señales como de actuadores es llevado a cabo en un control lógico programable, el cual facilita la implementación del sistema de control, permitiendo, además, la ampliación si fuese necesario, de sus capacidades. A su vez, el pensamiento esbelto puede ser aplicado en todo tipo de procesos, y en la vida misma, mostrándose como una opción factible de aplicar, pero con réditos tanto tangibles como intangibles en la programación. La creación de posibilidades de aplicación es prácticamente infinita debido al precepto de que la automatización, termina donde la imaginación termina.

Los sistemas neumáticos, electroneumáticos y de otra índole, que sean susceptibles de ser controlados, son los que llevan la carga del trabajo en los procesos industriales. A estos les gobiernan las leyes de la física como son los principios de Pascal y Boyle, no obstante, su control no solo se lo debe tomar desde el punto de vista eléctrico, sino desde la manera de actuar como persona.

El software que los PLC utilizan cumplen con la normativa IEC 61131-3, aunque en la actualidad se están haciendo esfuerzos por su unificación a través del Codesys.

Los resultados de la investigación, permiten que sean aplicados en cualquier proceso, sin embargo, siempre deben ser tratados como tal, un pensamiento esbelto, una filosofía, que necesita primero del análisis, para pasar a su aplicación.

La propuesta se presenta como solución al problema de los desperdicios generados, más se recomienda siempre el análisis antes de la aplicación del pensamiento esbelto, con el fin de no disminuir la seguridad de un proceso.

Descriptor: Programación Industrial, Control lógico programable, sensores, proceso, VSM, pensamiento esbelto, manufactura esbelta, desperdicios, software de programación, Carta secuencial de funciones, Justo a tiempo, Kanban.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
/DIRECCIÓN DE POSGRADO**

MAESTRÍA EN AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL

THEME:

"ANALYSIS OF THE APPLICATION OF THE LEAN MANUFACTURE TOOLS IN INDUSTRIAL
PROGRAMMING"

AUTHOR: Ing. Marco Antonio Viteri Barrera

DIRECTED BY: Ing. Sylvia Nathaly Rea Minango, Mg.

DATE: December, 2018

EXECUTIVE SUMMARY

A proposal for the application of lean manufacturing tools is presented in this research work. The development of a slender way of thinking to carry out the programming of industrial processes and to eliminate everything that does not strictly correspond to its development. All the processing of both signals and actuators is carried out in a programmable logic control, which facilitates the implementation of the control system, allowing, in addition, the expansion if necessary, of their capabilities. In turn, lean thinking can be applied in all kinds of processes, and in life itself, showing itself as a feasible option to apply, but with both tangible and intangible returns in programming. The creation of application possibilities is practically infinite due to the precept that automation ends where the imagination ends.

Pneumatic, electro-pneumatic and other systems that are susceptible to be controlled are those that carry the burden of work in industrial processes. These are governed by the laws of physics such as the principles of Pascal and Boyle, however, their control should not only be taken from the electrical point of view, but from the way of acting as a person.

The software used by PLCs complies with the IEC 61131-3 standard, although efforts are now being made to unify them through Codesys.

The results of the research allow them to be applied in any process, however, they should always be treated as such, a slender thought, a philosophy, which needs analysis first, to pass to its application.

The proposal is presented as a solution to the problem of generated waste, but the analysis is always recommended before the application of lean thinking, in order not to diminish the security of a process.

Descriptors: Industrial Programming, Programmable Logic Control, sensors, process, VSM, lean thinking, lean manufacturing, waste, programming software, Sequential function Chart, Just in time, Kanban.

INTRODUCCIÓN

La investigación desarrolla y demuestra el problema al que está abocado el sistema productivo del país, en su lucha por ser competitivo, desde la óptica del sistema de programación industrial.

El objetivo es analizar las herramientas de la manufactura esbelta, para determinar dónde se producen las pérdidas de eficiencia relacionadas al tiempo de ciclo de las secuencias, envío de materia prima o pre elaborada sin solicitud alguna. Una vez analizado lo anterior se procede a elaborar un Value Stream Mapping, (VSM), (mapa de la cadena de valor, siglas en inglés), que permitirá identificar las oportunidades de aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta en la programación industrial.

Para identificar en donde se pueden aplicar dichas herramientas, es necesario conocer el espíritu de aplicación de las mismas, debido a que, al comprender su ámbito de acción, permitirá encontrar el lugar indicado para su implementación en la programación industrial.

El análisis y la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta en la programación industrial permitirá mejorar los tiempos de proceso, así como la calidad de los mismos.

CAPÍTULO 1

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Tema de Investigación

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN LA PROGRAMACIÓN INDUSTRIAL.

1.2. Planteamiento del Problema

Los sistemas de producción tanto los de producción en línea, como los que no lo son, tienen dificultades para ser más competitivos.

Existen muchos ítems involucrados en el proceso de producción, y estos tendrían que ser evaluados para optimizar el proceso. Todos estos producen respuestas que convergen en una sola respuesta: DESPERDICIOS, mismos que tienen una causa y al menos una consecuencia, que afecta el proceso de producción.

Una empresa que no elimina lo que es necesario, termina convirtiéndose en el equivalente a un “acumulador”, provocando baja productividad y grandes pérdidas, por lo que es necesario abordar el tema desde el punto de vista de la producción.

Los tiempos improductivos o esperas innecesarias, producen retrasos y acumulación de material o productos semielaborados, esto produciría pérdidas por paro de máquina, o estación de producción.

Eliminar las esperas largas e innecesarias también aporta a la mejora de la productividad, es decir, producir más, con menos recursos, en menor tiempo y con mayor calidad.

1.2.1. Contextualización

La automatización industrial ha sido, desde sus inicios, la plataforma para realizar las tareas cotidianas de manera fácil y sin peligro. Además, frecuentemente ha tratado de simplificar

las tareas del proceso a realizar, aunque no siempre ha sido posible. El cuerpo humano es un ejemplo claro de un proceso automatizado, encontramos en él: sistemas de entrada, sistemas de salida y una unidad central de proceso. Con él se puede ejecutar diferentes procesos, incluyendo delicados movimientos que no involucran grandes desplazamientos, es decir, puede controlar tipos y movimientos de manera segura y de alta precisión. Sin embargo, en los procesos industriales, la cuestión no es tan fácil, puesto que siempre dependerán de la programación de dichos procesos, no obstante, estos debían seguir mejorando.

El sistema de producción Ford demuestra que, “Se encontró que copiar y mejorar lo que había visto en Rouge sería muy difícil, por lo que Eiji Toyoda y Taiichi Ohno concluyeron que la producción en masa no iba a funcionar en Japón. De esta conclusión, nació lo que llamaron “Sistema de Producción Toyota”, a lo que actualmente se le conoce como Manufactura Ágil (Lean Manufacturing). (Padilla 2010: 65)

Hasta la década de 1950, los procesos de producción en masa fueron el camino a seguir por las grandes empresas. La alta producción requería tener grandes bodegas para almacenar enormes cantidades de materia prima, partes en proceso y producto terminado, las cuales reducían el efecto de los paros en el sistema de producción. Estos paros se debían a la falta de sistemas de logística, a las entregas a destiempo de los proveedores, a la materia prima o productos semielaborados de mala calidad y a la deficiencia dentro del mismo proceso de producción.

En la década de los 60 y 70, los japoneses se dieron cuenta que en la industria manufacturera se iban a presentar variaciones que afectarían la curva de crecimiento.

“Cosas como los inmensos espacios para almacenar, materia prima y la dificultad para responder rápidamente a los cambios en los bienes a producir, llevaron a buscar metodologías para dotar de flexibilidad a los procesos fabriles y como consecuencia mejorar la competitividad. La firma Toyota, con este objetivo, dio la pista para cambiar la filosofía de los procesos de manufactura y dio vida a la base de la manufactura esbelta.” (Padilla 2010)

Para poder mejorar los procesos, se necesita de la acción de varios principios que permitan conseguir la mejor opción en cuanto al control a aplicar.

Para ello se debe preguntar, por ejemplo:

¿Cuándo se necesita un cierto material?

¿Cuánto se necesita de ese material?

¿En dónde se necesita ese material?

Esto lleva a pensar en las herramientas de la manufactura esbelta. A nivel mundial esta ha sido el sueño de muchas empresas, con el fin de ser más competitivas. Se ha investigado el sistema de control para optimizar su manera de programarlos. Aun así, los sistemas siguen siendo perfectibles.

“El único estudio actualizado al 2004 sobre la competitividad de las Pymes es el realizado por Lasprilla, quien indica que las principales desventajas competitivas de este segmento de empresas radican en la calidad de sus productos, bajos niveles de innovación y uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación, así como insuficiente capacitación, y asociatividad que no les permitieran alcanzar economías de escala. Lasprilla realiza un ranking por competitividad de las Pymes, el que se muestra a continuación: Empresas Más Competitivas (4): 21% Nivel 3: 18% Nivel 2: 1.29%. Peor Nivel de Competitividad (1): 32%” (González 2004)

Por lo anterior se ve claramente la necesidad de mejorar firmemente la productividad de los procesos en la industria ecuatoriana, y la manera de hacerlos es a través de la eliminación de lo que producen defectos en la fabricación y la implementación de tareas propias que conlleven hacia el resultado deseado.

Los procesos de fabricación, independiente de su naturaleza, necesitan ser óptimos, por ello las herramientas de la manufactura esbelta pueden ser utilizadas para dicho objetivo. En este trabajo, la aplicación de estas, no se enfocarán al talento humano sino a la manera como son programados dichos procesos. En este contexto la filosofía de la programación industrial debe ser tendiente a eliminar todo lo que no sea necesario, a la vez se debe tomar en cuenta no solo la máquina en particular, sino el entorno completo.

La aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta, permitirá conseguir un programa eficiente no solo desde el punto de vista funcional, sino técnica y económicamente correcto.

1.2.2 Árbol del problema

En el gráfico 1-1, el problema que se presenta sobre los desperdicios en un sistema de producción en línea o modular, son muy frecuentes en las empresas de producción de bienes. Por esta razón es necesario prestar atención tanto a las causas como a las consecuencias, de ahí que se presenta la oportunidad de realizar un análisis del mismo.

Al presentarse una falla, sea esta mecánica o programática, la influencia que tiene es enorme, en el proceso de producción, por ejemplo, un tiempo improductivo no necesariamente es producido por una falla mecánica, sino también por un error en la programación, por lo que se genera un desperdicio, y esto a su vez pérdidas por hora máquina y por hora hombre.

Un retraso en la entrega de material también produce un desperdicio, esto es provocado por falta de materia prima o material semielaborado, lo cual tendría un efecto dominó para las máquinas que siguen en la secuencia de producción. Además, las esperas largas sean por las razones anteriores o programáticas, producen tiempos muertos lo cual se traduce en pérdidas económicas.

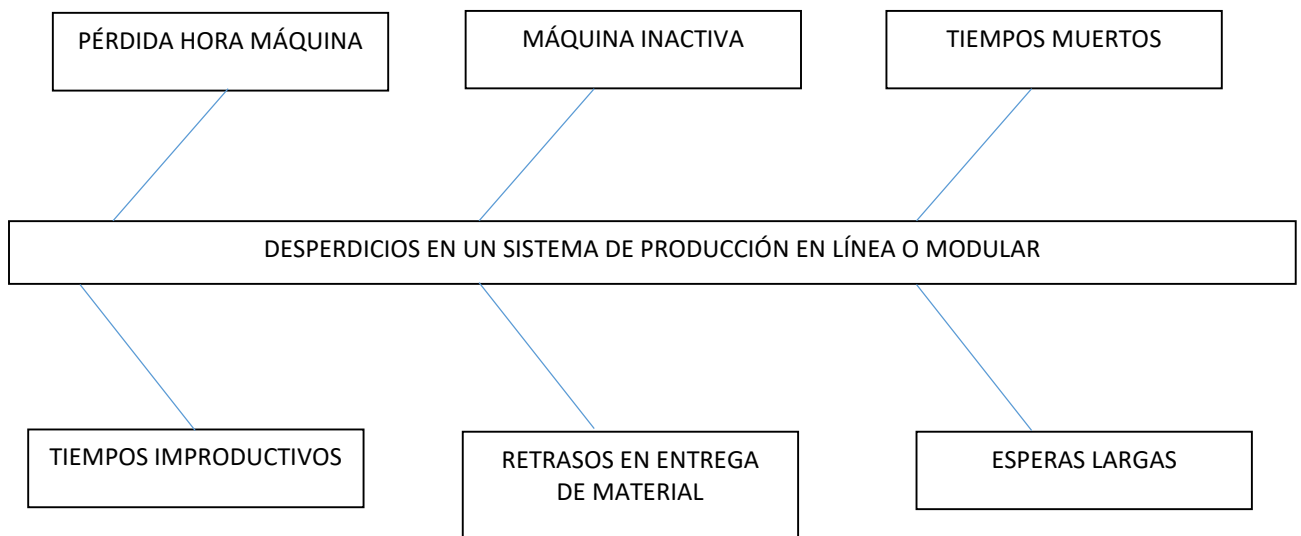


Gráfico 1-1 Relación Causa Efecto
Elaborado por: el investigador

1.2.3 Análisis Crítico

La problemática en el desarrollo de los procesos industriales, recuerda el deseo de que las actividades se realicen sin contratiempos ni desperdicios, por ello el estudio de las herramientas de la manufactura esbelta, guiará la programación industrial y todo lo que ello conlleva. El gráfico 1-1 demuestra las consecuencias que conllevan los desperdicios en un sistema de producción modular. En él, se notan las causas que pueden estar presentes en cualquier proceso productivo, como son:

- Tiempos improductivos
- Retrasos en la entrega de material
- Esperas extremadamente largas

Estos producen desperdicios que a su vez dan como consecuencia:

- Pérdidas hora-máquina
- Máquina inactiva
- Tiempos muertos.

1.2.4 Prognosis

Las pérdidas en una empresa, a causa de un sistema de producción que, aunque funciona, no lo hace de manera óptima, son muy comunes. Cada hora que una máquina pase detenida, produce ingentes pérdidas tanto en recursos materiales como económicos. Una máquina mal calibrada produce de igual manera, muchos desperdicios.

Existen por lo menos dos tipos de pérdidas, estas son: tangibles e intangibles.

- Las pérdidas tangibles, o detectadas a primera vista, se las puede tratar de manera inmediata, aunque su reparación puede tardar poco o mucho tiempo dependiendo de las políticas de la empresa. Por ejemplo, la causa de cierta pérdida se debe al mal material empleado, por lo que su análisis y cambio posible puede tardar mucho tiempo.
- Por otro lado, las pérdidas intangibles como esperas o movimientos innecesarios, son más difíciles de detectar.

Por esta razón, es necesario realizar un análisis de la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta con relación a la programación industrial de los sistemas de producción

automatizados, es decir; eliminar todo lo que no sea necesario, en el programa de control, para analizar sus efectos en el tiempo de producción.

1.2.5 Formulación del Problema

Lo que hace a una industria productiva, es la relación costo de fabricación-beneficio, por lo que la frase “producir más, con menos recursos y en menos tiempo” se vuelve vital.

El problema, son las pérdidas de tiempo por realizar una programación industrial deficiente, llena de secuencias repetidas e innecesarias, esperas prolongadas o tiempos innecesarios. Todo lo anterior, hace que el proceso sea más lento, disminuyendo la relación costo de fabricación. beneficio, porque se produciría menos, con más recursos, y baja calidad, lo que haría de una empresa ineficiente.

Puesto que el objetivo de la programación industrial es que esta sea esbelta, es decir, que no le falte nada ni le sobre nada, esto es, utilizar las memorias, entradas y salidas requeridas por el proceso.

1.2.6 Interrogantes

- ¿Logrará la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta determinar las posibles fuentes de desperdicios?
- ¿Pueden los métodos de programación de PLC, reducir los desperdicios en el proceso?
- ¿Logrará la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta como el JIT, 7 desperdicios, Kanban, VSM, optimizar el proceso de producción, desde el punto de vista de la programación industrial?

1.2.7 Delimitación del objeto de investigación

Campo: automatización industrial

Área: automatización

Aspecto: Aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta en la optimización del proceso de automatización

Delimitación Espacial:

Provincia de Chimborazo, ESPOCH, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería en Control y Redes Industriales. Sistema de montaje de manómetros.

Delimitación Temporal:

Marzo 2017 a enero 2019

Unidades de Observación:

Laboratorio de Automatización Industrial, estaciones de montaje de manómetros, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Carrera de ingeniería electrónica en control y redes industriales.

1.3 Justificación

En los últimos años se ha hablado mucho sobre los procesos de manufactura, y estos se han modernizado a medida que la tecnología ha avanzado.

La revolución industrial dio un gran impulso al desarrollo de los procesos, a la mecanización y a su automatización, sin embargo, todavía se necesita que los procesos en su forma integral, mejoren en su productividad.

Tomando en cuenta los preceptos de las 5S, la teoría de los 7 desperdicios, JIT, Kanban, se deduce que se deben evitar los contratiempos del sistema automatizado de un proceso.

Muchos procesos, especialmente los de producción en línea, se ven afectados tanto por la falta de producción, como por la sobreproducción.

La globalización ha hecho necesario que las empresas sean competitivas, caso contrario enfrentarse a la desaparición. Es importante que se realicen estudios para lograr ese objetivo, además, se deberían implementar técnicas que permitirán diseñar programas de automatización más eficientes y simples.

Un programa siempre es susceptible de ser mejorado, no obstante, al realizar un estudio, se puede encontrar partes en las cuales se debe optimizar y hacerlo eficiente.

Debido a los proyectos de vinculación con la sociedad, y programas de transferencia de tecnología, los principales beneficiarios serán todas las empresas que cuentan con sistemas automatizados y que decidan aplicar métodos de mejoramiento de su proceso, así como con políticas que permitan automatizar y/o mejorar sus procesos productivos.

Además, los resultados de la investigación, serán transferidos mediante capacitación al personal de las industrias, así como al público en general a través de proyectos de vinculación con la sociedad, para que puedan aplicar los principios de este análisis.

Las herramientas de la manufactura esbelta, aplicables a los procesos industriales los utilizan especialmente los ingenieros industriales, sin embargo, esas mismas herramientas, tomadas desde el punto de vista correcto, podrían ser aplicadas a través de los Value Stream Mapping, en la elaboración y comisionado de los programas lógicos para el control de procesos.

Por lo tanto, toda la información obtenida servirá para que, mediante la transferencia de resultados, se beneficien tanto las personas que se inserten en el sistema productivo como los que ya están en él. La optimización de procesos no debe ser vista únicamente desde el punto de vista de producir más con menos recursos, debido a que los recursos no son solo financieros, sino intangibles, y a veces menospreciados como la eficiencia de los programas de control, ya que un mal diseño puede consumir recursos valiosos como el tiempo y materiales, al producirse errores de fabricación, con la consiguiente falta de productos semielaborados y sobreproducción de los mismos.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta para optimizar la programación industrial.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Realizar un análisis de tiempo y movimientos de cada módulo de producción para realizar un mapeo de la cadena de valor, VSM.
- Reestructurar los programas de PLC para mejorar la productividad aplicando las herramientas de la manufactura esbelta.
- Determinar la influencia de las herramientas de la manufactura esbelta en los desperdicios de tiempo, secuencias y producto terminado.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos

Lean Manufacturing o manufactura esbelta es una forma de pensar cuyo objetivo es la eliminación o reducción de los desperdicios en manufactura. Cuando se habla de mejorar la productividad, se relaciona con producir más con menos recursos y en menos tiempo.

Existen varias opiniones de la aplicación de algunas herramientas de la Manufactura esbelta en las líneas de producción, por ejemplo, “En el desarrollo de la metodología de manufactura esbelta se utiliza la herramienta del mapeo de valor para realizar el análisis de estado actual de la compañía y otros métodos para la evaluación de desperdicios en la línea de producción” (Pedraza 2010: 179)

En su conclusión, se dice que: “El análisis de desperdicios de cada uno de los procesos indica que los desperdicios que más afectan la línea son las esperas y los transportes innecesarios, seguidos por la producción de inventarios y productos defectuosos.” (Pedraza 2010: 179)

Por otro lado, muchos procesos, deben decidir qué acción tomar en un momento dado, y tanto la instrumentación como la técnica de programación ayudan a que el proceso y la decisión sea eficiente, “Se debe tener en cuenta que los tiempos de producción como de control o toma de datos se reducen ya que los instrumentos digitales eliminan las tareas repetitivas de anotación de datos y de procesamiento de los mismos, ya que todo esto es programado y ejecutado automáticamente por los instrumentos.” (Velásquez 2011: 3)

No hay estudios realizados de la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta, en la programación industrial, sin embargo, si se aplican las herramientas en las líneas de producción, como en Ecuasal y Novacero.

De esta manera, se muestra que, si es posible aplicar las herramientas de manufactura esbelta en la programación industrial, el asunto es como crear una simbiosis entre ellas.

El VSM, es el mapa de la cadena de valor, es decir, el resultado gráfico del análisis del proceso de producción, realizado en base a símbolos propios y que permiten tener una lectura

rápida del proceso, es muy importante realizarlo para identificar la calidad del proceso un su contexto.

“En el desarrollo de la metodología de manufactura esbelta se utiliza la herramienta del mapeo de valor para realizar el análisis de estado actual de la compañía y otros métodos para la evaluación de desperdicios en la línea de producción.” (Pedraza 2010: 190).

Para el análisis de las líneas de producción es necesario tomar en cuenta el origen de los desperdicios, “El análisis de desperdicios de cada uno de los procesos indica que los desperdicios que más afectan la línea son las esperas y los transportes innecesarios, seguidos por la producción de inventarios y productos defectuosos.” (Pedraza 2010: 180).

2.2 Fundamentación Filosófica

2.2.1 Categorías Fundamentales

Variable independiente

- Herramientas de la manufactura esbelta
- sistema de producción
- VSM

Variable dependiente

- programación industrial
- secuencias del proceso
- programa de PLC

2.2.1.1 Gráfico de Mándala Variable Independiente

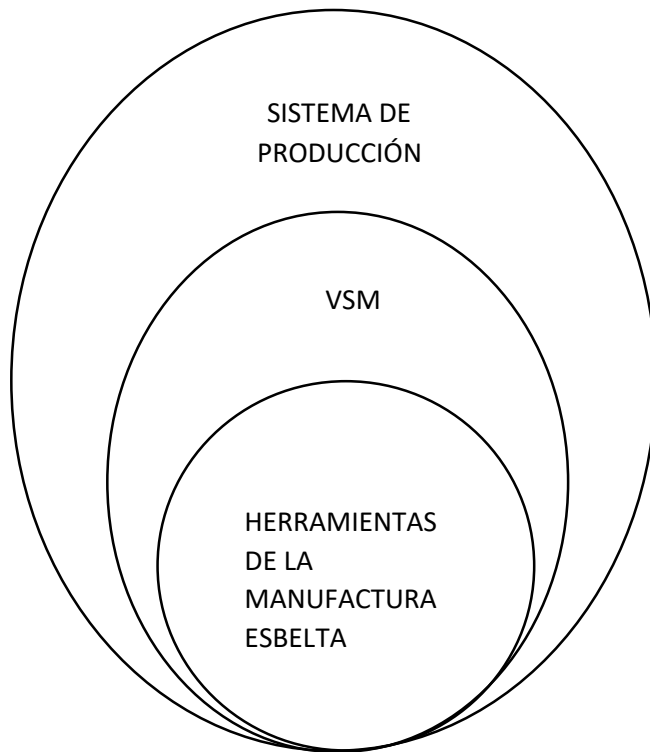


Gráfico 2-1 Variable Independiente

Elaborado por: el investigador

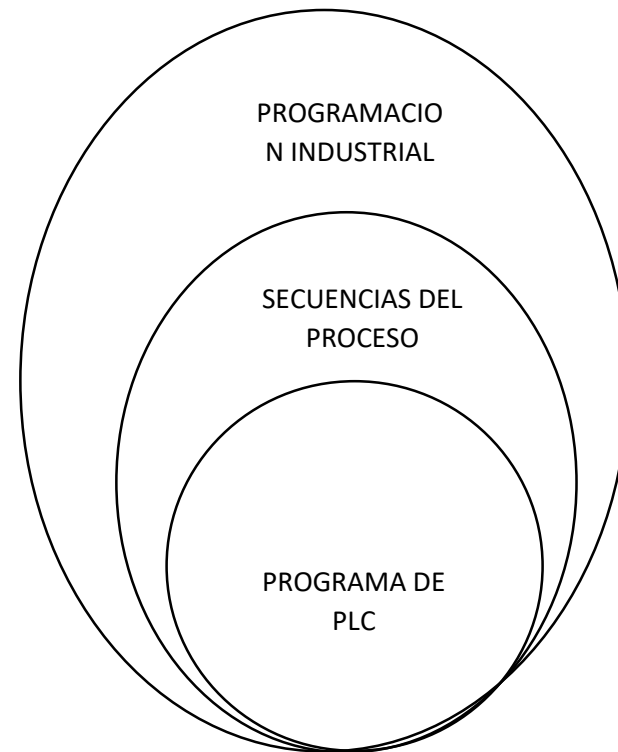


Gráfico 2-2 Variable Dependiente

Elaborado por: el investigador

El gráfico 2-1, representa la manera como la variable independiente, herramientas de la manufactura esbelta, puede influir en el sistema de producción y lograr la aplicación de un VSM, esto, con el objetivo de actuar sobre la variable dependiente, Gráfico 2.2, su aplicación será de forma metódica a través del diseño del VSM actual y futuro.

Una vez analizada la variable dependiente y obtenido el VSM apropiado, se aplicará sobre la programación, que generará una secuencia de proceso. Tomando en cuenta las herramientas estudiadas darán como resultado los programas de PLC.

2.2.2 Herramientas de la manufactura esbelta

Las herramientas de la manufactura esbelta que se desea aplicar son las siguientes:

Siete Desperdicios

En un proceso de producción, nunca faltará el desperdicio, debido a que estos se presentaran no solo por falla en la máquina, sino también por error humano. Sin embargo, el entender la filosofía de estos, permitirá tratarlos de manera eficiente.

1) Sobreproducción: Generación de productos antes de que sea requerido. Esto se produce por:

- Procesos finalizados antes de que sean requeridos por el siguiente proceso.
- Fabricación anticipada posibles averías o mantenimiento correctivo.
- Falta de fiabilidad en programas de fabricación y aprovisionamiento.

2) Transporte y almacenaje: Tiempo que se tarda en transportar o almacenar piezas entre sub procesos.

3) Inventario: se refiere a cualquier cantidad de producto semielaborado, es decir que está en la línea de producción y que esté por encima de lo que se necesita para el normal desenvolvimiento del proceso.

4) Tiempos de espera: Tiempos generados por los procesos sin ser utilizados, esperando a poder ejecutar una actividad. La espera se produce:

- Por fallas o preparación de equipos
 - Por falta de material de la estación anterior
 - Por ciclos automáticos y secuencias mal programadas
 - Por información redundada o falta de ella.
- 5) Sobre procesos: Son procesos deficientes que dan como resultado la obligatoriedad de realizar tareas sin valor añadido.

Influye en una baja productividad. Estos se producen debido a:

- Ajustes inadecuados de los procesos
- Secuencias repetidas
- Secuencia inadecuada de operaciones de manipulación

6) Desplazamiento. Cualquier movimiento que no es necesario para completar una operación de valor añadido.

Repercute en una menor productividad. Al hablar de movimientos se refiere entre otras a:

- Desplazamiento
- Movimientos de alcanzar, agacharse, inclinarse, girarse
- Doble manipulación de piezas o componentes.

7) Fallas en el producto. Generar o enviar productos que no cumplen los requisitos establecidos.

Requiere de operaciones como la inspección (a veces manual) y el reproceso. Puede generar notables problemas al enviar productos defectuosos a la siguiente operación. Para evitar esos defectos se propone la estandarización de operaciones y la automatización de los equipos, de forma que estos puedan detectar los defectos y tengan capacidad de parada y aviso.

Las 5 S

El objetivo central de las 5S es lograr que el funcionamiento del proceso sea más eficiente. Cuando el entorno de trabajo esta desorganizado y sucio la eficiencia disminuye. Cada letra S tiene una referencia en una palabra en japonés, estas son:

1) Seiri

Seleccionar. Es decir, eliminar lo que no se necesita

2) Seiton

Todo en su puesto: Dar un lugar fijo, a cada herramienta o material

3) Seiso

Limpieza: Hacer una limpieza superior.

4) Seiketsu

Estandarización: Establecer las nuevas condiciones como un standard

5) Sitsuke

Sostenimiento: No perder lo avanzado.

Just in time (JIT)

Justo a tiempo (JIT) significa producir un artículo en el momento que es necesario para que este sea utilizado por la siguiente estación de trabajo en el proceso de manufactura. La producción dentro de la célula, así como la entrega de material a la misma, se ven impulsadas solo cuando el inventario de la célula siguiente se encuentra debajo de cierto límite como resultado de su consumo y ha llegado una cantidad de material semejante a la entregada a la primera célula de trabajo.

El Just in Time sigue las siguientes reglas:

Igualar los pedidos con las existencias

El desperdicio opera en contra del proceso continuo

El proceso debe ser continuo

La sobreproducción es considerada como ineficiencia

Sistema Pull

Uno de los principios fundamentales de la manufactura esbelta, es producir de acuerdo a la demanda. El Sistema *Pull* se resume en producir solamente lo que es necesario y para ello, es importante que cada operación provea los materiales requeridos por la máquina siguiente y esta a su vez, prevea los requerimientos de materiales de la siguiente estación.

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM, Mantenimiento Productivo Total, es un sistema que involucra los tres sistemas básicos del mantenimiento, el correctivo, preventivo y predictivo, dándose más importancia en la actualidad al predictivo, debido a que este reduce el volumen de trabajo de los anteriores. Además, es una herramienta para el funcionamiento adecuado de la manufactura esbelta, es una metodología orientada a la optimización de los activos a través de la eliminación de las pérdidas.

La aplicación del TPM, facilitará la reducción de costos y asegurará una mayor competitividad. Para ello gestiona la totalidad de la empresa mediante una estructura organizacional, cuyo objetivo principal es la eliminación de las pérdidas, a través de las actividades de todos los departamentos (Ingeniería, Producción, Administración, mantenimiento, Planificación), y a todo el personal, desde la gerencia hasta los operarios de planta, en un mismo proyecto: CERO PERDIDAS.

Mejora continua (Kaizen)

El soporte del Kaizen está sobre los equipos de trabajo y la Ingeniería para optimizar los procesos productivos. En resumen, Kaizen se centra en la gente y en la normalización de los procesos, buscando la oportunidad de una mejora global. La puesta en práctica requiere de un equipo compuesto por el personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería y los que se considere necesario. Su objetivo es mejorar la productividad controlando los procesos de producción a través de la reducción de tiempos de ciclo, la normalización de criterios de calidad y de los métodos de trabajo por cada operación o movimiento inclusive micro movimientos. Todo ello engloba la misma idea, Mejora total.

Kanban

Kanban se basa en el uso de etiquetas que contienen información que sirve como orden de trabajo, esta es la función más importante. Sin embargo, Kanban sirve para:

Regular la demanda y el volumen de producción en cada estación.

Disminuir las variaciones del inventario de producto terminado.

Descentralizar la gestión de la fábrica.

Producir solo las cantidades necesarias para cubrir la demanda.

Por lo tanto, las principales funciones de la etiqueta Kanban son: La integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema Justo a Tiempo, mediante el cual los materiales deben llegar en el tiempo y cantidad requerida en las diferentes etapas del proceso. Esto se hace mediante técnicas de ingeniería.

2.2.3 Sistema de producción

“Existen cuatro tipos de sistemas de producción industrial:

- por trabajo
- por lotes
- en masa
- de flujo continuo

cada uno tiene sus características particulares. El aprovechar los recursos, la flexibilidad para reaccionar a los cambios son algunos de las metas que los cuatro tipos de procesos productivos tienen en común, aunque también cuentan con sus diferencias.” (EAE 2018)

Entre ellas se debe citar al de flujo continuo como el que tiene mayor peso cuando se trata de líneas de ensamblaje, debido a que en ellas se originan una gran cantidad de desperdicios.

En el sistema de flujo continuo, una estación depende de la otra

2.2.4 Mapeo de la cadena de valor (Value Stream Mapping, siglas en inglés) VSM

Esta es una herramienta que ayuda a comprender el proceso en sí, permite ver como la materia prima va transformándose de principio a fin, siguiendo paso a paso el proceso productivo. Además, ayuda a ver como se interconectan las partes, cuales están en óptima condición y

donde se presentan fallas o condiciones a ser mejoradas, reconociendo condiciones de desperdicios tanto de tiempo como de materiales. VSM también puede ser visto como una herramienta de comunicación, de planificación y para administrar los cambios.

El mapeo ajusta la cadena total de eventos desde el estado actual, hasta la mejora pasando por el proceso a obtener, el plan para mejorar y la puesta en marcha de dicho plan.

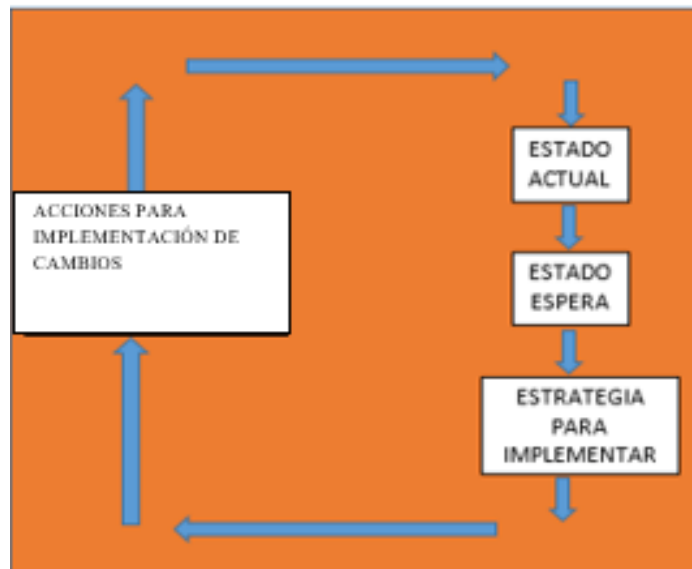


Gráfico 2-3 Esquema de aplicación de flujo VSM

Elaborado por: el investigador

“Existen varios tipos de VSM, sin embargo, lo que se debe analizar es la información que debe tener para la mejora del proceso, desde este punto de vista hay dos tipos de información:

- Tiempo de ciclo individual

Es el tiempo tomado para cada operación del proceso. Por ejemplo: El tiempo dado para taladrar una pieza base, o el tiempo dado para a pintarla.

- Tiempo de ciclo total

Es el tiempo que, dado para todas las operaciones, se lo obtiene sumando los tiempos de ciclo individuales.” (Salazar 2018)

De esto se desprende que deben existir dos tipos de VSM, el actual y el futuro, es decir, que, desde el estado original de una máquina, se puede obtener un VSM, realizando un análisis

pormenorizado de los movimientos (hasta micro movimientos) del proceso de la misma, aplicando la simbología adecuada, obteniendo así el VSM actual.

Una vez estudiado a fondo y a detalle el proceso, se plantea otro VSM, con las mejoras posibles y que puedan ser ejecutadas, esto dependerá de las posibilidades físicas de la máquina o máquinas envueltas en el proceso.

2.2.5 Programación industrial

La mejor manera de programar un proceso industrial es usando PLC's, control lógico programable, debido a la diversidad de modelos y competencias que poseen cada uno de estos.

Existe una gran división de Controladores Lógicos, de gama baja, media y alta, cada uno con sus aplicaciones.

Para la programación de estos, se pueden utilizar dos métodos, el Intuitivo y el sistemático.

El intuitivo utiliza como herramienta principal la intuición, o la imaginación, por lo que resulta hasta cierto punto tedioso el tratar de resolver un problema complejo con la intuición, ya que esto además depende de la experiencia del programador.

Por otro lado, el IEC 61131-3, divide en 5 diferentes lenguajes de programación:

Instruction List

Structured Text

Ladder

FBD, Function Block Diagram

SFC, Secuencial Funtion Chart

Estos son lenguajes de programación, sin embargo, el SFC, también se lo utiliza como método de programación de circuitos complejos.

2.2.6 Secuencias del proceso

El método SFC, según IEC 61131-3, se lo conoce también como GRAFCET, grafico de control etapa y transición. Este grafico puede tomar diferentes formas de acuerdo a la aplicación, puede haber tales como:

- Secuencia simple
- Secuencia OR divergente

- Secuencia AND
- Saltos Condicionados
- Repeticiones

De todas estas que son las más comunes, se obtienen ecuaciones lógicas que nos permiten llegar al programa industrial, para ello se debe estructurar correctamente el grafico Grafcet, con las acciones y transiciones correctas para su desempeño en el proceso.

2.2.7 Programa de PLC

Los programas de PLC, no dependen de la marca de PLC utilizado, sino que deben cumplir con condiciones lógicas que permitan el normal desarrollo del proceso. El programa mientras más ordenado, será más simple y dará paso a un muy fácil mantenimiento, pues permite encontrar fallas del proceso aun cuando el proceso ya esté en pleno funcionamiento, y las mismas, estén fuera del programa, es decir, se deban a fallas en sensores o actuadores.

2.3 Hipótesis

La aplicación de los principios de la manufactura esbelta en la programación industrial, disminuirá el tiempo de los procesos de producción.

2.4. Señalamiento de Variables

Variable Independiente

Análisis de las herramientas de la manufactura esbelta

Variable Dependiente

Programación industrial

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque de la investigación

“Si bien las teorías pueden ser juzgadas desde múltiples perspectivas, a veces no del todo compatibles, es necesario asegurar la validez de los hallazgos. EL ESTUDIO DE CASO COMO METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN: TEORÍA, MECANISMOS CAUSALES, VALIDACIÓN” (Enrique Yacuzzi 2016)

De lo anterior se desprende que, disponiendo de un proceso, el estudio del mismo puede conducirnos a realizar deducciones que, a la vez que proponemos cambios en el mismo, es decir, particularizando, sirve para hacer generalizaciones, en este caso un estudio al sistema de montaje de manómetros, mediante un enfoque deductivo inductivo que permitirán realizar propuestas en base al conocimiento adquirido.

3.2 Modalidad básica de la investigación

La modalidad de la investigación es deductiva, Inductiva y propositiva. Se debe observar, analizar, deducir y proponer, en este caso una manera de aplicar las a

Herramientas de la manufactura esbelta en la programación industrial.

Métodos

- Observación
- Investigativo

Técnicas

- Recopilación de información
- Análisis de la información
- Utilización de la información
- Diseño lógico
- Implementación práctica
- Observación y documentación de resultados

3.3. Nivel o tipo de investigación

El tipo de investigación es explicativo y descriptivo, debido a que se parte del estado actual, explorando los desperdicios existentes para luego describir las tareas a ejecutar.

3.4. Población y Muestra

Hay cinco estaciones de montaje de manómetros, estos son:

- Estación de distribución de material
- Estación de Giro de material
- Estación de Pick and Place
- Estación de Musculo neumático, Prensado
- Estación de separación de material

Se aplicará el análisis en todas estas estaciones.

Se tienen 12 bases en total, de 3 colores diferentes, 4 de cada una, por lo que se realizan las pasadas en su totalidad. Es decir, al universo. Se enviarán todas las bases y todas las caratulas del manómetro.

3.5. Operacionalización de Variables

3.5.1. Variable independiente:

Tabla 3-1 Análisis de las herramientas de la manufactura esbelta
Elaborado por: el investigador

Conceptualización o Descripción	Dimensiones	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e Instrumentación
MANUFACTURA ESBELTA Es un sistema de producción rápido flexible que se traduce en satisfacción del mercado, con mayores beneficios	desperdicio de tiempo desperdicio de material	tiempo de proceso material de inicio partes ensambladas	¿Cuál es el tiempo por modulo? tiempo total número de partes ensambladas número de partes dañadas	Técnica: Documental Instrumentos: Diagramas de proceso VSM

3.5.2. Variable Dependiente

Tabla 3-2 Programación Industrial
Elaborado por: el investigador

Conceptualización o Descripción	Dimensiones	Indicadores	Ítems Básico	Técnicas e Instrumentación
PROGRAMACIÓN INDUSTRIAL Es la forma de realizar un proyecto de control de un proceso, puede este ser intuitivo o sistemático	Tiempo Partes producidas	Tiempo de secuencia Pasos por secuencia	tiempo por módulo tiempo total número de partes ensambladas número de partes dañadas	Técnicas: Observación Documental Instrumentos: Programas de PLC Hoja de proceso

3.6 Recolección de Información

Etapas de estudio

- Recopilación de datos del proceso con programación intuitiva
- Análisis de la información
- Elaboración del VSM
- Documentación de la Información

Etapas de Planificación de Proceso

- Análisis de los programas por módulo
- Elaboración de secuencias apropiadas
- Diseño de programas
- Depuración de la información

Etapa de implementación de Software

- Selección de Software PLC
- Programación de PLC
- Documentación de la Información

Etapa de Validación y Pruebas

- Configuración PLC
- Programación de PLC
- Monitoreo de la Red
- Depuración y corrección de errores
- Documentación de la Información

Etapa de Recopilación de la información

- Integración total de la información
- Depuración y corrección de la documentación

3.7 Procesamiento y Análisis

Corresponde con las técnicas, métodos o herramientas que se usarán en el procesamiento de la información a obtener con las técnicas e instrumentos descritos en la matriz de Operacionalización de variables, así como la forma de analizar e interpretar sus resultados.

El estudio de seguro arrojará datos muy importantes del estado actual del proceso, es decir, se realizará un análisis para extraer de él, una hoja de proceso, con los detalles de los movimientos del material y los datos del proceso de los módulos independientes uno de otro, y VSM, del estado actual, que nos permitirá hacer un análisis del proceso que nos permitirá visualizar el valor de cada operación implicada en el mismo, y se recopilarán dichos datos para un estudio y proposición de cambios.

Se realizará una comparación entre hoja de proceso actual, VSM de estado actual, y sus datos respectivos, como se muestra en el gráfico 3-1:

HOJA DE PROCESOS PROPUESTA

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO PROPUESTO

#	ACTIVIDAD	SÍMBOLOS DE FLUJO	TIEMPO	○	➡	◡	◻	▽	Ⓜ
1	Almacenamiento de piezas en las torres	▽						x	
2	Activación de las válvulas	○		x					
3	Traslado de piezas desde la torre hasta la banda	➡							
4	Activación de la banda	○		x					
5	Traslado de la pieza por la banda	➡							
6	Verificación de la presencia de la pieza	◻					x		
7	Paro de la banda	○		x					

VSM PROPUESTA

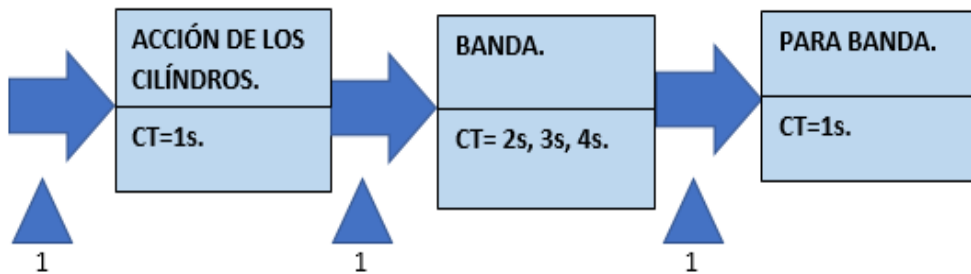


Gráfico 3-1 estructura de estudio para el análisis
Elaborado por: el investigador

De ésta manera, mediante el análisis de los procesos involucrados, se pone en evidencia la diferencia entre un sistema o método de programación industrial cualquiera, con un sistema realizado aplicando las herramientas de manufactura esbelta.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

El sistema de montaje de manómetros, es un conjunto de estaciones de trabajo que permiten obtener un producto terminado con un correcto montaje y técnicamente útil para el cliente.

No obstante, este producto deberá pasar por todas las estaciones necesarias para el efecto.

Estas son:

Estación de distribución: permite el ingreso de la materia prima, en este caso la base del manómetro. En ella se encuentran piezas de diferente color y material. En el estado actual una estación de distribución apila las piezas de todos los colores, mientras que la estación de distribución utilizada permite discriminar el color de las piezas base.

- Estación de Giro: cuando llega el material a esta estación, si el material pasa en la posición correcta, un sensor Backgroundless, foreground suppression o simplemente, supresión de fondo, detecta esa posición y el sistema la dejara pasar, pero también lo opuesto. De ser así, un sistema de giro tomará la pieza base y la pondrá en posición correcta, evitando de esta manera piezas con defecto o rechazadas.

- Estación de Pick and place, Toma y coloca. Aquí, la estación al detectar una pieza base en la entrada, toma un dial o carátula del manómetro y la ubica por encima de la base, para que sea puesta en su lugar correctamente en la siguiente estación.

- Estación de Músculo: esta se encarga de realizar el montaje final de las dos partes del manómetro. Mediante un musculo neumático se obtiene la fuerza para el efecto. Además, se vale de un sistema de pinza y giro para llevar la pieza base a la siguiente estación.

- Estación de Separación: en esta estación se detecta la calidad de montaje, es decir si la pieza ha sido correctamente montada pasará al punto final de la banda para ser retirada como producto terminado, caso contrario será llevada a un almacenamiento para reproceso. Aunque se entiende que ese caso debería evitarse.

Este sistema puede ser programada a voluntad del programador, o bajo un estricto sistema que permita optimizar su producción. Como se ve hay varios puntos donde se puede ocasionar producto defectuoso, el objetivo será eliminarlos.

El proceso objeto del estudio arrojó las siguientes condiciones de la situación actual de las estaciones del proceso:

:

Tabla 4-1 Hoja de proceso estación de distribución condición inicial
Elaborado por: el investigador

#	ACTIVIDAD	SÍMBOLOS DE FLUJO	TIEMPO	○	➡	◐	◻	▽
1	Almacenamiento de bases de manómetro en las torres.	▽	2 s					*
2	Activación de las válvulas.	○	1 s	*				
3	Traslado de bases de manómetro desde la torre hasta la banda.	➡	1 s		*			
4	Activación de la banda.	○	0.5 s	*				
5	Traslado de la base de manómetro por la banda.	➡	T ₁ = 9 s T ₂ = 13 s T ₃ = 17 s		*			
6	Verificación de la presencia de la base de manómetro.	◻	1 s				*	
7	Paro de la banda.	○	2 s	*				

VSM ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN CONDICIÓN INICIAL

1. La base de manómetro entra en las torres, y quedan ubicados al final del vástago de cada cilindro.
2. Los cilindros se accionan y ubican las bases de manómetro en la banda.
3. El motor mueve la banda para mover las bases de manómetro hasta que un detector óptico detecte que la base de manómetro está en el final de la banda.
4. Después de que el sensor detecta la base de manómetro transcurre un tiempo de 2 segundos y se apaga el motor al mismo tiempo cae la base de manómetro de la banda.

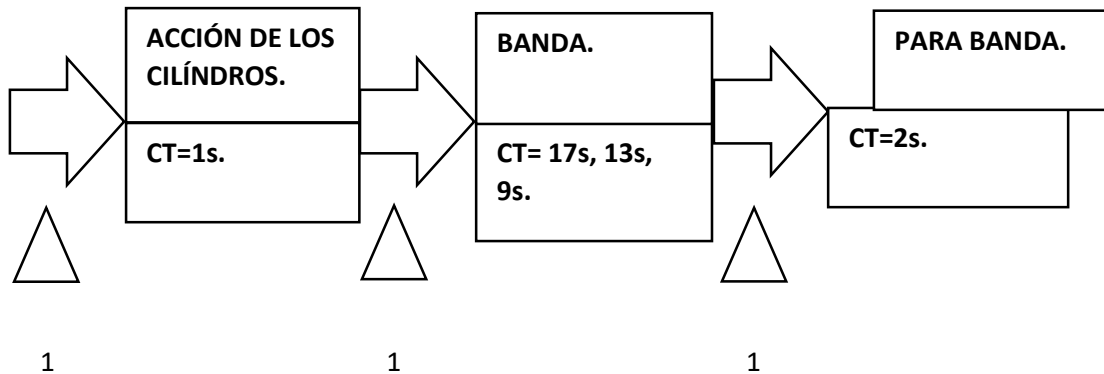


Gráfico 4-1 VSM Condición actual estación de distribución
Elaborado por: el investigador

La Estación de Distribución es la primera del conjunto de estaciones establecidas en el laboratorio de Automatización. La principal función del mismo es la de dar inicio a la cadena de procesos y de ubicar bases de manómetro en la banda.

Hay hasta ocho bases de manómetro en el tubo del almacén de apilado (torre) desde donde un cilindro de simple efecto expulsa las bases de manómetro individualmente. Las actividades se detallan a continuación:

- Almacenamiento de bases de manómetro en las torres
- Activación de las válvulas
- Traslado de bases de manómetro desde la torre hasta la banda
- Puesta en marcha de la banda

- Traslado de la base de manómetro por la banda
- Verificación de la presencia de la base de manómetro al final de la banda
- Paro de la banda

Luego de analizar el sistema original:

- A primera vista, la estación de distribución se encuentra en correcto funcionamiento.
- Los tiempos de respuesta en cada una de las actividades son muy altos, mismos que se espera corregir para así obtener resultados óptimos al momento de iniciar la cadena de procesos.
- Se espera plantear una nueva programación para que el acople con la siguiente estación sea el más preciso posible desde el punto de vista de la manufactura esbelta.

Los símbolos se deben usar con discreción.



Gráfico 4-2 Símbolos utilizados en VSM

Elaborado por: el investigador

Tabla 4-2 Hoja de procesos: estación de giro condición inicial
 Elaborado por: el investigador

N°	ACTIVIDAD	SÍMBOLOS DE FLUJO	TIEMPO	○	➡	◐	◻	▽	®
1	Detección de Base Sensor 1	◻	0.1 s						
2	Accionamiento de Banda Transportadora	➡	1 s						
3	Detección de Superficie Sensor 2	◻	0.2 s						
4	Accionamiento de Válvula 1	○	0,5 s						
5	Accionamiento de Banda Transportadora	➡	4,2 s						
6	Detección Sensor final Sensor 3 (Si superficie es detectada continuar a paso 9, caso contrario seguir con paso 7)	◻	0,3 s						
7	Corrección de la Base	®	14.30 s						
8	Accionamiento de Válvula 2	○	1 s						
9	Accionamiento de la Banda transportadora	➡	2,62 s						

VSM SISTEMA DE GIRO CONDICIÓN INICIAL

1. La base es detectada por un sensor óptico al inicio de la banda
2. A través de un sensor fotoeléctrico detecta si la base se encuentra en la ubicación correcta para continuar con el proceso.
3. En el caso de que la base se encuentre mal posicionada, una pinza la recoge y la reacomoda, para posteriormente continuar con el proceso normal.
4. La banda continúa transportando la base ya en su posición correcta.

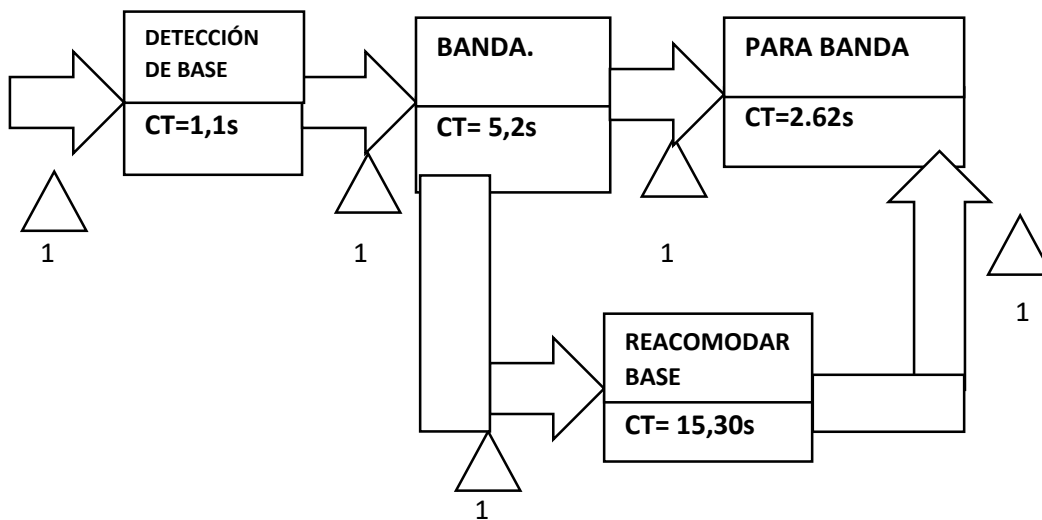


Gráfico 4-3 VSM sistema de giro condición inicial
Elaborado por: el investigador









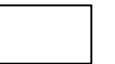





















#	ACTIVIDAD	SÍMBOLOS DE FLUJO	TIEMPO			
1	Detección de la base del manómetro por el sensor de presencia uno, para que la banda se active.		0.05 s			
2	Si el sensor ha detectado la base del manómetro esta se transportará hacia el sensor de presencia 2.		5 s			
3	Detección de la base del manómetro por el sensor de presencia 2 para que la banda se detenga.		0.05 s			
4	Descenso del vástago del cilindro 2, si el sensor de la ventosa detecta el dial del manómetro		1 s			
5	Accionamiento de la ventosa para absorber el dial del manómetro		0.5 s			
6	Ascenso del vástago cilindro 2, con el dial en la ventosa		1 s			
7	Salida del vástago del cilindro 1, para posicionar al cilindro 2 y la ventosa sobre la base del manómetro.		1 s			
8	Descenso del vástago del cilindro 2 para posicionar al dial en la ventosa sobre la base del manómetro		1 s			
9	Desactivación de la ventosa para dejar el dial sobre la base del manómetro		0.5 s			
10	Ascenso del vástago del cilindro 2 y la ventosa		1 s			
11	Entrada del vástago del cilindro 1		1 s			
12	Patada del motor neumático al manómetro, si el sensor inductivo lo detecta.		0.09 s			
13	Transporte hacia al final de la banda		4.04 s			

Tabla 4-3 Hoja de procesos estación pick place condición inicial
Elaborado por: el investigador

VSM SISTEMA DE PICK AND PLACE CONDICIÓN INICIAL

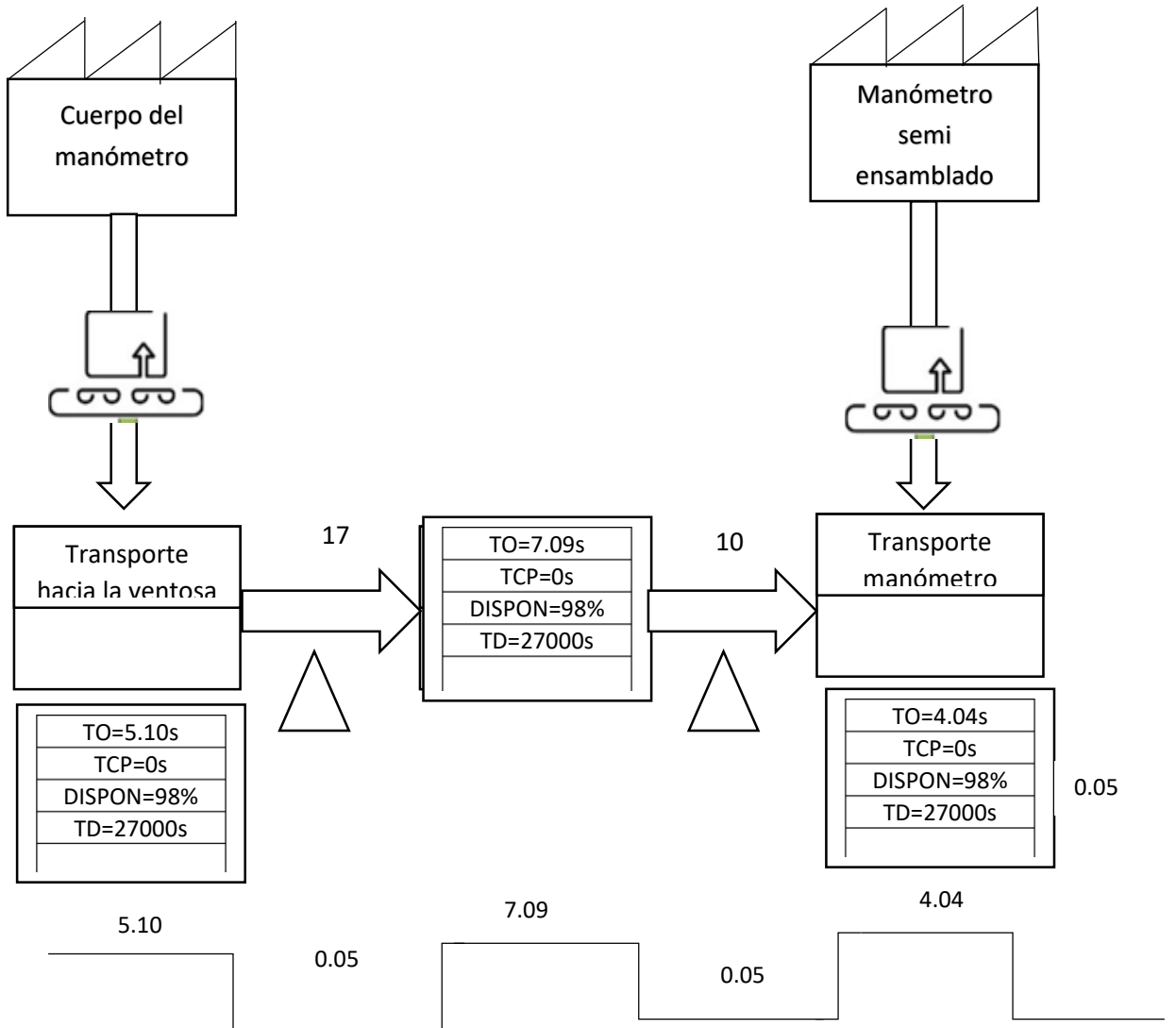


Gráfico 4-4 VSM estación Pick and Place inicial

Elaborado por: el investigador

Tabla 4-4 Hoja de procesos estación de músculo condición inicial

	ACTIVIDAD	SIMBOLOS	SEGUNDOS	○	➡	⏏	▭
1	Sensado de la base	▭	1 s				●
2	Accionamiento de pinza = cerrar (mantener ese estado)	○	1 s	●			
3	Giro de la articulación de la pinza en sentido horario hasta la posición angulo2	➡	6,87 s				
4	Prensado	○	2,82 s	●			
5	Giro de la articulación de la pinza en sentido horario hasta la posición angulo3	➡	13,35 s				
6	Activar el cilindro hasta la posición S_carrera2	➡	4,15 s				
7	Accionamiento de pinza liberar (relajar la pinza)	○	1,64 s	●			
8	Activar cilindro hasta la posición S_carrera1	➡	4,15 s				
9	Giro de la articulación de la pinza en sentido anti horario hasta la posición angulo1	➡	12,4 s				

Elaborado por: el investigador

VSM MÚSCULO CONDICIÓN INICIAL

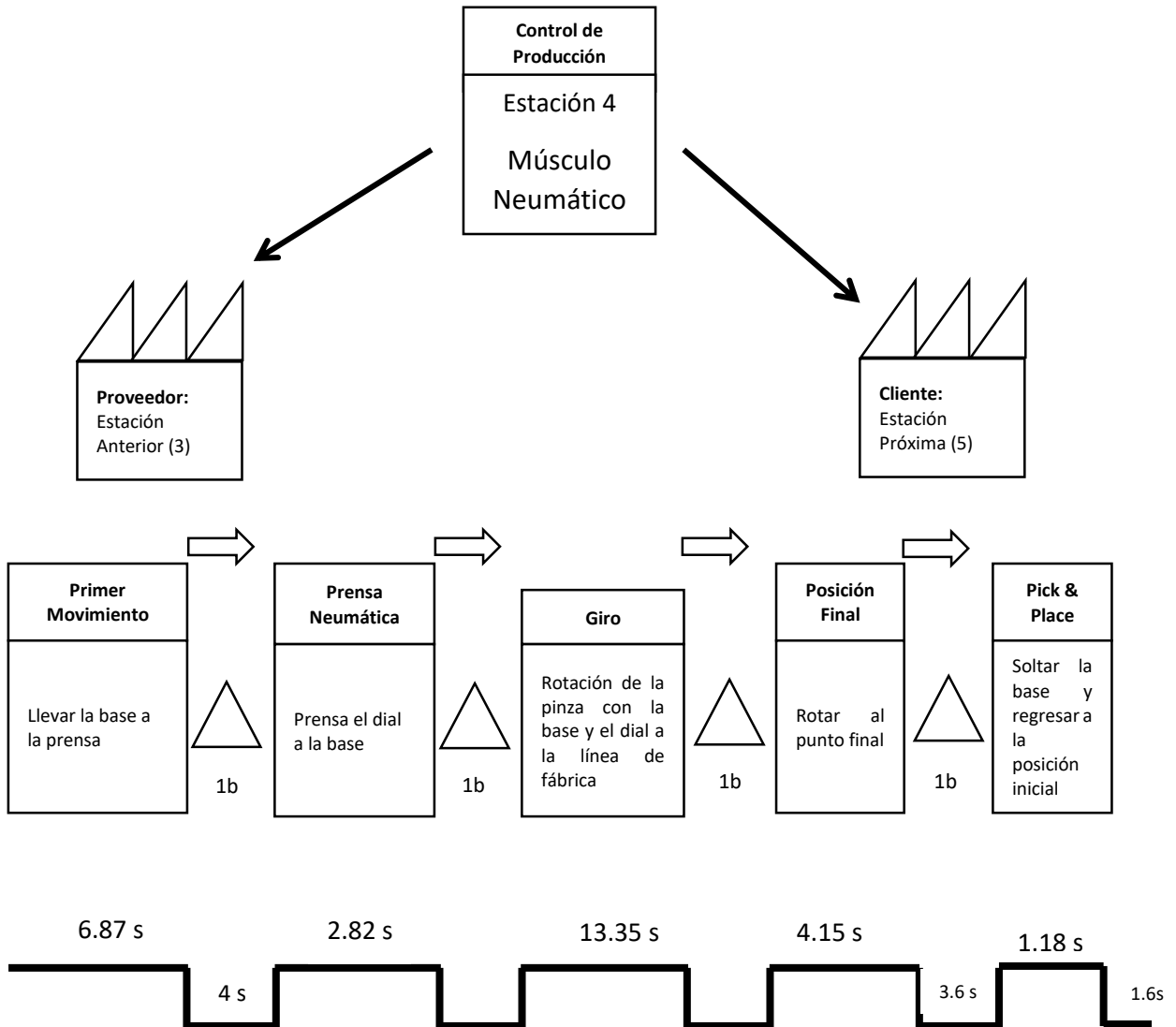


Gráfico 4-5 VSM estación de Musculo inicial

Elaborado por: el investigador

#	ACTIVIDAD	SIMBOLO DE FLUJO	TIEMPO	○	➡	◐	◻	▽
1	Traslado de la base con posibilidad de llegar con sin dial de la estación de prensa con músculo neumático a la estación de separación	➡	10s		●			
2	Censado de la base por el sensor SP1	◻	0,5s				●	
3	Activación de la banda 1	○	0.5s	●				
4	Traslado de la base hasta el sensor STAPA	➡	3s		●			
5	Verificación de la base Bueno (con dial) o Malo (sin dial) por el sensor	◻	0.5s				●	
6	Almacenamiento de base optima o defectuosa (con dial o sin dial)	▽	0,5s					●
7	Demora por verificación de pieza	◐	2s					●
8	Activación del pistón (A-)	○	0,5s	●				
9	Activación de la banda 1	○	0.5s	●				
10	Traslado la base por la banda 1 hasta en sensor SP2	➡	4.8s				●	
11	Detección de la presencia de la base por el sensor SP2	◻	0.2ms					●
12	Si la base tiene dial se activa el pistón 2 empujándola a la banda 2	○	2ms	●				
13	Si la base no tiene el dial no se activa el pistón 2, ni la banda 2, por lo tanto la base seguirá el traslado por la banda 1 hasta la estación de clasificación	➡	5s					●
14	Si se cumple el proceso 11 se activa la banda 2, y está la trasladada hasta el final del proceso para que la base sea trasladada por el Robotino	➡	6s					●

Tabla 4-5 Hoja de procesos estación de separación condición inicial
Elaborado por: el investigador

VSM DE SEPARACIÓN CONDICIÓN INICIAL

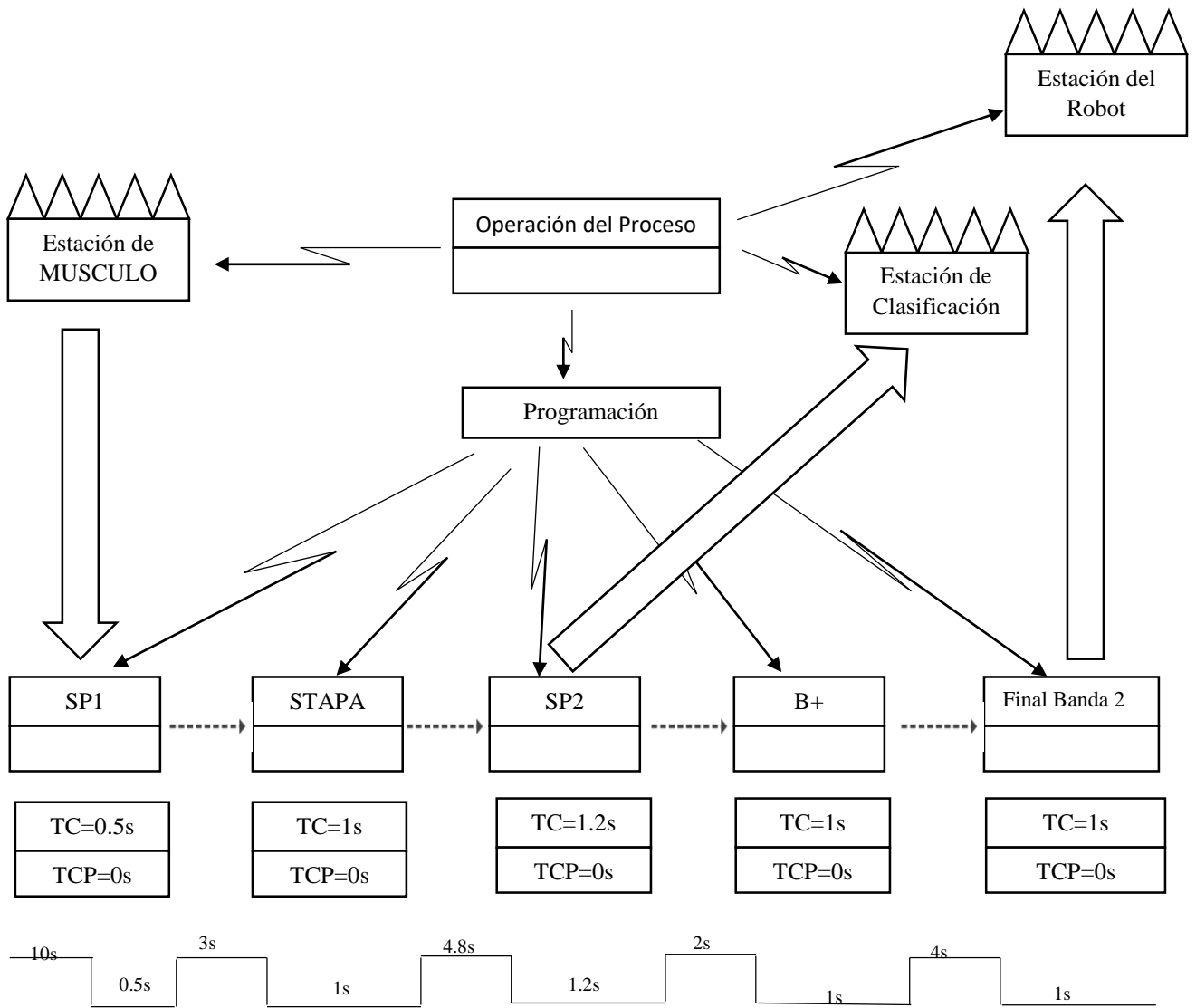


Gráfico 4-6 VSM estación de separación condición inicial
Elaborado por: el investigador

ANÁLISIS DE DATOS

PROCESO ORIGINAL DISTRIBUCIÓN PIEZA 1

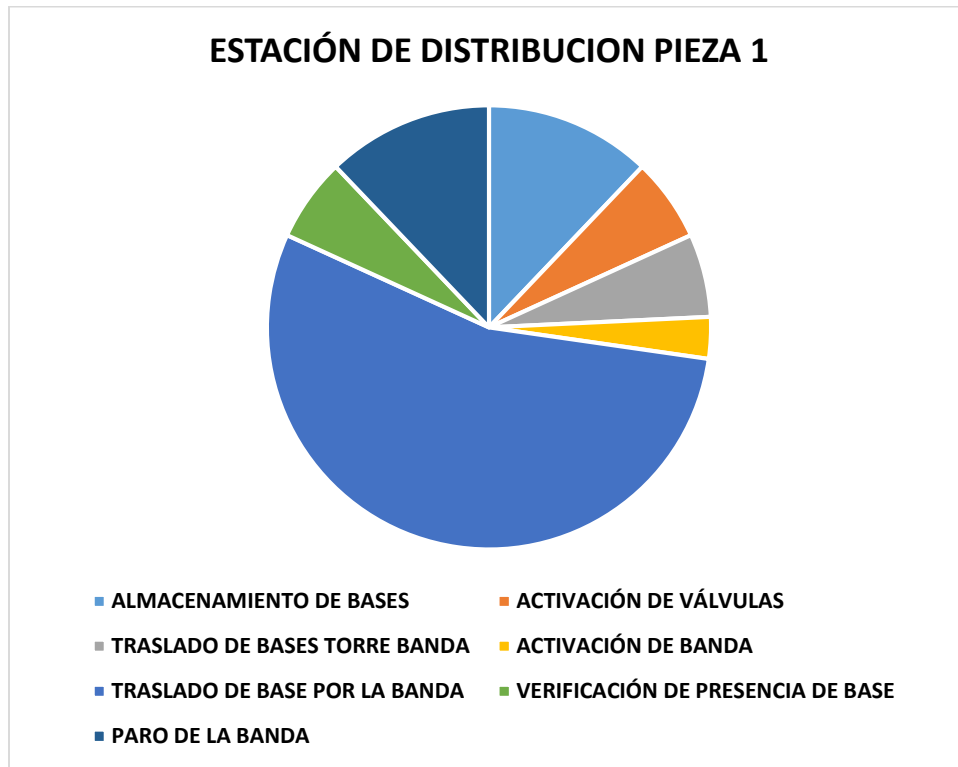


Gráfico 4-7 tiempos de estación de distribución pieza 1
Elaborado por: el investigador

La pieza 1 es la que más cerca está de la salida de la estación por lo que el transporte es menor que en la 2 y la 3. Sin embargo, el tiempo de transporte es sensiblemente mayor que el resto de operaciones del proceso, y es el que da razón de ser al tiempo total de la estación en lo que corresponde a la pieza 1.

El transporte para cada ciclo de trabajo es siempre el mismo para la pieza 1 por lo que habrá que plantear una solución programática y/o física para disminuir ese desperdicio.

El movimiento del cilindro de empuje está regulado para moverse muy lento por lo que habrá que analizar la manera de hacerlo más rápido y evitar además ese desperdicio.

DISTRIBUCIÓN PIEZA 2

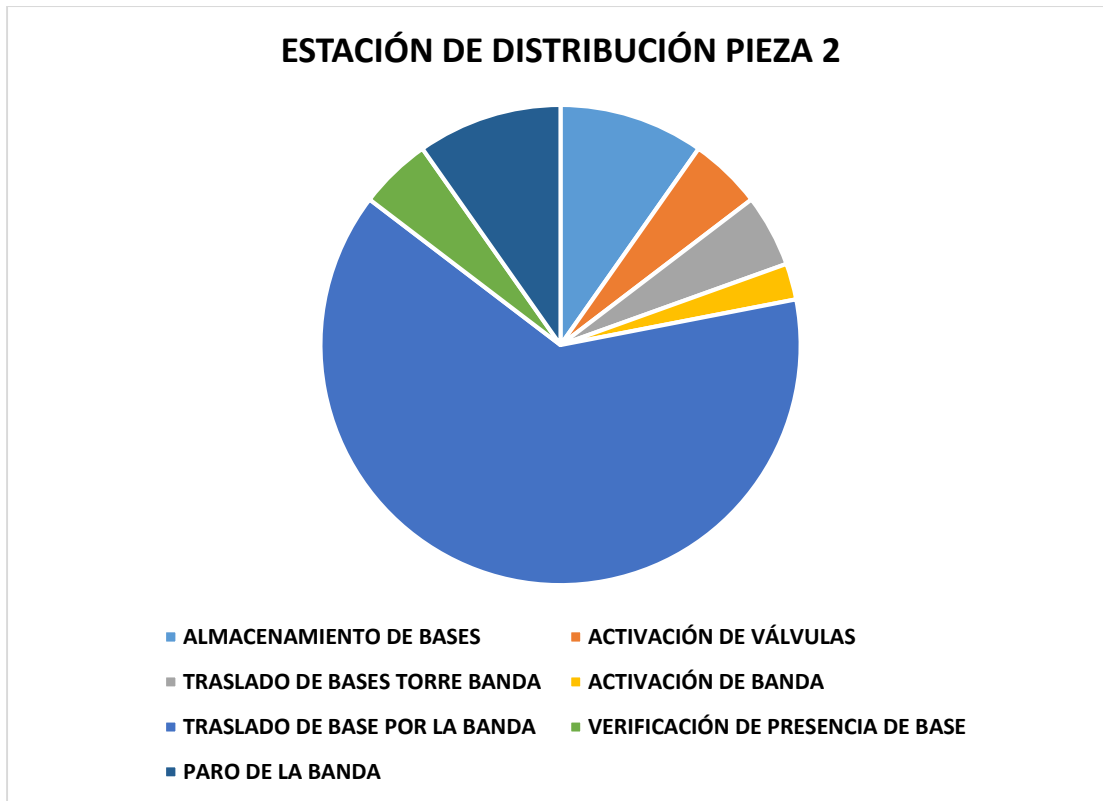


Gráfico 4-8 Tiempos de estación de distribución pieza 2
Elaborado por: el investigador

La pieza 2 está más cerca de la salida que la pieza, por lo que el transporte es menor. Sin embargo, el tiempo de transporte es sensiblemente mayor que el de la pieza 1, y es el que da razón de ser al tiempo total de la estación en lo que corresponde a la pieza 2.

El transporte para cada ciclo de trabajo es siempre el mismo para la pieza 2 por lo que habrá que plantear una solución programática y/o física para disminuir ese desperdicio.

El movimiento del cilindro de empuje está regulado para moverse muy lento por lo que habrá que analizar la manera de hacerlo más rápido y evitar además ese desperdicio.

DISTRIBUCIÓN PIEZA 3



Gráfico 4-9 Tiempos de estación de distribución pieza 3

Elaborado por: el investigador

La pieza 3 está más cerca de la salida que la pieza, por lo que el transporte es menor. Sin embargo, el tiempo de transporte es sensiblemente mayor que el de la pieza 2, y es el que da razón de ser al tiempo total de la estación en lo que corresponde a la pieza 3.

El transporte para cada ciclo de trabajo es siempre el mismo para la pieza 3 por lo que habrá que plantear una solución programática y/o física para disminuir ese desperdicio.

El movimiento del cilindro de empuje está regulado para moverse muy lento por lo que habrá que analizar la manera de hacerlo más rápido y evitar además ese desperdicio.

ESTACIÓN DE GIRO

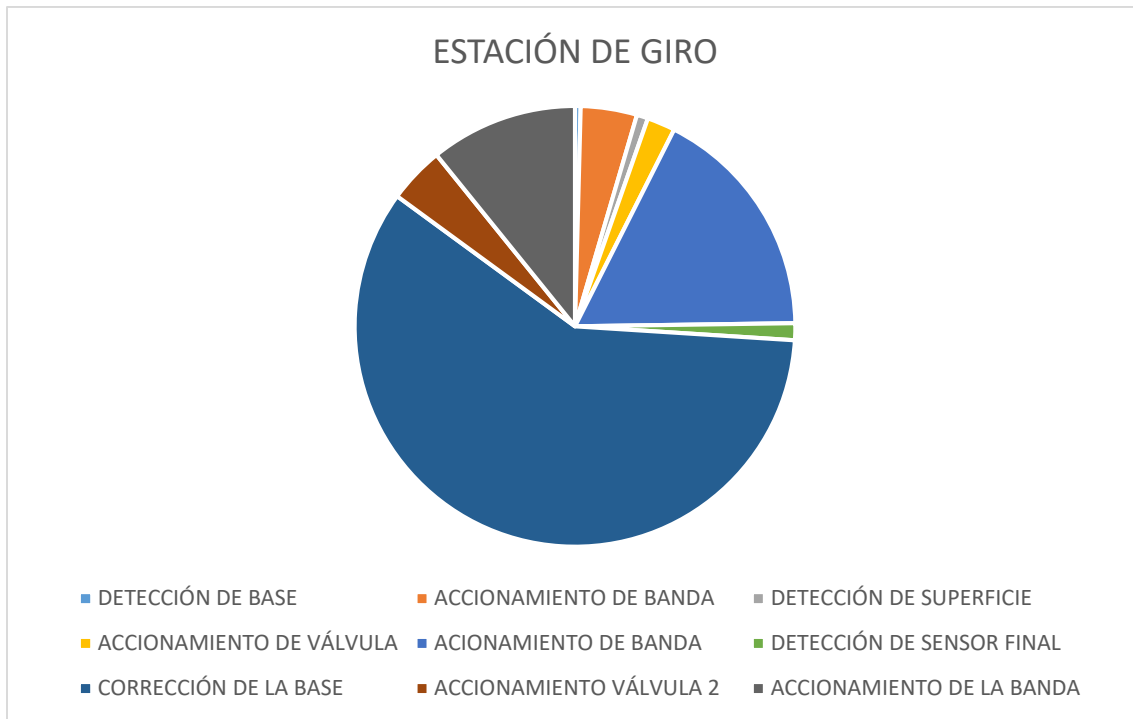


Gráfico 4-10 Tiempos de estación de Giro
Elaborado por: el investigador

En esta estación la pieza recorre por la banda pasando por el sistema de detección la pérdida de tiempo ocurre en la espera para cuando tiene que corregir la posición de la base, que no depende de la calidad de programación sino de la posición de entrega de la base.

Cada operación se ejecuta dentro de un programa secuencial tarea por tarea. Por lo que la pérdida de tiempo se da tomando en cuenta la simplicidad de la tarea en total.

ESTACIÓN PICK AND PLACE



Gráfico 4-11 Tiempos de estación Pick and Place
Elaborado por: el investigador

Esta estación no debe escoger opciones para su movimiento, desde el punto de vista de corrección de posición. Más bien produce pérdidas debido a la espera de movimientos por la programación, aunque no errada pero no optimizada de espera mientras la pieza llega a la posición de ensamblaje.

ESTACIÓN DE MÚSCULO NEUMATICO

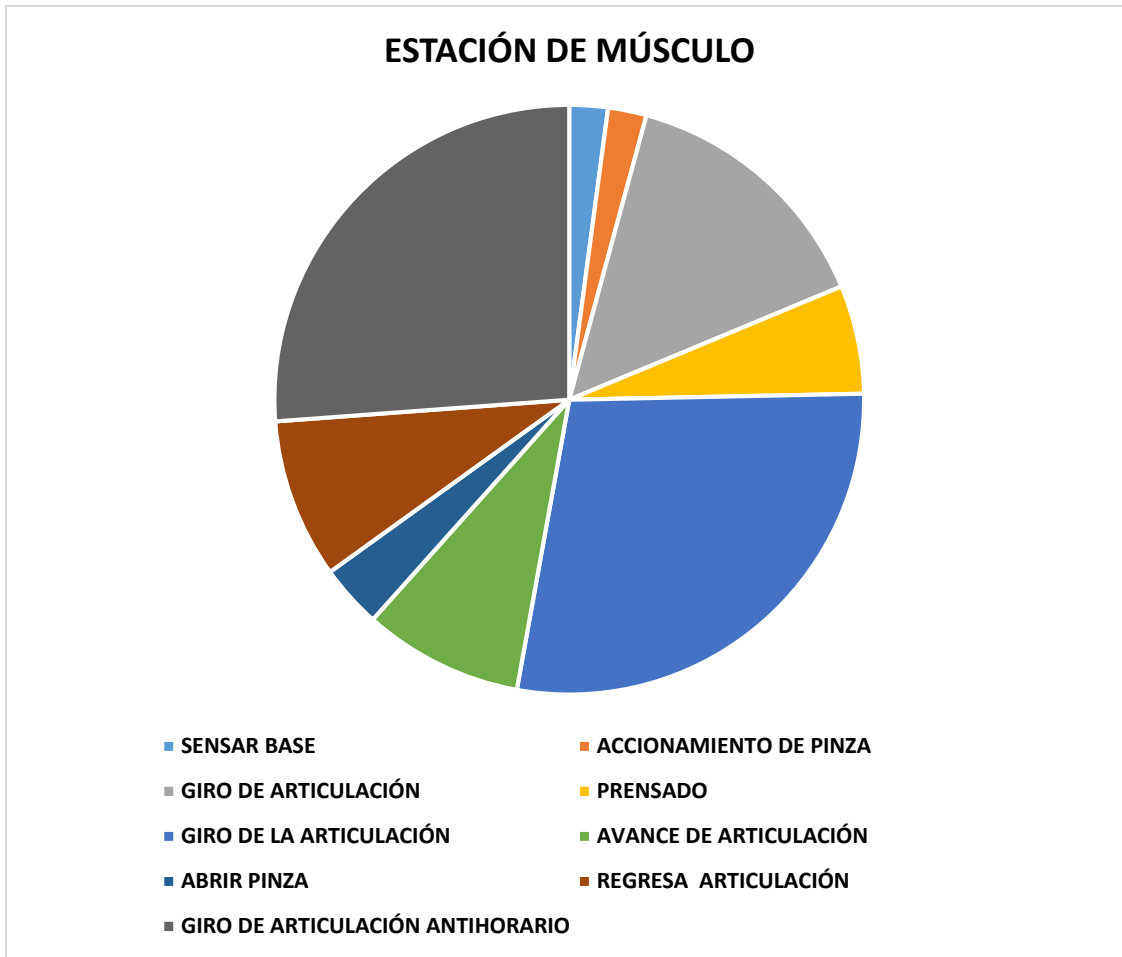


Gráfico 4-12 Tiempos de estación de músculo
Elaborado por: el investigador

En esta estación la pieza recorre alrededor del eje de giro de la articulación pasando por el sistema de prensado por musculo neumático.

Cada operación se ejecuta dentro de un programa secuencial tarea por tarea. Por lo que la pérdida de tiempo es alta tomando en cuenta la simplicidad de la tarea en total.

ESTACIÓN DE SEPARACIÓN



Gráfico 4-13 Tiempos de estación de separación
Elaborado por: el investigador

Esta estación permite la diferenciación de la piza bien ensamblada o sin dial. Esta, a la vez que evalúa el producto, también lo separa por lo que cumple con un papel muy importante dentro del proceso. El problema más grave dentro de la programación es la espera prolongada del producto en la entrada. Lo que eleva el tiempo de ciclo de la estación.

Luego de haber analizado la situación actual u original del proceso de montaje de manómetros, se observa que el tiempo total del paso de una base para el montaje es de 146.23 segundos, desde luego esto suponiendo que todas las piezas ingresen en posición incorrecta, dando lugar a la activación del sistema de giro.

ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN	25
ESTACIÓN DE GIRO	24.2
ESTACIÓN PICK AND PLACE	16.23
ESTACIÓN DE MÚSCULO	47
ESTACIÓN DE SEPARACIÓN	33.8
TOTAL EN SEGUNDOS	146.23

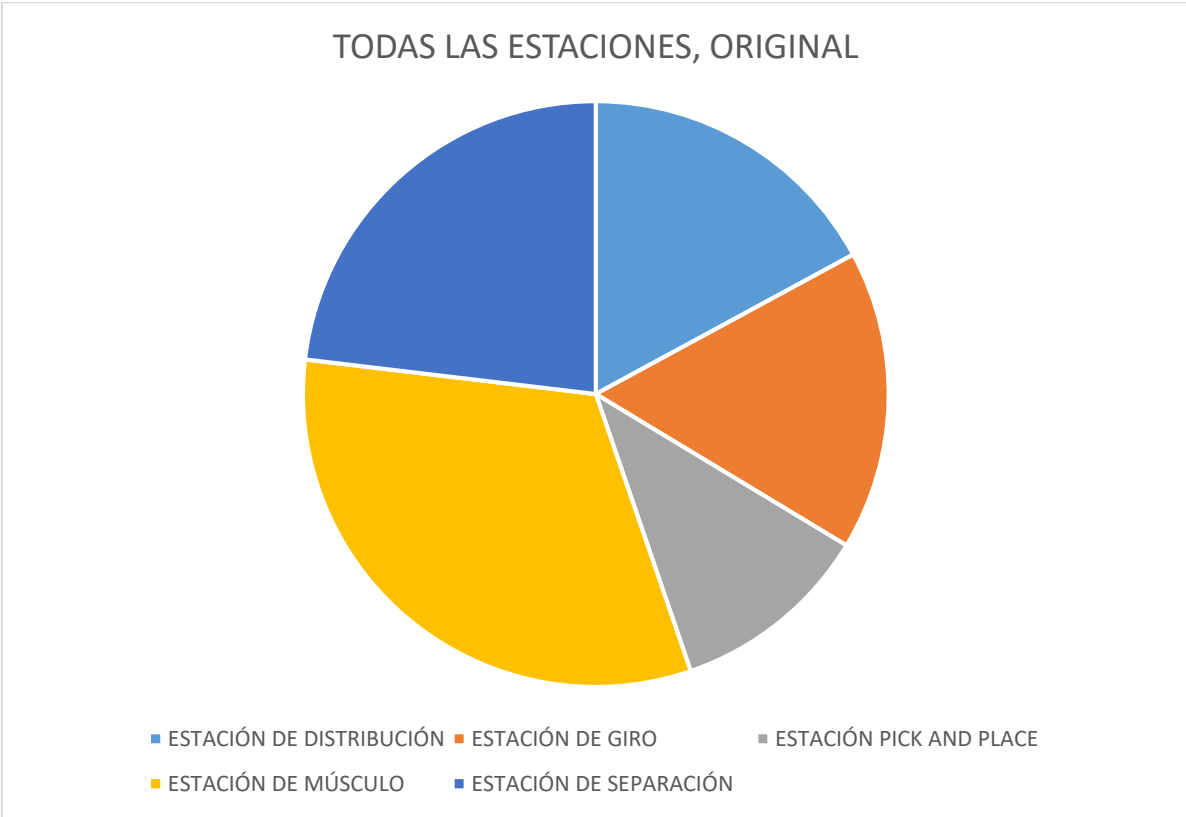


Gráfico 4-14 tiempo total de estaciones

Elaborado por: el investigador

Como se puede notar la estación de musculo es la que más tiempo ocupa en el proceso, sin querer decir que es la que más correcciones programáticas debe tener. Cabe anotar que esto no influye directamente en el alto tiempo de ciclo, ya que las otras estaciones contribuyen también a este problema, como la de pick and place.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El diseño de las hojas de proceso permite visualizar el conjunto de actividades y su influencia en el cometimiento de errores o desperdicios. Este diseño debe incluir hasta los micro movimientos, imperceptibles si no se detiene a observar el proceso, por lo que su elaboración llega a tener importancia primordial en el resultado del trabajo.

Se debe analizar detenidamente la forma de aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta y su influencia individual en el proceso productivo. Durante el análisis, identificar las oportunidades de aplicación de las mismas en la programación. Esto permitirá un trabajo óptimo de los elementos involucrados en el proceso.

Cada herramienta de manufactura esbelta tiene su ámbito de aplicación, y cada uno tiene involucrado un principio, el conjunto de estas permite la optimización del proceso y la eliminación de desperdicios de toda índole. Esto hace de la herramienta un elemento fundamental al momento de programar el proceso.

El análisis del proceso, se puede usar como herramienta para reprogramar el proceso. Mediante el uso de diagramas grafcet, optimizado, se ha obtenido el programa final eliminando operaciones innecesarias o repetitivas. En este se deben usar el principio de cada una de las herramientas de la manufactura esbelta o de la que sea necesaria.

RECOMENDACIONES

Realizar un análisis del proceso, asemejando a un análisis de micro movimientos. Durante el mismo, identificar las tareas que pueden mejorar, mediante la hoja de proceso. Aplicar el principio de los 7 desperdicios para determinar cuáles son los que están influyendo en el retraso del proceso. Las 5 S para obtener un proceso limpio y ordenado. Las tarjetas de Kanban para guardar las memorias con la información del proceso para utilizarlos cuando el grafcet lo indique. Y el JIT para enlazar las estaciones y envíen las bases solo cuando sea necesario y justo a tiempo.

Antes de realizar el análisis, se debe acondicionar mecánicamente la estación en estudio para que el mecanismo fluya fácilmente y en cadencia.

Realizar el VSM en orden, utilizando la simbología normalizada, lo que permitirá visualizar el proceso en su conjunto, para determinar los puntos a corregir.

CAPITULO 6

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

6.1 Antecedentes de la propuesta

“El control de procesos toma en cuenta la medición y el análisis de las variables que determinan el funcionamiento de un proceso, así como la toma de decisiones y la ejecución de acciones de control para gobernar dicho proceso. Aun cuando el control del proceso se realice con fines netamente operativos, siempre es posible capturar y almacenar información, que puede ser eficientemente procesada con fines de mantenimiento, como es el caso del mantenimiento predictivo. Asimismo, se acostumbra instrumentar máquinas y equipos de proceso para adquirir datos exclusivos para estos fines. Como una opción más, se pueden automatizar las tareas de mantenimiento.” (López 2011, 35)

De lo anterior se desprende que un buen mantenimiento comienza con un buen diseño.

Por esta razón, cuando se planifica el diseño de un sistema de control industrial, hay que tomar en cuenta que a la postre el mantenimiento preventivo debe ser sencillo.

El mantenimiento es parte de la manufactura esbelta debido a que, al igual que el sistema de producción, no debe sobrar ni faltar nada. En este mundo se habla del TPM. Mantenimiento Productivo Total, y del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, Reliability Centred Maintenance, como herramienta de la manufactura esbelta.

Según (GIANNASI 2012, 6) para ser competitivas las empresas deben cumplir con los requisitos:

- Lograr mayor productividad
- Disminuir defectos
- Disminuir costos
- Aumentar el nivel de satisfacción
- Disminuir el tiempo de entrega
- Ciclo de diseño más cortos

La falta de mantenimiento produce desperfectos en máquinas y ocasiona fallas en el proceso y que a su vez produce desperdicios.

“Se conoce como desperdicio aquellas actividades que consumen recursos pero que no agregan ningún valor al producto o servicio que está generando dentro de una empresa. Existen al menos siete desperdicios a los cuales las empresas que buscan la excelencia de sus procesos se enfrentan cotidianamente.” (JIMENEZ, 2017, 58)

La productividad se mide en función de la cantidad producida, dividida por los recursos empleados, es decir, la productividad aumentará cuando se logre producir más, con menos recursos y en el menor tiempo. Esa es la premisa a alcanzar.

De ahí sale la base para cumplir con el objetivo propuesto, hacer que el sistema o proceso de producción sea más eficiente, y sin necesidad de medirlo científicamente, se puede afirmar que si se logra poner en práctica la regla de la productividad, se habrá cumplido el objetivo. En el Ecuador, las empresas deben mejorar la productividad para ser competitivos, y no es cosa de invertir mayor cantidad de dinero, sino emplear de mejor manera el existente.

Es de conocimiento público que una gran cantidad de artesanos, con el tiempo se han ido “industrializando”, es decir, han querido mejorar su producción echando mano de la tecnología, pero eso no basta, hay que cambiar de forma de pensar hacia el pensamiento esbelto.

6.2 Justificación

En el centro del país, así como en la provincia de Tungurahua, Cotopaxi y Chimborazo, la pequeña y mediana empresa se ocupa del sector del caucho, plástico, metalmecánica y textil, además de otras.

Muchas de ellas artesanales con el afán de mejorar su producción. Ese deseo las ha llevado a invertir en tecnología, dicho desde el punto de vista de equipamiento, tales como sistemas hidráulicos, sistemas de control con PLC, y sistemas de monitoreo.

Pero eso no es todo, en realidad no es lo más importante. Para alcanzar a mejorar la productividad hay que cambiar la filosofía con la que se produce, se actúa y se vive.

Desde el punto de vista de la producción, quiere decir debemos avanzar conforme a la tecnología y a la forma de trabajar.

Desde hace muchos años ya, el sistema de producción Toyota, ha sido la base para realizar cambios en la forma de producir, y ésta también ha sido la base para la manufactura esbelta, Lean Manufacture, que permitirá llegar a conseguir el objetivo de mejorar el sistema de producción.

Para ello la presente propuesta busca aplicar algunas de las herramientas de la manufactura esbelta, entre ellas la Teoría de los 7 desperdicios, 5 S, JIT, Kanban, VSM

Algunas empresas como Ecuasal, Novacero y otras ya aplican estas herramientas como parte de su filosofía en el trabajo.

6.3 Objetivos de la propuesta

6.3.1 Objetivo general

Aplicar los principios de la manufactura esbelta en la programación industrial.

6.3.2 Objetivo específico

- Analizar las características de las herramientas de la manufactura esbelta
- Programar los PLC aplicando los principios de las herramientas de la manufactura esbelta
- Establecer la diferencia entre el proceso original con el propuesto y aplicado

6.4 Fundamentación

Las herramientas de la manufactura esbelta permiten optimizar el proceso cumpliendo cada una con su precepto.

Según la teoría de los 7 desperdicios, se considera desperdicio toda actividad o material que no genera valor. Por otro lado, es aquel mal uso de recursos sean materia prima, humano o máquina.

Los 7 desperdicios comúnmente observados son:

Producir más de lo que realmente se necesita, esperas innecesarias o largas, Tiempo muerto que se produce por esperas innecesarias, Transporte lento o innecesario, Perdidas por transporte desde posiciones inadecuadas, exceso de manipulación, procesos inadecuados o erróneos, Procesos que no añaden valor alguno, o trabajo que puede hacerse en combinación con otro. Inventario innecesario, cualquier producto suministrado y que excede el requerimiento de la línea de producción. Se aplica, además, a productos semielaborados Cuando se necesita reacondicionar partes en proceso, o productos que no reúnen las condiciones especificadas. Cualquier movimiento de máquinas que no generen valor alguno. Estos desperdicios generan retrasos y pérdidas de material, horas hombre u horas máquina, lo que resultará en encarecimiento del producto terminado.

Las 5 s, es una metodología para organizar el trabajo del proceso para disminuir el desperdicio. Las que más se acercan a la realidad del proceso son:

Sein, clasificación, es decir, separar lo innecesario

Seiton, orden, es decir, poner lo necesario.

Seiso, limpieza, es decir, eliminar desperdicios.

Seiketsu, estandarización, es decir, señalar las condiciones anómalas.

Shitzuke, disciplina, es decir, seguir mejorando.

Son las más fáciles de entender, pero más difíciles de aplicar en la programación industrial. Se deben ordenar los objetos útiles, es darle un lugar determinado a cada cosa, ubicar los objetos en el lugar determinado e identificado, esto con el propósito de que las partes o elementos necesarios puedan ser llevados fácilmente por hacia la estación que los necesite. Esto ahorra tiempo, así como movimientos innecesarios, evita problemas de calidad y que colapse la línea de producción, el gráfico ayuda a visualizar que la aplicación de estos principios no es una tecnología o ciencia, sino más bien una filosofía, que se debe tomar en cuenta al momento de planificar la programación del proceso.

En esta filosofía se debe incluir:

Orden, es decir, utilizar un método sistemático, lógico y que represente el proceso que se desea controlar.

Limpieza, significa no haya memorias sueltas o con uso doble, sin sentido, que suelen existir en algunas formas de programación, o cuando se la realiza de manera intuitiva.

Disciplina, es decir, ser analítico, sistemático, para no pasar por alto ninguna situación anómala y que produzca los desperdicios que se trata de eliminar.

Estandarización, aplicar el método como una herramienta que produzca un programa con las partes organizadas y con las características que deben tener, que sea fácil de entender.

De las 5 S, estos principios se deben involucrar al momento de programar.

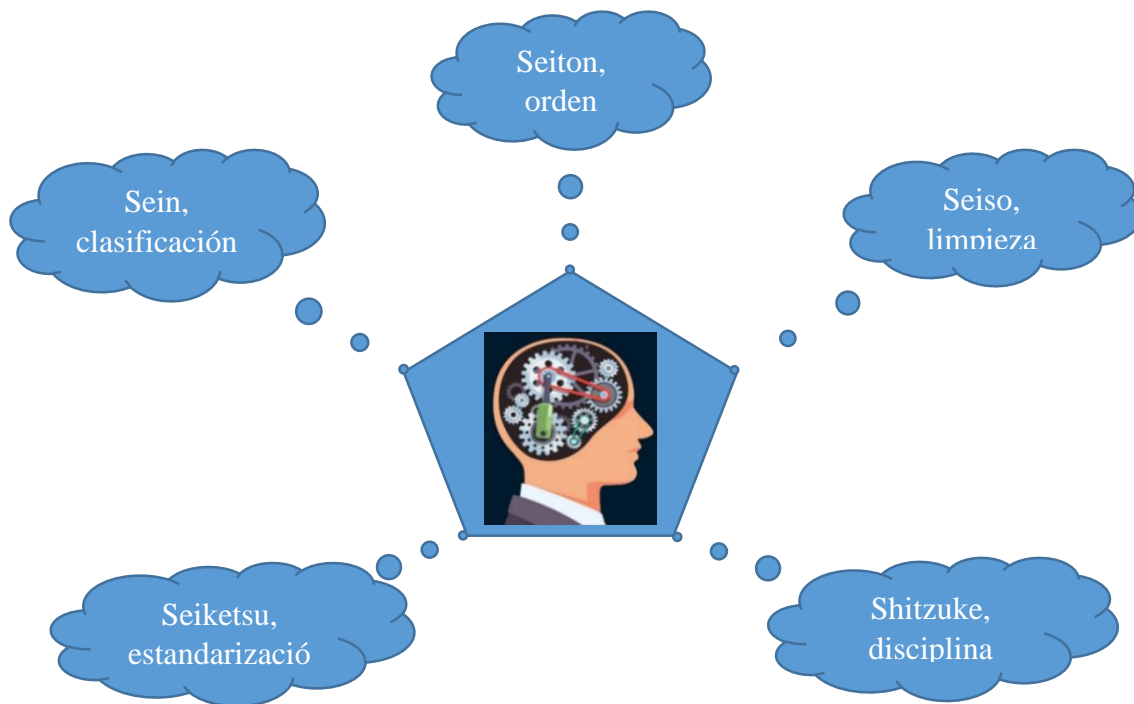


Gráfico 6-1 Herramienta 5 S
Elaborado por: el investigador

Kanban, es un simple pero poderoso sistema de información, este conecta de forma armónica y eficiente los procesos a través de la línea de producción, entregando los productos correctos en la cantidad correcta y en el momento correcto (JIT), la traducción literal de Kanban es señal, y esta señal es la que se debe utilizar para conseguir el objetivo planteado.

Evita la sobreproducción y permite fabricar solo lo que el cliente necesita. Hay varios tipos de Kanban, entre ellos, el Kanban de transporte en este transmiten de una estación a la Down las necesidades de material de la estación siguiente. La información que contienen es la siguiente:

Ítem transportado

Número de piezas por contenedor

Número de orden de la tarjeta

Este principio servirá de guía para la programación industrial. En la figura 19 se ilustra lo siguiente:

Se debe entender el espíritu que está detrás del pensamiento esbelto, Kanban, por ejemplo, utiliza un sistema de tarjetería para su desarrollo, sin embargo, para la programación industrial se toma su principio, es decir el uso de tarjetas, en este caso memorias que deben llevar la información, para que, junto con la lógica programada, se ejecute la orden de trabajo. Una memoria puede guardar la información de que se necesita una pieza de la estación anterior, esta información es leída por un sensor del proceso y enviará el mensaje a la estación anterior al ejecutarse en el programa la orden requerida.

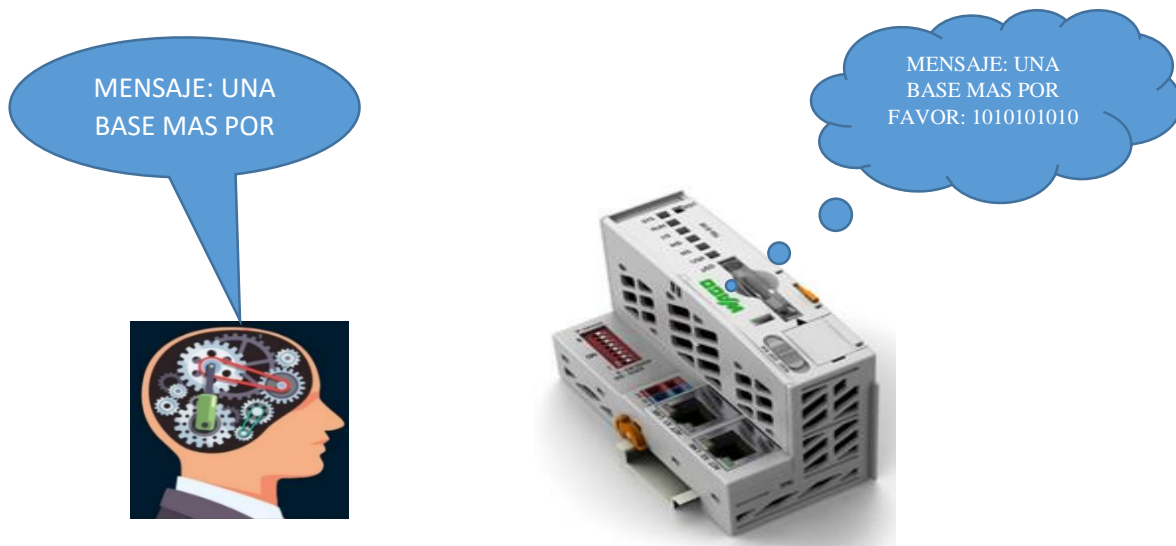


Gráfico 6-2 Herramienta Kanban

Elaborado por: el investigador

Los sistemas conocidos como Just In Time, JIT, han permanecido en un desarrollo sin precedentes. Aunque su nacimiento fue en Japón y se pensaba que no sería posible implementar en industria que no sean japonesas, ha quedado demostrado que, si bien serían muy útiles, requerían un profundo cambio de pensamiento en la forma de programar la producción para mejorar el flujo de materiales.

“En el primer caso, se buscó eliminar las sobre existencias (de producción y de recursos), al juzgarse que ello representaba una de las mayores debilidades del sistema fordista estadounidense —incapaz de evitar el derroche de recursos dado el gigantismo de sus economías—.” (Juárez, 2002)

Este principio impide que se tenga productos cuando no se requiere ni que se quede sin productos cuando se los necesite. Además, lo que soporta este principio son: Atacar problemas de fondo, eliminar desperdicios y hacerlo simple, atacando a los 7 desperdicios.

El justo a tiempo implica Que, Cuando, Cuanto, Como, Donde. En la figura 20 se detalla el ciclo de preguntas ayuda a cumplir el JIT.

El cumplir con estas premisas hará que el JIT tenga sentido.

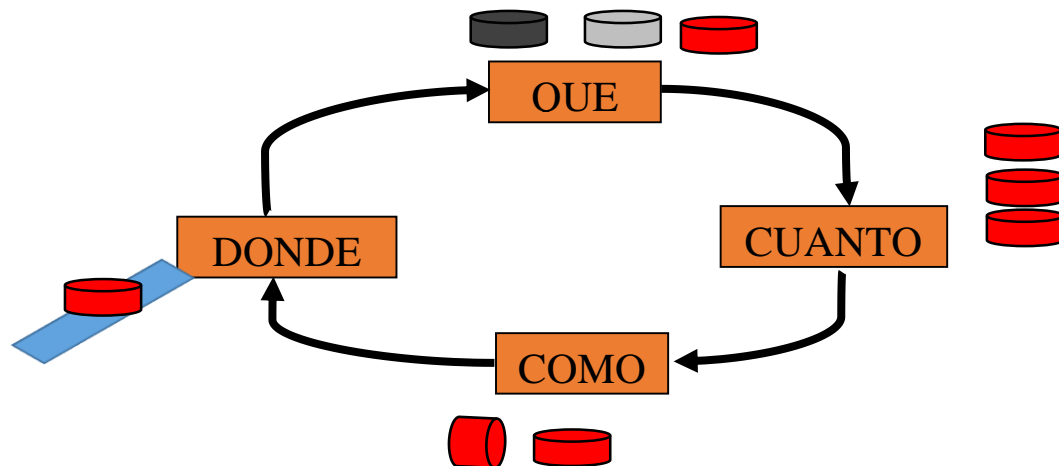


Gráfico 6-3 Herramienta JIT
Elaborado por: el investigador

El VSM es una herramienta que se utiliza principalmente para analizar de forma global-general la cadena de valor, pero no se analiza solo un proceso y se obtiene únicamente algunos datos generales de las distintas estaciones envueltas en el proceso total.

Lo que se quiere lograr con el mapeado de la cadena de valor, es obtener una vista ampliada del conjunto total, no sólo de las estaciones individuales, sino tratar de mejorar todo, no sólo optimizarlas individualmente. A partir de la información recogida debe establecerse cuál es la situación final con el VSM final. Además, se establece un plan de acciones donde se detallan los cambios necesarios que se sugiere se realicen.

“hay muchas actividades que la compañía productora o de servicios requiere y son necesarias para su operación interna, pero que no agregan valor desde el punto de vista de las ventajas para el cliente. Estas actividades se deben reducir al máximo... además hay otras actividades que no agregan valor alguno ni al cliente ni son esenciales a la empresa y son unos verdaderos desperdicios de recursos estos se deben eliminar a la brevedad” (Cabrera 2013)

“Para la construcción del mapa de estado actual es necesario definir los indicadores que permitirán tener una visión más detallada de los procesos y su desempeño, así como los programas de entrega tanto del proveedor de materia prima como de la empresa al cliente.” (Cantú 2005). La herramienta VSM describe el flujo de los materiales, figura 21.

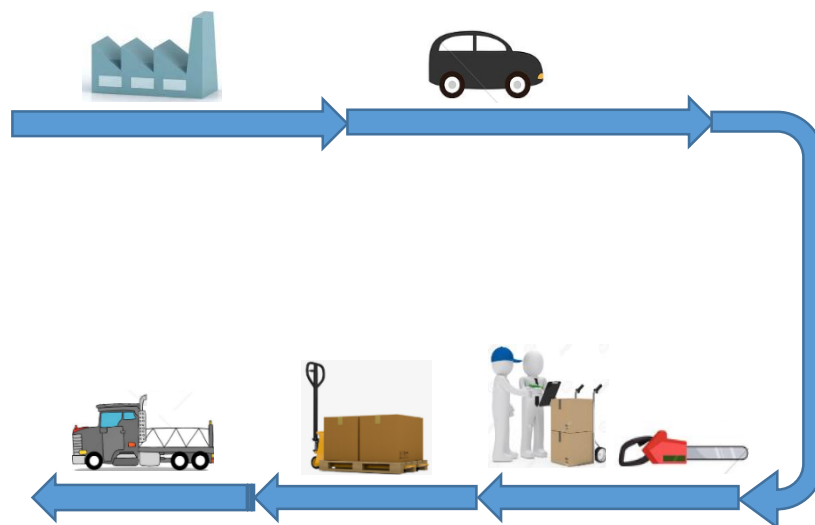


Gráfico 6-4 Herramienta VSM

Elaborado por: el investigador

6.5 Descripción del sistema a trabajar

El sistema de montaje de manómetros, es un sistema ensamblado totalmente en el laboratorio de Automatización Industrial, de la FIE-ESPOCH.

Basado en las estaciones Festo, para sistemas de producción modular MPS.

Se entiende que los materiales o materia prima de ingreso, deben ser ensamblados correctamente para ser entregados en la posición de salida hacia la estación de Robot, en donde está montado un Brazo Robot Mitsubishi RV2SDB, DE 6 GDL.

Cada una de las estaciones cumple con su cometido, tiene su acometida eléctrica 110 VAC/24 VDC, y neumática 6 Bar máximo.

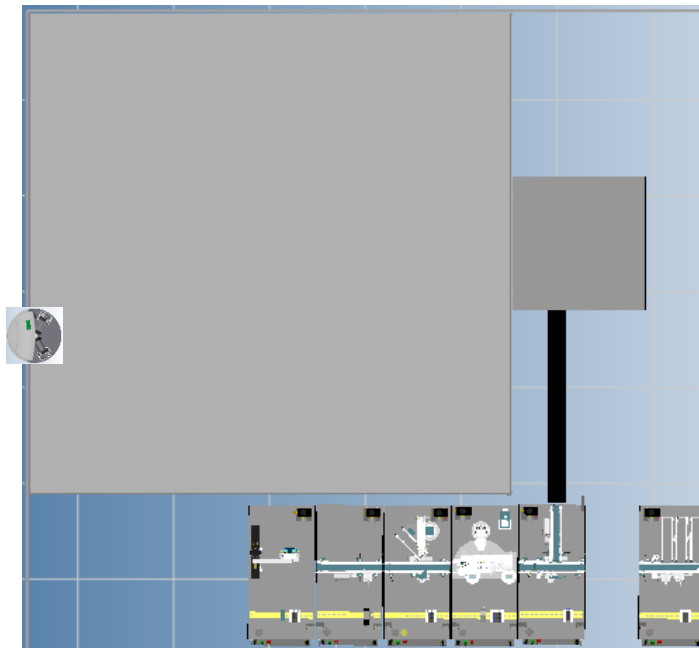


Gráfico 6-5 Estaciones componentes del proceso de ensamblaje

Elaborado por: el investigador

Una vista superior del sistema de ensamblaje de manómetros para el estudio, consta de una mesa de 250x250 cm, de izquierda a derecha: Estación de Distribución, Estación de Giro, estación Pick and Place, estación de Músculo Neumático, Estación de Separación.

La Estación de Clasificación no ha sido tomada en cuenta, así como la Estación de Robot.

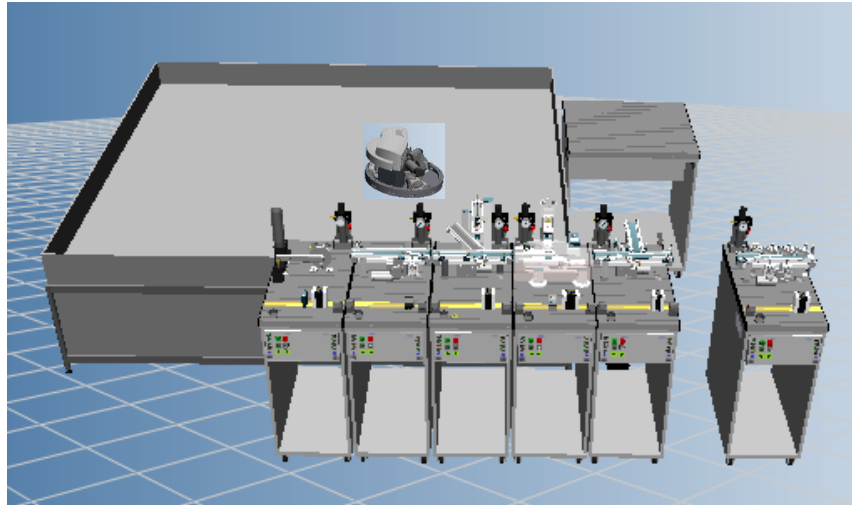


Gráfico 6-6 Disposición de las estaciones componentes del proceso de ensamblaje
Elaborado por: el investigador

ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN

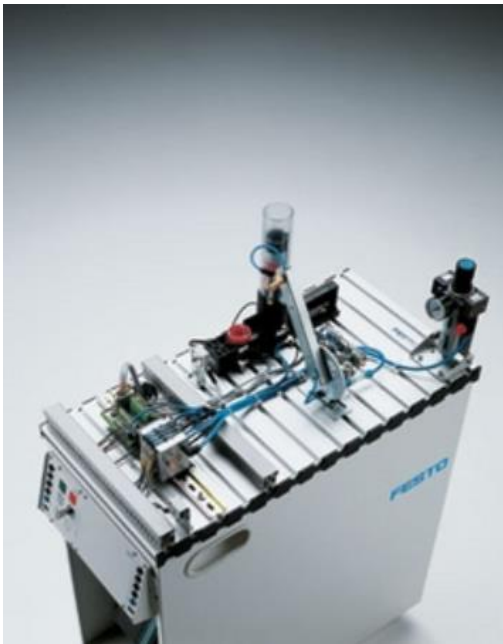


Gráfico 6-7 Estación de distribución
Elaborado por: FESTO KG

La estación de Distribución envía piezas hacia las estaciones siguientes. Hay piezas en el tubo del almacén de apilado, magazine. Esta estación ha sido rediseñada para que disponga de una banda que envíe las piezas base, hacia la siguiente estación. Un cilindro de doble

efecto expulsa las piezas individualmente. De estos hay tres módulos para sacar las piezas del magazine hacia la banda.

Al final de la banda hay un sensor óptico que detecta la pieza base para detenerla si la estación siguiente está ocupada.

Hay una gran ventaja con relación a la estación tradicional, es que la estación que utilizamos tiene 3 magazines, es decir, se puede pedir bases a discreción, no como en la tradicional que debe salir de acuerdo a la posición en la que haya entrado la base al magazine.

El PLC utilizado es un RIEVTECH, con módulo de expansión 10 entradas 8 salidas por relé, con la dirección IP 192.168.0.100 Protocolo de comunicación Modbus TCP

ENTRADAS

NOMBRE	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
INICIO	I01 (módulo de expansión)	
PARO	I02 (módulo de expansión)	
B1	I01	Sensor cilindro 1
B2	I02	Sensor cilindro 2
B3	I03	Sensor cilindro 3
SO1	I04	Sensor Óptico 1
SOE	I05	Sensor Óptico Emisor
SA	I06	Sensor cilindro 1
SB	I07	Sensor cilindro 2
SC	I08	Sensor cilindro 3

SALIDAS

NOMBRE	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
L_VERDE	Q03 (módulo de expansión)	Luz Verde
L_ROJO	Q04 (módulo de expansión)	Luz Roja
VA	Q01 (módulo de expansión)	Cilindro 1
VB	Q02	Cilindro 2
VC	Q01	Cilindro 3
BANDA	Q02 (módulo de expansión)	

MEMORIAS

NOMBRE	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
F1	modbus 1537 del módulo exp1	salida Q03
F2	modbus 1538 del módulo exp1	salida Q04
F3	modbus 1539	salida Q02
F4	modbus 1540	salida Q02
F5	modbus 1541	salida Q01
F6	modbus 1542 del módulo exp1	salida Q02
F7	modbus 1549 del módulo exp1	entrada I01
F8	modbus 1550 del módulo exp1	entrada I02
F9	modbus 1545	entrada I01
F10	modbus 1546	entrada I02
F11	modbus 1547	entrada I03

ESTACIÓN DE GIRO



Gráfico 6-8 Estación de giro
Elaborado por: el investigador

Esta estación permite girar la base que está en posición incorrecta, consta de un brazo compuesta de un cilindro neumático con sistema de giro a 90° y a la vez, avance a posición extendida, con un actuador de giro y pinza acoplados al mismo. El PLC utilizado es un

Siemens 1212C AC/DC/RLY de 10 entradas 7 salidas con módulo de ampliación de 4 entradas y 4 salidas, cuya dirección IP es 192.168.0.2 protocolo de comunicación ETHERNET TCP

Para la comunicación se utiliza el OPC KEPSERVER, permite la comunicación con cualquier software HMI-SCADA, lo que facilita la configuración tanto del monitoreo como el control.

ENTRADAS

TABLA DE VARIABLES ESTACION

GIRO

INICIO	%I0.5
SENS_INI	%I0.0
SENS_FIN	%I0.1
SENS_PROFUND	%I0.2
SENS_INDUC1	%I0.3
SENS_INDUC2	%I0.4
RECEPTOR	%I0.7
PARO	%I0.6

SALIDAS

CILINDRO_INI	%Q0.0
CILINDRO_FIN	%Q0.2
PINZA_GARRA	%Q0.4
CILIND_GIRO_PINZA	%Q0.1
EMISOR_COMUNICACION	%Q8.0
FOCO_ROJO	%Q8.1
FOCO_VERDE	%Q8.2

MEMORIAS

MFV	%M3.1
MFR	%M3.2
M_AUX1	%M50.0
M_AUX2	%M51.0

ESTACIÓN PICK AND PLACE



Gráfico 6-9 Estación Pick and place
Elaborado por: FESTO KG

La estación Pick and Place está equipada con un módulo Pick and Place de dos ejes. Las bases colocadas en el transportador son detectadas por un sensor de óptico. La base es llevada a través de la banda transportadora y detectada por un segundo sensor óptico.

El módulo Pick and Place toma una pieza, dial a insertar, de la rampa y la coloca en el cuerpo base.

La pieza completa (base y pieza dial insertada) es transportada al final de la banda transportadora.

El PLC utilizado es un Schneider modelo TWIDO TWDLCAE40 DRF de 24 entradas y 16 salidas a relé, cuya dirección IP es 192.168.0.3 Protocolo de comunicación Modbus TCP.

ENTRADAS

%IO.0	Selector
%IO.1	Botón de Inicio
%IO.2	Reset
%IO.3	Botón Paro
%IO.4	Sensor Óptico1
%IO.6	Sensor Inductivo
%IO.7	Sensor de Vacío
%IO.8	Sensor Óptico2
%IO.9	Sensor Cilindro Horizontal (a1)
%IO.10	Sensor Cilindro Vertical(b1)

SALIDAS

%Q0.0	Motor de la Banda
%Q0.1	Motor de la Pinza
%Q0.2	Cilindro vertical
%Q0.3	Cilindro Horizontal
%Q0.4	Ventosa
%Q0.5	Emisor
%Q0.6	Electroválvula 4
%Q0.8	Luz Piloto Verde
%Q0.9	Luz Piloto Roja

ESTACIÓN DE MÚSCULO NEUMÁTICO



Gráfico 6-10 Estación de músculo neumático

Elaborado por: FESTO KG

La estación de Prensa con Músculo Neumático, inserta el dial en las bases. El actuador giratorio/lineal (dispositivo de transferencia) mueve la carcasa con el inserto bajo la prensa. El músculo neumático realiza la operación de prensado. La pieza acabada es a continuación transportada a la posición de transferencia utilizando el actuador giratorio/lineal. Un sensor óptico de fibra, se fija al brazo del actuador para detectar la pieza. La presión de prensado es calibrada por la unidad FR. La velocidad de prensado y la profundidad pueden ajustarse tanto manualmente a través del regulador de flujo y el regulador de presión.

El PLC utilizado es un Schneider modelo TWIDO TWDLCAE40 DRF de 24 entradas y 16 salidas a relé, cuya dirección IP es 192.168.0.4

ENTRADAS

DIRECCION PLC	SIMBOLO
%I0.0	SOPT1
%I0.1	A0
%I0.2	B0
%I0.3	B1
%I0.4	B2
%I0.5	A1
%I0.6	SRECEPTOR
%I0.7	
%I0.8	INICIO
%I0.9	PARO
%I0.10	RESET

SALIDAS

DIRECCION PLC	SIMBOLO
%Q0.0	FVERDE
%Q0.1	PRENSA
%Q0.2	FROJO
%Q0.3	BMENOS
%Q0.4	A
%Q0.5	BMAS
%Q0.6	PINZA
%Q0.7	SEMISOR

MEMORIAS

DIRECCION PLC	
%M0	
%M1	M1
%M2	M2
%M3	M3
%M4	M4
%M5	M5
%M6	M6
%M7	M7
%M8	M8
%M9	MRESET
%M10	MPINZA
%M11	MA
%M12	MEMISOR
%M100	INICIO HMI
%M101	PARO HMI
%M102	RESET HMI
%M103	SO HMI
%M104	A0 HMI
%M105	B0 HMI

%M106	B1 HMI
%M107	B2 HMI
%M108	A1 HMI
%M109	SPHMI
%M110	AHMI
%M111	BMASHMI
%M112	BMENOSHMI
%M113	PINZAHMI
%M114	PRENSAHMI
%M115	EMISORHMI

ESTACIÓN DE SEPARACIÓN

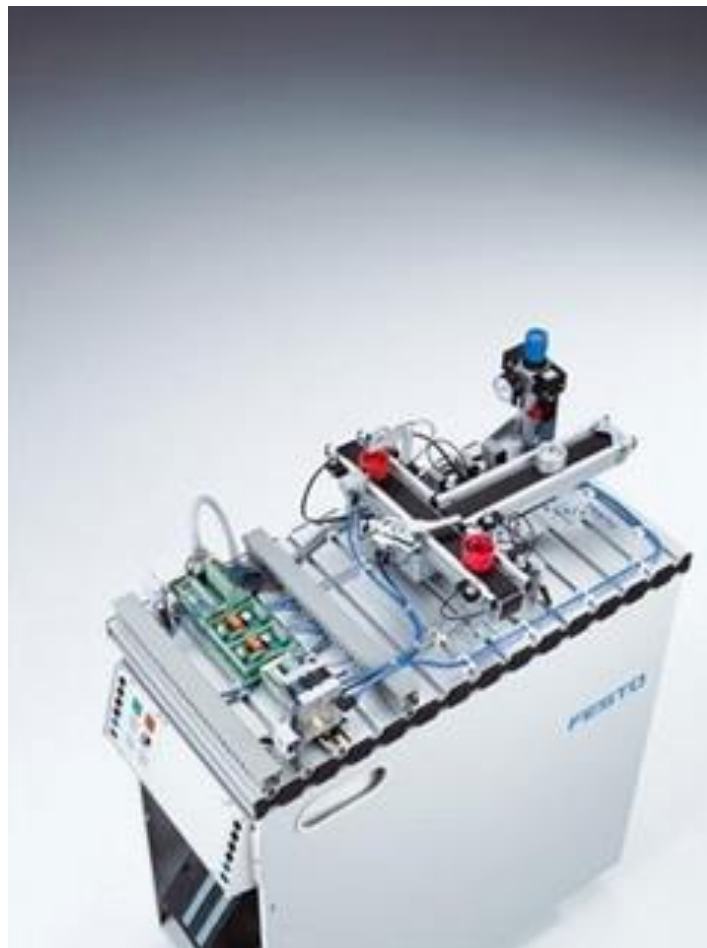


Gráfico 6-11 Estación de separación

Elaborado por: FESTO KG

La estación de Separación distingue piezas basándose en la profundidad de la base y las separa en dos flujos de materiales diferentes.

Las piezas colocadas en el transportador son llevadas al punto de medición de profundidad. Un detector de reflexión directa verifica la profundidad del taladro. Las piezas del tipo "base agujero" (agujero profundo) son llevadas al final del transportador. Las piezas del tipo "cuerpo más dial" (agujero poco profundo) son dirigidas a un segundo transportador utilizando un desviador neumático con actuador lineal. Sensores de barrera laser supervisan el flujo de materiales a los transportadores. El PLC utilizado es un MODICOM TM-221C16R de 9 entradas y 7 salidas a relé, con dirección IP 192.168.0.5 Protocolo de comunicación Modbus TCP

ENTRADAS

Inicio	%I0.1
Paro	%I0.0
Reset	%I0.2
Selector	%I0.3
S1	%I0.4
S2	%I0.5
S3	%I0.6
S4	%I0.7
Contador	%I0.8

SALIDAS

Foco Verde	%Q0.4
Foco Rojo	%Q0.5
Banda 2	%Q0.3
Cilindro A	%Q0.0
Banda 1	%Q0.2
Cilindro B	%Q0.1

MEMORIAS

%M0	Enclava botón inicio y Enciende Foco verde
%M19	Enciende foco rojo
%M15	Enciende la banda 2
%M5	Activa el cilindro B
%M13	Activa el cilindro A
%M12	Enciende la banda 1
%M11	Activa el temporizador. %TM0 (1 seg.)

%M10	Activa el temporizador. %TM9 (1 seg.)
%M9	Activa el temporizador. %TM8 (7.30 seg.)
%M7	Activa el temporizador. %TM7 (1.8 seg.)
%M6	Activa el temporizador. %TM6 (1 seg.)
%M5	Activa el temporizador. %TM5 (0.65 seg.), resetea la memoria %M13 y setea la memoria %M15
%M21	Activa el temporizador. %TM4 (1.95 seg.)
%M22	Activa el temporizador. %TM10(1 seg.) y resetea la %M15
%M8 y %M3	Activa el temporizador. %TM3 (1 seg.) y setea la memoria %M13
%M2	Activa el temporizador. %TM2 (3 seg.) y resetea la memoria %M12
%M1	Activa el temporizador. %TM1 (10 mseg.) y setea la memoria %M12
%M16	Habilita a la estación para recibir otra pieza
%M100	Inicio HMI
%M101	Paro HMI
%M102	Guarda el estado del sensor S1 para el HMI
%M103	Guarda el estado del sensor S2 para el HMI
%M104	Guarda el estado del sensor S3 para el HMI
%M105	Para visualizar una pieza sin tapa en el HMI
%M106	Para visualizar una pieza con tapa en el HMI
%MW200	Para escribir el número de piezas con tapa en el HMI
%MW201	Para escribir el número de piezas sin tapa en el HMI

6.6 Análisis Propuesto

El análisis de las herramientas a utilizar se realiza de la siguiente manera:

Según la teoría de los 7 desperdicios, estudiados en la manufactura esbelta, estos son:

La sobreproducción, Las esperas, Transporte. Procesos inadecuados, Inventario innecesario

Defectos, Movimientos.

Ya se han analizado los mismos, pero la aplicación en la programación industrial se la hace de la siguiente manera:

- a) Lo primero es analizar el proceso actual, tomando en cuenta como pueden afectar los 7 desperdicios al desarrollo óptimo del proceso.
- b) Se pueden agrupar la sobreproducción, el inventario innecesario y los movimientos ¿cómo pueden afectar estos al proceso?
- c) Al ser el proceso, una fabricación en línea, el exceso de uno afectará al siguiente, si simplemente se pone a funcionar una estación esta empezará a producir independientemente de lo que suceda con la siguiente en la línea del proceso. Por lo que se deberá planificar la producción de esta para que no afecte a la siguiente. Identificar estos puntos importantes.
- d) Para aplicarlo en la programación industrial, realizamos primeramente la hoja de procesos, la cual indicará paso a paso a mínimo detalle el proceso, esto lo hacemos para todas las estaciones involucradas, para identificar qué movimiento, o que transporte dentro del mismo, está retrasando el proceso o como una sobreproducción entorpece el mismo.
- e) Por último, revisada la hoja de proceso, marcar los ítems a mejorar.

Como ejemplo está el proceso PICK AND PLACE, la hoja de proceso original, muestra los movimientos ejecutados en el proceso, estos son transporte, evaluación (espera), y operación, entre estos se toman 16.23 segundos, luego de analizar el proceso se detecta que hay movimientos que se pueden realizar en paralelo o al mismo tiempo que otros sin afectar el proceso.

Hay 13 pasos en la hoja de procesos, que deben ejecutarse uno a continuación de otro, según la planificación en el diagrama ladder se muestra de igual manera.

A continuación, se presentan las dos hojas de procesos.

Tabla 6-1 Hoja de procesos original

Elaborado por: el investigador

#	ACTIVIDAD	SÍMBOLO DE FLUJO	TIEMPO	○	➡	□
1	Detección de la base del manómetro por el sensor de presencia uno, para que la banda se active.	□	0.05 s			☆
2	Si el sensor ha detectado la base del manómetro esta se transportará hacia el sensor de presencia 2.	➡	5 s		☆	
3	Detección de la base del manómetro por el sensor de presencia 2 para que la banda se detenga.	□	0.05 s			☆
4	Descenso del vistago del cilindro 2, si el sensor de la ventosa detecta el dial del manómetro	○	1 s	☆		
5	Accionamiento de la ventosa para absorber el dial del manómetro	○	0.5 s	☆		
6	Ascenso del vistago cilindro 2, con el dial en la ventosa	○	1 s	☆		
7	Salida del vistago del cilindro 1, para posicionar al cilindro 2 y la ventosa sobre la base del manómetro.	○	1 s	☆		
8	Descenso del vistago del cilindro 2 para posicionar al dial en la ventosa sobre la base del manómetro	○	1 s	☆		
9	Desactivación de la ventosa para dejar el dial sobre la base del manómetro	○	0.5 s	☆		
10	Ascenso del vistago del cilindro 2 y la ventosa	➡	1 s		☆	
11	Entrada del vistago del cilindro 1	➡	1 s		☆	
12	Parado del motor neumático al manómetro, si el sensor inductivo lo detecta.	○	0.09 s	☆		
13	Transporte hacia al final de la banda	➡	4.04 s			☆

Tabla 6-2 Hoja de procesos final

Elaborado por: el investigador

#	ACTIVIDAD	SÍMBOLOS DE FLUJO	TIEMPO	○	➡	□
1	Detección de la base del manómetro por el sensor de presencia 1, para que la banda se active.	□	0.05 s			☆
2	Si, la base del manómetro es detectado por el sensor de presencia 1, se activa la banda y baja el vástago del cilindro 2, para que el sensor de la ventosa detecte al dial del manómetro, de ser detectado este activará la ventosa y succionará la dial, entonces el vástago del cilindro 2 sube, para que el vástago del cilindro 1 salga hasta la posición de montaje a la espera de la base del manómetro.	○	5 s			
3	Detección de la base del manómetro por el sensor de presencia 2 para que la banda se detenga.	□	0.05 s			☆
4	Descenso del vástago del cilindro 2 con el dial para ubicarlo encima de la base del manómetro	○	0.5 s			
5	Desactivación de la ventosa para posicionar el dial sobre la base del manómetro	○	0.05 s			
6	Ascenso del vástago del cilindro 2 y Entrada del vástago del cilindro 1	➡	0.5 s			
8	Transporte hacia al final de la banda	➡	3 s			

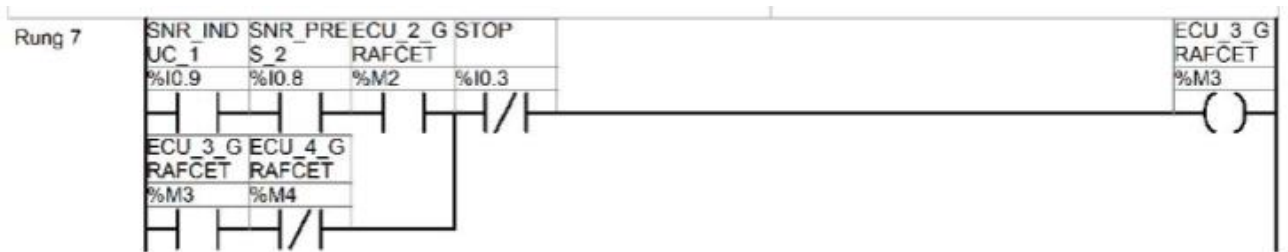
En el programa original se nota que las etapas del proceso se suceden una a continuación de otra, etapa 0, memoria 0, M0 a etapa M19, memoria 19.

En el programa final notamos que la salida de Banda se activa con la etapa correspondiente a la ecuación 1, y el cilindro 2 que es el que recoge el dial del slide, también se activa con la ecuación 1. es decir al mismo tiempo, una vez detectada la base, esta se transportará a través de ella, y mientras esto sucede, el conjunto que compone el sistema pick and place toma el dial y lo transporta justo por encima de la posición de la base, que llega casi al mismo tiempo. En la ecuación 3 el cilindro 2 se vuelve a mover solo para depositar el dial por encima de la base, con lo que se ha ahorrado una gran cantidad de tiempo.

Ecuación 1



Ecuación 2

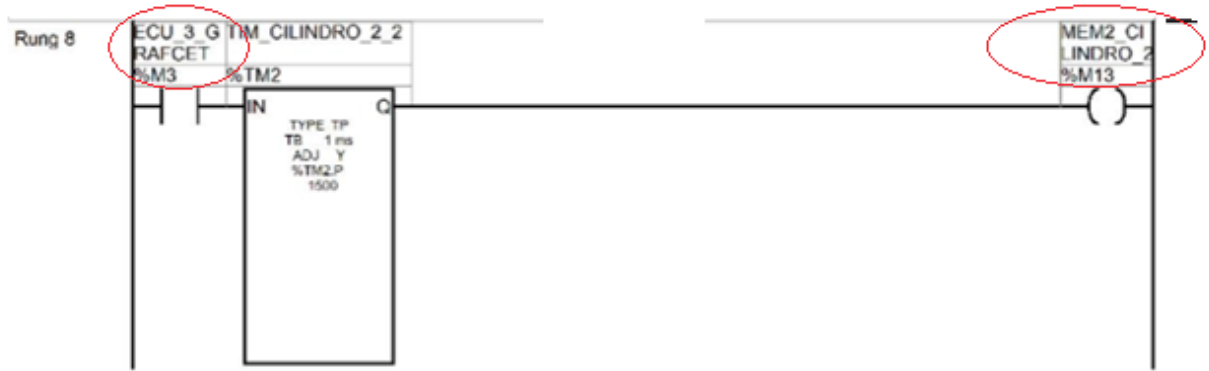


Memo1 cilindro 2

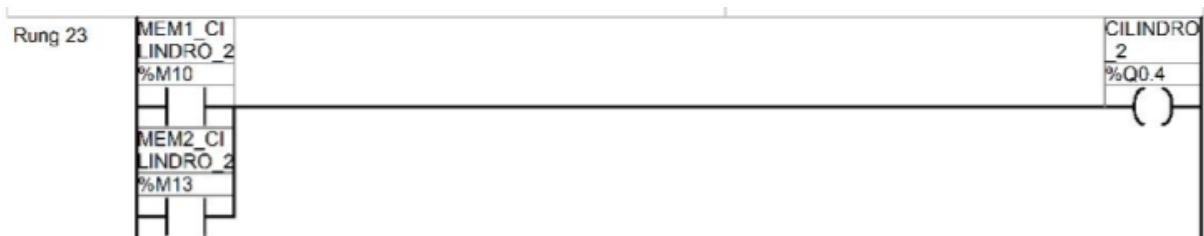


Gráfico 6-12 diagrama Ladder para estudio

Elaborado por: el investigador



La salida de cilindro 2 se activa con MEM2_CILINDRO_2



Memoria de la banda MEM_BANDA, se activa con ECU 1 GRAFCET



La salida de banda, BANDA, se activa con la entrada MEM_BANDA



Gráfico 6-13 diagrama Ladder para estudio, salidas

Elaborado por: el investigador

Este mismo principio se utiliza para la aplicación en todas las estaciones.

La herramienta Kanban, en la aplicación de la ingeniería industrial, indica información del producto este conecta de forma armónica y eficiente los procesos a través de la línea de

producción, entregando los productos correctos en la cantidad correcta y en el momento correcto.

La traducción literal de Kanban es señal, y esta señal es la que se debe utilizar para conseguir un objetivo. Se lo hace con el uso de mensajes a través de tarjetas. Estas muestran lo que el operario debe hacer con esa información.

En la programación industrial esas tarjetas en realidad son memorias que se utilizan para guardar la información del proceso,

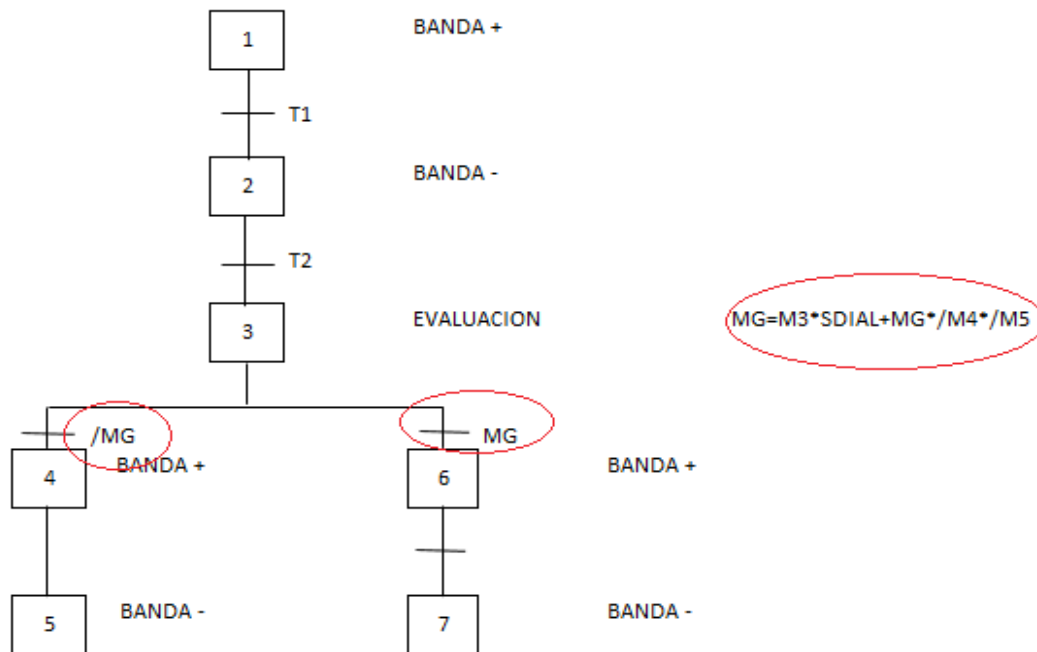


Gráfico 6-14 Diagrama grafcet para estudio
Elaborado por: el investigador

La memoria MG, en la transición entre etapas 3 a 4 y 3 a 6, correspondiente a memoria giro, es la que permite que, como resultado de la evaluación, guarde esa información en un simple bit y lo utilice cuando sea necesario, que puede ser de inmediato o luego de varias etapas del proceso, y de igual manera se encere, para procesar otra base en el proceso.

Esta información se guardará conforme a la lógica de la ecuación:

$$MG=M3*SDIAL+MG*/M4*/M5$$

Es decir, al activarse la etapa M3, memoria 3, y con la activación del sensor de la superficie donde se pondría el dial, es decir, que la base este invertida, esto activaría la memoria MG y

daría paso a ejecutar el lado derecho del graficet. Con esa activación se ejecutaría la secuencia para recoger la base, llevarla a un lugar seguro, para girarla, devolverla a su lugar de donde la recogió y soltarla, para continuar con el proceso.

En resumen, la etiqueta Kanban, se cambió por una “etiqueta”, que es una memoria, cabe indicar que esa memoria puede ser BIT, WORD, o DOBLE WORD (%M0, %MW0, %MDW).

Para el sistema Just In Time, JIT, es necesario tomar en cuenta que lo más importante, es que la materia prima o producto semielaborado llegue cuando es preciso, justo a tiempo, para lograr esto, la estación siguiente, cualquiera que sea, debe enviar una señal a la anterior, para que deje pasar una pieza base. Esto se aprovecha a partir de la comunicación bit a bit de los sensores emisor receptor laser, es decir, cuando la secuencia de la estación siguiente se está ejecutando, debe activarse el emisor, conectado a través de una salida del PLC, este haz de luz pasa al receptor ubicado en la estación anterior, a su vez este sensor al detectar la señal, procederá a para el proceso anterior, no sin analizar el proceso sino que una vea analizado, procederá a detener justo antes de que la pieza base pase a la otra banda, es decir, habrá que buscar una etapa en donde ya no pueda ejecutarse una acción, y entonces abrir un contacto para parar el proceso cuando sea necesario.

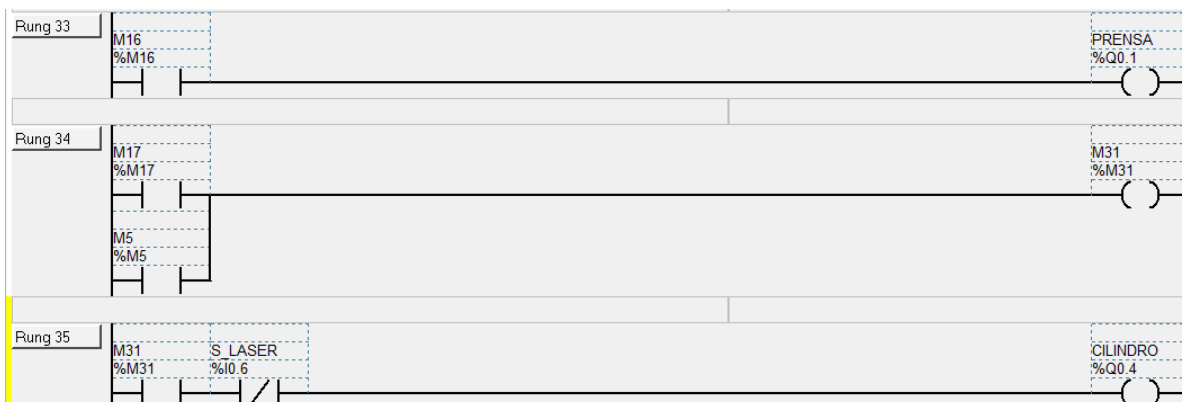


Gráfico 6-15 diagrama Ladder para estudio de sensor (JIT)

Elaborado por: el investigador

Como se puede ver el contacto cerrado S_LASER se abrirá cuando haya señal desde el emisor ubicado en la estación siguiente. Mientras tanto, las demás etapas del proceso se seguirán ejecutando hasta que haya una interferencia con la etapa que permite el paso de la base hacia la siguiente estación. El principio JIT se ha cumplido.

El VSM ha servido para analizar la situación actual el cual se muestra por cada estación en las siguientes gráficas.

6.7 SITUACIÓN PLANTEADA

Tabla 6-3 Hoja de proceso estación de distribución planteada
Elaborado por: el investigador

#	ACTIVIDAD	SÍMBOLOS DE FLUJO	TIEMPO	○	➡	◐	◻	▽
1	Almacenamiento de bases de manómetro en las torres	▽	2 s					x
2	Activación de las válvulas	○	1 s	x				
3	Traslado de bases de manómetro desde la torre hasta la banda	➡	1 s		x			
4	Activación de la banda	○	0.1 s	x				
5	Traslado de la base de manómetro por la banda	➡	T ₁ = 6 s T ₂ = 8 s T ₃ = 10 s		x			
6	Verificación de la presencia de la base de manómetro	◻	0.1 s				x	
7	Paro de la banda	○	2 s	x				

Nota: se redujeron los tiempos en el traslado de la banda, puesto que el motor se reguló para que sea más rápido y el tiempo de paro después de la detección del sensor se redujo.

VSM ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN PLANTEADO

Transporte de Bases de Manómetro.

1. La base de manómetro entra en las torres, y quedan ubicados al final del vástago de cada cilindro.
2. Los cilindros se accionan y ubican las bases de manómetro en la banda, los cilindros se pueden accionar solo uno a la vez.
3. El motor mueve la banda para mover las bases de manómetro hasta que un detector óptico detecte que la base de manómetro está en el final de la banda.
4. Después de que el sensor detecta la base de manómetro transcurre un tiempo de 0.5 segundos y se apaga el motor al mismo tiempo cae la base de manómetro de la banda.

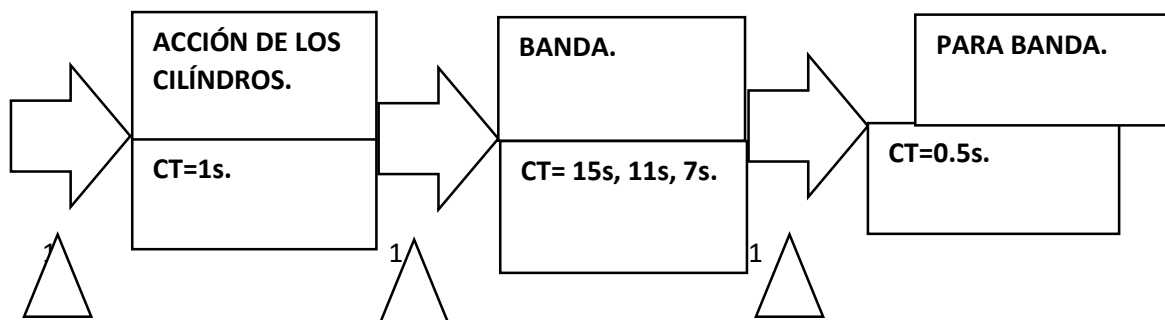


Gráfico 6-16 VSM distribución planteado

Elaborado por: el investigador

Tabla 6-4 Hoja de procesos: estación de giro planteada
Elaborado por: el investigador

N°	ACTIVIDAD	SÍMBOLOS DE FLUJO	TIEMPO	○	⇒	◐	◑	▽	®
1	Detección de Base Sensor 1	◑	0.1 s						
2	Accionamiento de Banda Transportadora	⇒	1 s						
3	Detección de la Base Sensor 2	◑	0.2 s						
4	- Accionamiento de Válvula 1 - Accionamiento de Banda Transportadora	○ ⇒	4.7 s						
5	Detección de Superficie Sensor 3 (Si superficie es detectada continuar a paso 9, caso contrario seguir con paso 7)	◑	0,3 s						
6	Corrección de la base	®	14.8 s						
7	- Accionamiento de Válvula 2 - Accionamiento de la Banda transportadora	○ ⇒	2,22 s						

VSM SISTEMA DE GIRO PLANTEADO

1. La base es detectada por un sensor óptico al inicio de la banda
2. A través de un sensor fotoeléctrico detecta si la base se encuentra en la ubicación correcta para continuar con el proceso.
3. En el caso de que la base se encuentre mal posicionada, una pinza la recoge y la reacomoda, para posteriormente continuar con el proceso normal.
4. La banda continúa transportando la base ya en su posición correcta.

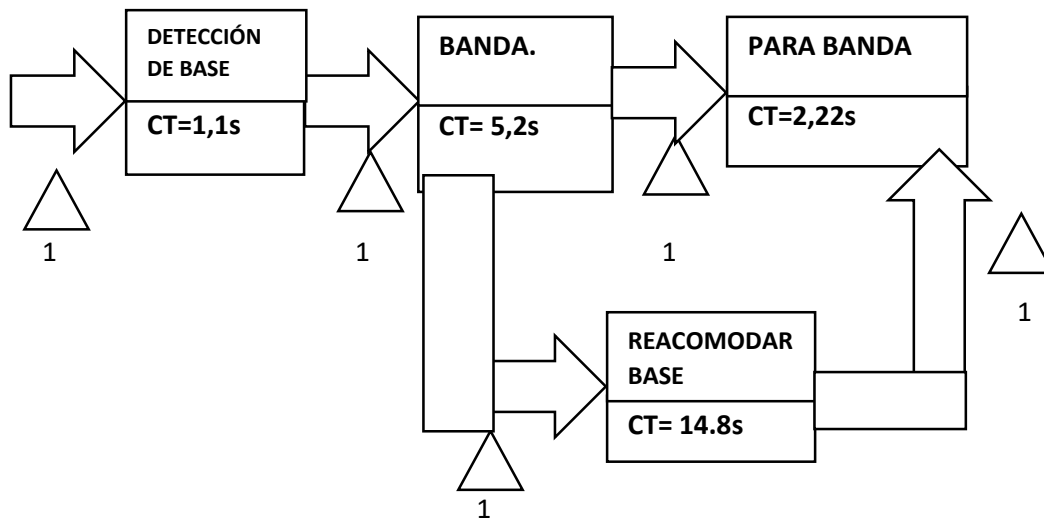


Gráfico 6-17 VSM giro planteado

Elaborado por: el investigador

Tabla 6-5 Hoja de proceso estación pick and place planteada

#	ACTIVIDAD	SÍMBOLOS DE FLUJO	TIEMPO	○	➡	▭
1	Detección de la base del manómetro por el sensor de presencia uno, para que la banda se active.	▭	0.05 s			
2	Si el sensor ha detectado la base del manómetro esta se transportará hacia el sensor de presencia 2.	➡	5 s			
3	Detección de la base del manómetro por el sensor de presencia 2 para que la banda se detenga.	▭	0.05 s			
4	Descenso del vástago del cilindro 2, si el sensor de la ventosa detecta el dial del manómetro	○	1 s			
5	Accionamiento de la ventosa para absorber el dial del manómetro	○	0.5 s			
6	Ascenso del vástago cilindro 2, con el dial en la ventosa	○	1 s			
7	Salida del vástago del cilindro 1, para posicionar al cilindro 2 y la ventosa sobre la base del manómetro.	○	1 s			
8	Descenso del vástago del cilindro 2 para posicionar al dial en la ventosa sobre la base del manómetro	○	1 s			
9	Desactivación de la ventosa para dejar el dial sobre la base del manómetro	○	0.5 s			
10	Ascenso del vástago del cilindro 2 y la ventosa	➡	1 s			
11	Entrada del vástago del cilindro 1	➡	1 s			
12	Patada del motor neumático al manómetro, si el sensor inductivo lo detecta.	○	0.09 s			
13	Transporte hacia al final de la banda	➡	4.04 s			

Elaborado por: el investigador

VSM ESTACIÓN PICK AND PLACE PLANTEADO

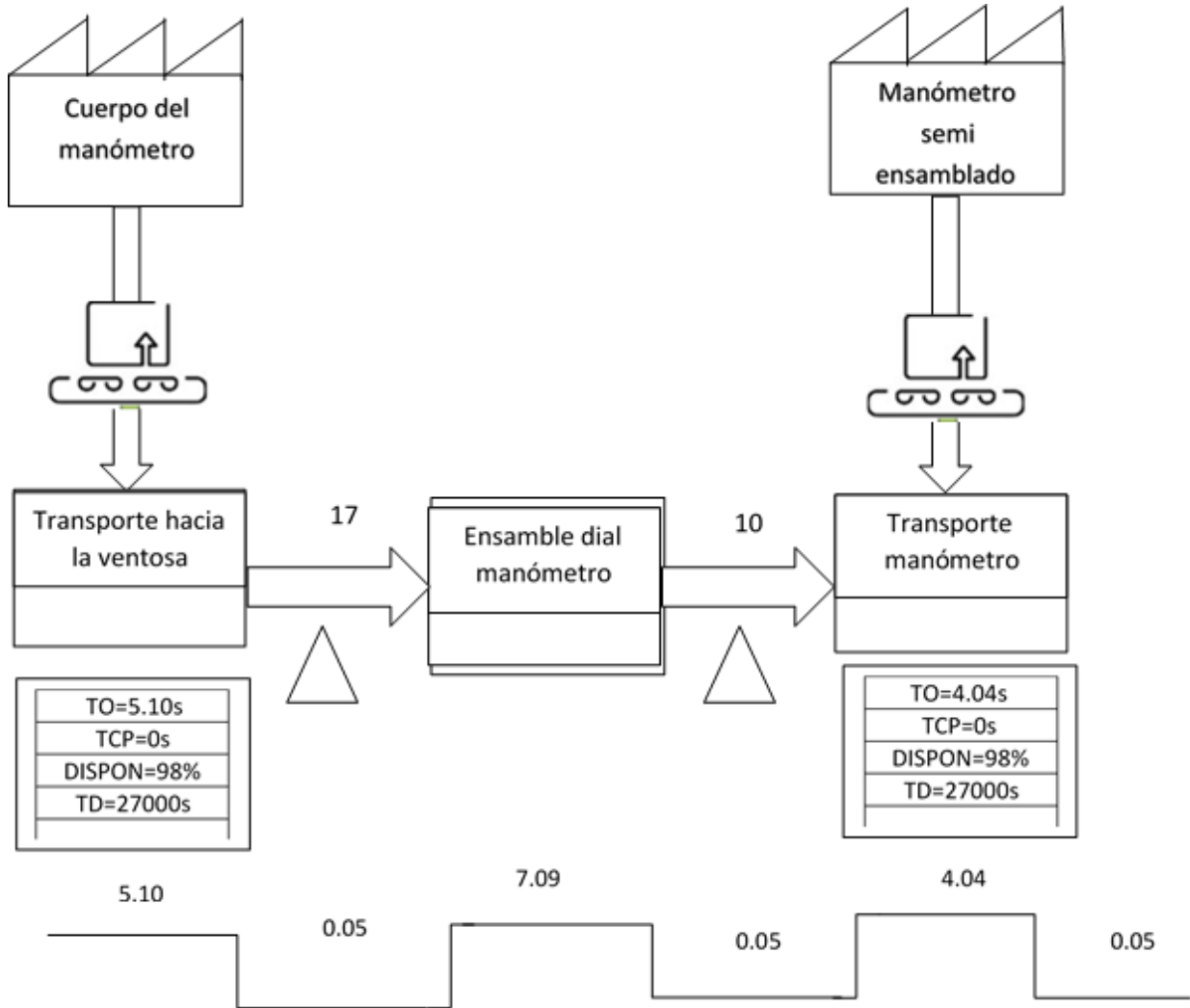


Gráfico 6-18 VSM pick and place planteado

Elaborado por: el investigador

Tabla 6-6 Hoja de proceso músculo planteada

	ACTIVIDAD	SIMBOLOS	SEGUNDOS	○	➡	▭
1	Sensado de la base y accionamiento de pinza Cerrar (mantener ese estado)	○	0.5 s	●		
2	Giro de la articulación de la pinza En sentido horario Hasta la posición ángulo 2	➡	0.5 s	●	●	
3	Prensado	○	0,5 s	●		
4	Giro de la articulación de la pinza en sentido horario hasta la posición ángulo 3 activando el cilindro hasta la posición Scarrera 2	➡	2.25 s	●	●	
5	Accionamiento de pinza Liberar (relajar la pinza)	○	0,47 s	●		
6	Activar cilindro Hasta posición S_carrera1 y giro de la articulación de la pinza en sentido anti horario hasta posición ángulo 1	➡	2 s	●	●	

Elaborado por: el investigador

VSM ESTACIÓN DE MÚSCULO PLANTEADO

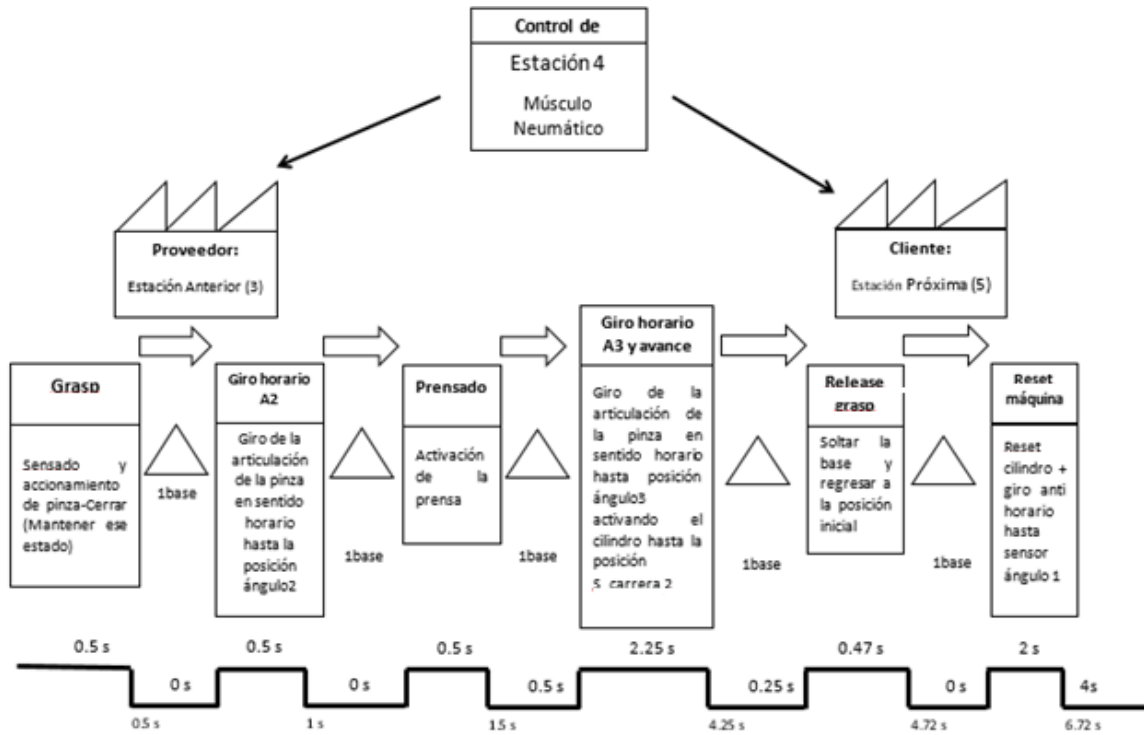


Gráfico 6-19 VSM distribución planteado

Elaborado por: el investigador

Tabla 6-7 Hoja de procesos estación separación planteada

Elaborado por: el investigador

#	ACTIVIDAD	SIMBOLO DE FLUJO	TIEMPO	○	➡	◐	◻	▽
1	Traslado de la base (con posibilidad de llegar con dial o no) de la estación de prensa con músculo neumático a la estación separador	➡	10s		●			
2	Censado de la base por el sensor SP1	◻	0.5s				●	
3	Encendido de la banda 1 y traslado de la base hasta el sensor STAPA	➡	3s		●			
4	Demora por verificación de base con dial o sin dial	◐	2.3s			●		
5	Almacenamiento de la base con dial o sin dial	▽	0,5s					●
6	Activación de Banda 1 y el pistón 1 (A-)	○	0.5s	●				
7	Traslado de la base por la banda 1 hasta el sensor SP2	➡	4.8s		●			
8	Detección de la presencia de la base por el sensor SP2	○	0.2ms	●				
9	Si la base tiene dial se activa el pistón 2 quien empuja a la misma hacia la banda 2	○	2ms	●				
10	Si la base no tiene el dial no se activa el pistón 2, ni la banda 2 por lo tanto la base seguirá el traslado por la banda hasta la estación de clasificación	➡	4s		●			
11	Si se cumple la actividad 9 la base se trasladará por la banda 2 hasta el final del proceso para que la base sea trasladada por el robot.	➡	5s		●			

VSM ESTACIÓN SEPARACIÓN PLANTEADO

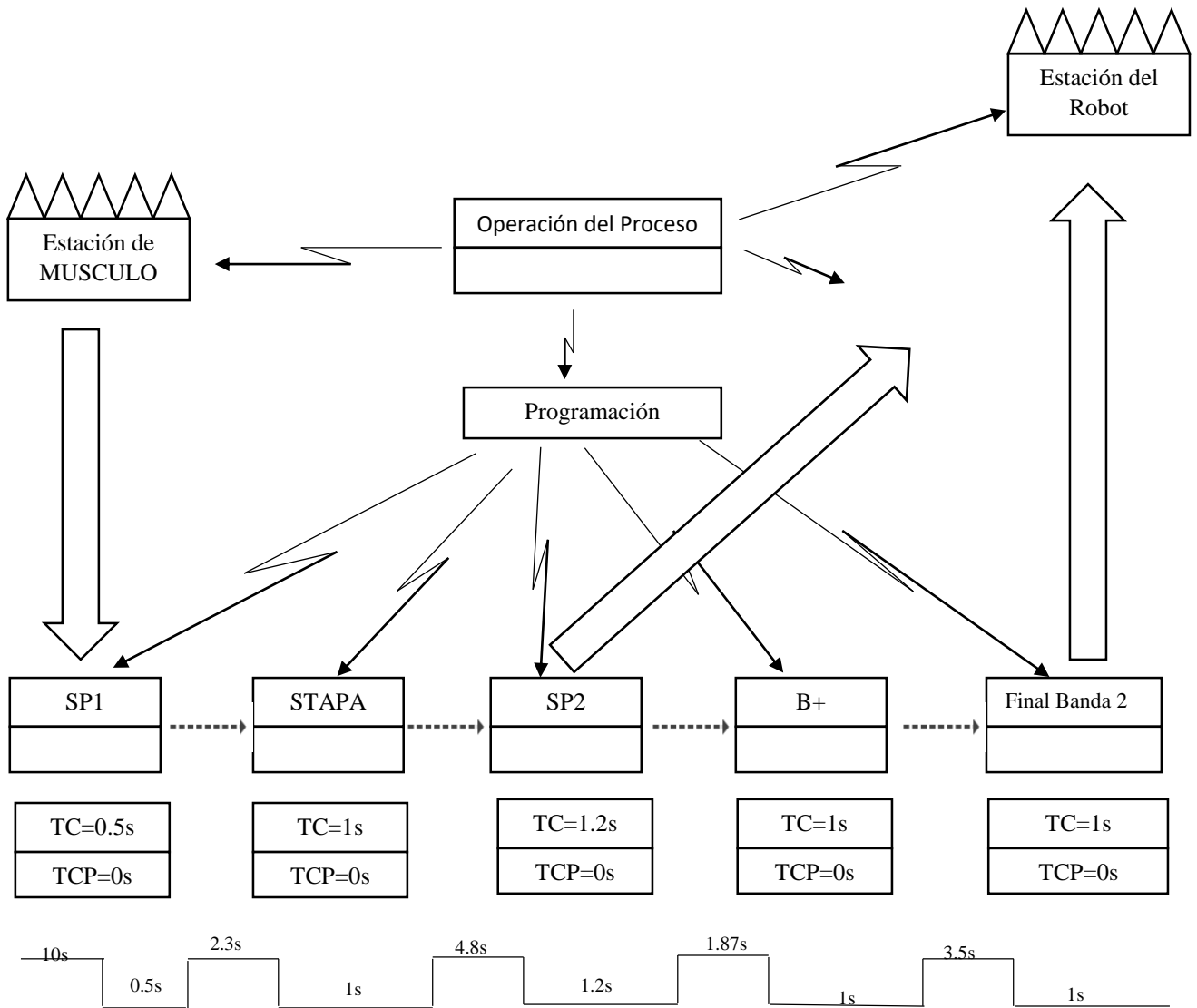


Gráfico 6-20 VSM separación planteado

Elaborado por: el investigador

6.8 SITUACION FINAL

Tabla 6-8 Hoja de proceso estación de distribución final

Elaborado por: el investigador

#	ACTIVIDAD	SÍMBOLOS DE FLUJO	TIEMPO	○	➡	◐	◻	▽
1	Almacenamiento de bases de manómetro en las torres.	▽	2 s					x
2	Activación de las válvulas.	○	0.5 s	x				
3	Traslado de bases de manómetro desde la torre hasta la banda.	➡	0.20 s		x			
4	Activación de la banda.	○	0.1 s	x				
5	Traslado de la base de manómetro por la banda.	➡	T ₁ = 3 s T ₂ = 4 s T ₃ = 5 s			x		
6	Verificación de la presencia de la base de manómetro.	◻	0.1 s				x	
7	Paro de la banda.	○	2 s	x				

1. La base de manómetro entra en las torres, y quedan ubicados al final del vástago de cada cilindro.
2. Al iniciar el proceso, se inicia también el movimiento de la banda.
3. Los cilindros se accionan y ubican las bases de manómetro en la banda, los cilindros se pueden accionar solo uno a la vez.
4. Las bases de manómetro se mueven por toda la banda hasta que un detector óptico detecte que la base de manómetro está en el final de esta.
5. Después de que el sensor detecta la base de manómetro transcurre un tiempo de 0.5 segundos y se apaga el motor al mismo tiempo cae la base de manómetro de la banda.

6. Si la estación siguiente solicita una nueva base de manómetro, el motor se vuelve a activar hasta que pase la base de manómetro de una banda a otra.

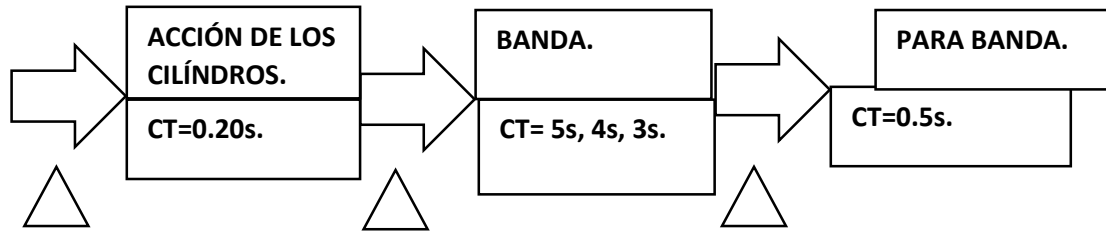


Gráfico 6-21 VSM distribución final

Elaborado por: el investigador

DIFERENCIAS.

Luego de volver a programar todo el proceso necesario para el funcionamiento de la estación, se establecen las siguientes diferencias:

1. Se redujo considerablemente el retardo que existía ejecutando la programación anterior, puesto que se mejoraron los tiempos en las actividades dentro de la estación.
2. Específicamente en la parte final del proceso, una vez que el sensor ubicado al final de la banda detecte la pieza, ésta se detiene inmediatamente. Siempre y cuando este ocupada la siguiente estación.
3. Cuando la estación de giro solicita una pieza, la banda del módulo de distribución continuará su recorrido hasta dotarla de la misma y se detiene nuevamente cuando detecta el sensor que está ubicado al final de la banda.

4. Los tres cilindros se pueden accionar en cualquier instante garantizando el óptimo funcionamiento en la estación y garantizando no perder tiempo durante todo el proceso.

Las mejoras implementadas se muestran en el VSM descrito el gráfico 6-22 con los tiempos indicados.

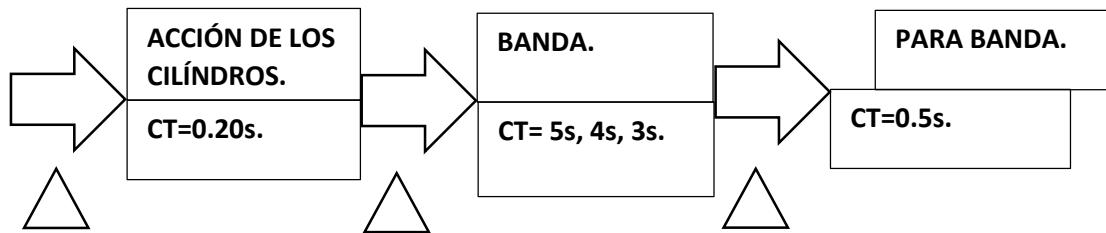


Gráfico 6-22 VSM distribución final
Elaborado por: el investigador

Los tiempos se redujeron a los descritos en la tabla 1 y además se sincronizó el proceso junto con la estación de giro para que pasen las bases de manómetro sin ningún retardo de tiempo. La tabla 1 resume la comparación entre las medidas implementadas en el proceso original, en el proceso mejorado y en el proceso final.

Tabla 6-9.: Comparación de tiempos entre los VSM original, planteado y final.

Etapas del proceso	VSM original	VSM mejorado	VSM final
Acción de los cilindros	1s	1s	0.20s
Tiempos de llegada por la Banda	17s = Torre 1. 13s = Torre 2. 9s = Torre 3.	10s = Torre 1. 8s = Torre 2. 6s = Torre 3.	5s = Torre 1. 4s = Torre 2. 3s = Torre 3.
Paro de Banda	2s	1.5s	0.5s
Tiempo de acción de los cilindros. (%)	80%	47%	25%

De la tabla 1 se puede apreciar que se redujeron los tiempos notablemente en comparación con el proceso original. Se redujo el tiempo de acción de los cilindros, de la acción de la banda y del paro de la banda en un 80%, 47% y 25%, respectivamente.

Tabla 6-10 Hoja de procesos: estación de giro final
 Elaborado por: el investigador

Nº	ACTIVIDAD	SÍMBOLOS DE FLUJO	TIEMPO	○	⇒	◐	◑	▽	®
1	Detección de Base Sensor 1	◑	0.1 s						
2	Accionamiento de Banda Transportadora	⇒	1 s						
3	Detección de la base Sensor 2	◑	0.2 s						
4	- Accionamiento de Válvula 1 - Accionamiento de Banda Transportadora	○ ⇒	4.7 s						
5	Detección de Superficie Sensor 3 (Si superficie es detectada continuar a paso 9, caso contrario seguir con paso 7)	◑	0,3 s						
6	Corrección de la base	®	13.3s						
7	- Accionamiento de Válvula 2 - Accionamiento de la Banda transportadora	○ ⇒	1,7 s						

ESTACIÓN DE SISTEMA DE GIRO VSM FINAL

1. La base es detectada por un sensor óptico al inicio de la banda
2. A través de un sensor fotoeléctrico detecta si la base se encuentra en la ubicación correcta para continuar con el proceso.
3. En el caso de que la base se encuentre mal posicionada, una pinza la recoge y la reacomoda, para posteriormente continuar con el proceso normal.
4. La banda continúa transportando la base ya en su posición correcta.

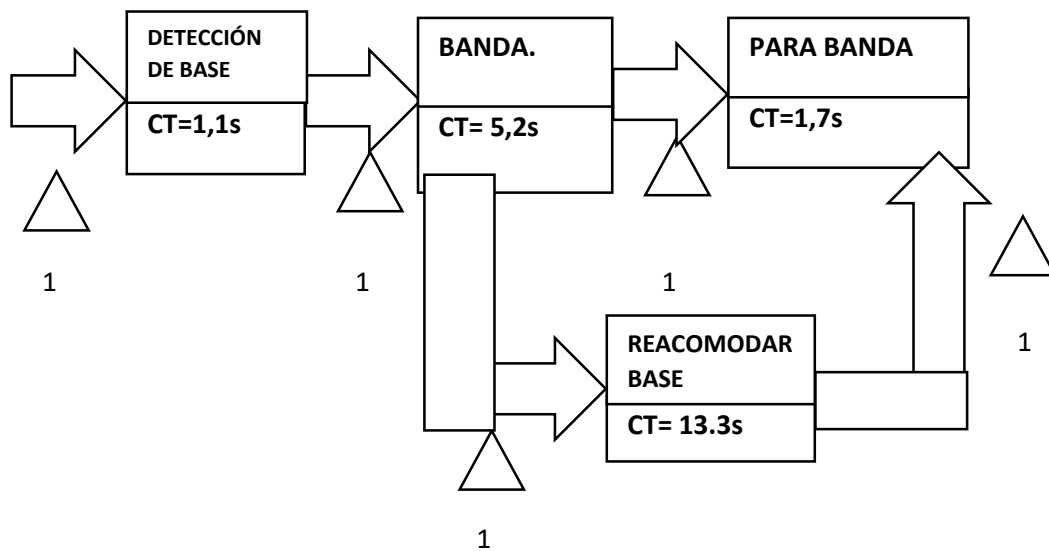


Gráfico 6-23 VSM Giro final
Elaborado por: el investigador

La Estación de Giro se la realizó con el propósito de detectar la posición de una base, en el caso que esta se encuentre en una posición incorrecta, a través de una pinza neumática, corrige la pieza a la posición correcta para de inmediato ser transportada a la estación siguiente. Esta estación está compuesta por los siguientes materiales:

- PLC siemens y módulo de expansión
- Sensor fotoeléctrico
- Sensores inductivos
- Sensores ópticos
- Pinza neumática

- Cilindro de giro
- Actuador lineal
- Actuador de giro
- Mangueras de poliuretano
- Filtro de aire comprimido
- Motor 24VDC

Resultados (tablas Elaboradas por: el investigador)

Tabla 6-11 Tiempos tomados desde el inicio del proceso hasta la detección de posición.

Versiones/Base	Antigua	Propuesta	Final
Posición correcta	1,1 s	1,1 s	1,1 s
Posición incorrecta	1,1 s	1,1 s	1,1 s

Tabla 6-12. Tiempos tomados desde la detección de posición hasta la detección de base previa a su corrección.

Versiones/Base	Antigua	Propuesta	Final
Posición correcta	5,2 s	5,2 s	5,2 s
Posición incorrecta	5,2 s	5,2 s	5,2 s

Tabla 6-13 Tiempos tomados durante el proceso de corrección de base.

Acciones/Base	Antigua	Propuesta	Final
Actuador Lineal +	2,1 s	1,8 s	1,1 s
Cilindro de Giro +	3,8 s	3,8 s	3,7 s
Pinza neumática	3,5 s	3,5 s	3,5 s
Cilindro de Giro -	3,8 s	3,8 s	3,7 s
Actuador lineal -	2,1 s	1,8 s	1,3 s

Tabla 6-14 Tiempos tomados desde el término de la corrección de base hasta el final del proceso.

Versiones/Base	Antigua	Propuesta	Final
Posición correcta	2,62 s	2,22 s	1,7 s
Posición incorrecta	2,62 s	2,22 s	1,7 s

- No es práctico optimizar el tiempo de respuesta desde el inicio del proceso hasta la detección de posición de la base, debido a la distancia muy pequeña.

ESTACIÓN PICK AND PLACE

Tabla 6-15 Hoja de procesos: estación pick and place final
Elaborado por: el investigador

#	ACTIVIDAD	SÍMBOLOS DE FLUJO	TIEMPO	○	➡	□
1	Detección de la base del manómetro por el sensor de presencia 1, para que la banda se active.	□	0.05 s			☆
2	Si, la base del manómetro es detectado por el sensor de presencia 1, se activa la banda y baja el vástago del cilindro 2, para que el sensor de la ventosa detecte al dial del manómetro, de ser detectado este activará la ventosa y succionará la dial, entonces el vástago del cilindro 2 sube, para que el vástago del cilindro 1 salga hasta la posición de montaje a la espera de la base del manómetro.	○	5 s			
3	Detección de la base del manómetro por el sensor de presencia 2 para que la banda se detenga.	□	0.05 s			☆
4	Descenso del vástago del cilindro 2 con el dial para ubicarlo encima de la base del manómetro	○	0.5 s			
5	Desactivación de la ventosa para posicionar el dial sobre la base del manómetro	○	0.05 s			
6	Ascenso del vástago del cilindro 2 y Entrada del vástago del cilindro 1	➡	0.5 s			
8	Transporte hacia al final de la banda	➡	3 s			

VSM PICK AND PLACE

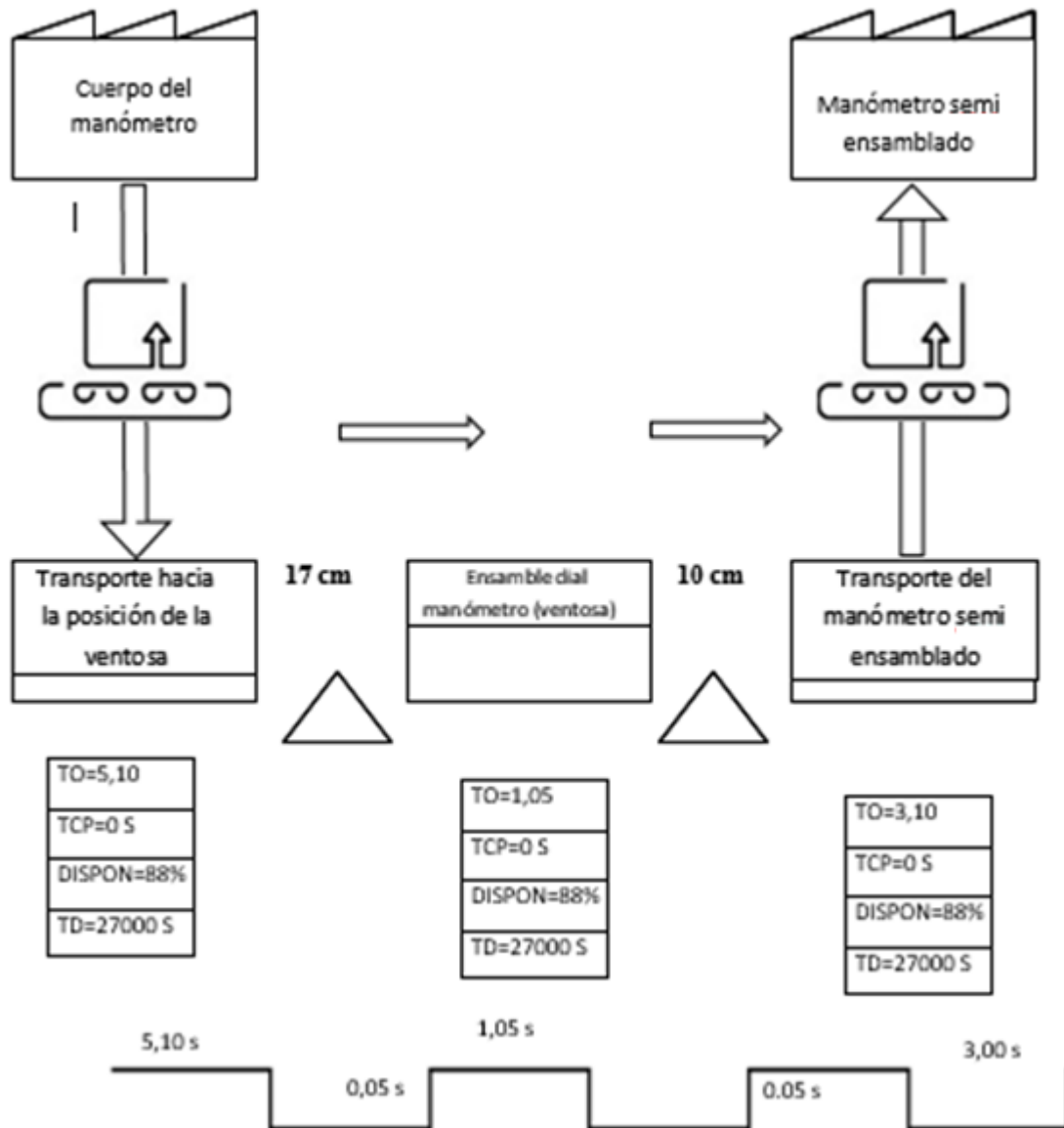


Gráfico 6-24 VSM Pick and Place final

Elaborado por: el investigador

Cuando se tomó control de la estación pick and place, se observó que existía un trabajo innecesario en el proceso el cual era el motor neumático acertándole una patada al manómetro después de que los vástagos de los cilindros 1 y 2 regresaban a su posición,

posteriormente a ello la banda procedía a moverse, paso que era totalmente incoherente ya que la banda podía continuar sin la actuación de aquel actuador neumático.

TABLA COMPARATIVA:

	Transporte hacia la ventosa	Transición	Ensamble luna manómetro	Transición	Transporte manómetro semi ensamblado	Transición	Total(segundos)
Estado inicial	5,1	0	7,09	0	4,04	0	16,23
Estado final	5,1	0,05	1,05	0,05	3	0,05	9,3

Tabla 6-16 Comparación entre estado actual y final de tiempos de actividades del proceso de la estación

Elaborado por: el investigador

La tabla anterior muestra una comparación entre los tiempos de cada actividad de la estación en su estado actual y los tiempos en su estado final.

Podemos observar según la tabla comparativa que la estación en la situación inicial tardaba 16,23 segundos en realizar todo el proceso, una vez realizado todas las modificaciones respectivas se logró llegar a un tiempo de 9,3 segundos, permitiendo un ahorro de 6,93 segundos tiempo que en la industria es muy valioso, se ahorró energía también al quitar el actuador neumático.

La hoja de procesos y el VSM son muy importantes para optimizar recursos en cualquier tipo de procesos.

Tabla 6-17 Hoja de proceso estación de músculo final

	ACTIVIDAD	TIEMPO GLOBAL	SIMBOLOS	Tiempo	○	⇒	□
1	Sensar base	1 s	□ Verificación	1 s			○
2	Accionar pinza "cerrar" (set valve)	1.5 s	○ Operación	0.5 s	○		
3	Girar pinza en sentido horario hasta posición S_angulo2	3.5 s	⇒ Traslado	2 s			○
4	Prensado	4.5 s	○ Operación	1 s	○		
5	<u>SIMULTANEO</u> Girar pinza en sentido horario hasta posición S_angulo3 Accionar cilindro hasta S_carrera2 (set valve)	8.5 s	⇒ ⇒ Traslado	4 s			○
6	Accionar pinza "abrir" (reset valve)	9 s	○ Operación	0.5 s	○		
7	Regreso de cilindro hasta S_carrera1 (reset valve)	11 s	⇒ Traslado	2 s			○
8	Giro anti horario Hasta posición S_angulo1	17 s	⇒ Traslado	6 s			○
	<u>TIEMPO FINAL</u>	17 s					

Elaborado por: el investigador

VSM ESTACIÓN DE MÚSCULO FINAL

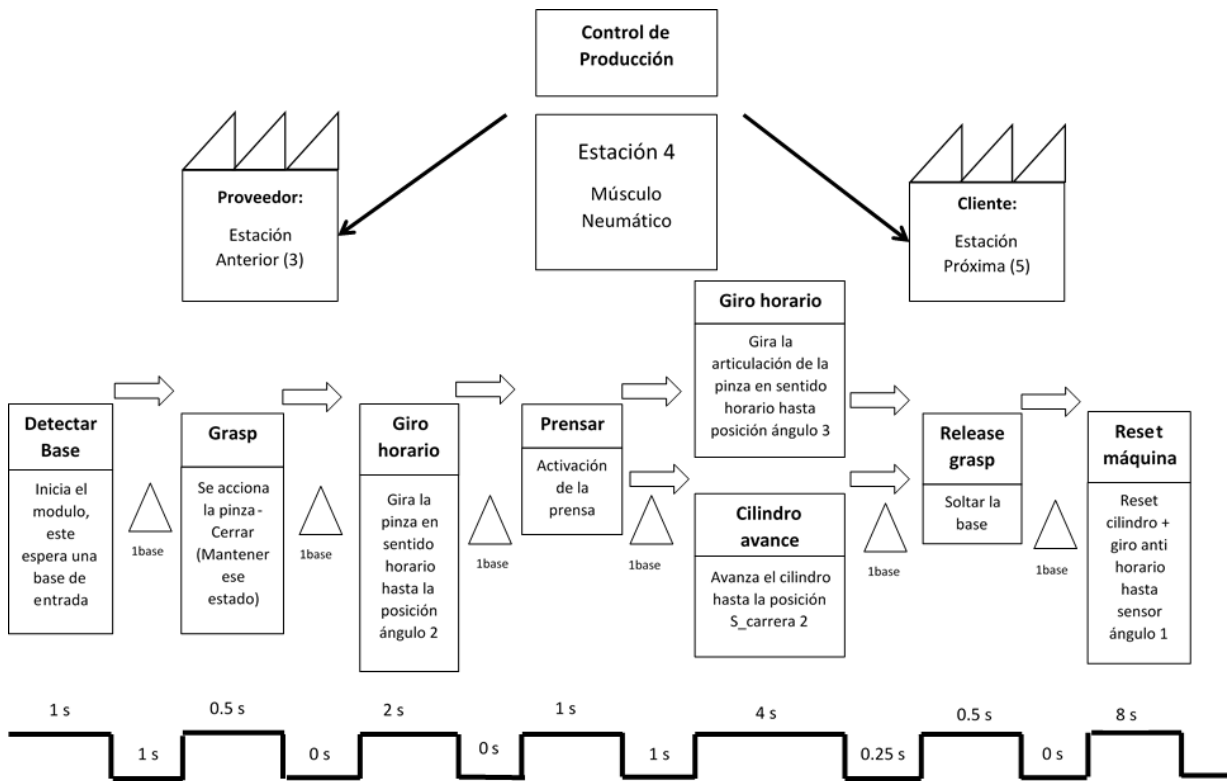


Gráfico 6-25 VSM Músculo final

Elaborado por: el investigador

La estación Músculo Neumático es la continuación de otro módulo (Pick and Place), que deja la base con el dial al final de su banda transportadora. El objetivo principal de la estación es tomar la base con el dial, pasarla por el músculo neumático para prensar el dial y luego depositarla en la banda transportadora de la siguiente estación. Esto debe hacerse de manera eficiente para que pueda prensar el mayor número de bases en un corto tiempo. Los procesos de la estación por el cual pasa la base con el dial es el siguiente: Recolección de la base con el dial mediante una pinza que posee un sensor de fibra óptica.

Transporte de la base con el dial al músculo neumático (prensa neumática).

- Activación del músculo neumático para que preme el dial con la base.

Giro de la base con el dial prensado fuera del lugar de la prensa neumática.

Transporte de la base a la banda transportadora de la siguiente estación.

Giro de la pinza a la posición inicial

Espera del sensor de fibra óptica para la recolección de otra base

DIFERENCIAS:

Una vez realizado el VSM anterior y el final del proceso del músculo neumático, se puede establecer las siguientes diferencias:

- Se redujo notablemente el transporte de la base con el dial hacia la prensa neumática, ya que antes lo hacía de manera muy ineficiente y tardaba mucho tiempo en llegar.
- Se calibró el sensor en el segundo tope de la articulación de la pinza con respecto al músculo neumático, ya que la base sujeta por la pinza llegaba a destiempo y sellaba el dial de manera inexacta.
- El cilindro se dirige hacia adelante conjuntamente con el giro de la pinza, esto reduce considerablemente el tiempo del depósito de la base.
- El tiempo del depósito de la base con el dial en la banda transportadora de la siguiente estación se redujo algunos segundos.







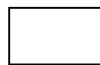



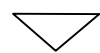





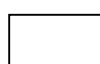

COMPARACIÓN. - Análisis de datos

Estado ORIGINAL		VSM Propuesto		VSM Final	
Sensado de la base	1 s	Sensado y Accionamiento de pinza Cerrar (mantener ese estado)	1.58 s	Sensar la base	1 s
Accionamiento de pinza Cerrar (mantener ese estado)	1 s	Mover la articulación de la pinza En sentido horario Hasta la posición angulo2	1.28 s	Accionar pinza “cerrar” (set valve)	0.5 s
Gira la articulación de la pinza En sentido horario Hasta la posición angulo2	6.87 s	Prensado	0.66 s	Girar pinza en sentido horario hasta posición S_angulo2	2 s
Prensado	2.82 s	Mover la articulación de la pinza Sentido horario Hasta posición angulo3 activando el cilindro hasta la posición Scarrera2	3.21 s	Prensado	1 s
Girar la articulación de la pinza Sentido horario Hasta posición angulo3	13.4 s	Accionamiento de pinza Liberar (relajar la pinza)	0.47 s	<i><u>SIMULTANEO</u></i> Girar pinza en sentido horario hasta posición S_angulo3. Accionar cilindro hasta S_carrera2 (set valve)	4 s
Activar el cilindro hasta la posición S_carrera2	4.15 s	Activar cilindro Hasta posición S_carrera1	3.44 s	Accionar pinza “abrir” (reset valve)	0.5 s
Accionamiento de pinza Liberar (relajar la pinza)	1.64 s	Mover la articulación de la pinza Sentido horario Hasta posición angulo1	4 s	Regreso de cilindro hasta S_carrera1 (reset valve)	2 s
Activar cilindro Hasta posición S_carrera1	4.15 s			Giro anti horario Hasta posición S_angulo1	6 s
Mover la articulación de la pinza Sentido anti horario Hasta posición angulo1	12 s			Estabilizado de articulación	4 s
TOTAL	46,98 s		14.64 s		21 s

Tabla 6-18 Comparación entre estado actual y final de tiempos de actividades del proceso de la estación

Elaborado por: el investigador

Tabla 6-19 Hoja de procesos estación de separación final. Elaborado por: el investigador

#	ACTIVIDAD	SIMBOLO DE FLUJO	TIEMPO					
1	Traslado de la base (con posibilidad de llegar con dial o no) de la estación de prensa con músculo neumático a la estación separador		10s					
2	Censado de la base por el sensor SP1		0,5s					
3	Envío de la señal de la estación separador a la estación de prensa con músculo neumático, para que este no envíe más bases		0.5ms					
4	Encendido de la banda 1 y traslado de la base hasta el sensor STAPA		3s					
5	Demora por verificación de base con dial o sin dial		2s					
6	Almacenamiento de la base con dial o sin dial		0.5s					
7	Activación de banda 1 y del pistón 1 (A-)		0.5s					
8	Traslado de la base por la banda 1 hasta el sensor SP2		4.8s					
9	Detección de la presencia de la base por el sensor SP2		0.2ms					
10	Si la base tiene dial se activa el pistón 2 quien empuja a la misma hacia la banda 2		2ms					
11	Si la base no tiene el dial no se activa el pistón 2, ni la banda 2 por lo tanto la base seguirá el traslado por la banda hasta la estación de clasificación		4s					
12	Una vez finalizado el proceso en la banda 1 se enviará la señal de la estación separador a la estación de prensa con músculo neumático, para que este envíe una base		1s					
13	Si se cumple la actividad 10 la base se trasladará por la banda 2 hasta el final del proceso para que la base sea trasladada por el robot.		5s					

VSM ESTACIÓN SEPARACIÓN FINAL

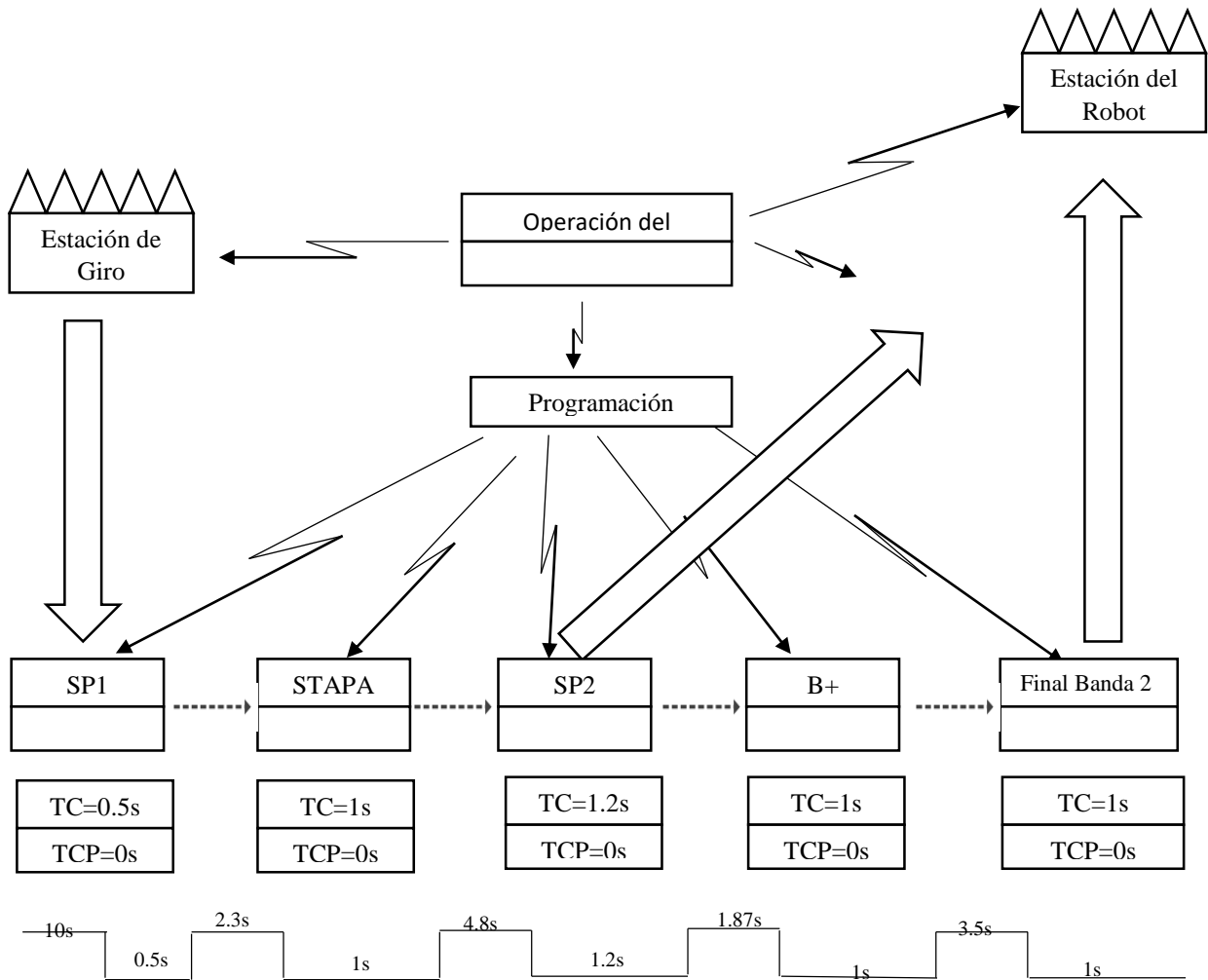


Gráfico 6-26 VSM Separación final

Elaborado por: el investigador

La base es transportada por la estación de músculo a la estación de separación esta colocada al inicio de la banda y es detectada por el sensor de entrada (SP1), además reconocida la base envía una señal de ocupado a la siguiente estación para que este deje de enviar más bases hasta que nuestro proceso sea terminado.

Después de haber detectado la base, la banda 1 se enciende y la transporta en un tiempo $t=2.3s$ hasta el sensor de dial (STAPA), una vez detectada el pistón 1 se activa (el sensor A-) y la banda 1 se enciende por lo tanto la base es transportada en un tiempo $t=4.8s$ hasta el siguiente sensor de presencia (SP2) el cual este activa un temporizador en el caso de no haber detectado dial en la base la banda 1 lo transporta hasta el final, es decir esta es transportada hasta la estación de, caso contrario si la base tiene dial y es detectada con éxito ella se mueve en un $t=1.87s$ hasta el pistón 2 activándose B+ y a la vez se enciende la banda 2, luego de que el pistón empuja la base con el dial esta es transportada por la banda 2 hasta el final para que esta sean recogida por el robot.

La estación de Separación distingue piezas basándose en la profundidad de la base y las separa en dos flujos de materiales diferentes.

Las bases colocadas en el transportador son llevadas al punto de medición de profundidad. Un detector de reflexión directa verifica la profundidad de la base. Las bases que tiene agujero profundo son llevadas al final del transportador, es decir que serán transportadas hasta la estación de clasificación. Mientras que las bases que tiene el dial son dirigidas a un segundo transportador utilizando un desviador neumático, en donde la base cuando llega al final será recogida por el Robot.

Sensores de barrera con fibra óptica supervisan el flujo de las bases en los transportadores y además el sensor infrarrojo envía una señal a la estación de músculo-neumático para que este deje de enviar más bases.

RESULTADOS OBTENIDOS

#	ACTIVIDAD	TIEMPO ()
1	Traslado de la base con posibilidad de llegar con o sin dial de la estación de prensa con músculo neumático a la estación de separación	10s
2	Censado de la base por el sensor SP1	0.5s
3	Encendido de la banda 1	0.5s
4	Traslado de la base hasta el sensor STAPA	3s
5	Verificación de la base Bueno (con dial) o Malo (sin dial) por el sensor	0.5s
6	Almacenamiento de base optima o defectuosa (con dial o sin dial)	0.5s
7	Demora por verificación de base con dial o sin dial	2s
8	Activación del pistón (A-)	0.5s
9	Activación del Banda 1	0.5s
10	Traslado la base por la banda 1 hasta en sensor SP2	4.8s
11	Detección de presencia de la base por el sensor SP2	0.2ms
12	Si la base tiene dial se activa el pistón 2 empujándola a la banda 2	2ms
13	Si la base no tiene el dial no se activa el pistón 2 , ni la banda 2, por lo tanto la base seguirá el traslado por la banda 1 hasta la estación de clasificación	5s
14	Si se cumple el proceso 11 se activa la banda 2, y esta la traslada hasta el final del proceso para que la base sea trasladada por el Robotino	6s

Tabla 6-20 Tiempos en cada proceso de diagrama de procesos original

Elaborado por: el investigador

En la tabla 6-20 se obtienen catorce actividades que son descritas detalladamente, con el respectivo tiempo que con lleva cada uno de ellos.

#	ACTIVIDAD	TIEMPO
1	Traslado de la base (con posibilidad de llegar con dial o no) de la estación de prensa con músculo neumático a la estación separador	10s
2	Censado de la base por el sensor SP1	0,5s
3	Encendido de la banda 1 y traslado de la base hasta el sensor STAPA	3s
4	Demora por verificación de base con dial o sin dial	2.3s
5	Almacenamiento de la base con dial o sin dial	0.5s
6	Activación de banda 1 y del pistón 1 (A-)	0.5s
7	Traslado de la base por la banda 1 hasta el sensor SP2	4.8s
8	Detección de la presencia de la base por el sensor SP2	0.2ms
9	Si la base tiene dial se activa el pistón 2 quien empuja a la misma hacia la banda 2	2ms
10	Si la base no tiene el dial no se activa el pistón 2, ni la banda 2 por lo tanto la base seguirá el traslado por la banda hasta la estación de clasificación	4s
11	Si se cumple la actividad 9 la base se trasladará por la banda 2 hasta el final del proceso para que la base sea trasladada por el robot.	5s

Tabla 6-21: Diagrama de proceso propuesto

Elaborado por: el investigador

En la tabla 6-21 se puede apreciar los resultados obtenidos en el diagrama de procesos propuesto, contando con once actividades

#	ACTIVIDAD	TIEMPO
1	Traslado de la base (con posibilidad de llegar con dial o no) de la estación de prensa con músculo neumático a la estación separador	10s
2	Censado de la base por el sensor SP1	0,5s
3	Envío de la señal de la estación separador a la estación de prensa con músculo neumático, para que este no envíe más bases	0.5ms
4	Encendido de la banda 1 y traslado de la base hasta el sensor STAPA	3s
5	Demora por verificación de base con dial o sin dial	2s
6	Almacenamiento de la base con dial o sin dial	0.5s
7	Activación de banda 1 y del pistón 1 (A-)	0.5s
8	Traslado de la base por la banda 1 hasta el sensor SP2	4.8s
9	Detección de la presencia de la base por el sensor SP2	0.2ms
10	Si la base tiene dial se activa el pistón 2 quien empuja a la misma hacia la banda 2	2ms
11	Si la base no tiene el dial no se activa el pistón 2, ni la banda 2 por lo tanto la base seguirá el traslado por la banda hasta la estación de clasificación	4s
12	Una vez finalizado el proceso en la banda 1 se enviará la señal de la estación separador a la estación de prensa con músculo neumático, para que este envíe una base	1s
13	Si se cumple la actividad 10 la base se trasladará por la banda 2 hasta el final del proceso para que la base sea trasladada por el robot.	5s

Tabla 6-22: Diagrama de procesos final

Elaborado por: el investigador

En la tabla 6-22 se puede apreciar que se incrementaron las actividades, contando con trece actividades en total.

COMPARACIÓN

La Tabla 6-23 realiza comparación de tiempos entre los datos obtenidos de los diagramas de procesos en cada etapa

#	Actividad	Tiempo anterior	Tiempo propuesto	Tiempo actual
1	Traslado de la base (con posibilidad de llegar con dial o no) de la estación de prensa con músculo neumático a la estación separador	-----	-----	-----
2	Censado de la base por el sensor SP1	0.5s	0.5s	0.5s
3	Envío de la señal de la estación separador a la estación de prensa con músculo neumático, para que este no envíe más bases	-----	-----	0,5ms
4	Encendido de la banda 1 y traslado de la base hasta el sensor STAPA	3.5s	2.7s	3s
5	Demora por verificación de base con dial o sin dial	2.5s	2.3s	2s
6	Activación de banda 1 y del pistón 1 (A-)	1s	0.5s	0.5s
7	Traslado de la base por la banda 1 hasta el sensor SP2	4.8s	4.8s	4.8s
8	Detección de la presencia de la base por el sensor SP2	0.2ms	0.2ms	0.2ms
9	Si la base tiene dial se activa el pistón 2 quien empuja a la misma hacia la banda 2	2ms	2ms	2ms
10	Si la base no tiene el dial no se activa el pistón 2, ni la banda 2 por lo tanto la base seguirá el traslado por la banda hasta la estación de clasificación	5s	4s	4s
11	Una vez finalizado el proceso en la banda 1 se enviará la señal de la estación separador a la estación de prensa con músculo neumático, para que este envíe una base	-----	-----	1s
12	Si se cumple la actividad 9 la base se trasladará por la banda 2 hasta el final del proceso para que la base sea trasladada por el robot.	6s	5s	5s
	TOTAL	23,30 S	19,8022 S	20,8027 S

Tabla 6-23 realiza comparación de tiempos entre los datos

Elaborado por: el investigador

En la tabla 6-23 se realiza la comparación de los tiempos en cada una de las etapas (anterior, propuesto y final), como podemos observar el tiempo en la primera tabla fue mayor a los demás, también existía un desperdicio de energía debido a que la banda 2 una vez que se encontraba encendida se mantenía en ese estado hasta que la estación sea apagada. Además,

cuando la pieza llegaba a la banda esta era transportada por un largo tiempo por lo que la base era arrastrada y por lo tanto el dial no podía ser detectado por el sensor de STAPA y este era detectado como una base sin dial.

En cuando a la segunda tabla se redujo el tiempo y el número de actividades, debido a que algunos de estos podían ser realizados en una misma etapa y así se pudo disminuir los tiempos en los que se realizaban dichos procesos.

En la tercera tabla se tiene un número mayor de actividades en comparación a las segunda tabla, pero se redujo el tiempo porque existen actividades que se realizan simultáneamente, también se tiene el control de la banda 2 la cual se prendera cuando existan bases buenas (con dial), además existe una comunicación con la estación de prensa con músculo neumático para que esta envíe bases cuando la estación lo solicite, y detenga su actividad cuando la estación de separación emita la señal de ocupado. Además, se realizó cambios en las bandas transportadoras ya que estas se trababan al momento en el que estos eran encendidos y la base se quedaba en ese estado sin poder llegar al punto final.

El VSM final del proceso completo, que se muestra en el gráfico 6-27, deja ver la manera como se desarrolla el proceso, poniendo en práctica los principios de las herramientas de la manufactura esbelta.

6.9 DATOS DEL PROCESO PLANTEADO

ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN PIEZA 1	
ALMACENAMIENTO DE BASES	2
ACTIVACIÓN DE VÁLVULA	1
TRASLADO DE BASE TORRE BANDA	1
ACTIVACIÓN DE BANDA	0.1
TRASLADO POR LA BANDA	6
VERIFICACIÓN DE PRESENCIA DE BASE	0.1
PARO DE LA BANDA	2

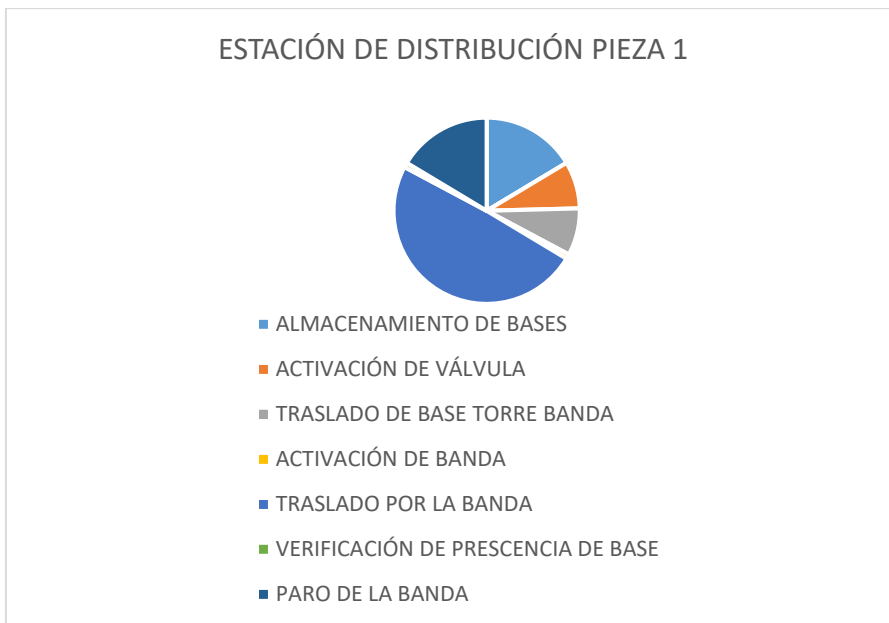


Gráfico 6-28 estación de distribución pieza 1 planteado
Elaborado por: el investigador

En este caso la pieza 1 debe recorrer el mismo espacio por lo que se necesita optimizar la parte programática como neumática y mecánica.

ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN PIEZA 2

ALMACENAMIENTO DE BASES	2
ACTIVACIÓN DE VÁLVULA	1
TRASLADO DE BASE TORRE BANDA	1
ACTIVACIÓN DE BANDA	0.1
TRASLADO POR LA BANDA	8
VERIFICACIÓN DE PRESENCIA DE BASE	0.1
PARO DE LA BANDA	2

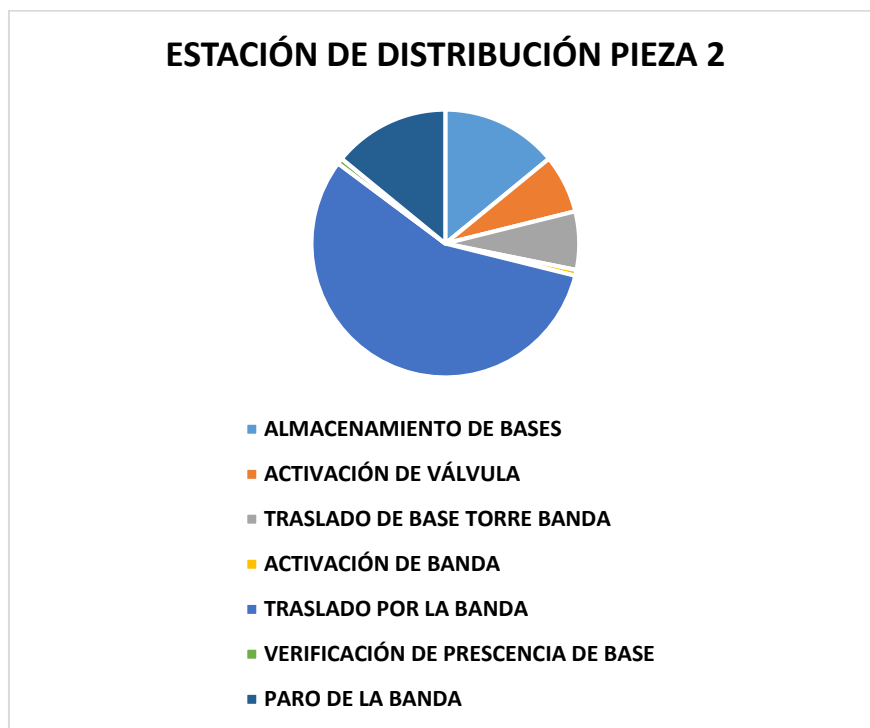


Gráfico 6-29 estación de distribución pieza 2 planteado

Elaborado por: el investigador

En este caso la pieza 2 debe recorrer el mismo espacio por lo que se necesita optimizar la parte programática como neumática y mecánica.

ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN PIEZA 3

ALMACENAMIENTO DE BASES	2
ACTIVACION DE VALVULA	1
TRASLADO DE BASE TORRE BANDA	1
ACTIVACION DE BANDA	0.1
TRASLADO POR LA BANDA	10
VERIFICACION DE PRESCENCIA DE BASE	0.1
PARO DE LA BANDA	2

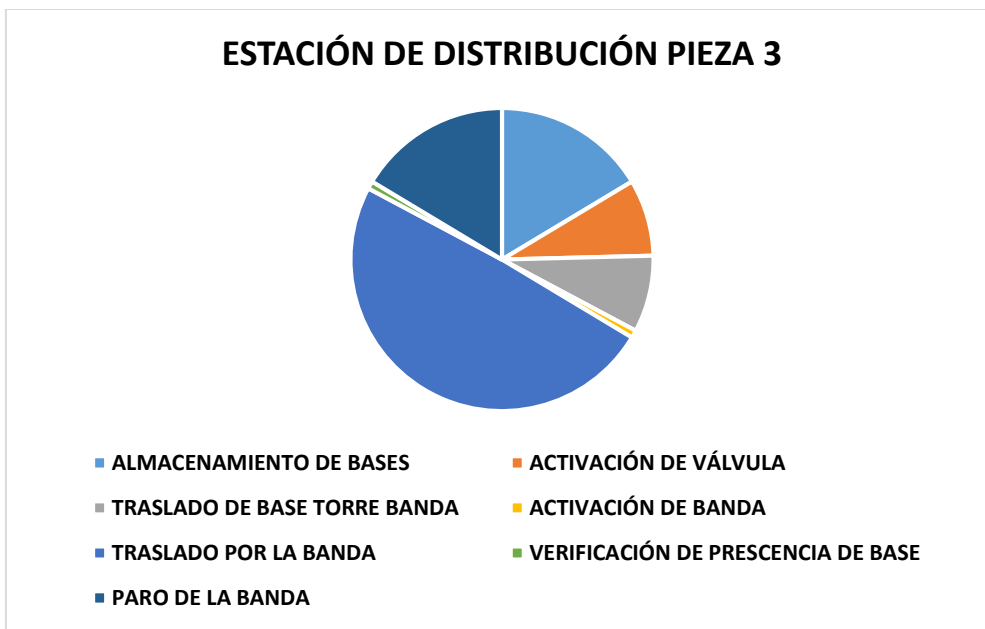


Gráfico 6-30 estación de distribución pieza 3 planteado
Elaborado por: el investigador

En este caso la pieza 3 debe recorrer el mismo espacio por lo que se necesita optimizar la parte programática como neumática y mecánica.

Esta es la que ocupa la parte critica al ser la más lejana a la salida de la banda.

Se tomará en cuenta ese aspecto para la comparación con el estado original y el final.

ESTACIÓN DE GIRO

DETECCIÓN DE BASE	0.1
ACCIONAMIENTO DE BANDA	1
DETECCIÓN DE BASE SENSOR 2	0.2
ACCIONAMIENTO DE VÁLVULA Y BANDA	4.7
DETECCIÓN DE BASE	0.3
CORRECCIÓN DE LA BASE	14.8
ACCIONAMIENTO VÁLVULA 2 Y BANDA	2.22

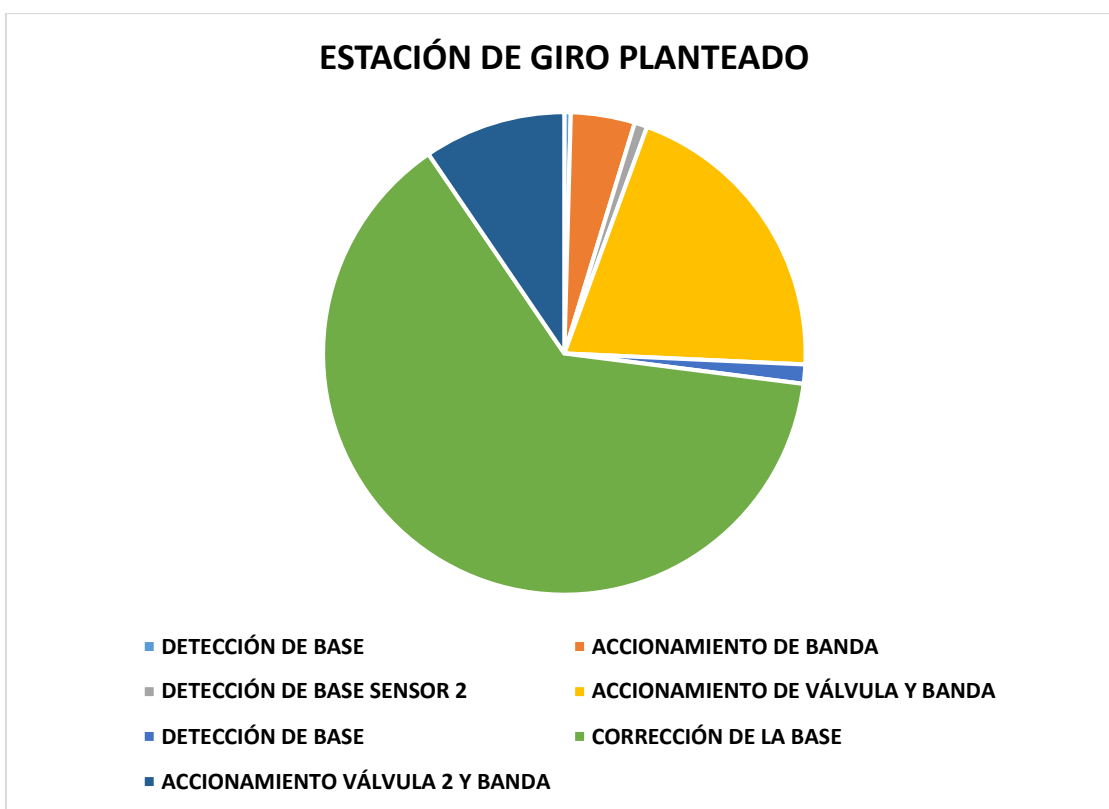


Gráfico 6-31 estación de giro planteado

Elaborado por: el investigador

En este caso la pieza debe realizar igual recorrido por lo que se necesita optimizar la parte neumática y mecánica y en poco porcentaje la programática.

ESTACIÓN PICK AND PLACE

DETECCIÓN DE BASE	0.05
ACCIONAMIENTO DE BANDA Y SISTEMA DE RECOGIMIENTO DE DIAL	5
DETECCIÓN DE BASE	0.05
BAJA EL VÁSTAGO CON VENTOSA	0.5
DESACTIVACIÓN DE LA VENTOSA	0.05
SUBE EL VÁSTAGO DE CILINDRO	0.5
TRANSPORTE AL FINAL DE LA BANDA	3

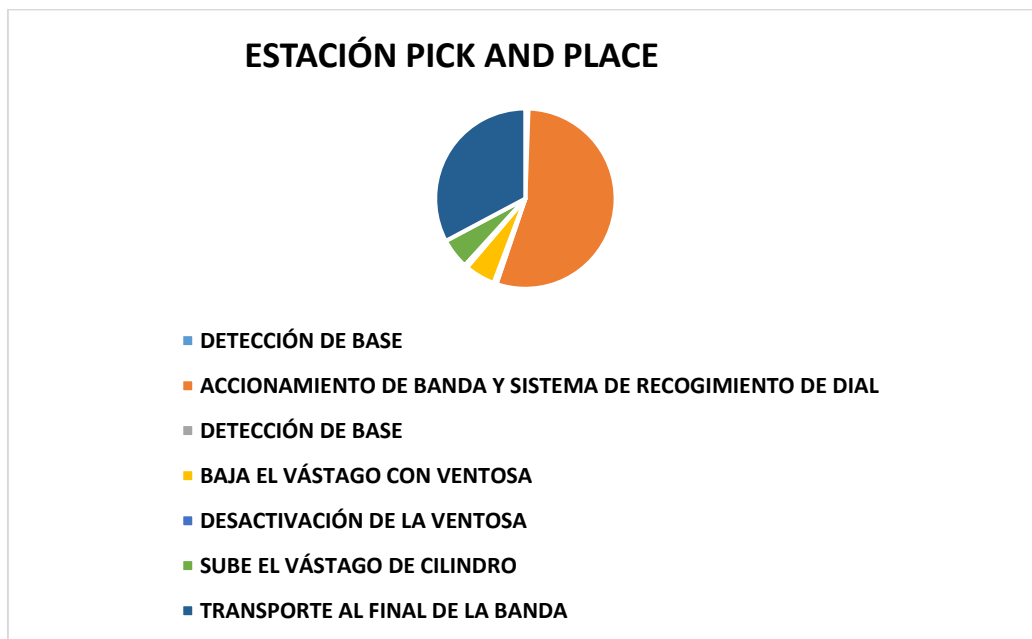


Gráfico 6-32 estación de pick and place planteado

Elaborado por: el investigador

Esta estación es crítica ya que al proponer los cambios se podrá disminuir el tiempo total.

La situación original ocupaba el tiempo de 16.23 y la planteada 9.15 segundos

Se ha realizado un cambio en el programa tomando en cuenta los 7 desperdicios, y mientras la base es detectada y transportada a la posición 2 el sistema de montaje del dial ya realiza su

trabajo y “espera” a que la base sea detectada para de inmediato poner el dial sobre la base y de inmediato sale a la siguiente estación.

ESTACION DE MÚSCULO

SENSAR BASE Y ACCIONAMIENTO DE PINZA	0.5
GIRO DE ARTICULACIÓN POSICIÓN 2	0.5
PRENSADO	0.5
GIRO DE LA ARTICULACIÓN A POSICIÓN 3	2.25
ABRIR PINZA	0.47
REGRESA ARTICULACIÓN Y GIRA A POSICIÓN 1	2



Gráfico 6-33 estación de músculo planteado

Elaborado por: el investigador

El planteamiento de mejoras en esta estación incluye un cambio programático como arreglos en la parte mecánica y sensorica y neumática.

Bajo el principio de la neumática respecto a que se debe usar la presión más baja como sea posible se pueden cometer errores y ralentizar innecesariamente el proceso, y causar desperdicios de tiempo y movimientos que alargan el proceso.

En el planteamiento se ha recomendado unir dos movimientos para disminuir el tiempo, además se han modificado tanto la presión como el caudal para optimizar los movimientos y bajar ostensiblemente el tiempo de proceso.

ESTACIÓN DE SEPARACION

TRANSPORTE DE BASE	10
SENSADO DE BASE	0.5
ACTIVACIÓN DE BANDA 1	3
VERIFICACIÓN DE PIEZA	2.3
ESPERA	0.5
ACTIVACIÓN DE BANDA 1	0.5
TRANSPORTE POR BANDA 1	4.8
DETECCIÓN DE BASE EN POSICION SENSOR 2	0.2
BASE CORRECTA EMPUJADA A BANDA 2	0.002
BASE INCORRECTA A SIGUIENTE ESTACION	4
SI ES CORRECTA SE ACTIVA BANDA 2	5



Gráfico 6-34 Estación de separación planteado

Elaborado por: el investigador

Esta estación no tiene cambios fundamentales, no se han detectado pérdidas considerables. Los tiempos son prácticamente iguales. Se han reducido tiempos de accionamiento en donde habían esperas innecesarias en el programa.

Luego de haber analizado la situación planteada del proceso de montaje de manómetros observamos que el tiempo total del paso de una base para el montaje es de 85.69 segundos

	ORIGINAL	PLANTEADO
ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN	25	16.2
ESTACIÓN DE GIRO	24.2	23.32
ESTACIÓN DE PICK AND PLACE	16.23	9.15
ESTACIÓN DE MÚSCULO	47	6.22
ESTACIÓN DE SEPARACIÓN	33.8	30.802
TOTAL	146.23	85.692

Los cambios planteados permiten verificar teóricamente, que el sistema operará de manera óptima. Por ejemplo, la de distribución ha disminuido 8.8 segundos, esto es debido a que se ha optimizado el tiempo de traslado de la pieza más lejana, mediante el cambio de velocidad en la banda al incluir un control de la misma en el accionamiento del motor.

Además, se modificaron tanto la presión como el caudal del sistema neumático.

6.9 DATOS DEL PROCESO FINAL

ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN PIEZA 1

ALMACENAMIENTO DE BASES	2
ACTIVACIÓN DE VÁLVULAS	0.5
TRASLADO TORRE BANDA	0.2
ACTIVACIÓN DE BANDA	0.1
TRASLADO DE BASE POR LA BANDA	3
VERIFICACIÓN DE PRESCENCIA	0.1
PARO DE BANDA	2

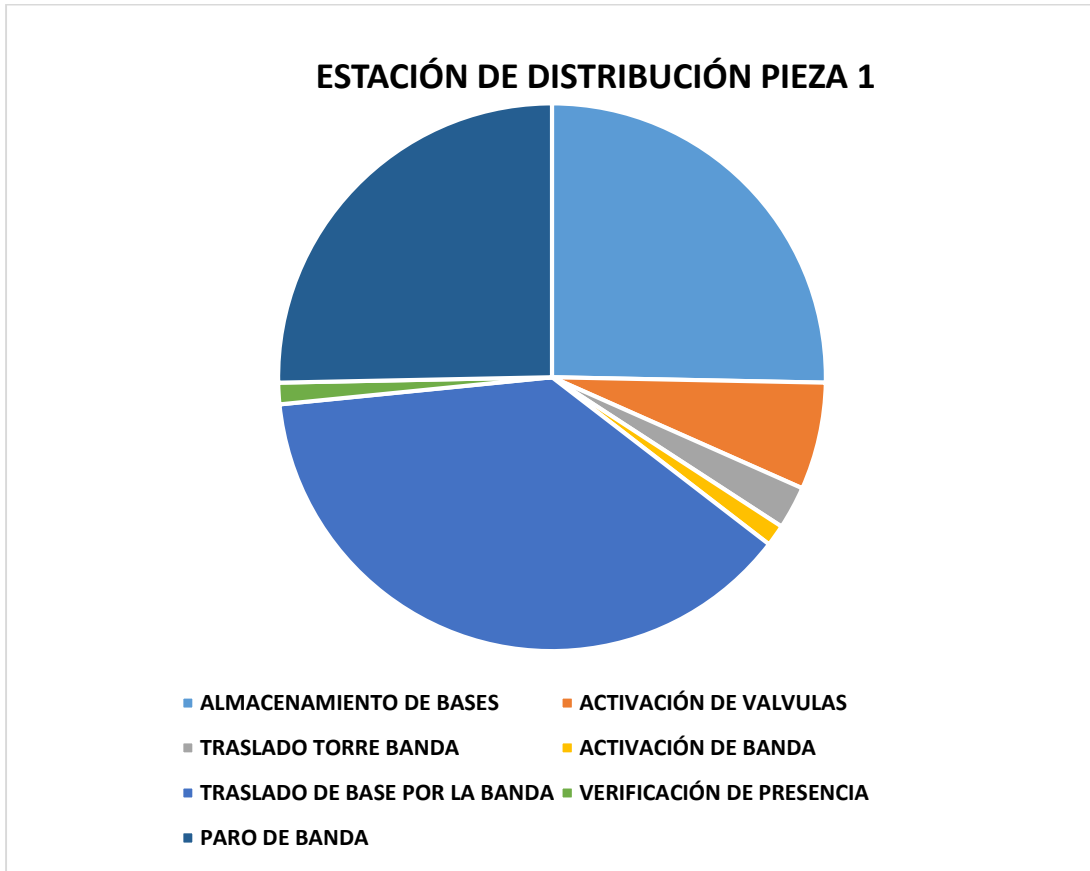


Gráfico 6-35 Estación de distribución pieza 1 final

Elaborado por: el investigador

El gráfico demuestra que los tiempos de proceso han disminuido, pero esto es básicamente por la mejora en el control del motor, no ha variado esencialmente el programa.

ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN PIEZA 2

ALMACENAMIENTO DE BASES	2
ACTIVACIÓN DE VÁLVULAS	0.5
TRASLADO TORRE BANDA	0.2
ACTIVACIÓN DE BANDA	0.1
TRASLADO DE BASE POR LA BANDA	4
VERIFICACIÓN DE PRESENCIA	0.1
PARO DE BANDA	2

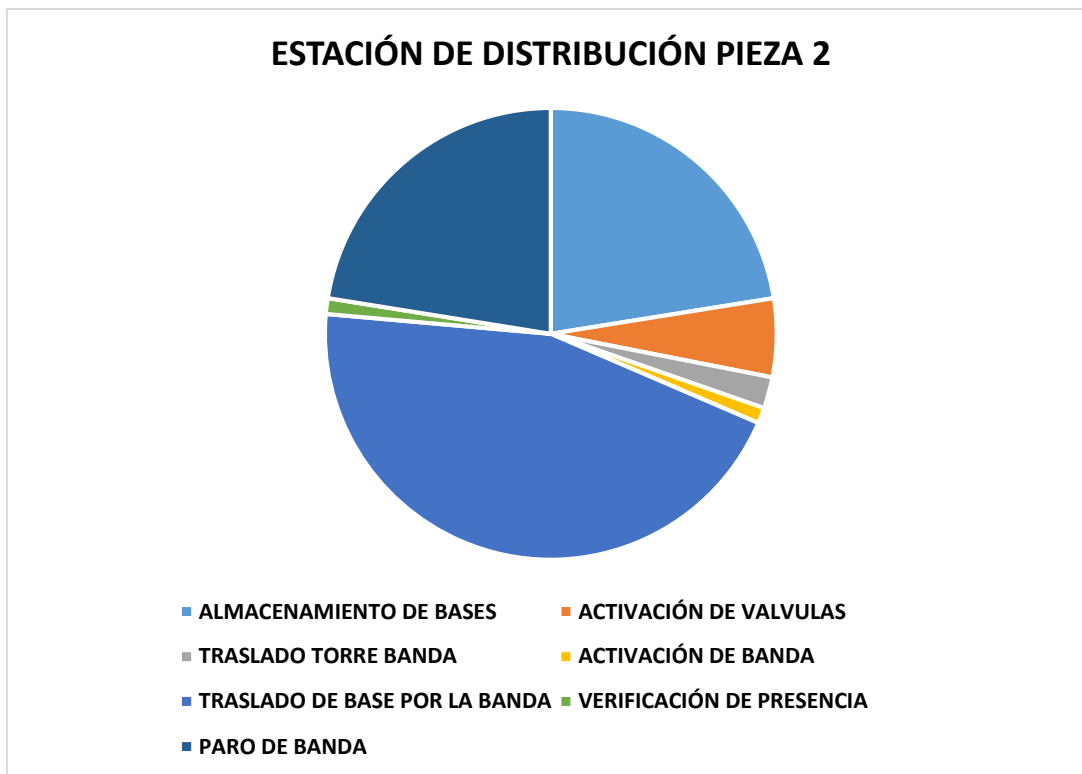


Gráfico 6-36 Estación de distribución pieza 2 final

Elaborado por: el investigador

El gráfico demuestra que los tiempos de proceso han disminuido, pero esto es básicamente por la mejora en el control del motor, no ha variado esencialmente el programa. La base ha tomado 4 segundos en su traslado debido a que está más lejana que la pieza 1 a la salida de la banda.

ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN PIEZA 3

ALMACENAMIENTO DE BASES	2
ACTIVACIÓN DE VÁLVULAS	0.5
TRASLADO TORRE BANDA	0.2
ACTIVACIÓN DE BANDA	0.1
TRASLADO DE BASE POR LA BANDA	5
VERIFICACIÓN DE PRESENCIA	0.1
PARO DE BANDA	2

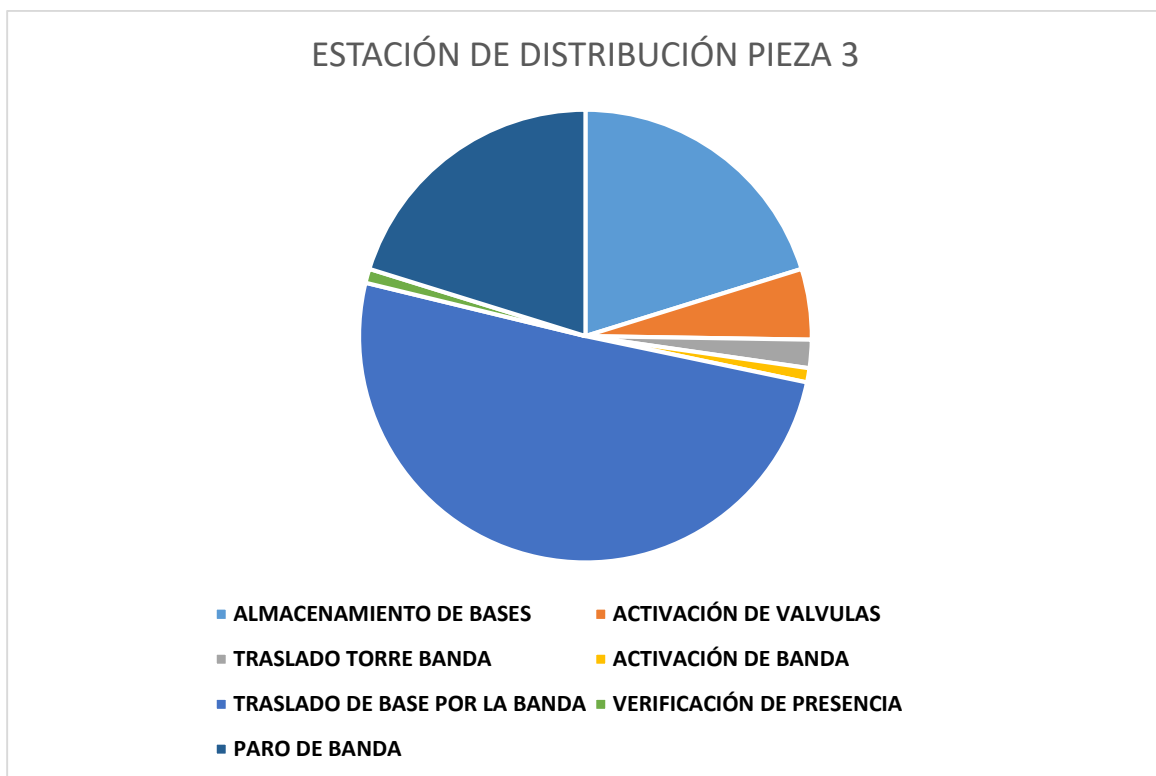


Gráfico 6-37 Estación de distribución pieza 3 final

Elaborado por: el investigador

El gráfico demuestra que los tiempos de proceso han disminuido, pero esto es básicamente por la mejora en el control del motor, no ha variado esencialmente el programa. La base ha tomado 5 segundos en su traslado debido a que está más lejana que la pieza 1 y 2, a la salida de la banda. Esta será la que realmente da el tiempo crítico por ser la que mayor tiempo toma en el traslado.

ESTACION DE GIRO

DETECCION DE BASE	0.1
ACCIONAMIENTO DE BANDA	1
DETECCIÓN DE BASE SENSOR 2	0.2
ACCIONAMIENTO DE VÁLVULA Y BANDA	4.7
DETECCIÓN DE BASE	0.3
CORRECCIÓN DE LA BASE	13.3
ACCIONAMIENTO VÁLVULA 2 Y BANDA	1.7



Gráfico 6-38 estación de giro final

Elaborado por: el investigador

Esta estación mejoró el tiempo debido a que se eliminaron desperdicios por esperas innecesarias, algunos de sus movimientos son necesarios, excepto el del cilindro de empuje que fue desmontado de la estación.

ESTACIÓN PICK AND PLACE

DETECCIÓN DE BASE	0.05
ACCIONAMIENTO DE BANDA Y SISTEMA DE RECOGIMIENTO DE DIAL	5
DETECCIÓN DE BASE	0.05
BAJA EL VÁSTAGO CON VENTOSA	0.5
DESACTIVACIÓN DE LA VENTOSA	0.05
SUBE EL VÁSTAGO DE CILINDRO	0.5
TRANSPORTE AL FINAL DE LA BANDA	3

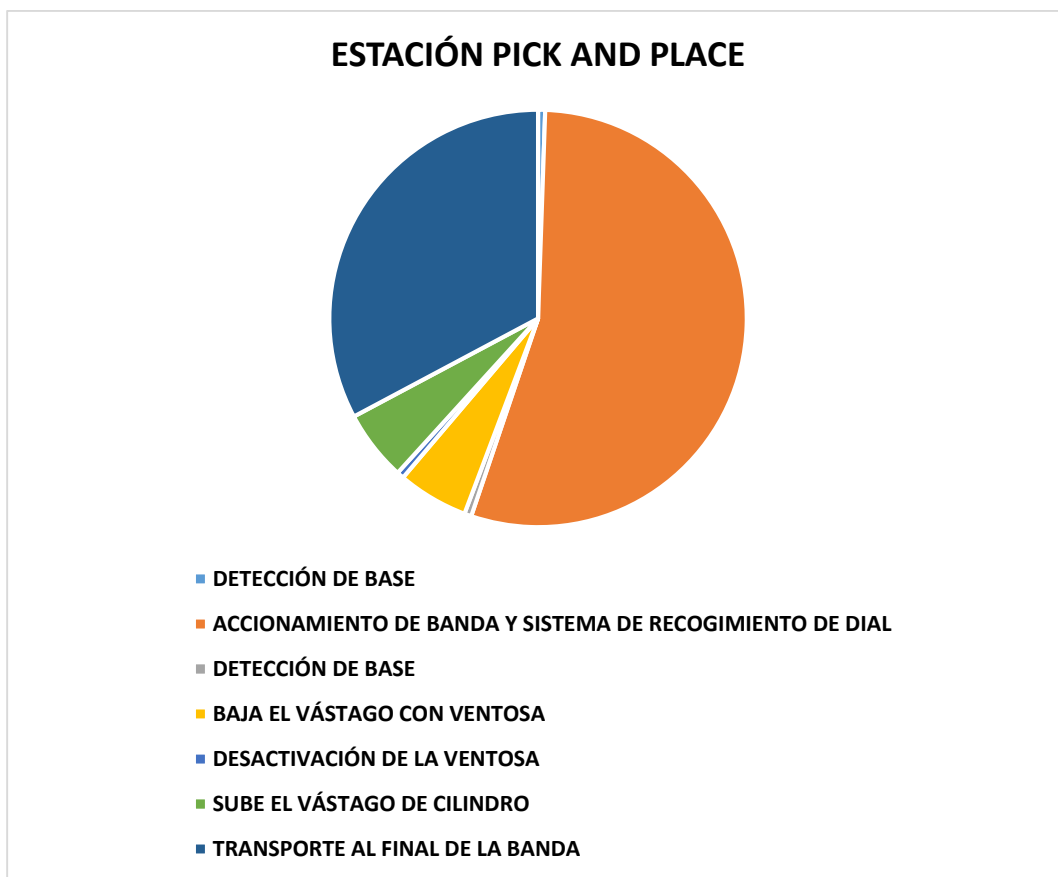


Gráfico 6-39 estación de pick and place final

Elaborado por: el investigador

La estación Pick and Place, en su proceso final permite un ahorro sustancial de tiempo, demostrado en la tabla

ESTACIÓN MÚSCULO

SENSAR BASE Y ACCIONAMIENTO DE PINZA	1
CERRAR PINZA	0.5
GIRO DE ARTICULACIÓN POSICION 2	2
PRENSADO	1
GIRO DE LA ARTICULACIÓN A POSICIÓN 3	4
ABRIR PINZA	0.5
REGRESA ARTICULACIÓN	2
GIRA A POSICIÓN 1	6

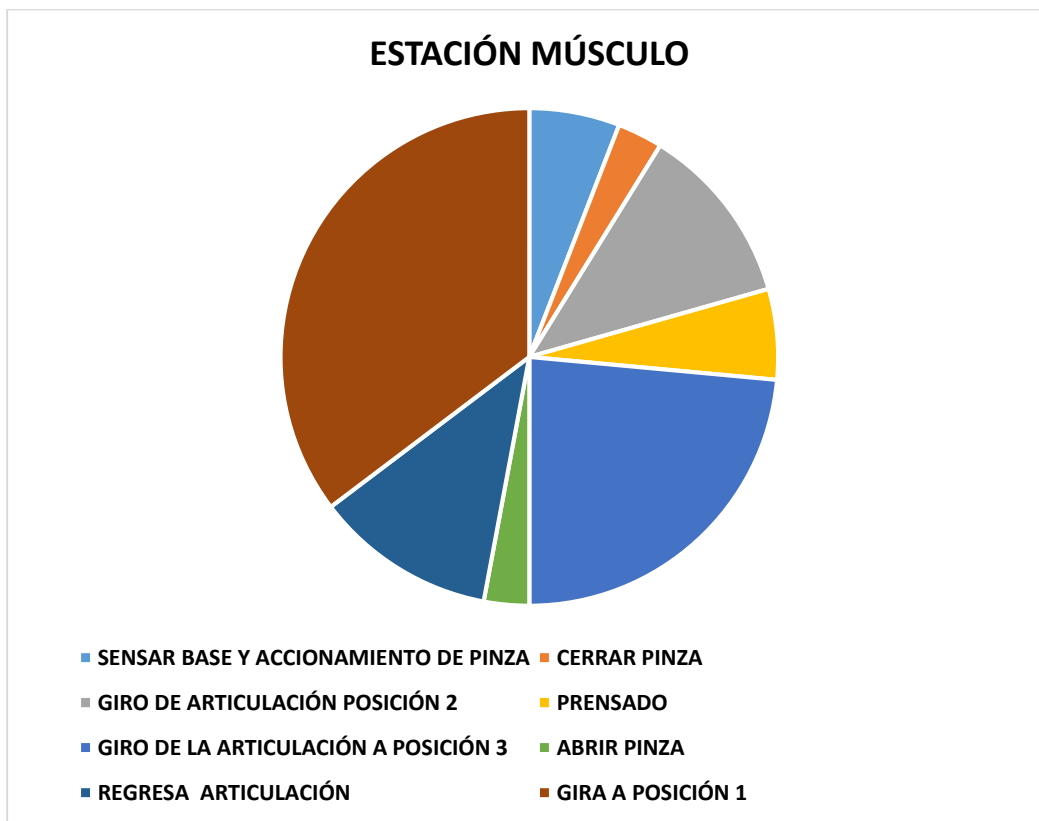


Gráfico 6-40 Estación de músculo final

Elaborado por: el investigador

ESTACIÓN DE SEPARACIÓN

TRANSPORTE DE BASE	1
SENSADO DE BASE	0.5
ENVIO DE SEÑAL A ESTACIÓN ANTERIOR	0.5
ACTIVACIÓN DE BANDA 1	3
VERIFICACIÓN DE PIEZA	2
ESPERA	0.5
ACTIVACIÓN DE BANDA 1	0.5
TRANSPORTE POR BANDA 1	4.8
DETECCIÓN DE BASE EN POSICIÓN SENSOR 2	0.2
BASE CORRECTA EMPUJADA A BANDA 2	0.002
BASE INCORRECTA A SIGUIENTE ESTACIÓN	4
ENVIO DE SEÑAL A ESTACIÓN ANTERIOR	0.5
SI ES CORRECTA SE ACTIVA BANDA 2	5



Gráfico 6-41 estación de separación final

Elaborado por: el investigador

Luego de haber analizado la situación final del proceso de montaje de manómetros observamos que el tiempo total del paso de una base para el montaje es de 79.85 segundos

ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN	9.9
ESTACIÓN DE GIRO	21.3
ESTACIÓN DE PICK AND PLACE	9.15
ESTACIÓN DE MÚSCULO	17
ESTACIÓN DE SEPARACIÓN	22.502

Haciendo un análisis final comparativo del proceso de montaje de manómetros, se destaca que la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta bajó notablemente el tiempo total del proceso.

La aplicación de la teoría de los 7 desperdicios, las 5 S y el Just and Time, ha beneficiado la programación industrial y por ende el proceso final. Se nota que el porcentaje del sistema inicial como tiempo total base, el final se ha mejorado al 54,61%, es decir, se ha mejorado en un 45,39%

	ORIGINAL	PORCENTAJE	PLANTEADO	FINAL	PORCENTAJE
ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN	25	100	16.2	9.9	39.60
ESTACIÓN DE GIRO	24.2	100	23.32	21.3	88.02
ESTACIÓN DE PICK AND PLACE	16.23	100	9.15	9.15	56.38
ESTACIÓN DE MÚSCULO	47	100	6.22	17	36.17
ESTACIÓN DE SEPARACIÓN	33.8	100	30.802	22.502	66.57
TOTAL	146.23	100	85.692	79.852	54.61

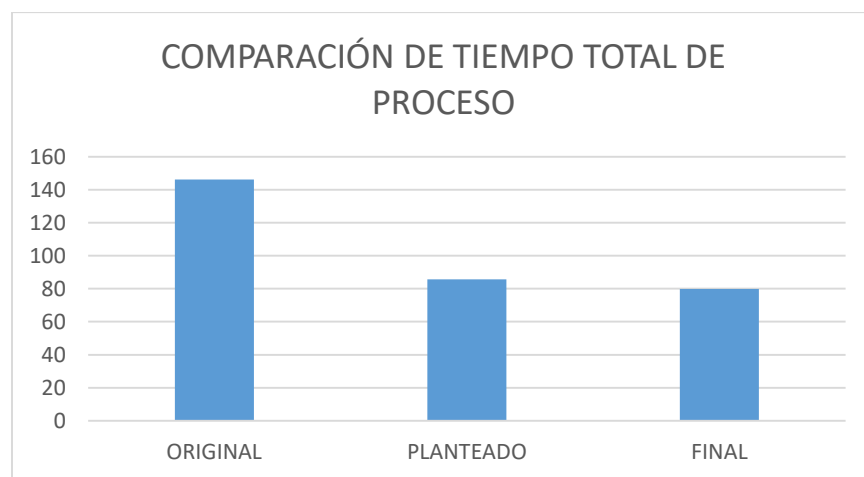


Gráfico 6-42 Tiempo total de proceso

Elaborado por: el investigador

6.10 Comprobación de la hipótesis

Con los datos finales, procedemos a hacer el cálculo con el método chi cuadrado. En la tabla constan los tiempos del proceso original, planteado y final, en ese orden.

ORIGINAL PLANTEADO FINAL

25	16.2	9.9
24.2	23.32	21.3
16.23	9.15	9.15
47	6.22	17
33.8	30.802	22.502
146.23	85.692	79.852

Cálculo de la sumatoria de las frecuencias

51.1
68.82
34.53
70.22
87.104
311.774

Cálculo de frecuencias esperadas

23.96721022	14.04498515	13.0878046	51.1
32.27834457	18.91537922	17.6262762	68.82
16.19545536	9.490671961	8.84387268	34.53
32.93498047	19.30017333	17.9848462	70.22
40.85400938	23.94079034	22.3092003	87.104
146.23	85.692	79.852	311.774

Cálculo de valores estadísticos

Observado (O)	Esperado (E)	(O-E)	(O-E)^2	{(O-E)^2/E}
25	23.96	1.04	1.08	0.05
16.2	14.04	2.16	4.67	0.33
9.9	13.08	-3.18	10.11	0.77
24.2	32.27	-8.07	65.12	2.02
23.32	18.92	4.4	19.36	1.02
21.3	17.62	3.68	13.54	0.77
16.23	16.2	0.03	0.00	0.00
9.15	9.49	-0.34	0.12	0.01
9.15	8.84	0.31	0.10	0.01
47	32.93	14.07	197.96	6.01
6.22	19.3	-13.08	171.09	8.86
17	17.98	-0.98	0.96	0.05
33.8	40.85	-7.05	49.70	1.22
30.802	23.94	6.862	47.09	1.97
22.502	22.3	0.202	0.04	0.00
			$\chi^2 =$	23.10

Grados de libertad = (número de filas -1) (número de columnas -1)

$$V = (5-1) * (3-1) = 8$$

Margen de error de 0,05

Con la fórmula de Chi cuadrado:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k (O_i - E_i)^2 / E_i$$

Tabla Distribución Chi Cuadrado χ^2

V/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055
3	16,266	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,017
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,666	19,0228	16,919	14,6837
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,307	15,9872

V: grados de libertad

Conclusión:

El chi cuadrado de la tabla es 15,5073.

Si el chi cuadrado calculado es mayor, al chi cuadrado de la tabla, se rechaza la hipótesis nula.

Por lo tanto, la hipótesis: La aplicación de los principios de la manufactura esbelta en la programación industrial, disminuirá el tiempo de los procesos de producción, es ACEPTADA. Al haber mejorado en un 45,39% del tiempo total de ciclo inicial.

6.11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA PROPUESTA

CONCLUSIONES

La aplicación los principios de la manufactura esbelta permiten disminuir el tiempo de proceso, no sin antes realizar un análisis pormenorizado de los movimientos del mismo. Con el principio de la teoría de los 7 desperdicios, se ha eliminado el tiempo en exceso de esperas innecesarias, con Kanban se logró utilizar memorias para transmitir mensajes de una estación a otra, con el JIT se comprendió que con un mensaje se puede tener material en el tiempo oportuno. Se disminuyó el tiempo total de ciclo de 146,23 segundos a 79,85 segundos.

La programación de los controladores, resulta más fácil, rápida y precisa si se utiliza el método sistemático, sea que se involucren las memorias de comunicación o no. Al aplicar las

herramientas de la manufactura esbelta y sus principios, siempre se consigue un programa más conciso, limpio, técnica y económicamente aceptable.

El análisis de las estaciones, permite comparar los resultados, que tomando en cuenta que el proceso de ensamblaje de manómetros es pequeño y simple, deja diferencias positivas en su aplicación. Más aun al aplicarlas en un proceso con dimensiones industriales, en las que tanto la distancia como el peso son mucho mayores.

RECOMENDACIONES

Realizar un análisis de la aplicación de los principios de la Industria 4.0 para darle al proceso mayor independencia en el uso de los datos generados por el mismo, al ser enviados a la nube o a un big data, los datos pueden ser utilizados para tomar decisiones importantes como producción y mantenimiento.

Analizar el uso de tecnologías como GSM o GPRS para interactuar directamente con el proceso y poder generar ordenes de trabajo de proceso como de mantenimiento. Estas tecnologías permiten la interacción del proceso con mandos medios y gerenciales.

Utilizar el mantenimiento predictivo para utilizar completamente la vida útil del equipo, aumentar la disponibilidad de los mismos, así como disminuir el costo final de los productos, a través de un ahorro en repuestos, materiales y especialmente la eliminación de desperdicios.

BIBLIOGRAFÍA

- PEDRAZA, Lina Marcela “MEJORAMIENTO PRODUCTIVO APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA” Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 5. p. 175-190. Medellín, marzo 2010
- Velásquez C., José. Cómo justificar proyectos de automatización. Industrial Data, vol. 7, núm. 1, agosto, 2004, pp. 7-11 Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú
- YACUZZI, Enrique. EL ESTUDIO DE CASO COMO METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN: TEORÍA, MECANISMOS CAUSALES, VALIDACIÓN” (Universidad del CEMA) 2016
- PÉREZ, Juan Sillero, “Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity” Eleventh LACCEI LATIN American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI 2013=, August 14- 16, 2013 Cancun, Mexico.
- Jiménez, J. y Gisbert Soler, V. (2017). Guía metodológica de la cuestión de desperdicios en una pyme. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 57-63.
- BARRIENTOS Antonio, GAMBAO Ernesto, “Sistemas de producción automatizados”, Universidad Politécnica de Madrid
- HUGH JACK, “Automating Manufacturing Systems”, version 5.0 2007
- MACKAY Steve, Wright Edwin, park John, REYNDERS Deon, “Practical Industrial Data Networks. Design, Installation and Troubleshooting”, Great Britain. Elsevier, 2004
- RODRIGUEZ Aquilino, “sistemas SCADA”, España: Marcombo, 2007
- PARK John, MACKAY Steve, “Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems”, Great Britain: Elsevier,
- MACKAY Steve, WRIGHT Edwin, PARK John, “Practical Data Communications for Instrumentation and Control”, Great Britain: Elsevier, 2006
- LAI Edmund, “Practical Digital Signal Processing for Engineers and Technicians”, Great Britain. Elsevier, 2005

- STRAUSS Cobus, “Practical Electrical Network Automation and Communication System, “Great Britain: Elsevier, 2002
- MACDONALD Dave, “Practical Industrial Safety, Risk Assessment and Shutdown Systems for Instrumentation and Control”, Great Britain: Elsevier, 2004
- HAWKINGS William, FISHER Thomas, “Batch Control Systems, Design, application and implementation”, USA, 2006
- ALCIATORE David, HISTAND Michel, “Introducción a la mecatrónica y a los sistemas de medición”, 3 edición, California McGraw. Hill, 2008
- PIEDRAFITA RAOS, “Ingeniería de la automatización Industrial”, 2 edición, México D. F. 2004
- CASTRO Gil, DIAZ Fernando, “Comunicaciones Industriales, sistemas distribuidos y aplicaciones”, Madrid, Paraninfo, 2007.
- López, Aurelio Arbildo. El control de procesos industriales y su influencia en el mantenimiento. Universidad de Lima Ingeniería Industrial, ISSN 1025-9929, pp. 35-49 N°29, 2011
- Giannasi, Elba. Desperdicios en la Producción. Instituto Nacional de tecnología industrial. Argentina. Octubre 2012.
- Cabrera Rafael, VSM VALUE STREAM MAPPING, Análisis de la cadena de valor, wordpress 2013
- CANTÚ SEGOVIANO, JULIÁN. Aplicación de la Filosofía del Pensamiento Esbelto en la Cadena de Suministro en la Pequeña y Mediana Empresa. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 2005
- Ramírez, D. M. (2011). Controlador lógico programable basado en hardware reconfigurable.

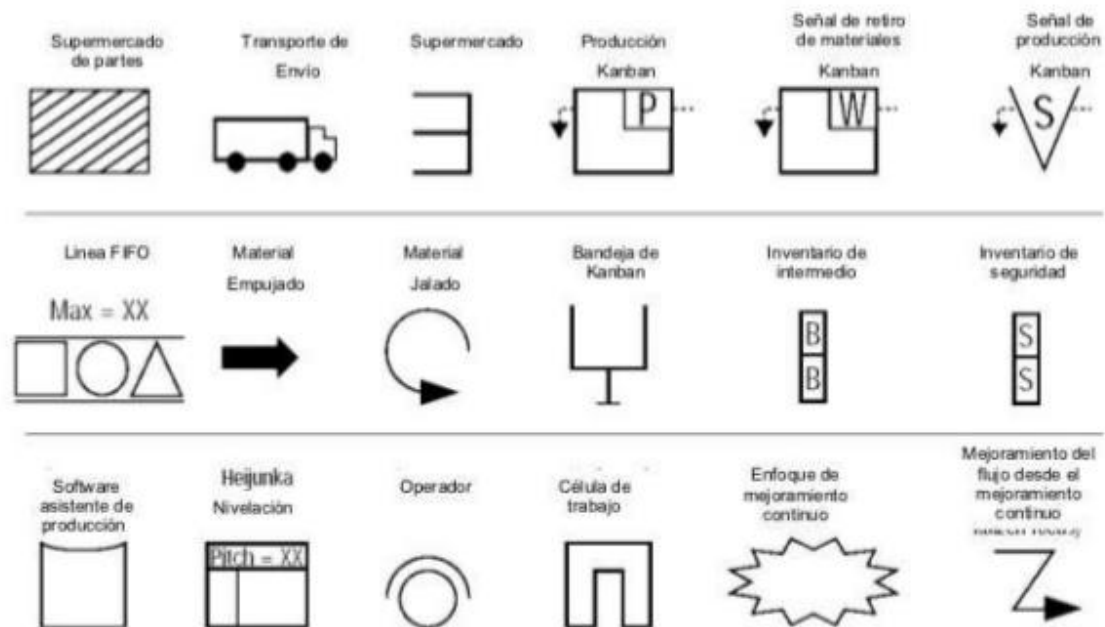
- Fúquene, R. C. E., Aguirre, M. S., & Córdoba, P. N. B. (2009). Evolución de un sistema de manufactura flexible (fms) a un sistema de manufactura integrada por computador (cim).
- Rodríguez, P. A. (2008). Comunicaciones industriales.
- Castro, G. M., Díaz, O. G., & Mur, P. F. (2007). Comunicaciones industriales: principios básicos.
- Oliva, N., Castro, G. M. A., & Díaz, O. G. (2013). Redes de comunicaciones industriales.
- Rodríguez, P. A. (2007). Sistemas scada (2a. ed.).
- Guillén, S. A. (1993). Introducción a la neumática.
- Creus, S. A. (2007). Neumática e hidráulica.
- Sánchez, M. D. (2013). Introducción a la síntesis y programación de automatismos secuenciales.
- Grichnik, K., & Winkler, C. (2009). La nueva era de la manufactura.
- Omaña, M., & Cadenas, J. (2010). Manufactura esbelta: una contribución para el desarrollo de software con calidad.
- Lefcovich, M. (2009). Manufactura just-in-time.
- Kazanas, H. C., Baker, G. E., & Gregor, T. (1983). Procesos básicos de manufactura.
- Cuatrecasas, A. L. (2012). Procesos en flujo flexible lean.
- Rubinfeld, H. L. (2004). Sistemas de manufactura flexible: un enfoque práctico (2a. ed.).

- González, ramiro, Ministerio de Industrias y Productividad, Rendición de cuentas. 2014

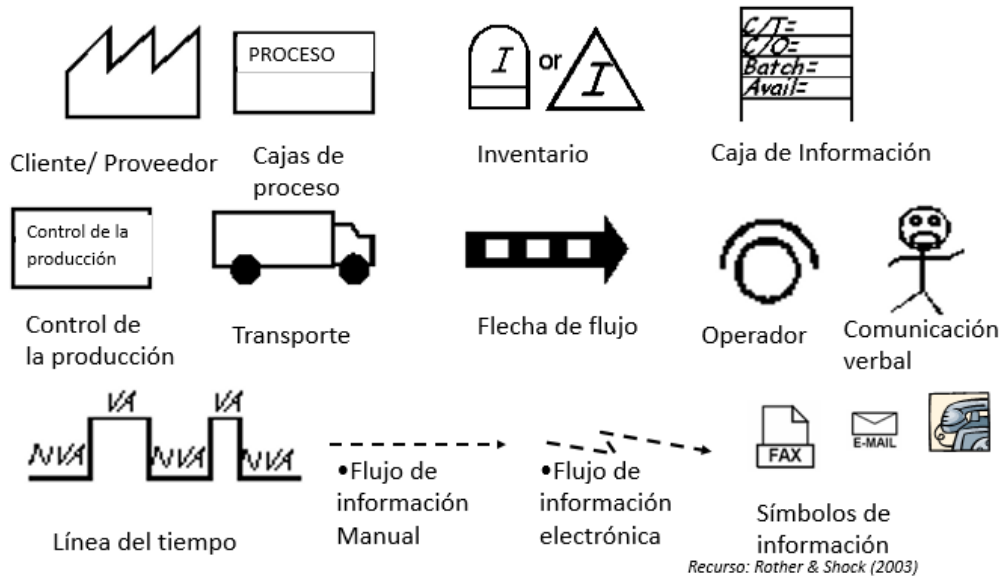
ANEXOS

SIMBOLOGIA BASICA PARA ELABORAR VSM

Simbología

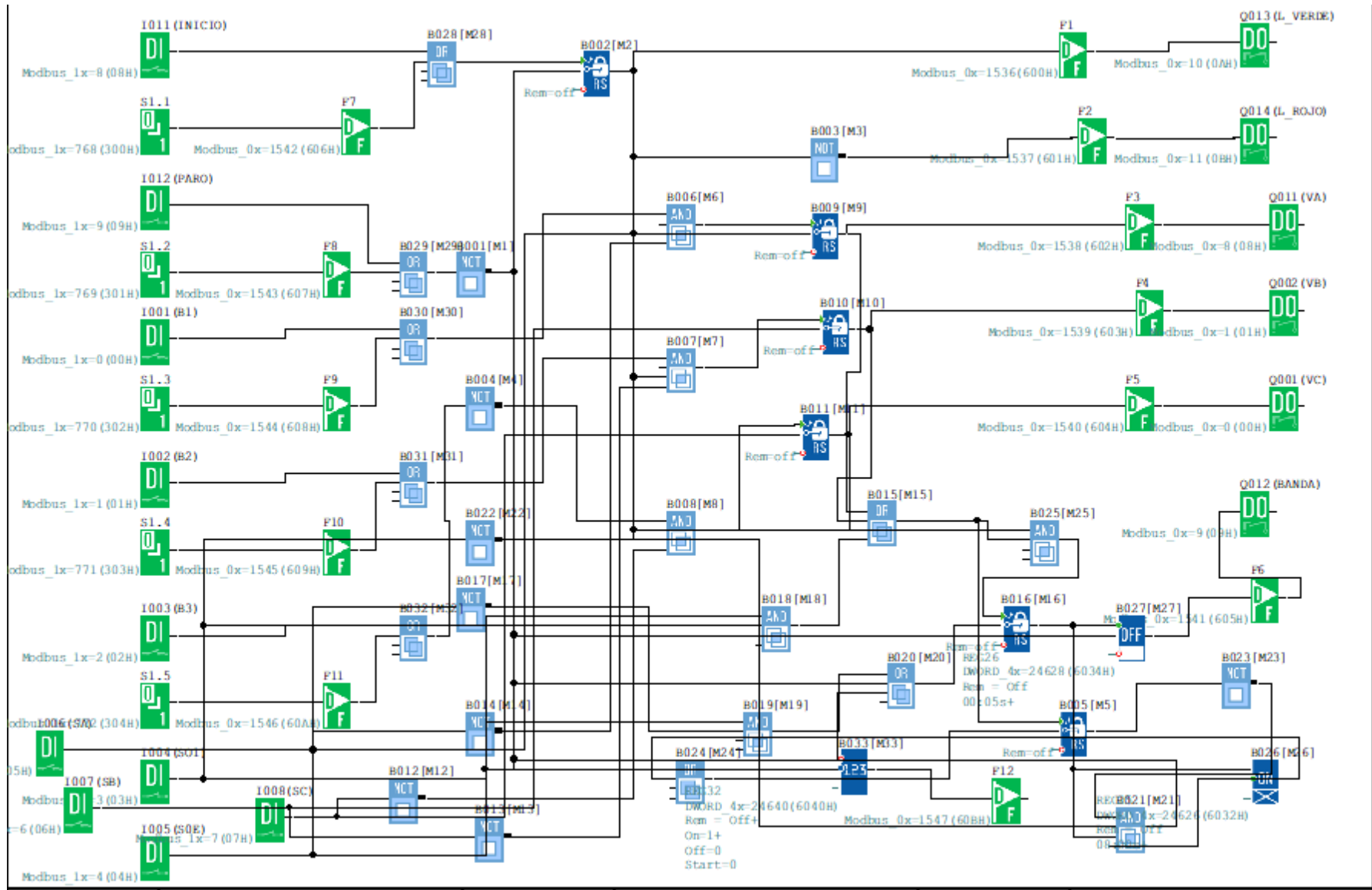


VSM Símbolos



HOJA DE PROCESO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
7		Sobre-producción	Tiempo de espera	Excesivo transporte	Procesos Inecesarios	Inventarios Inecesarios	Mala Calidad	Movimientos Inecesarios	Distancia (metros)	Distancia acumulada (metros)	Duración - Tiempo de ciclo (Min)	Duración Acumulada (Minutos)	Agregan valor (AV)	No agregan Valor (NAV)	Necesaria pero que agregan valor (NNAV)	COMENTARIOS			
8	No.	Actividad														COMENTARIOS			
9	1	Colocar el producto1 (manguera metalica) dentro de la burbuja																	
10	2	Adicionar cinta para que el producto no se salga														Adicionar mucha cinta			
11	3	Buscar y colocar accesorio en T														Ubicacion de los accesorios cerca			
12	4	Buscar y colocar empaque de caucho																	
13	5	Almacenar en una canasta																	
14	6	Buscar accesorio de la parte superior del empaque																	
15	7	Colocar la burbuja con el accesorio																	
16	8	Buscar y colocar cartón con el accesorio y la burbuja																	
17	9	Buscar garantía																	
18	10	Colocar la garantía																	
19	11	Colocar la parte superior y la parte inferior de los empaques con los productos del cliente																	
20		Colocar el empaque final en el molde																	
21		Sellar empaque en selladora														No sella con las condiciones adecuadas			
22		Dejar enfriar empaque																	
23		Refilar (retirar el retazo) el empaque														Deberia hacerla maquina			

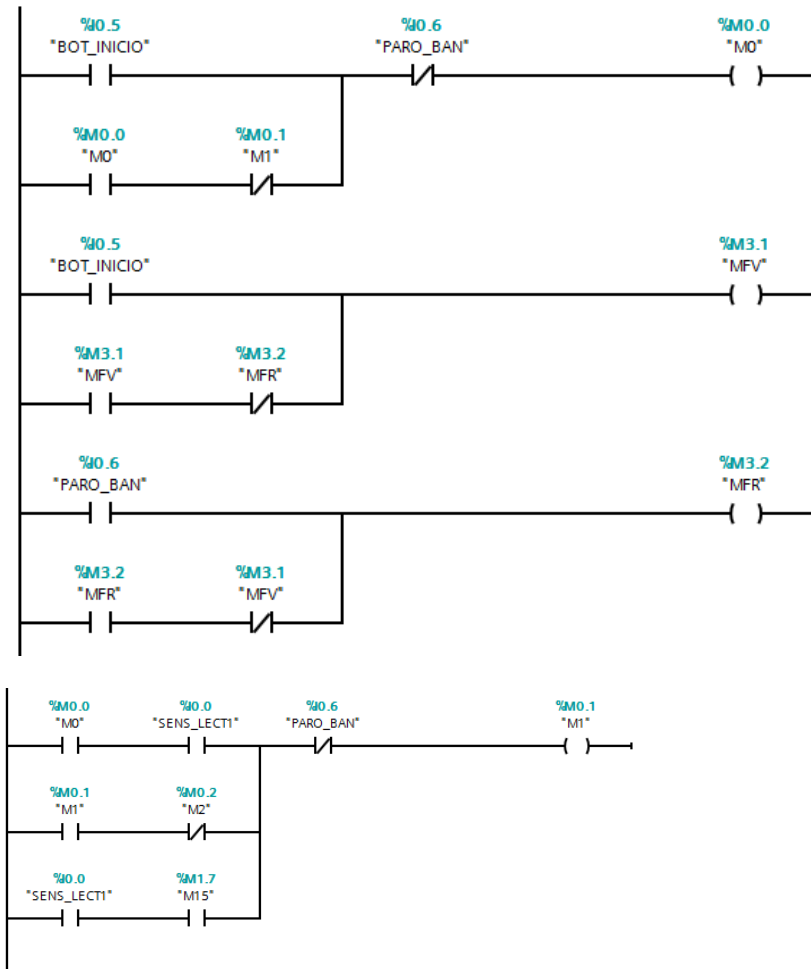


Creator:		Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Created/Changed:	2018/10/16 04:26:04	File:	Program-final	Page:	1 / 7

PROGRAMA ESTACION DE GIRO FINAL

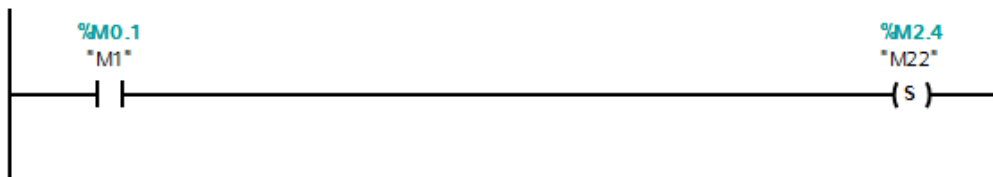
Segmento 1:

Comentario



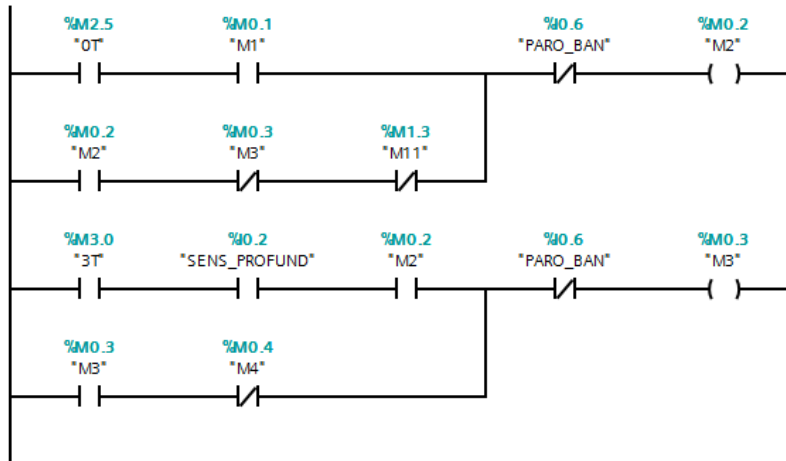
Segmento 2:

Comentario



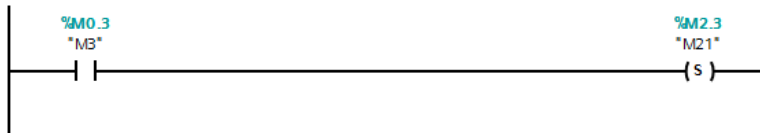
▼ Segmento 3:

Comentario



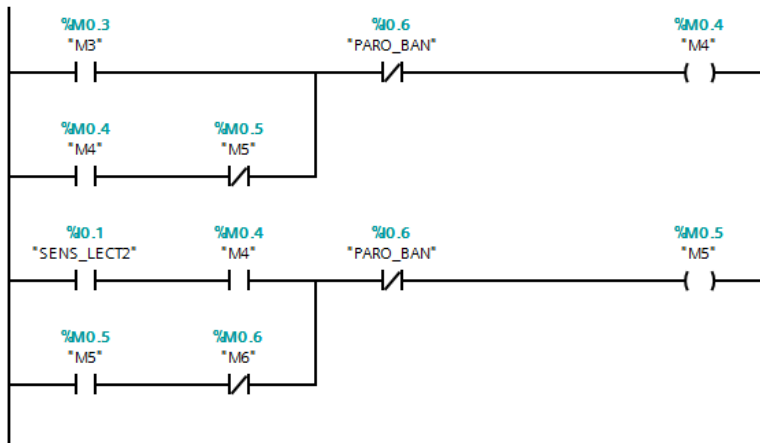
▼ Segmento 4:

Comentario



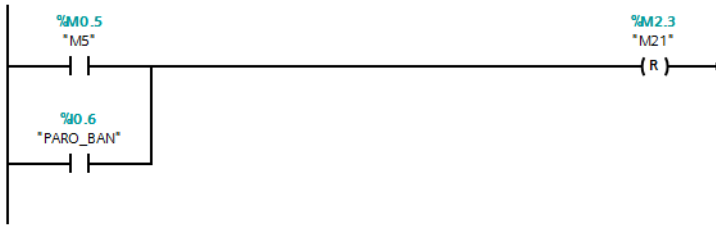
▼ Segmento 5:

Comentario



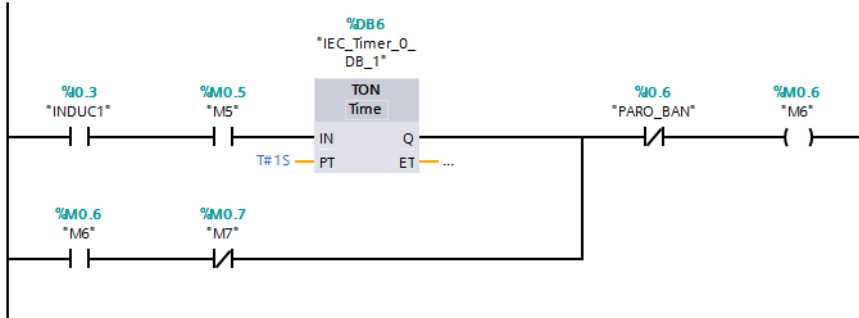
▼ Segmento 6:

Comentario



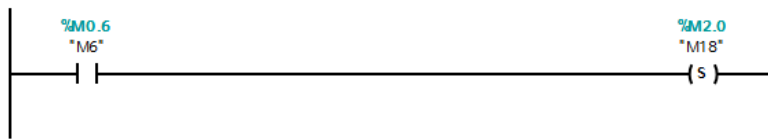
▼ Segmento 7:

RECOGER PIEZA



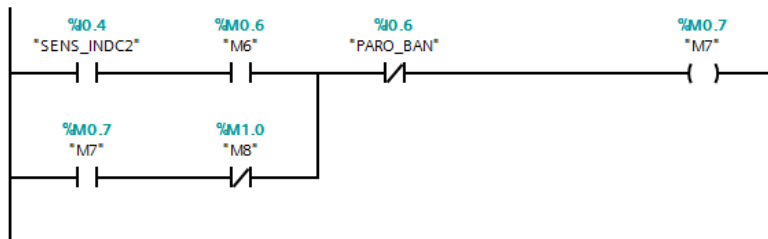
▼ Segmento 8:

Comentario



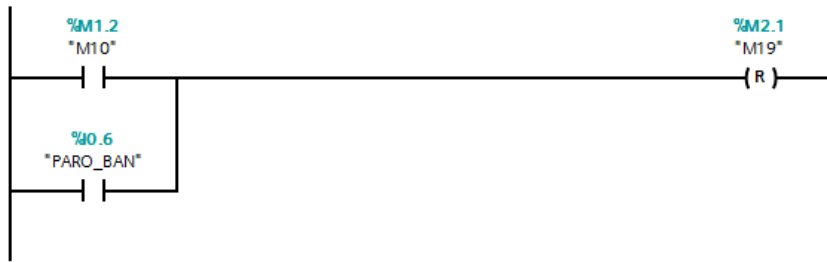
▼ Segmento 9:

Comentario



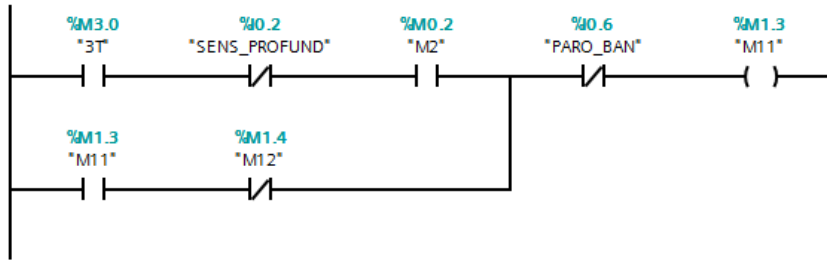
▼ Segmento 14:

Comentario



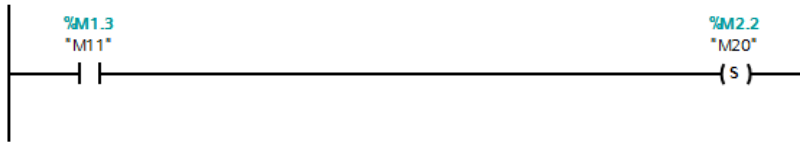
▼ Segmento 15:

Comentario



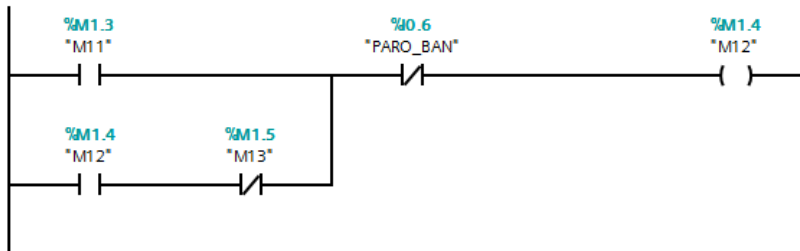
▼ Segmento 16:

Comentario



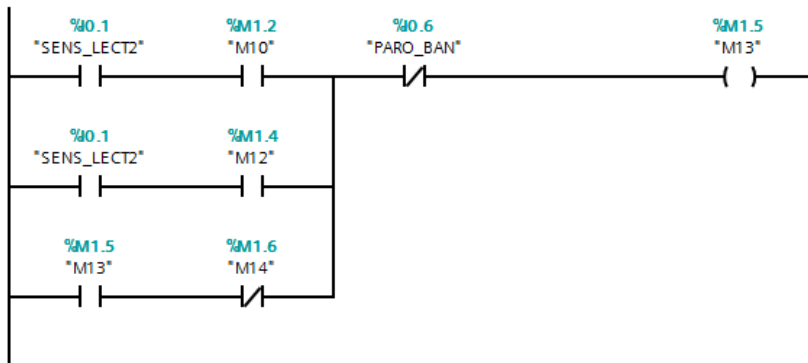
▼ Segmento 17:

Comentario



▼ Segmento 18:

Comentario



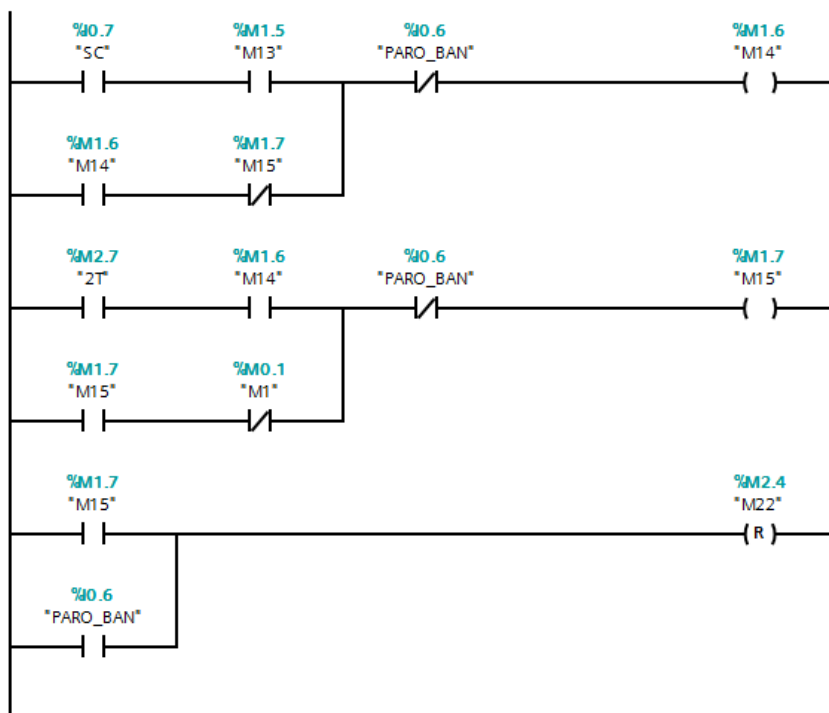
▼ Segmento 19:

Comentario



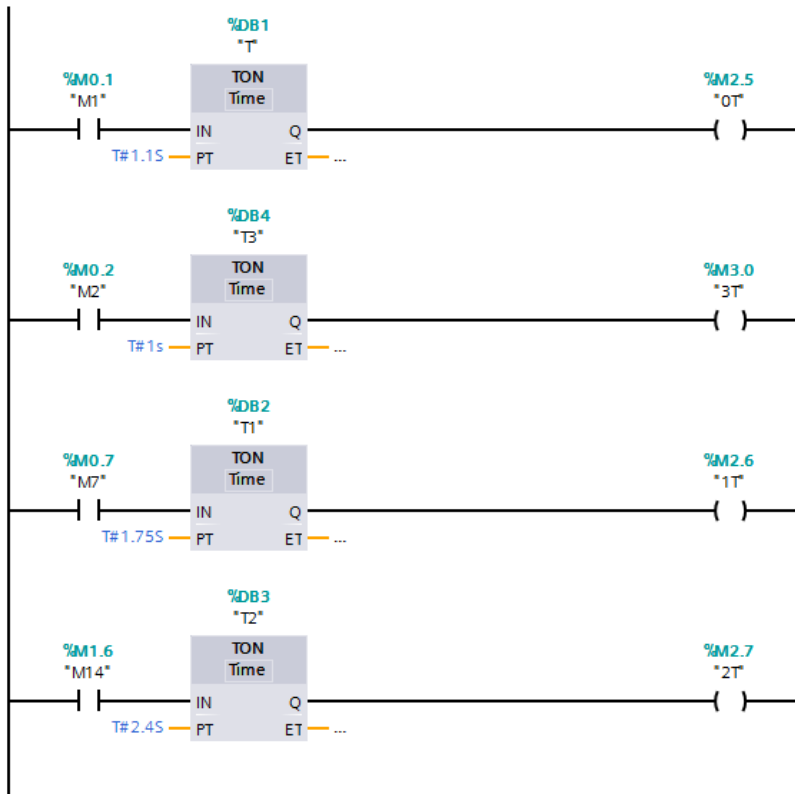
▼ Segmento 20:

Comentario



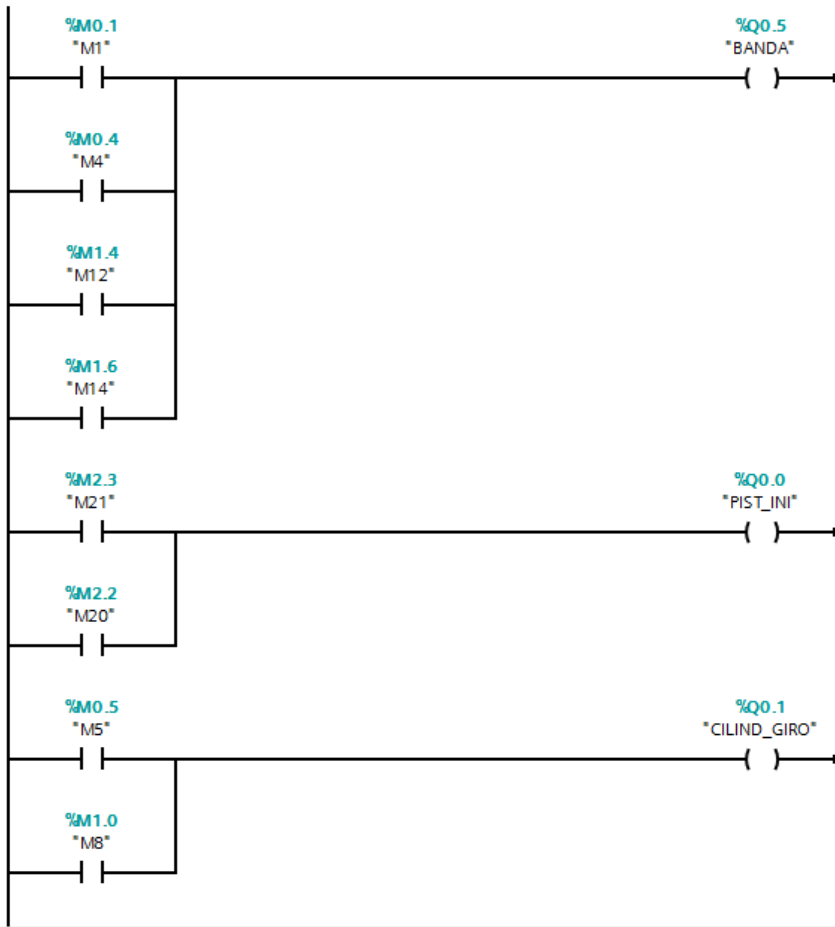
▼ Segmento 21:

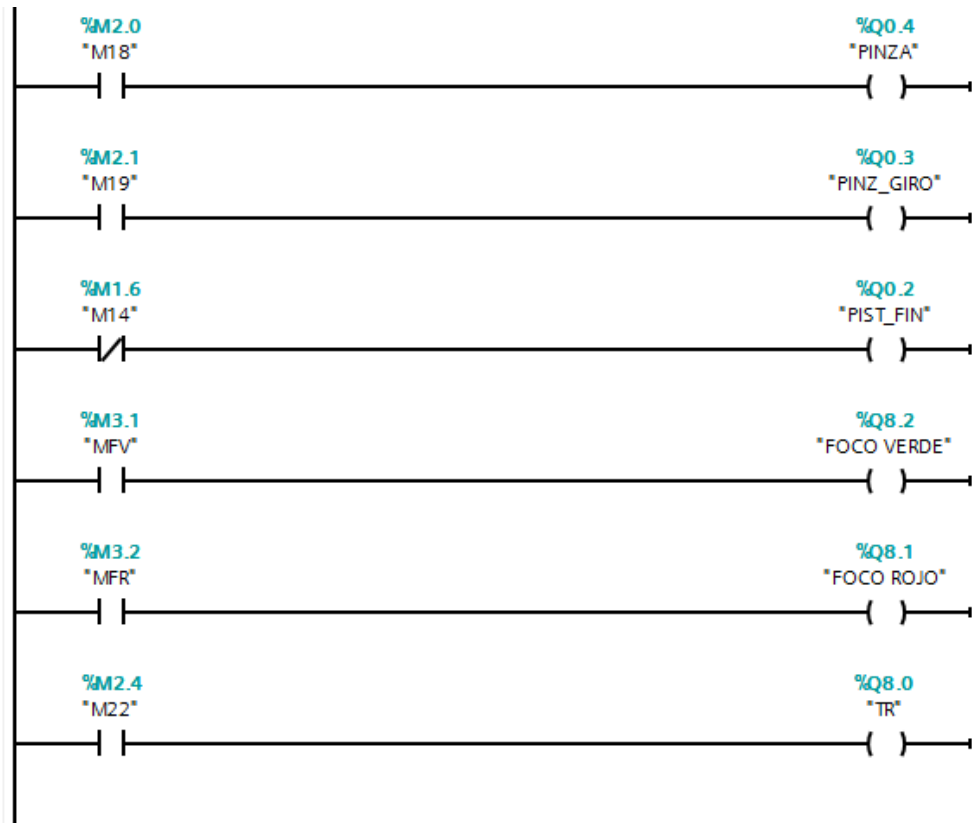
Comentario



▼ Segmento 22:

Comentario

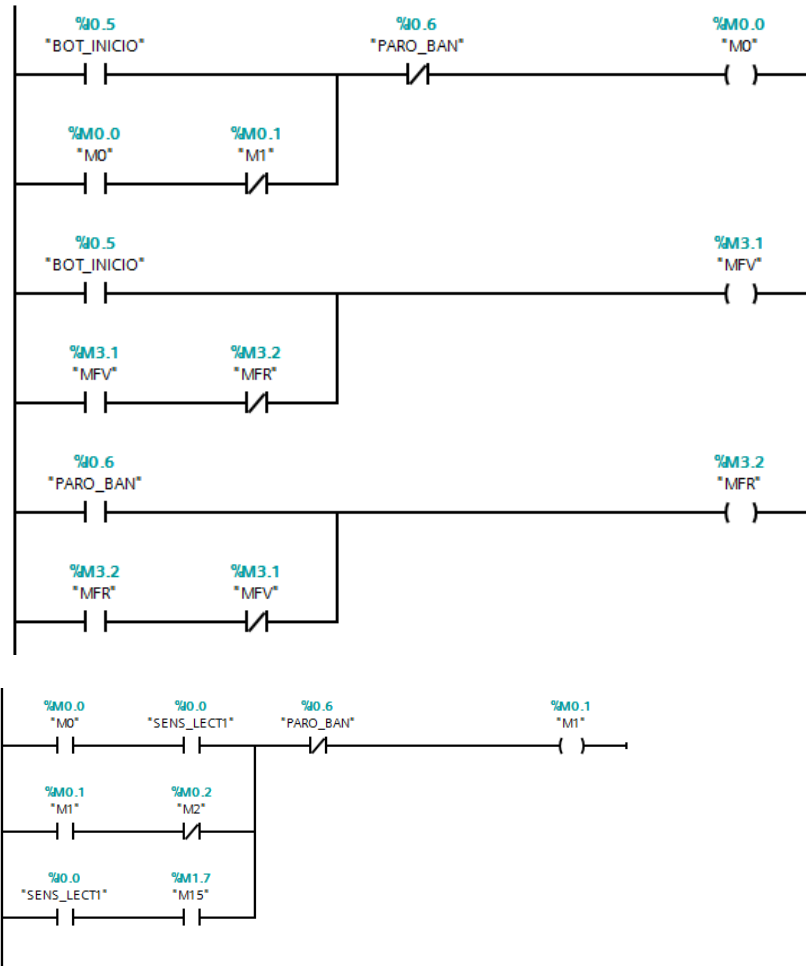




PROGRAMA DE ESTACION PICK AND PLACE FINAL

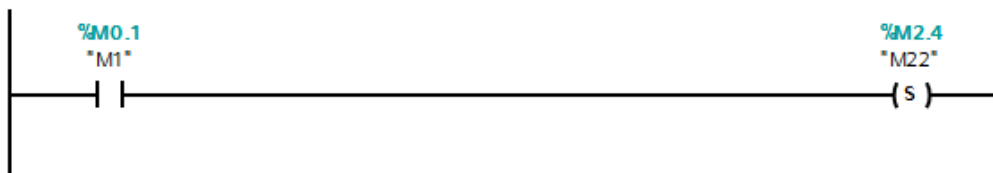
Segmento 1:

Comentario



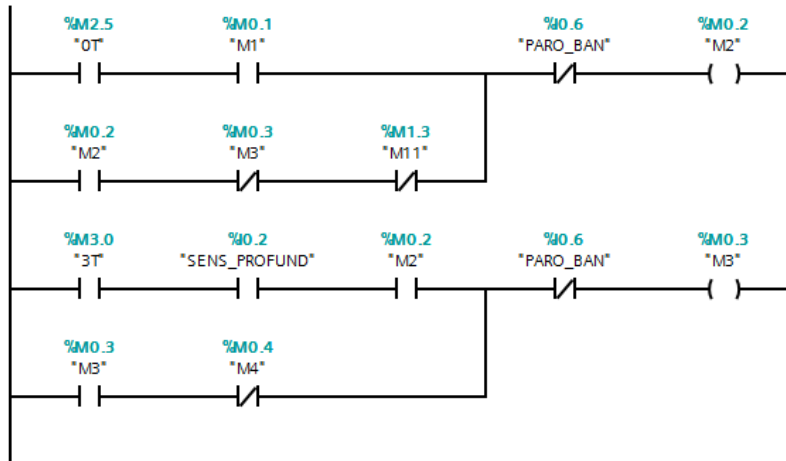
Segmento 2:

Comentario



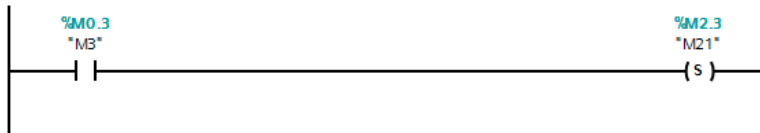
▼ Segmento 3:

Comentario



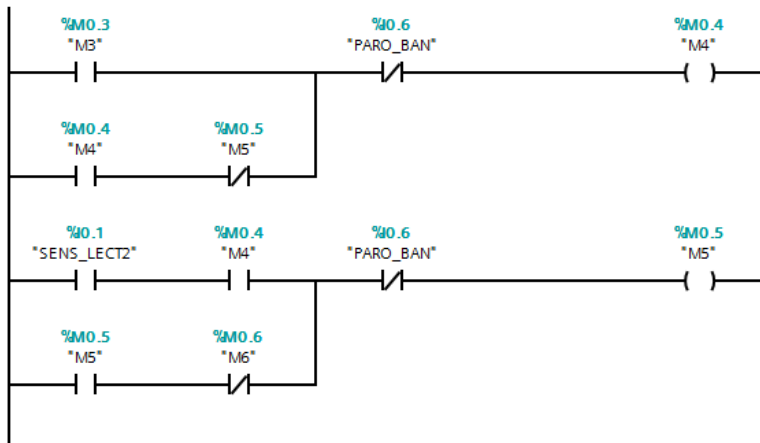
▼ Segmento 4:

Comentario



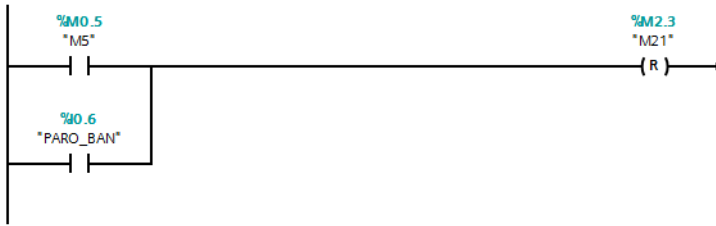
▼ Segmento 5:

Comentario



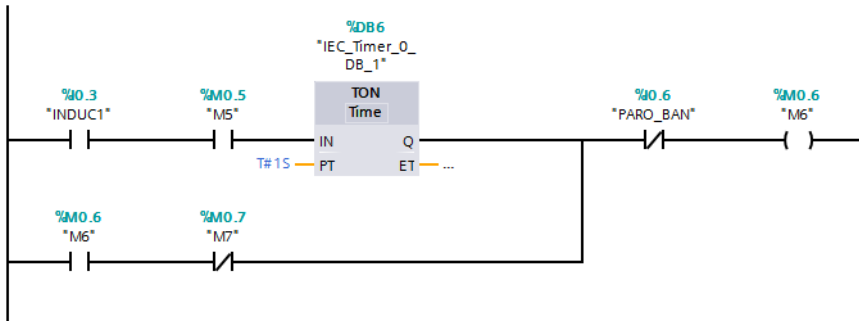
▼ Segmento 6:

Comentario



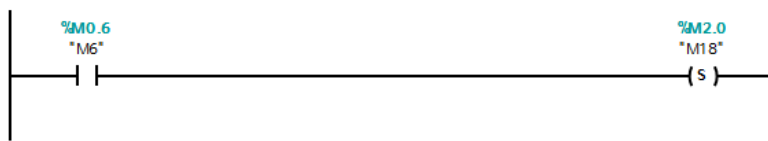
▼ Segmento 7:

RECOGER PIEZA



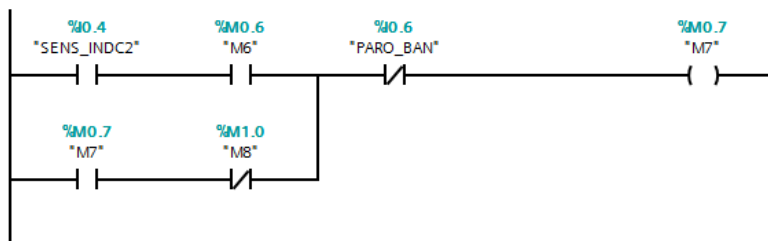
▼ Segmento 8:

Comentario



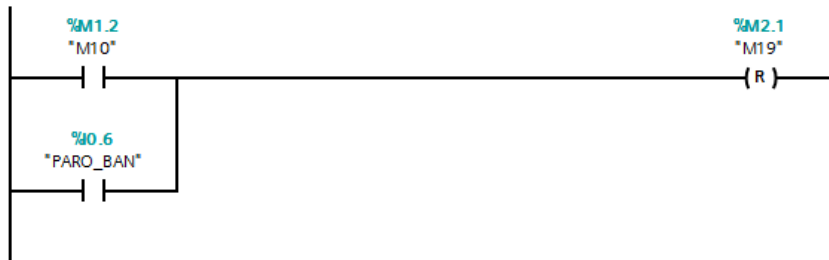
▼ Segmento 9:

Comentario



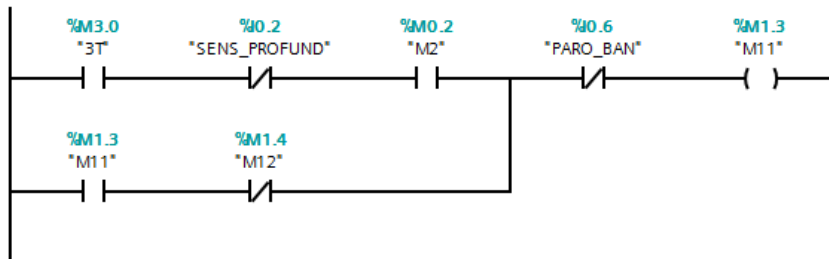
▼ Segmento 14:

Comentario



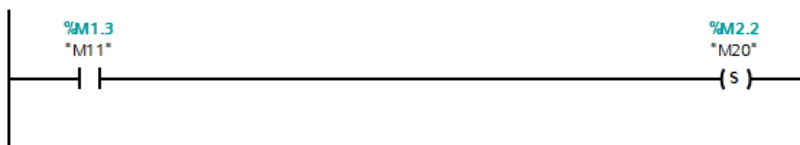
▼ Segmento 15:

Comentario



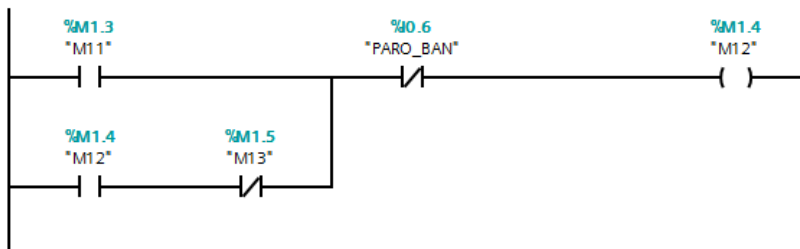
▼ Segmento 16:

Comentario



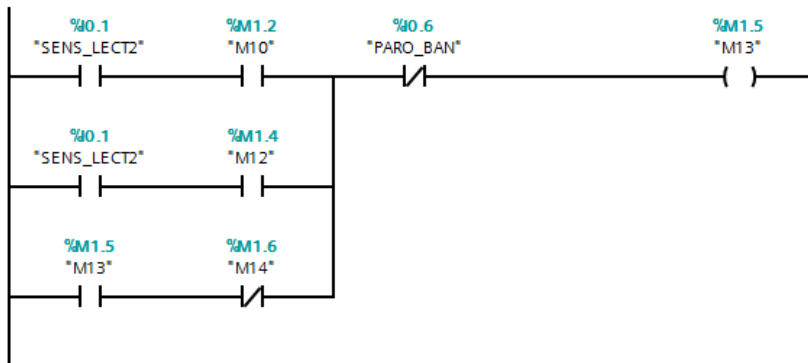
▼ Segmento 17:

Comentario



▼ Segmento 18:

Comentario



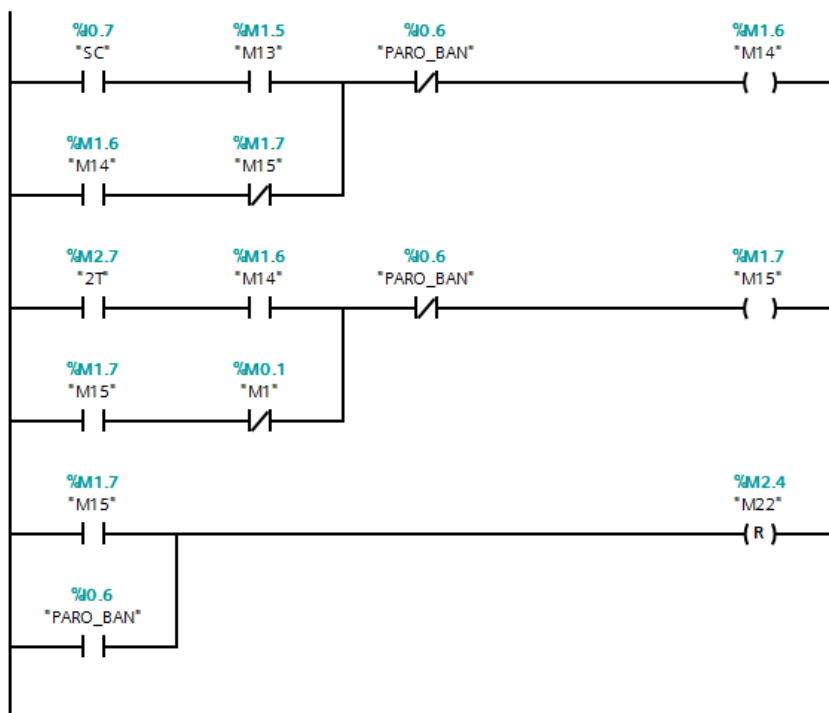
▼ Segmento 19:

Comentario



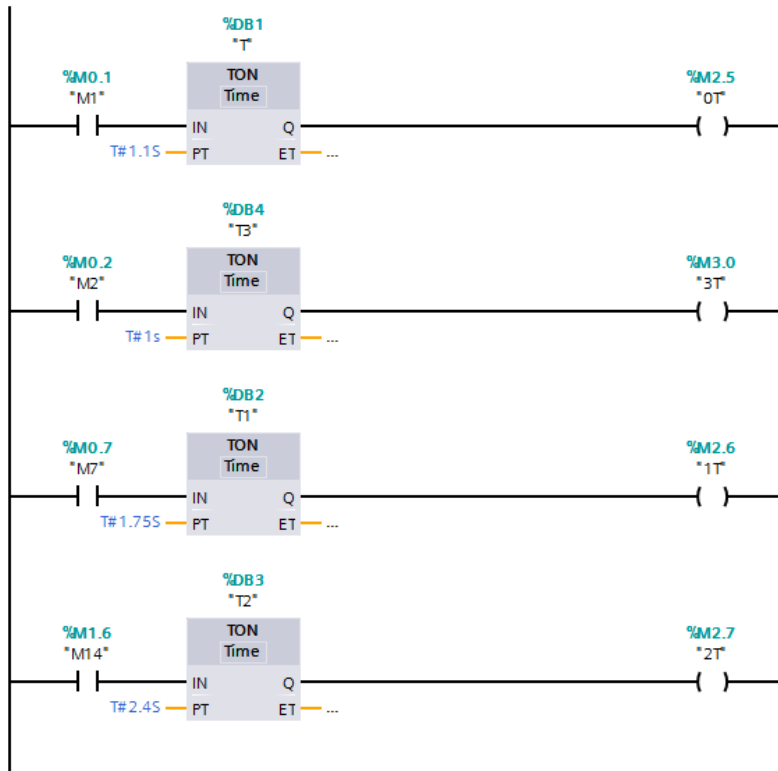
▼ Segmento 20:

Comentario



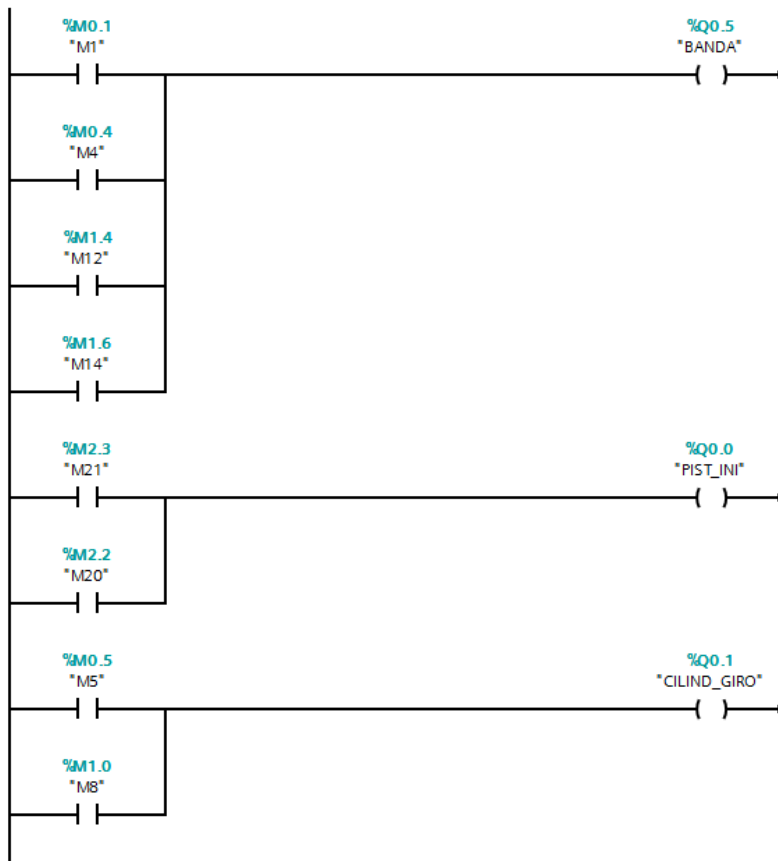
Segmento 21:

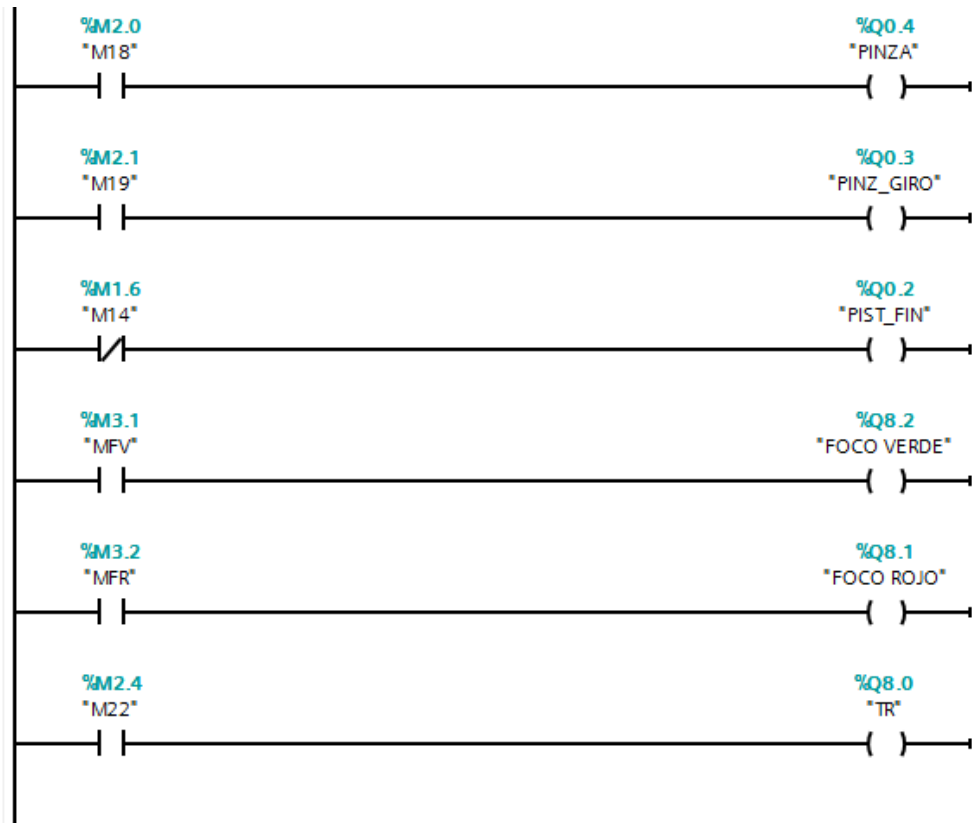
Comentario



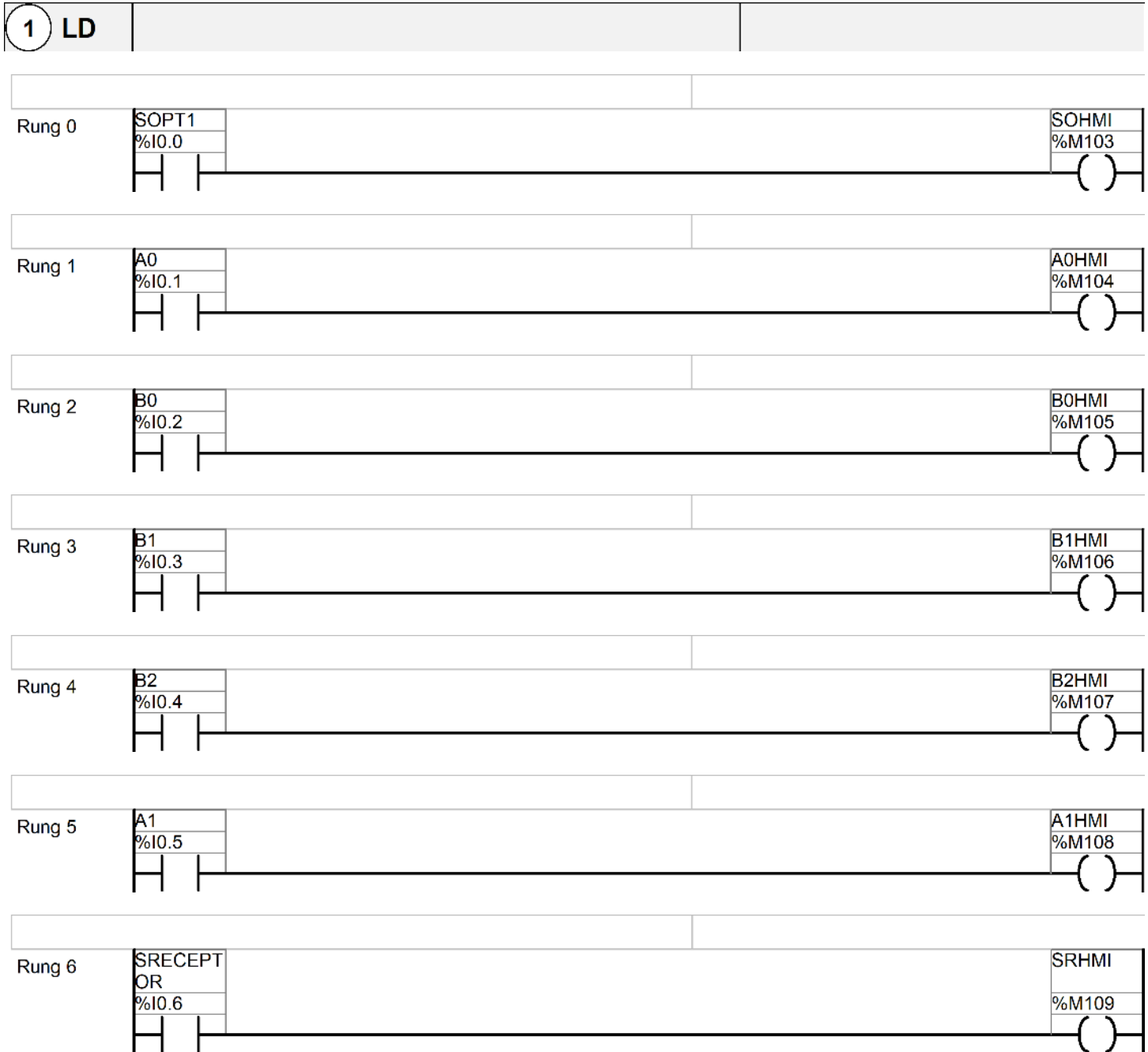
Segmento 22:

Comentario

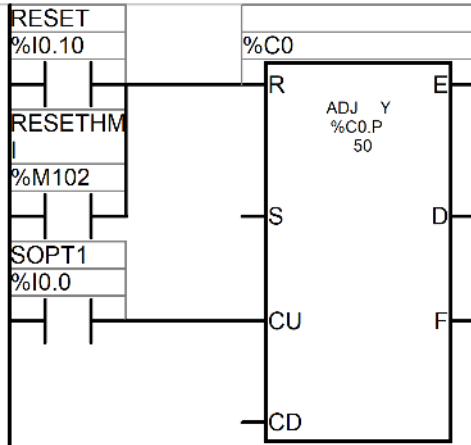




Programa listas y diagramas



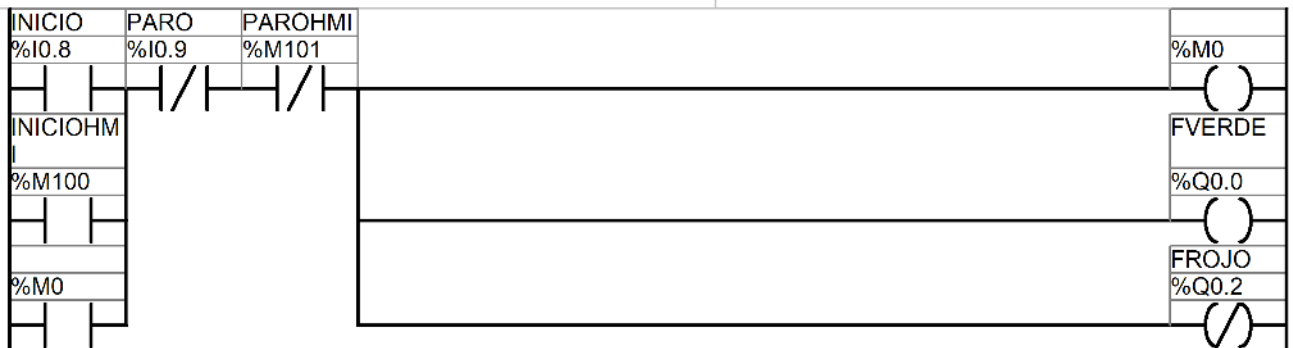
Rung 7



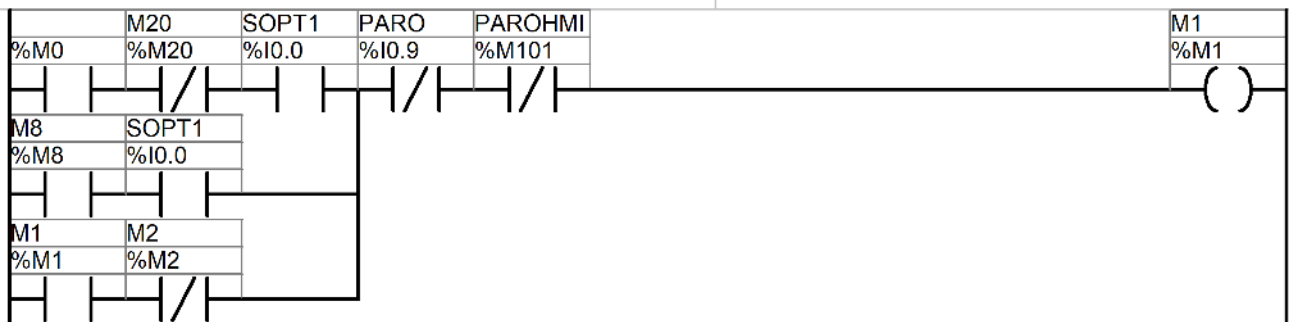
Rung 8



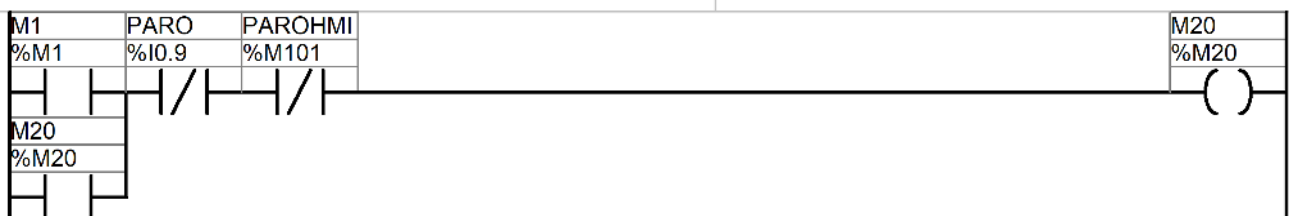
Rung 9



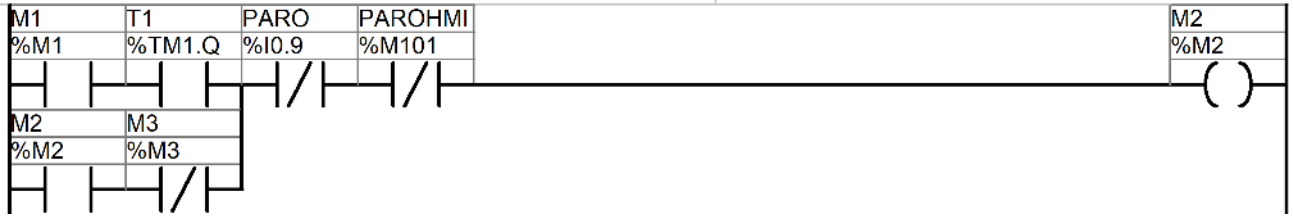
Rung 10



Rung 11



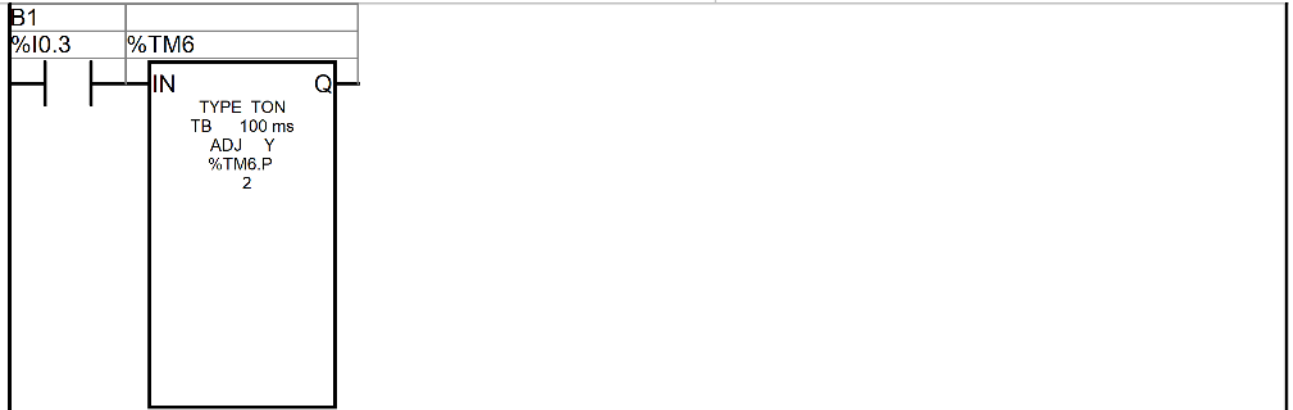
Rung 12



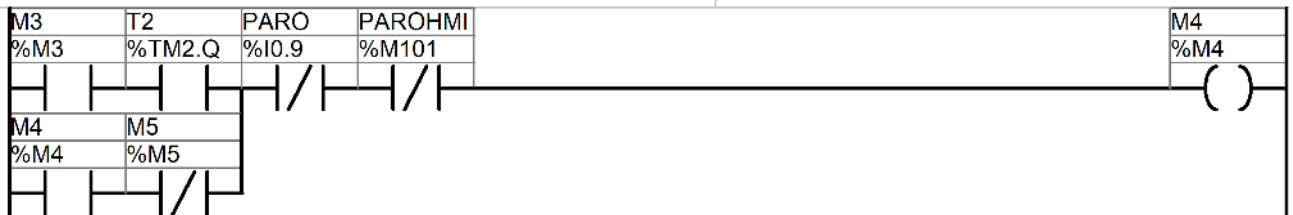
Rung 13



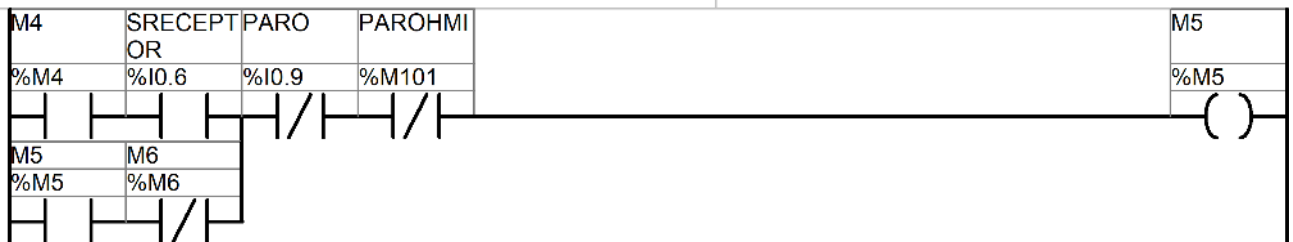
Rung 14



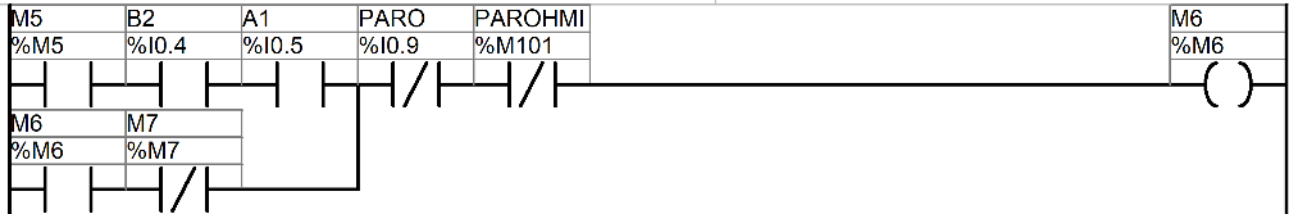
Rung 15



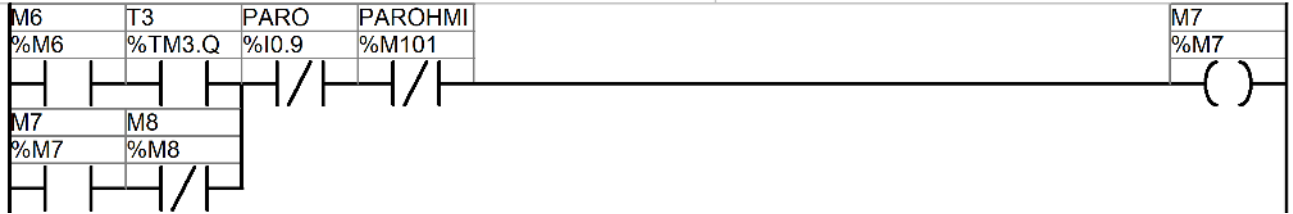
Rung 16



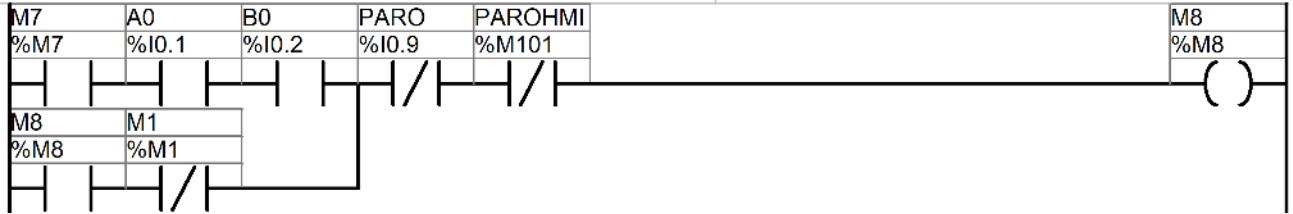
Rung 17



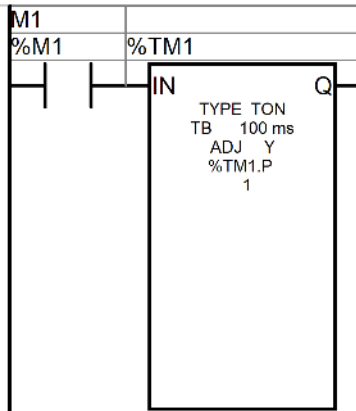
Rung 18



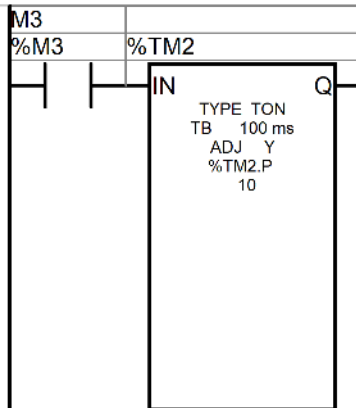
Rung 19



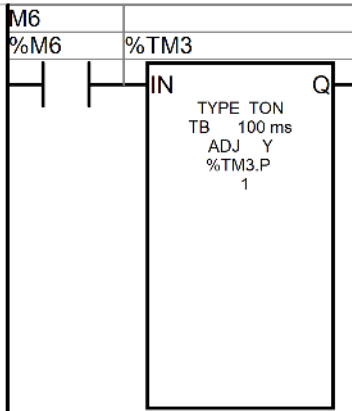
Rung 20



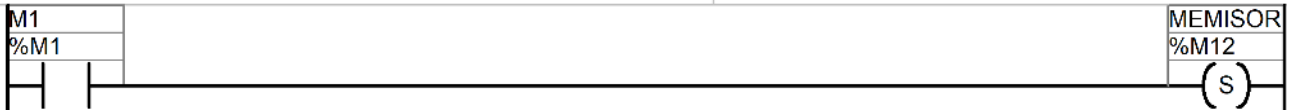
Rung 21



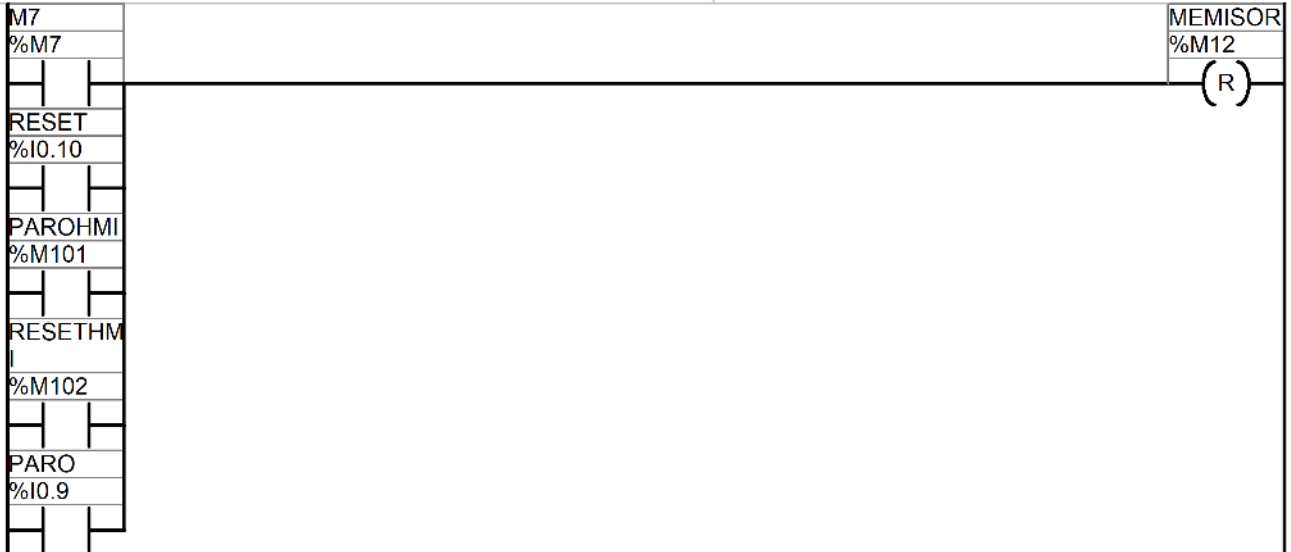
Rung 22



Rung 23

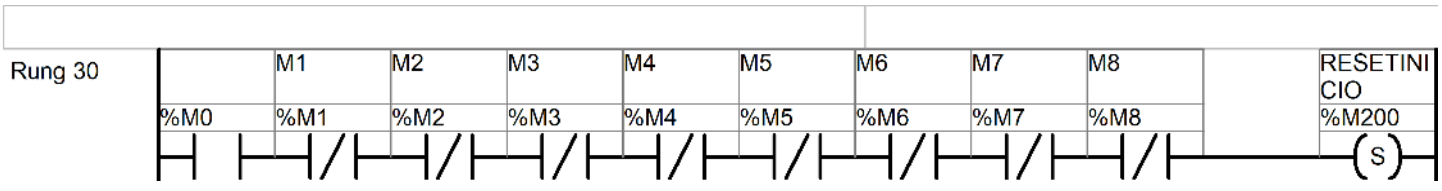
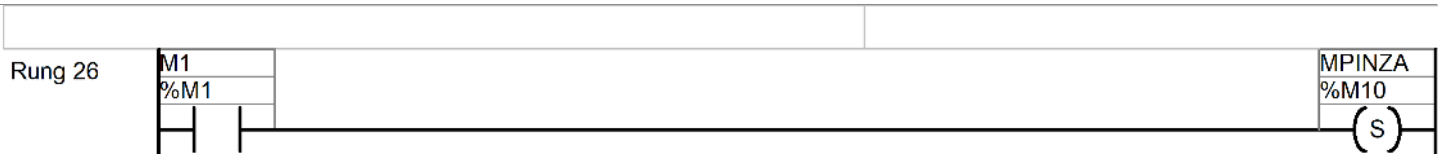


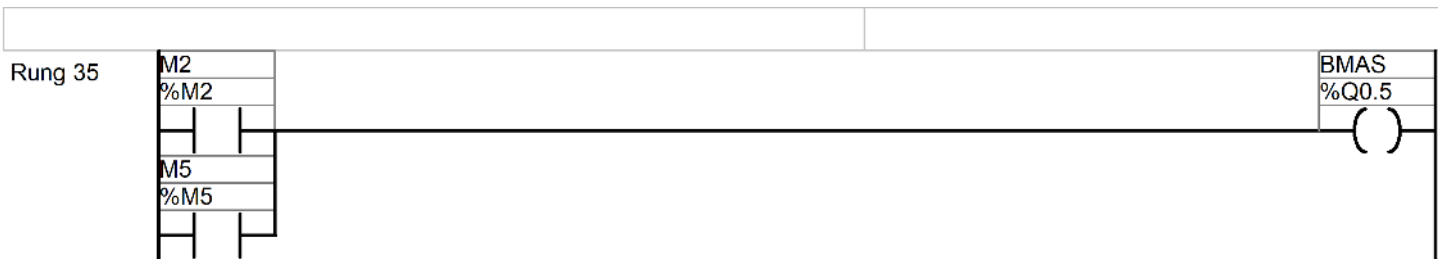
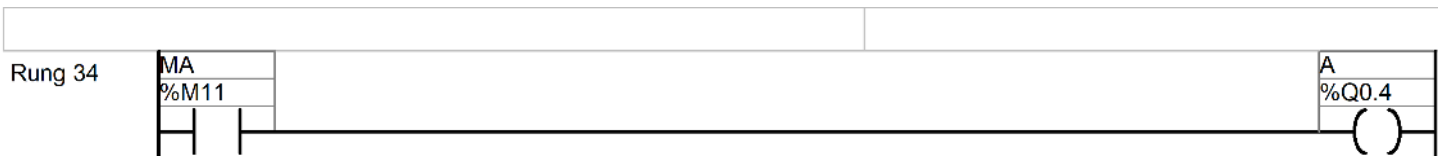
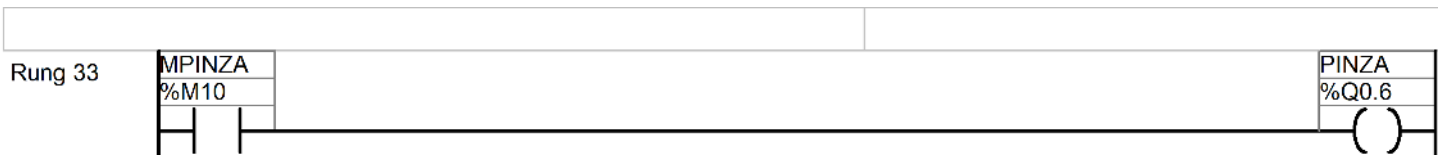
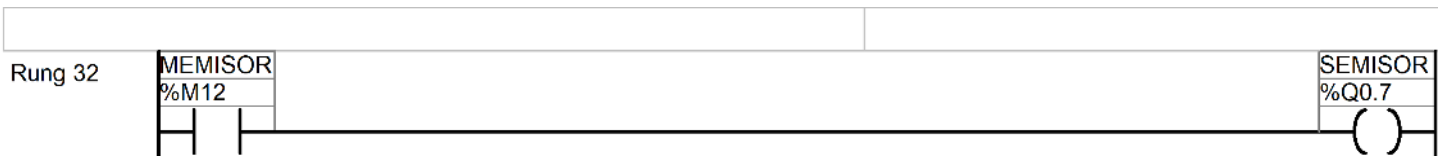
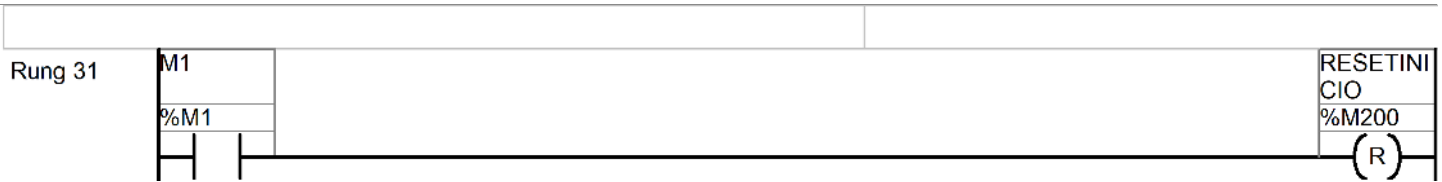
Rung 24

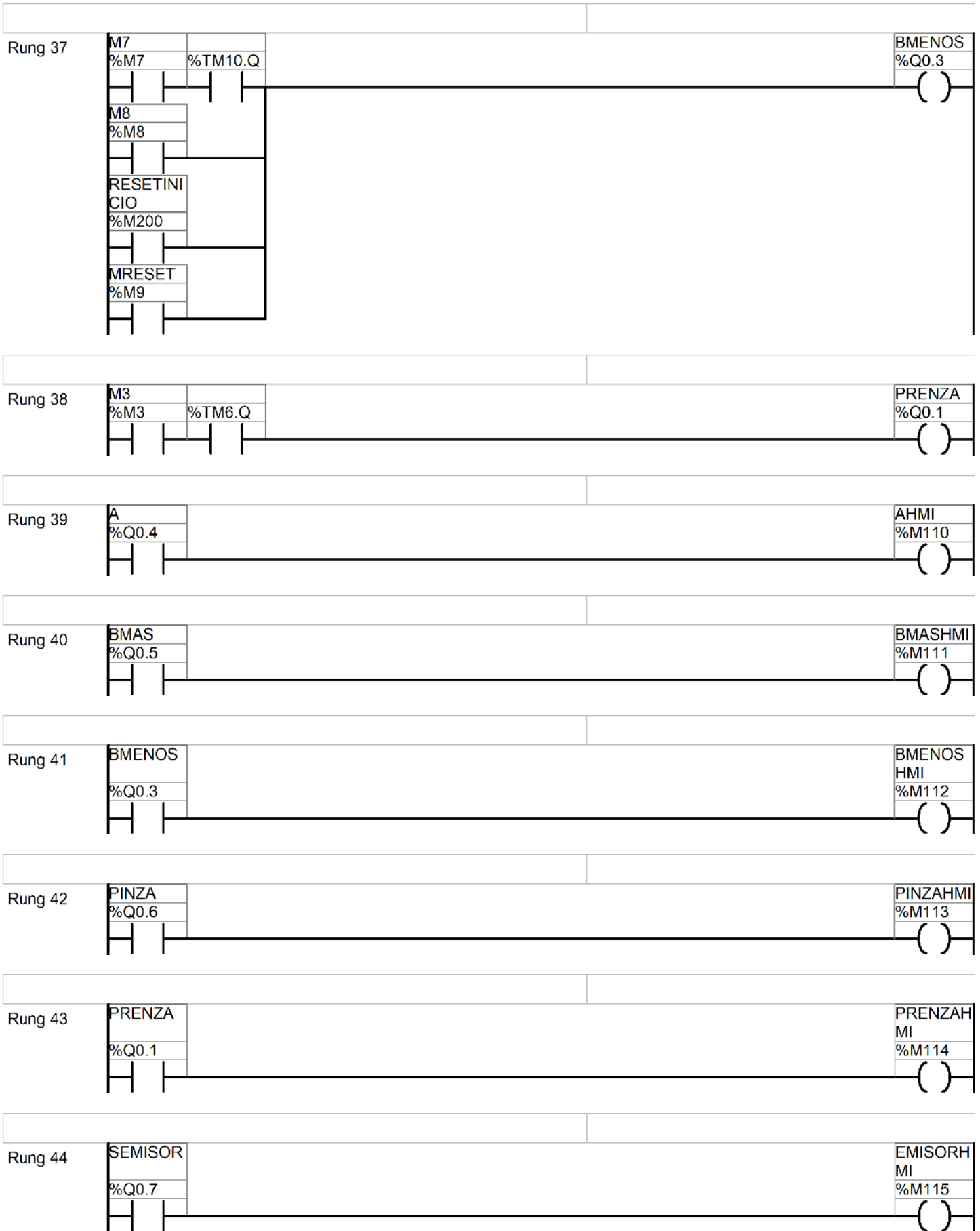


Rung 25









Símbolos

En uso	Dirección	Símbolo	Comentario
Sí	%Q0.4	A	
Sí	%I0.1	A0	
Sí	%M104	A0HMI	
Sí	%I0.5	A1	
Sí	%M108	A1HMI	
Sí	%M110	AHMI	
Sí	%I0.2	B0	
Sí	%M105	B0HMI	
Sí	%I0.3	B1	
Sí	%M106	B1HMI	
Sí	%I0.4	B2	
Sí	%M107	B2HMI	
Sí	%Q0.5	BMAS	
Sí	%M111	BMASHMI	
Sí	%Q0.3	BMENOS	
Sí	%M112	BMENOSHMI	
Sí	%M115	EMISORHMI	
Sí	%Q0.2	FROJO	
Sí	%Q0.0	FVERDE	
Sí	%I0.8	INICIO	
Sí	%M100	INICIOHMI	
No	%M0.0	M0	
Sí	%M1	M1	
Sí	%M2	M2	
Sí	%M3	M3	
Sí	%M4	M4	
Sí	%M5	M5	
Sí	%M6	M6	
Sí	%M7	M7	
Sí	%M8	M8	
Sí	%M20	M20	
Sí	%M11	MA	
Sí	%M12	MEMISOR	
Sí	%M10	MPINZA	
Sí	%M9	MRESET	
Sí	%I0.9	PARO	
Sí	%M101	PAROHMI	
Sí	%Q0.6	PINZA	
Sí	%M113	PINZAHMI	
Sí	%Q0.1	PRENZA	
Sí	%M114	PRENZAHMI	
Sí	%I0.10	RESET	
Sí	%M102	RESETHMI	
Sí	%M200	RESETINICIO	
Sí	%Q0.7	SEMISOR	
Sí	%M103	SOHMI	
Sí	%I0.0	SOPT1	
Sí	%I0.6	SRECEPTOR	
Sí	%M109	SRHMI	
Sí	%TM1.Q	T1	
Sí	%TM2.Q	T2	
Sí	%TM3.Q	T3	
Sí	%TM4.	T4	

Nombre del proyecto: Estacion Separacion

CONTENIDO


Lista De Materiales	5
Controlador	5
Configuración Del Hardware	6
MyController - TM221CE16R	6
Entradas Digitales	6
Salidas Digitales	6
Entradas Analógicas	6
Contadores Rápidos	6
Contadores De Alta Velocidad	7
ETH1	7
SL1 (línea serie)	7
Bus de E/S	8
Configuración Del Software	9
Palabras Constantes	9
KW	9
KD	9
KF	9
Objetos De Red	10
Assembly De Entrada (Ethernet/Ip)	10
Assembly De Salida (Ethernet/Ip)	10
Registros De Entrada (Modbus Tcp)	10
Registros De Salida (Modbus Tcp)	10
Entradas digitales (IOScanner)	10
Salidas digitales (IOScanner)	10
Registros de entrada (IOScanner)	10
Registros de salida (IOScanner)	10
Objetos De Software	11
Temporizadores	11
Contadores	11
Registros LIFO/FIFO	11
Drums	11
Registros de desplazamiento	11
Contadores de pasos	12
Fechadores	12
RTC	12
PID	12
Pasos Grafcet	12

Programar	13
Comportamiento	13
Utilización De Memoria	13
Arquitectura De La Aplicación	13
Tarea maestra	13
Tarea periódica	13
POU	14
Tarea maestra	14
1 - Nuevo POU	14
Rung0	14
Rung1	14
Rung2	15
Rung3	15
Rung4	16
Rung5	16
Rung6	17
Rung7	17
Rung8	18
Rung9	18
Rung10	18
Rung11	19
Rung12	19
Rung13	20
Rung14	20
Rung15	21
Rung16	21
Rung17	22
Rung18	22
Rung19	22
Rung20	23
Rung21	23
Rung22	23
Rung23	23
Rung24	24
Rung25	24
Rung26	24
Rung27	24
Rung28	24

Rung29	25
Rung30	25
Rung31	25
Rung32	25
Rung33	26
Rung34	26
Rung35	26
Rung36	26
Rung37	26
Rung38	27
Rung39	27
Rung40	27
Rung41	27
Rung42	27
Rung43	27
Rung44	28
Rung45	28
Rung46	28
Rung47	28
Rung48	29
Rung49	29
Rung50	29
Símbolos	30
Tabla De Referencias Cruzadas	31

LISTA DE MATERIALES

Controlador

 A photograph of a Schneider TM221CE16R terminal block. It is a compact, dark grey device with a QR code in the top left corner. The top edge features a row of 16 screw terminals. The front panel includes a 'Serial' port, an 'Ethernet' port, and a 'COM' port. The Schneider logo is visible in the bottom right corner.	<p>Referencia TM221CE16R</p> <p>Descripción TM221CE16R (tornillo) 9 entradas digitales, 7 salidas de relé (2 A), 2 entradas analógicas, 1 puerto de línea serie, 1 puerto Ethernet, controlador compacto de 100 a 240 V CA con bloques de terminales extraíbles.</p> <p>Alimentación suministrada al bus de E/S 5V: 325 mA / 24V: 120 mA</p>	
--	---	--

CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE

MyController - TM221CE16R

Entradas Digitales

Utilizado	Dirección	Filtrado	Retención	Run/Stop	Eventos	Prioridad	Subrutina
X	%I0.0	3 ms			No se utiliza		
X	%I0.1	3 ms			No se utiliza		
	%I0.2	3 ms			No se utiliza		
	%I0.3	3 ms			No se utiliza		
X	%I0.4	3 ms			No se utiliza		
X	%I0.5	3 ms			No se utiliza		
X	%I0.6	3 ms			No se utiliza		
X	%I0.7	3 ms			No se utiliza		
X	%I0.8	3 ms			No se utiliza		

Salidas Digitales

Utilizado	Dirección	Alarma de estado	Valor de retorno	Utilizado por
X	%Q0.0		0	Lógica de aplicación
X	%Q0.1		0	Lógica de aplicación
X	%Q0.2		0	Lógica de aplicación
X	%Q0.3		0	Lógica de aplicación
X	%Q0.4		0	Lógica de aplicación
X	%Q0.5		0	Lógica de aplicación
X	%Q0.6		0	Lógica de aplicación

Entradas Analógicas

Utilizado	Dirección	Tipo	Ámbito	Rango	Filtro	Muestreo
	%IW0.0	0 - 10 V	Normal	0-1000	0	
	%IW0.1	0 - 10 V	Normal	0-1000	0	

Contadores Rápidos

Utilizado	Dirección	Entrada	Configurado	Preajuste	Palabra doble
	%FC0	%I0.2	NotUsed	0	
	%FC1	%I0.3	NotUsed	0	
	%FC2	%I0.4	NotUsed	0	
	%FC3	%I0.5	NotUsed	0	

Contadores De Alta Velocidad

Utilizado	Dirección	Tipo
	%HSC0	Sin configurar
	%HSC1	Sin configurar
	%HSC2	Sin configurar
	%HSC3	Sin configurar

ETH1

Nombre de dispositivo:	M221
Modo IP:	Fija
Dirección IP:	192.168.0.5
Máscara de subred:	255.255.255.0
Dirección de pasarela:	192.168.0.1
Velocidad de transmisión:	Automático
Parámetros de seguridad:	Protocolo de programación habilitado Protocolo de descubrimiento automático habilitado Servidor Modbus habilitado Protocolo EtherNet/IP habilitado

SL1 (línea serie)

Ajustes Físicos

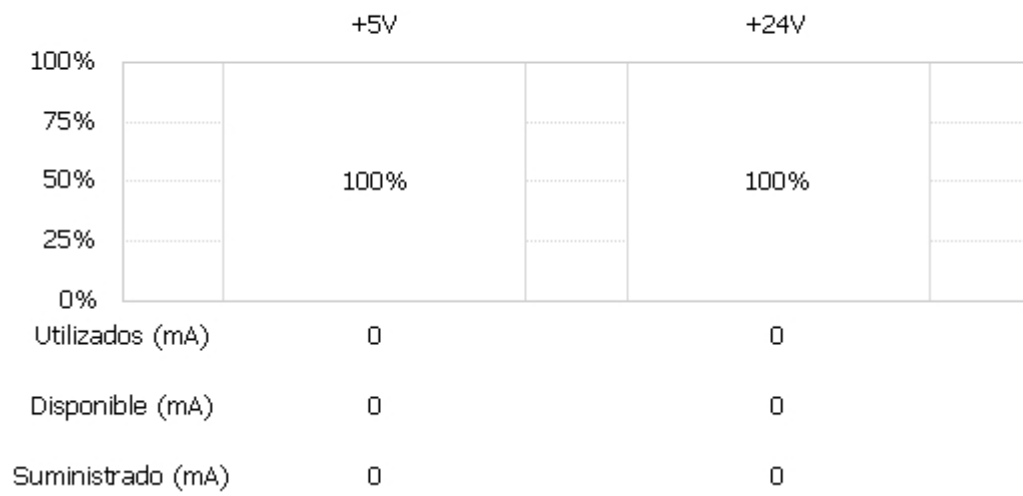
Dispositivo:	Ninguno
Velocidad de transmisión:	19200
Paridad:	Par
Bits de datos:	8
Bits de parada:	1
Medio físico:	RS-485
Polarización:	No

Ajustes De Protocolo

Protocolo:	Modbus
Timeout de respuesta (× 100 ms):	10
Tiempo entre tramas (ms):	10
Modo de transmisión:	RTU
Direccionamiento:	Esclavo
Dirección:	1

Bus de E/S

Controlador principal



CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE

Palabras Constantes

KW

Asignación: Automático

Asignado: 0

Utilizado	Equ utilizado	Dirección	Símbolo	Valor	Comentario
-----------	---------------	-----------	---------	-------	------------

KD

Asignación: Automático

Asignado: 0

Utilizado	Equ utilizado	Dirección	Símbolo	Valor	Comentario
-----------	---------------	-----------	---------	-------	------------

KF

Asignación: Automático

Asignado: 0

Utilizado	Equ utilizado	Dirección	Símbolo	Valor	Comentario
-----------	---------------	-----------	---------	-------	------------

Objetos De Red

Assembly De Entrada (Ethernet/Ip)

Utilizado	Dirección	Símbolo	Valor de retorno	Comentario
-----------	-----------	---------	------------------	------------

Assembly De Salida (Ethernet/Ip)

Utilizado	Dirección	Símbolo	Comentario
-----------	-----------	---------	------------

Registros De Entrada (Modbus Tcp)

Utilizado	Dirección	Símbolo	Valor de retorno	Comentario
-----------	-----------	---------	------------------	------------

Registros De Salida (Modbus Tcp)

Utilizado	Dirección	Símbolo	Comentario
-----------	-----------	---------	------------

Entradas digitales (IOScanner)

Utilizado	Dirección	Canal	Símbolo	Comentario
-----------	-----------	-------	---------	------------

Salidas digitales (IOScanner)

Utilizado	Dirección	Canal	Valor de retorno	Símbolo	Comentario
-----------	-----------	-------	------------------	---------	------------

Registros de entrada (IOScanner)

Utilizado	Dirección	Canal	Símbolo	Comentario
-----------	-----------	-------	---------	------------

Registros de salida (IOScanner)

Utilizado	Dirección	Canal	Valor de retorno	Símbolo	Comentario
-----------	-----------	-------	------------------	---------	------------

Objetos De Software

Temporizadores

Asignación: Automático

Asignado: 11

Utilizado	Dirección	Símbolo	Tipo	Retentivo	Base de tiempo	Preajuste	Comentario
X		%TM0	TON		1 s	1	
X		%TM1	TON		10 ms	180	
X		%TM2	TON		1 s	3	
X		%TM3	TON		1 s	1	
X		%TM4	TON		10 ms	195	
X		%TM5	TON		10 ms	65	
X		%TM6	TON		1 s	1	
X		%TM7	TON		10 ms	180	
X		%TM8	TON		10 ms	730	
X		%TM9	TON		1 s	1	
X		%TM10	TON		1 s	1	

Contadores

Asignación: Automático

Asignado: 3

Utilizado	Dirección	Símbolo	Preajuste	Comentario
X		%C1	9999	
X		%C2	9999	

Registros LIFO/FIFO

Asignación: Automático

Asignado: 0

Drums

Asignación: Automático

Asignado: 0

Registros de desplazamiento

Asignación: Automático

Asignado: 0

Contadores de pasos

Asignación: Automático

Asignado: 0

Fechadores

Asignación: Automático

Asignado: 0

RTC

PID

Utilizado	PID	Símbolo	Tipo	Comentario
-----------	-----	---------	------	------------

Pasos Grafcet

Asignación: Automático

Asignado: 0

PROGRAMAR

Comportamiento

Nivel funcional: Nivel 5.0
Modalidad de inicio: Inicio en estado anterior
Watchdog: 250 ms
Comportamiento de recuperación: Valor de retorno

Utilización de memoria

Se requiere una compilación correcta para obtener información de la memoria.

Arquitectura De La Aplicación

Tarea maestra

Modalidad de exploración: Normal
Lista de POU: 1 - Nuevo POU

Tarea periódica

Periodo: 255 ms

POU

Tarea maestra

1 - Nuevo POU

Tarea maestra

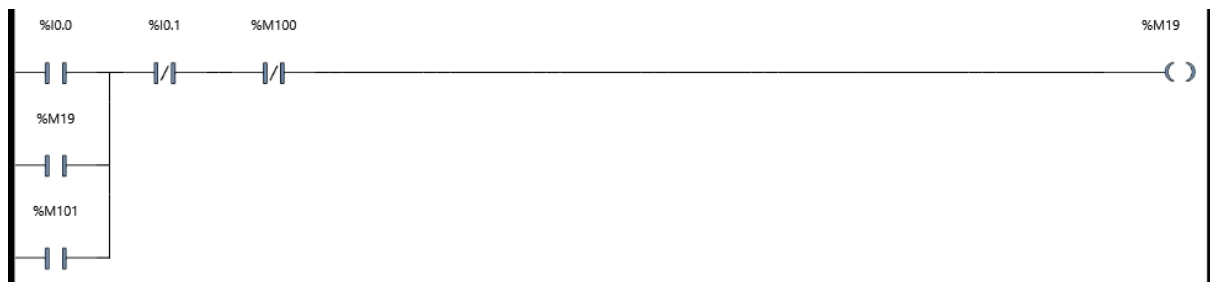
Rung0



Variables utilizadas:

%I0.0	PARO
%I0.1	INICIO
%M0	
%M100	INICIO_HMI
%M101	PARO_HMI

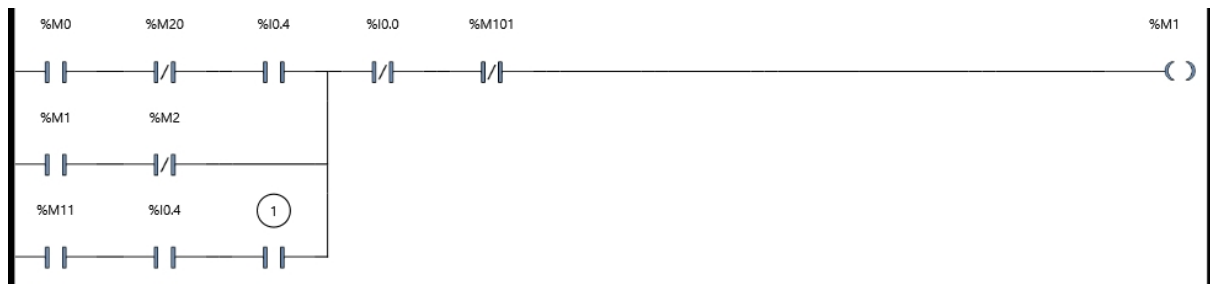
Rung1



Variables utilizadas:

%I0.0	PARO
%I0.1	INICIO
%M19	
%M100	INICIO_HMI
%M101	PARO_HMI

Rung2



Legenda:

1 %TM0.Q

Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%I0.4 S1
%M0
%M1
%M2
%M11
%M20
%M101 PARO_HMI
%TM0.Q

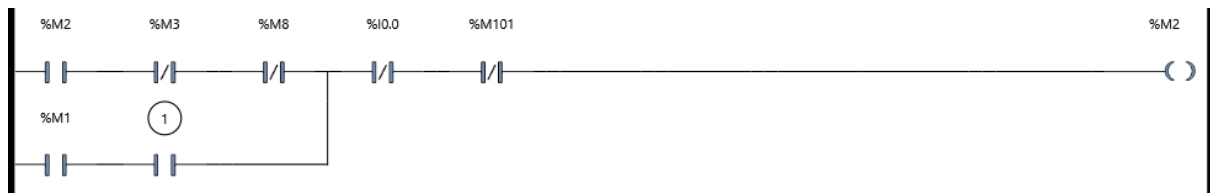
Rung3



Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%M1
%M20
%M101 PARO_HMI

Rung4



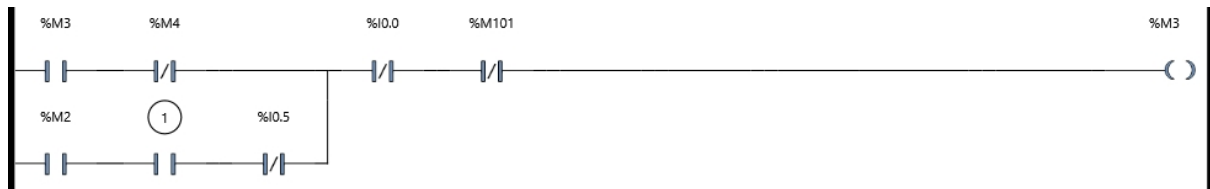
Leyenda:

1 %TM1.Q

Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%M1
%M2
%M3
%M8
%M101 PARO_HMI
%TM1.Q

Rung5



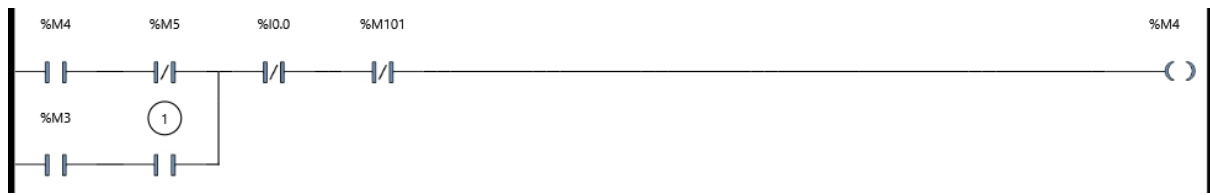
Leyenda:

1 %TM2.Q

Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%I0.5 S2
%M2
%M3
%M4
%M101 PARO_HMI
%TM2.Q

Rung6



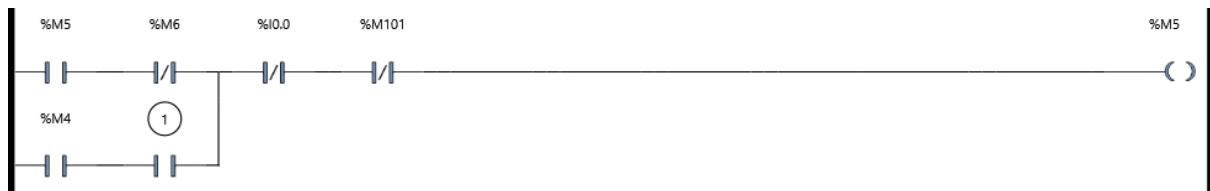
Leyenda:

1 %TM3.Q

Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%M3
%M4
%M5
%M101 PARO_HMI
%TM3.Q

Rung7



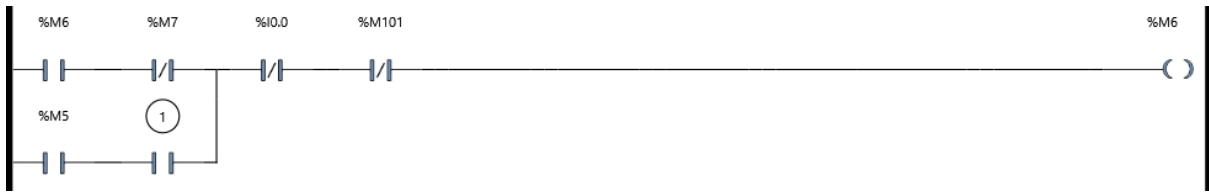
Leyenda:

1 %TM4.Q

Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%M4
%M5
%M6
%M101 PARO_HMI
%TM4.Q

Rung8



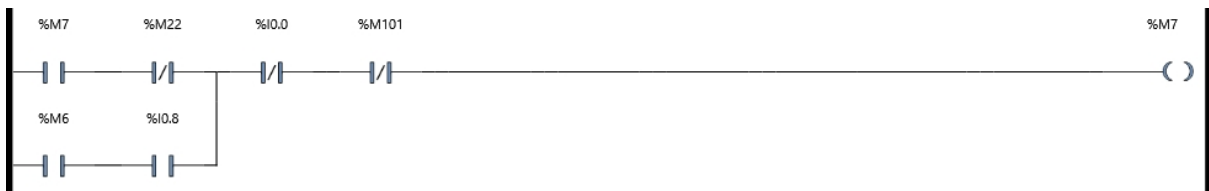
Legenda:

1 %TM5.Q

Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%M5
%M6
%M7
%M101 PARO_HMI
%TM5.Q

Rung9



Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%I0.8 CONTADOR
%M6
%M7
%M22
%M101 PARO_HMI

Rung10



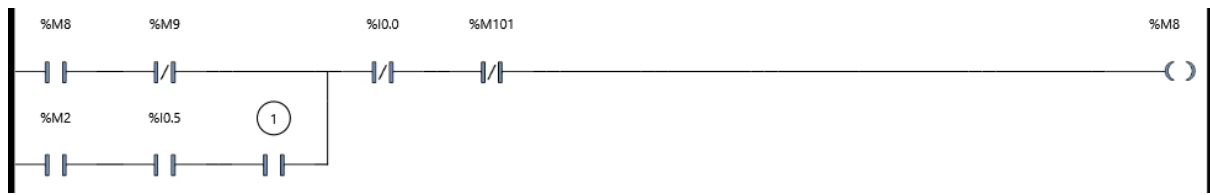
Legenda:

1 %TM7.Q

Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%M7
%M11
%M22
%M101 PARO_HMI
%TM7.Q

Rung11



Legenda:

1 %TM2.Q

Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%I0.5 S2
%M2
%M8
%M9
%M101 PARO_HMI
%TM2.Q

Rung12



Legenda:

1 %TM3.Q

Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%M8
%M9
%M10
%M101 PARO_HMI
%TM3.Q

Rung13



Legenda:

1 %TM8.Q

Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%M9
%M10
%M11
%M101 PARO_HMI
%TM8.Q

Rung14



Legenda:

1 %TM9.Q

2 %TM10.Q

Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%M1
%M10
%M11
%M22
%M101 PARO_HMI
%TM9.Q
%TM10.Q

Rung15



Variables utilizadas:

%M1
%M4
%M9
%M12

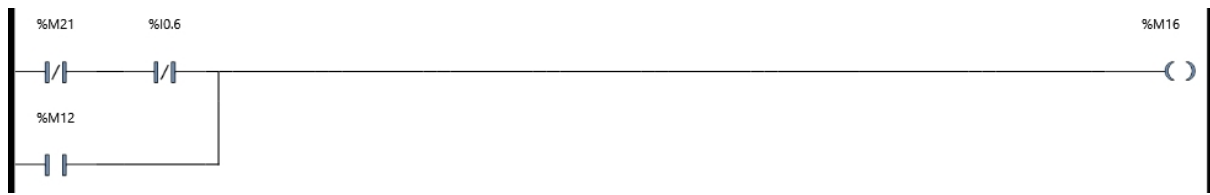
Rung16



Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%M2
%M6
%M10
%M12
%M23
%M101 PARO_HMI

Rung17



Variables utilizadas:

%I0.6 S3
%M12
%M16
%M21

Rung18



Variables utilizadas:

%M3
%M8
%M13

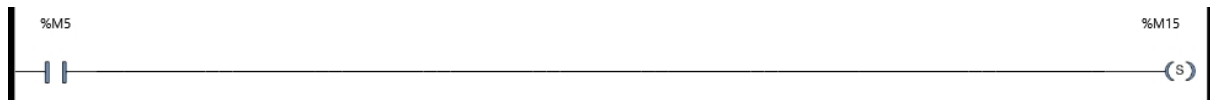
Rung19



Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%M5
%M10
%M13
%M23
%M101 PARO_HMI

Rung20



Variables utilizadas:

%M5
%M15

Rung21



Variables utilizadas:

%I0.0 PARO
%M15
%M22
%M23
%M101 PARO_HMI

Rung22



Variables utilizadas:

%M1
%TM1

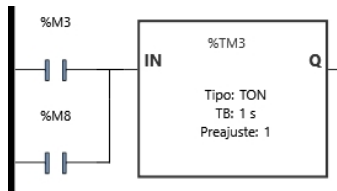
Rung23



Variables utilizadas:

%M2
%TM2

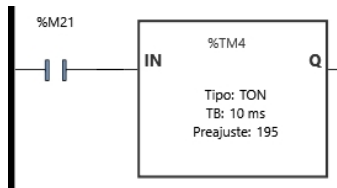
Rung24



Variables utilizadas:

%M3
%M8
%TM3

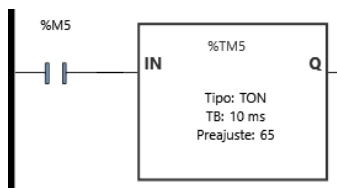
Rung25



Variables utilizadas:

%M21
%TM4

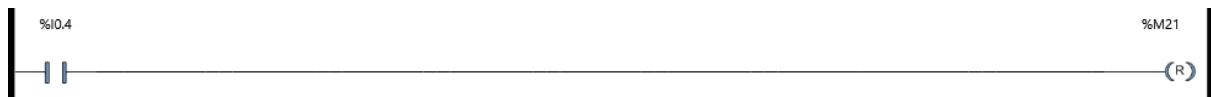
Rung26



Variables utilizadas:

%M5
%TM5

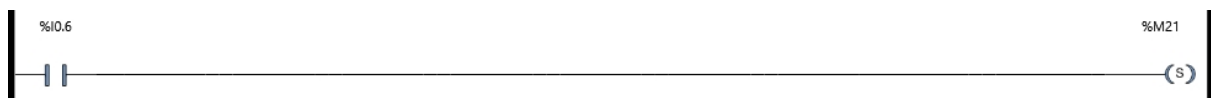
Rung27



Variables utilizadas:

%I0.4 S1
%M21

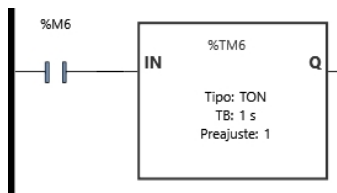
Rung28



Variables utilizadas:

%I0.6 S3
%M21

Rung29

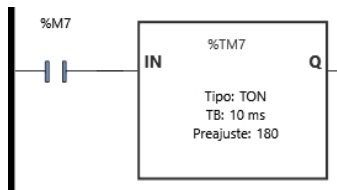


Variables utilizadas:

%M6

%TM6

Rung30

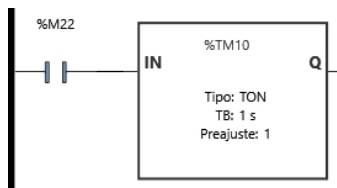


Variables utilizadas:

%M7

%TM7

Rung31

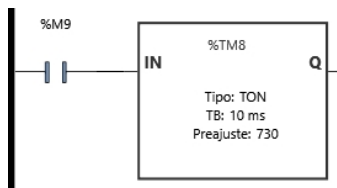


Variables utilizadas:

%M22

%TM10

Rung32

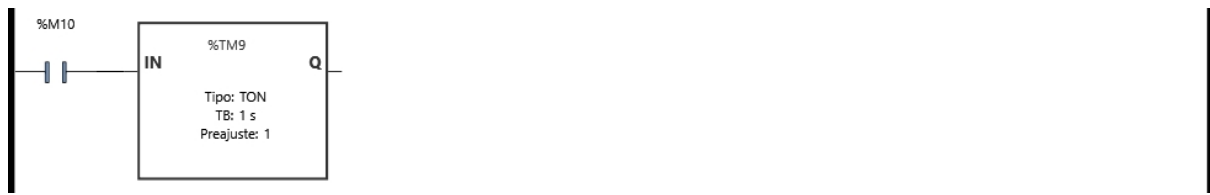


Variables utilizadas:

%M9

%TM8

Rung33



Variables utilizadas:

%M10

%TM9

Rung34



Variables utilizadas:

%M11

%TMO

Rung35



Variables utilizadas:

%I0.7 S4

%M12

%Q0.2 BANDA1

Rung36



Variables utilizadas:

%M13

%Q0.0 A

Rung37

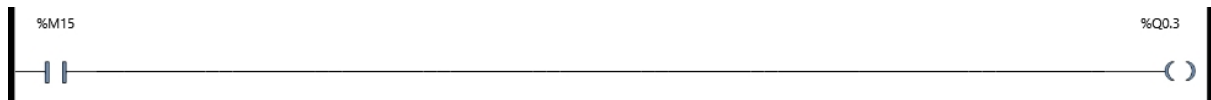


Variables utilizadas:

%M5

%Q0.1 B

Rung38



Variables utilizadas:

%M15

%Q0.3 BANDA2

Rung39



Variables utilizadas:

%M16

%Q0.6 SIGUIENTE

Rung40



Variables utilizadas:

%M0

%Q0.4 VERDE

Rung41



Variables utilizadas:

%M19

%Q0.5 ROJO

Rung42

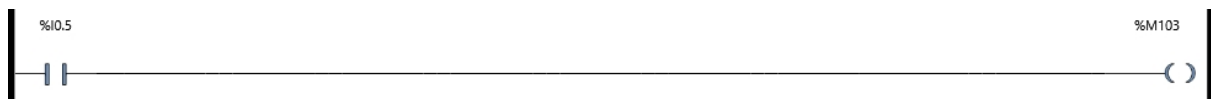


Variables utilizadas:

%I0.4 S1

%M102

Rung43

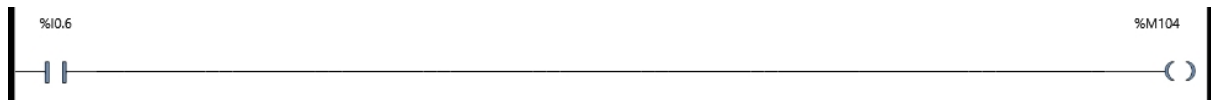


Variables utilizadas:

%I0.5 S2

%M103

Rung44



Variables utilizadas:

%I0.6 S3

%M104

Rung45



Variables utilizadas:

%M7

%M105

Rung46



Variables utilizadas:

%M8

%M106

Rung47



Variables utilizadas:

%C1

%I0.0 PARO

%M9

%M101 PARO_HMI

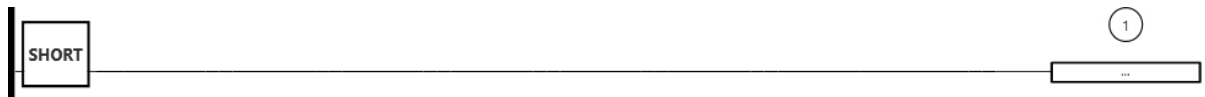
Rung48



Variables utilizadas:

%C2
%I0.0 PARO
%M4
%M101 PARO_HMI

Rung49



Leyenda:

1 %MW200 := %C2.V

Variables utilizadas:

%C2.V
%MW200

Rung50



Leyenda:

1 %MW201 := %C1.V

Variables utilizadas:

%C1.V
%MW201

SÍMBOLOS

Utilizado	Dirección	Símbolo	Comentario
X	%I0.0	PARO	
X	%I0.1	INICIO	
X	%I0.4	S1	
X	%I0.5	S2	
X	%I0.6	S3	
X	%I0.7	S4	
X	%I0.8	CONTADOR	
X	%M100	INICIO_HMI	
X	%M101	PARO_HMI	
X	%Q0.0	A	
X	%Q0.1	B	
X	%Q0.2	BANDA1	
X	%Q0.3	BANDA2	
X	%Q0.4	VERDE	
X	%Q0.5	ROJO	
X	%Q0.6	SIGUIENTE	

TABLA DE REFERENCIAS CRUZADAS

Dirección	Objeto	Rung	Código
%C1.....	1 - Nuevo POU	Rung47	%C1
%C1.V....	1 - Nuevo POU	Rung50	--[...]-- %MW201 := %C1.V
%C2.....	1 - Nuevo POU	Rung48	%C2
%C2.V....	1 - Nuevo POU	Rung49	--[...]-- %MW200 := %C2.V
%I0.0....	1 - Nuevo POU	Rung0	-- / --
		Rung1	-- --
		Rung2	-- / --
		Rung3	-- / --
		Rung4	-- / --
		Rung5	-- / --
		Rung6	-- / --
		Rung7	-- / --
		Rung8	-- / --
		Rung9	-- / --
		Rung10	-- / --
		Rung11	-- / --
		Rung12	-- / --
		Rung13	-- / --
		Rung14	-- / --
		Rung16	-- --
		Rung19	-- --
		Rung21	-- --
		Rung47	-- --
		Rung48	-- --
%I0.1....	1 - Nuevo POU	Rung0	-- --
		Rung1	-- / --
%I0.4....	1 - Nuevo POU	Rung2	-- --
			-- --
		Rung27	-- --
		Rung42	-- --
%I0.5....	1 - Nuevo POU	Rung5	-- / --

Dirección	Objeto	Rung	Código
%I0.6....	1 - Nuevo POU	Rung11	-- --
		Rung43	-- --
		Rung17	-- / --
		Rung28	-- --
		Rung44	-- --
%I0.7....	1 - Nuevo POU	Rung35	-- --
%I0.8....	1 - Nuevo POU	Rung9	-- --
%M0.....	1 - Nuevo POU	Rung0	-- --
			--()--
		Rung2	-- --
		Rung40	-- --
		Rung2	-- --
%M1.....	1 - Nuevo POU		--()--
		Rung3	-- --
		Rung4	-- --
		Rung14	-- / --
		Rung15	-- --
		Rung22	-- --
		Rung2	-- / --
%M2.....	1 - Nuevo POU	Rung4	-- --
			--()--
		Rung5	-- --
		Rung11	-- --
		Rung16	-- --
		Rung23	-- --
		Rung4	-- / --
%M3.....	1 - Nuevo POU	Rung5	-- --
			--()--
		Rung6	-- --
		Rung18	-- --
		Rung24	-- --
%M4.....	1 - Nuevo POU	Rung5	-- / --
		Rung6	-- --

Dirección	Objeto	Rung	Código
			-- () --
		Rung7	-- --
		Rung15	-- --
		Rung48	-- --
%M5.....	1 - Nuevo POU	Rung6	-- / --
		Rung7	-- --
			-- () --
		Rung8	-- --
		Rung19	-- --
		Rung20	-- --
		Rung26	-- --
		Rung37	-- --
%M6.....	1 - Nuevo POU	Rung7	-- / --
		Rung8	-- --
			-- () --
		Rung9	-- --
		Rung16	-- --
		Rung29	-- --
%M7.....	1 - Nuevo POU	Rung8	-- / --
		Rung9	-- --
			-- () --
		Rung10	-- --
		Rung30	-- --
		Rung45	-- --
%M8.....	1 - Nuevo POU	Rung4	-- / --
		Rung11	-- --
			-- () --
		Rung12	-- --
		Rung18	-- --
		Rung24	-- --
		Rung46	-- --
%M9.....	1 - Nuevo POU	Rung11	-- / --
		Rung12	-- --

Dirección	Objeto	Rung	Código
			-- () --
		Rung13	-- --
		Rung15	-- --
		Rung32	-- --
		Rung47	-- --
%M10.....	1 - Nuevo POU	Rung12	-- / --
		Rung13	-- --
			-- () --
		Rung14	-- --
		Rung16	-- --
		Rung19	-- --
		Rung33	-- --
%M11.....	1 - Nuevo POU	Rung2	-- --
		Rung10	-- / --
		Rung13	-- / --
		Rung14	-- --
			-- () --
		Rung34	-- --
%M12.....	1 - Nuevo POU	Rung15	-- (S) --
		Rung16	-- (R) --
		Rung17	-- --
		Rung35	-- --
%M13.....	1 - Nuevo POU	Rung18	-- (S) --
		Rung19	-- (R) --
		Rung36	-- --
%M15.....	1 - Nuevo POU	Rung20	-- (S) --
		Rung21	-- (R) --
		Rung38	-- --
%M16.....	1 - Nuevo POU	Rung17	-- () --
		Rung39	-- --
%M19.....	1 - Nuevo POU	Rung1	-- --
			-- () --
		Rung41	-- --

Dirección	Objeto	Rung	Código
%M20.....	1 - Nuevo POU	Rung2	-- / --
		Rung3	-- --
			--()--
%M21.....	1 - Nuevo POU	Rung17	-- / --
		Rung25	-- --
		Rung27	--(R)--
		Rung28	--(S)--
%M22.....	1 - Nuevo POU	Rung9	-- / --
		Rung10	-- --
			--()--
		Rung14	-- --
		Rung21	-- --
		Rung31	-- --
%M23.....	1 - Nuevo POU	Rung16	-- --
		Rung19	-- --
		Rung21	-- --
%M100....	1 - Nuevo POU	Rung0	-- --
		Rung1	-- / --
%M101....	1 - Nuevo POU	Rung0	-- / --
		Rung1	-- --
		Rung2	-- / --
		Rung3	-- / --
		Rung4	-- / --
		Rung5	-- / --
		Rung6	-- / --
		Rung7	-- / --
		Rung8	-- / --
		Rung9	-- / --
		Rung10	-- / --
		Rung11	-- / --
		Rung12	-- / --
		Rung13	-- / --
Rung14	-- / --		

Dirección	Objeto	Rung	Código
		Rung16	-- --
		Rung19	-- --
		Rung21	-- --
		Rung47	-- --
		Rung48	-- --
%M102....	1 - Nuevo POU	Rung42	--()--
%M103....	1 - Nuevo POU	Rung43	--()--
%M104....	1 - Nuevo POU	Rung44	--()--
%M105....	1 - Nuevo POU	Rung45	--()--
%M106....	1 - Nuevo POU	Rung46	--()--
%MW200...	1 - Nuevo POU	Rung49	--[...]-- %MW200 := %C2.V
%MW201...	1 - Nuevo POU	Rung50	--[...]-- %MW201 := %C1.V
%Q0.0....	1 - Nuevo POU	Rung36	--()--
%Q0.1....	1 - Nuevo POU	Rung37	--()--
%Q0.2....	1 - Nuevo POU	Rung35	--()--
%Q0.3....	1 - Nuevo POU	Rung38	--()--
%Q0.4....	1 - Nuevo POU	Rung40	--()--
%Q0.5....	1 - Nuevo POU	Rung41	--()--
%Q0.6....	1 - Nuevo POU	Rung39	--()--
%TM0.....	1 - Nuevo POU	Rung34	%TM0
%TM0.Q...	1 - Nuevo POU	Rung2	-- --
%TM1.....	1 - Nuevo POU	Rung22	%TM1
%TM1.Q...	1 - Nuevo POU	Rung4	-- --
%TM2.....	1 - Nuevo POU	Rung23	%TM2
%TM2.Q...	1 - Nuevo POU	Rung5	-- --
		Rung11	-- --
%TM3.....	1 - Nuevo POU	Rung24	%TM3
%TM3.Q...	1 - Nuevo POU	Rung6	-- --
		Rung12	-- --
%TM4.....	1 - Nuevo POU	Rung25	%TM4
%TM4.Q...	1 - Nuevo POU	Rung7	-- --
%TM5.....	1 - Nuevo POU	Rung26	%TM5
%TM5.Q...	1 - Nuevo POU	Rung8	-- --

Dirección	Objeto	Rung	Código
%TM6.....	1 - Nuevo POU	Rung29	%TM6
%TM7.....	1 - Nuevo POU	Rung30	%TM7
%TM7.Q...	1 - Nuevo POU	Rung10	-- --
%TM8.....	1 - Nuevo POU	Rung32	%TM8
%TM8.Q...	1 - Nuevo POU	Rung13	-- --
%TM9.....	1 - Nuevo POU	Rung33	%TM9
%TM9.Q...	1 - Nuevo POU	Rung14	-- --
%TM10....	1 - Nuevo POU	Rung31	%TM10
%TM10.Q..	1 - Nuevo POU	Rung14	-- --