

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DIDÁCTICO DE LLENADO AUTOMÁTICO, ENFOCADO EN EL CONTROL DE CALIDAD, UTILIZANDO TECNOLOGÍA Y DISPOSITIVOS IoT

APLICACIÓN ACADÉMICA EN ESCUELA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
ING. EVER SIGFREDO ÁBREGO PREZA

DOCENTE CO-INVESTIGADOR:
ING. JOSÉ MANUEL TREJO PERAZA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2021

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DIDÁCTICO DE LLENADO AUTOMÁTICO, ENFOCADO EN EL CONTROL DE CALIDAD, UTILIZANDO TECNOLOGÍA Y DISPOSITIVOS IoT

APLICACIÓN ACADÉMICA EN ESCUELA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
ING. EVER SIGFREDO ÁBREGO PREZA

DOCENTE CO-INVESTIGADOR:
ING. JOSÉ MANUEL TREJO PERAZA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2021

Rectora

Licda. Elsy Escolar SantoDomingo

Vicerrector Académico

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrectora Técnica Administrativa

Inga. Frineé Violeta Castillo

**Director de Investigación
y Proyección Social**

Ing. Mario W. Montes Arias

**Dirección de Investigación
y Proyección Social**

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo

Inga. Ingrid Janeth Ulloa de Posada

Sra. Edith Aracely Cardoza de González

**Director Escuela de
Ingeniería Mecatrónica**

Ing. Mario Alfredo Majano Guerrero

688.8

A162d

slv

Ábrego Preza, Ever Sigfredo, 1982 -

Propuesta de diseño de un sistema didáctico de llenado automático, enfocado en el control de calidad con tecnología y dispositivos IoT [recurso electrónico] : aplicación académica en Escuela de Ingeniería Mecatrónica / Ever Sigfredo Ábrego Preza, José Manuel Trejo Peraza. -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2021. 1 recurso electrónico (50 p. : il. col. ; 28 cm.)

Datos electrónicos (1 archivo : pdf, 4.5 Mb). –
<https://www.itca.edu.sv/produccion-academica/>
ISBN : 978-99961-39-69-7 (E-Book, pdf)

1. Embalaje - Automatización. 2. Maquinaria en la industria. 3. Sistemas de control digital. 4. Internet de las Cosas. I. Trejo Peraza, José Manuel, 1991-, coaut. II. Título.

BINA/jnh

Autor

Ing. Ever Sigfredo Abrego Preza

Co Autor

Ing. José Manuel Trejo Peraza

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2021

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial
Compartir Igual
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE
Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio Web: www.itca.edu.sv

TEL: (503)2132-7423

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
2.2.	ESTADO DE LA TÉCNICA - ANTECEDENTES.....	5
2.3.	JUSTIFICACIÓN.....	6
3.	OBJETIVOS.....	8
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	8
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4.	HIPÓTESIS – PREGUNTA PROBLEMA	8
4.1.	HIPÓTESIS.....	8
4.2.	PREGUNTA PROBLEMA.....	8
5.	MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
5.1.	INDUSTRIA 4.0	8
5.2.	PLC.....	10
5.3.	REDES INDUSTRIALES	13
5.4.	DEFECTOS DE CALIDAD E INSPECCIONES	14
5.5.	SISTEMAS Y DISPOSITIVOS POKAYOKE	18
5.6.	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD	22
5.7.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	25
5.8.	MATRIZ OPERACIONAL DE LA METODOLOGÍA	26
6.	RESULTADOS	27
6.1.	DISEÑO 3D DE LA MÁQUINA.....	27
6.2.	DISEÑO ELÉCTRICO.....	33
6.3.	DISEÑO NEUMÁTICO	34
6.4.	PROGRAMA DEL PLC	35
6.5.	DISEÑO 3D DEL TABLERO	38
6.6.	PROGRAMA IOT NODE RED	41
7.	CONCLUSIONES.....	44
8.	RECOMENDACIONES	44
9.	GLOSARIO.....	45
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
11.	ANEXOS.....	47
11.1.	ANEXO 1. GATEWAY SIEMENS.....	47

1. INTRODUCCIÓN

En el entorno actual de competencia global, desarrollo tecnológico e innovación, las empresas, sobre todo de manufactura, se ven forzadas a reconfigurar sus procesos. La Industria 4.0 y la manufactura inteligente son parte de una transformación, en la que las tecnologías de fabricación y de la información se han integrado para crear innovadores sistemas de manufactura, gestión y formas de hacer negocios, que permiten optimizar los procesos de fabricación, alcanzar una mayor flexibilidad.

En ese sentido, la Escuela de Mecatrónica de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE desarrolló este proyecto con el objetivo de diseñar un sistema didáctico de llenado automático, enfocado en el control de calidad con tecnología y dispositivos IoT.

Los objetivos del proyecto fueron diseñar el sistema eléctrico y neumático que conformarán el módulo didáctico, diseñar la estructura del tablero de control en 3D y diseñar los programas del PLC y módulo IoT.

Para el desarrollo de este proyecto se tomó como base una banda transportadora y un sistema de llenado de tanques ya existentes en el laboratorio de la Escuela de Mecatrónica de ITCA-FEPADE Sede Central.

Se identificaron los dispositivos que deben de ser instalados en la banda transportadora y en el tablero de control del sistema didáctico. Luego se dibujó el diseño 3D de la máquina en el software Autocad 2018. A continuación, se realizó el diseño eléctrico y neumático en el software Fluid Sim. Se desarrolló el programa del PLC en el software Tia Portal version 13. Y finalmente se desarrolló la programación del módulo IoT en el software Node Red. En todo el proceso de diseño se tomaron en consideración las características que el sistema debe tener a fin de emular una maquinaria industrial real, esto permitirá que los estudiantes de carreras técnicas o de ingeniería puedan conocer e interactuar con elementos comunes en la industria, tanto en componentes y equipos, como en softwares de diseño y de automatización reales utilizados en nuestro país.

Como resultado de este proyecto se tiene el diseño del sistema didáctico para su construcción en una segunda etapa. Se incluyó un dispositivo Raspberry Pi, para ser utilizado como dispositivo IoT, reduciendo los costos de adquisición de un IoT industrial. El funcionamiento de este diseño fue verificado utilizando un software simulador para PLC, obteniéndose pruebas satisfactorias. El software Node-Red permitió correr en una versión instalada para Windows, el programa del Controlador Lógico Programable.

Con este diseño se comprueba que es factible implementar un sistema IoT utilizando los dispositivos tradicionales ocupados en la automatización, siendo necesario únicamente que el PLC se comuniquen con el dispositivo IoT, por medio de comunicación Ethernet.

El almacenamiento de la información está configurado para ser guardada en la nube, para lo cual se debe considerar que las cuentas gratuitas tienen algunas restricciones, y se recomienda adquirir un paquete de pago de almacenamiento en alguna de las plataformas existentes.

La visualización del sistema en funcionamiento se hace mediante un dispositivo IoT de forma local y de forma remota, ambas de manera inalámbrica, facilitando el monitoreo en tiempo real de sistemas de producción para tener un mayor control de la producción en un ambiente industrial empresarial. Para este monitoreo no se necesita cambiar el sistema de automatización, simplemente se debe de establecer comunicación con el PLC, y especificar las variables a monitorear. Dichas variables dependerán de los sensores instalados en la maquinaria.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

A medida que se produce mayor cantidad de mercancías o productos y servicios en el área industrial, surge con frecuencia un problema diferente: la tendencia del fabricante a volverse descuidado con ciertos aspectos que son relevantes en la industria actual. Lo monótono de la producción embota los sentidos y la calidad se deteriora. En consecuencia, la función de controlar la calidad del producto y del proceso, se transforma en una tarea aparte, que requiere un tipo distinto de conocimiento, uno de naturaleza estadística.

1. La falta de control y monitoreo en los procesos productivos disminuye la eficiencia y provoca pérdidas económicas para la empresa.
2. La falta de control y monitoreo en los procesos de producción provoca paradas inesperadas suscitadas por fallas, al no tener un historial del número de operaciones o tiempos en los elementos que componen los sistemas de producción.

2.2. ESTADO DE LA TÉCNICA - ANTECEDENTES

Existen diferentes teorías sobre la gestión de la calidad total que se encuentran desarrolladas en la literatura sobre calidad. Todos los autores están de acuerdo en que la calidad total se asienta sobre tres pilares básicos: cultura de la calidad, sistemas y recursos humanos, y utilización de los métodos cuantitativos entre los que destaca la Estadística. Para introducir la calidad total en las organizaciones no se permiten fallos en estos tres pilares. En cuanto a la cultura de la empresa respecto a la calidad, es fundamental que los propietarios o la alta dirección se involucren en la introducción de la misma en todas las facetas de la organización. Esta cultura implica el reconocimiento del hecho de que la calidad viene definida por las necesidades y expectativas del cliente y no por consideraciones internas de los departamentos de la empresa.

También hay que tener presente que la calidad se mejora desarrollando todos los procesos de la organización.

Por otro lado, los sistemas y los recursos humanos deben estar implicados en la consecución de la calidad. Todas las metodologías actuales sobre calidad, incluida la metodología Seis Sigma, inciden en la consideración de la calidad como un todo que involucra a la organización completa, incluidos los recursos humanos y los sistemas. Debemos alejarnos de la idea del clásico departamento de calidad con recursos humanos dedicados solo a esa tarea. La calidad es un todo global que afecta continuamente a la organización completa con sus recursos humanos y materiales.

En cuanto al uso de los métodos cuantitativos como herramientas para la calidad total, está claro que la utilización masiva del método científico es un pilar fundamental en la calidad.

Se observa que en los años 60 se abordaban las tareas de control de calidad basándose sobre todo en la inspección por muestreo. En la década de los 70 se hacía énfasis en el aseguramiento de la calidad. Se evolucionó en los años 80 hacia la gestión por la calidad y a partir de la década de los 90 se implantó la calidad total a partir de metodología o modelos de calidad, entre los cuales la más representativa es la metodología Seis Sigma.

Modelo Seis Sigma persigue el ordenamiento de todas las tareas de calidad a desempeñar en una empresa u organismo. El fundamento de Seis Sigma es esencialmente el cliente. Los clientes no juzgan las compañías por medidas estadísticas, sino por la calidad de los productos y servicios desde la óptica de la variación en los mismos, entendiendo por variación todo cambio en procesos o prácticas de negocio que pueda alterar los resultados esperados por sus clientes. Por esta razón, Seis Sigma se centra inicialmente en reducir la variabilidad de los procesos, para después incrementar su capacidad.

El mercado al cual van dirigidos nuestros productos exige calidad contrastada, en cuyo caso será muy conveniente que la misma este homologada y certificada frente a los consumidores potenciales.

Ello supondrá, pues, proceder a la evaluación y certificación de la calidad derivada de los procesos que tienen lugar en la empresa y su sistema productivo, para lo que puede someterse el sistema de calidad a la auditoria que conduce a la certificación vía normas ISO-9000.

2.3. JUSTIFICACIÓN

La ejecución de los procesos de producción debe llevarse a cabo asegurando al máximo la calidad obtenida (a la primera). El nivel de ésta puede ser evaluado mediante el control estadístico de procesos SPC (y con el índice de capacidad en particular).

Sin embargo, la adecuada gestión de dichos procesos, de forma que tal evaluación sea satisfactoria, deberá llevarse a cabo mediante técnicas específicas que conduzcan a este resultado. Entre ellas destaca con luz propia la metodología Seis Sigma, cuyo objetivo es reducir los defectos a un nivel muy bajo, tanto como 3,4 defectos en un millón de unidades. Esta metodología supone alcanzar «casi» la perfección.

Al exponer las etapas de la implantación de la calidad en el producto y sus procesos, en la etapa denominada «proceso de producción» debía asegurarse, a la primera, el nivel adecuado de calidad. Allí se proponían técnicas de gestión tales como la Autonomatización y los sistemas pokayoke, para asegurar que la ejecución de los procesos se hiciera de forma que dieran lugar a productos correctos.

En efecto, estas técnicas tienen como objetivo eliminar toda posibilidad de cometer errores que den lugar a defectos, sin preocuparse por alcanzar un nivel que pueda medirse y reducirse al máximo, como en la metodología Seis Sigma. Se trata, simplemente, de eliminar toda posibilidad de cometer errores y el objetivo, si hubiéramos de cuantificarlo, respondería a la denominación de «Programas Cero Defectos».

2.3.1 La calidad asegurada y competitiva

La ejecución de los procesos de producción debe, pues, llevarse a cabo de forma que quede garantizada la calidad, pero de manera que no se vea afectada la competitividad.

Ello supone que los productos obtenidos no sólo tengan garantizado el nivel de calidad, sino que el coste resultante y el tiempo de entrega no se vean incrementados para alcanzar dicho nivel. Calidad, coste y tiempo son, en efecto, los tres grandes pilares de la competitividad.

Para que ello pueda ser así, el sistema productivo debe obtener productos con el adecuado nivel de calidad a la primera, es decir, que los correspondientes procesos deben ejecutarse, gestionarse y controlarse para que de ellos sólo se obtenga un producto correcto. Cualquier rectificación o reprocesado aumentará el

coste y el tiempo de entrega del producto. Llevando estos principios hasta el final, cada operación de cada proceso debe garantizar la calidad de lo que entrega al siguiente (o éste deberá comprobarla antes de proceder con la operación que a su vez le corresponda) ya que, de este modo, ningún puesto estará procesando un producto que no sea correcto.

Para obtener esta seguridad, puesto a puesto, es necesaria la inspección del trabajo efectuado en cada puesto y sobre el 100% de los productos, lo que está muy lejos de la calidad controlada al final del proceso y por muestreo, que ha sido la moda predominante durante muchos años.

De este modo, podemos alcanzar el nivel de calidad deseado a la primera, sin necesidad de reprocesar componentes después de trabajar en ellos, lo que asegura el ahorro del correspondiente coste y del tiempo perdido. Sin embargo, procediendo de esta manera puede incurrirse en un coste adicional, el de la inspección en cada puesto y al 100% y también puede verse afectado el tiempo de proceso, alargado en la medida que tales inspecciones requieran su tiempo. Es por este motivo que la inspección de la tarea realizada en cada puesto debe orientarse hacia sistemas que no supongan una especial dedicación para el operario y, en la medida de lo posible, puedan llevarse a cabo simultáneamente con las actividades propias del proceso; ello ahorraría costes de inspección y también alargamientos en el tiempo. Los sistemas que pueden hacer posible cuanto acabamos de decir y, en definitiva, permiten obtener una elevada calidad, pero competitiva, son:

- Las inspecciones en la fuente.
- La automatización o jidoka.
- Los sistemas pokayoke.

En los procesos automatizados actuales se cuenta con una amplia gama de sensores los cuales nos sirven para verificar cualquier parte del proceso, de esta forma se puede identificar en qué etapa del proceso se encuentra un error puntual, y así realizar los ajustes para su corrección definitiva.

Los componentes actuales cuentan con un sistema de comunicación y protocolos, los cuales son compatibles con dispositivos y software orientados al internet de las cosas, es por esta razón que es posible interconectar un sistema de comunicación IoT con los diferentes dispositivos instalados en un sistema de automatización, y por medio de esto y con una programación adecuada poder realizar auditorías y análisis en los sistemas de producción automatizados, contando con la información en tiempo real y remoto, presentando mayores ventajas que los sistemas de auditoría anteriores, proveyendo a la empresa de una herramienta para la obtención de datos relacionados a la producción y también a los estados de los dispositivos instalados, a fin de eliminar desperdicios y paros inesperados en los sistemas antes mencionados.

Esta investigación se enfoca en monitorear un sistema de producción automatizado, que por medio de análisis estadístico y otras herramientas informáticas nos permita recolectar información útil para obtener un sistema de producción eficiente y sin pérdidas a fin de que las empresas sean cada vez más competitivas y tecnológicas en sus procesos de producción.

Por medio de esta integración de dispositivos tecnológicos se puede realizar un sistema de calidad eficiente y novedoso con el fin de integrarse poco a poco a la revolución de la industria 4.0.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un módulo didáctico de llenado automatizado con dispositivos industriales, para el control y monitoreo de variables mediante el uso de sistemas IoT, aplicado a un sistema de calidad industrial.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar el sistema eléctrico y neumático del módulo didáctico.
2. Diseñar la estructura del tablero de control en 3D.
3. Diseñar programas del PLC y módulo IoT.

4. HIPÓTESIS – PREGUNTA PROBLEMA

4.1. HIPÓTESIS

El uso de dispositivos IoT en sistemas automatizados, mejora la calidad de los productos y la eficiencia en los programas de mantenimiento industriales.

4.2. PREGUNTA PROBLEMA

¿Cómo mejora el proceso productivo y la calidad, el monitoreo de variables en un proceso de llenado automatizado mediante el uso de sistemas de monitoreo IoT?

5. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. INDUSTRIA 4.0

El término Industria 4.0 fue propuesto por el gobierno alemán para describir la fábrica inteligente, una visión de la fabricación informatizada con todos los procesos interconectados por Internet de las Cosas (IoT). Es lo que conocemos como Internet industrial de las cosas, IoT.

Se espera que el nuevo concepto de industria 4.0 sea capaz de impulsar cambios fundamentales al mismo nivel de la primera revolución industrial a vapor, la producción en masa de la segunda y la electrónica y la proliferación de la tecnología de la información ha caracterizado la tercera.

Un punto básico lo encontramos en la automatización e intercomunicación. Este tiene especial incidencia a escala industrial, ya que interconecta unidades productivas, crea redes de producción digital y permite acelerar todo tipo de recursos de una forma mucho más eficiente.

Así pues, podemos encontrar cuatro aspectos básicos:

- Automatización.
- Acceso digital al cliente y a muchos más usuarios en menos tiempo.
- Conectividad.
- Información digital.

Estos cuatro aspectos de la nueva industria muestran el grado de transformación ante el que nos encontramos en la actualidad.

Lo que ofrece la industria 4.0 a través de la digitalización y el uso de plataformas conectadas es:

1. Una capacidad de adaptación constante a la demanda.
2. Servir al cliente de una forma más personalizada.
3. Aportar un servicio de calidad con el cliente.
4. Diseñar, producir y vender productos en menos tiempo.
5. Añadir servicios a los productos físicos.
6. Crear series de producción rentables y más cortas.
7. Aprovechar la información para su análisis desde múltiples canales (CMS, SCM, CRM, FCM, HRM, Help desk, redes sociales, IoT) donde puede ser capaz de analizarla y explotarla en tiempo real.

Ahora, la Industria 4.0 es capaz de brindar nuevas respuestas a las exigencias del cliente. Es decir, que, a nivel de productos, procesos y modelos de negocio, el impacto es determinante en una cadena de valor, ya que aporta novedosos beneficios. Pero también hay que reconocer que existen ciertas amenazas, pues muchos factores pueden quedar fuera, como cierta mano de obra poco especializada.

Al mismo tiempo, la nueva industria incorpora una gran calidad en su producción, que va unida a una reducción notable de los costes, que se podrán apreciar en un periodo de tiempo mediano.

La eficiencia energética es un factor clave de competitividad, con menores costes energéticos y mayor demanda de mercado, a esto sumamos la innovación que representa un valor añadido a la eficiencia energética.

A la hora de llevar a cabo la transición, es necesario tener en cuenta tres criterios, eliminar los incentivos al consumo que no tengan eficiencia energética, utilizar en mayor medida recursos propios, y que el consumidor se encuentre en el centro del sistema energético, siendo parte activa de la gestión de la demanda.

Existe una serie de tendencias que van a cambiar la configuración de las actividades productivas, esto derivará en la cuarta revolución industrial, la primera fue la transición de producción manual a producción mecánica, la segunda fue la producción en masa, la tercera estuvo marcada por la automatización y la cuarta está marcada por el uso de internet, los sistemas cibernéticos, los robots, la digitalización, la transición energética y la ciberseguridad.

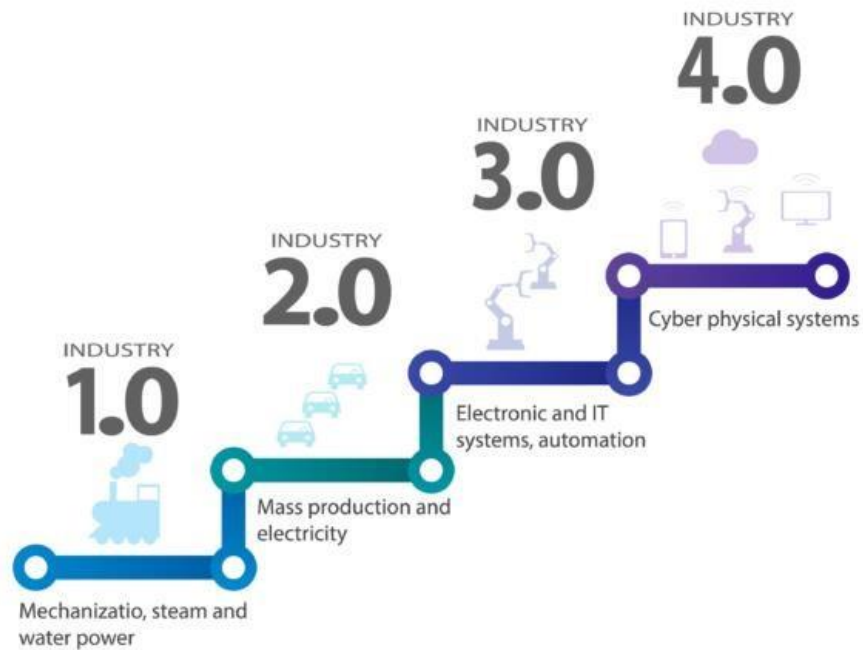


Fig. 1. Etapas de la revolución industrial.

5.2. PLC

Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller) o por autómatas programables, es una computadora utilizada en la automatización industrial para automatizar procesos electromecánicos, electropneumáticos, electrohidráulicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje u otros procesos de producción así como atracciones mecánicas.

Los PLC son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías, copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real, donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, de lo contrario no producirá el resultado deseado.

Un PLC permite controlar un proceso o realizar una secuencia de acciones de manera automática a partir de un programa definido por el usuario. Esto lo realiza ejecutando en forma cíclica una secuencia de instrucciones que, a partir de la información que llega a sus entradas desde los sensores, deciden cuándo conmutar sus salidas, donde se encuentran conectados los actuadores. A continuación, se describen las partes que componen un PLC y sus principales características. Por otra parte, se analiza la forma cómo un PLC ejecuta la lógica escrita por el usuario y las rutinas de verificación internas.

En la Fig. 2 se muestra la estructura interna de un controlador lógico programable (PLC).

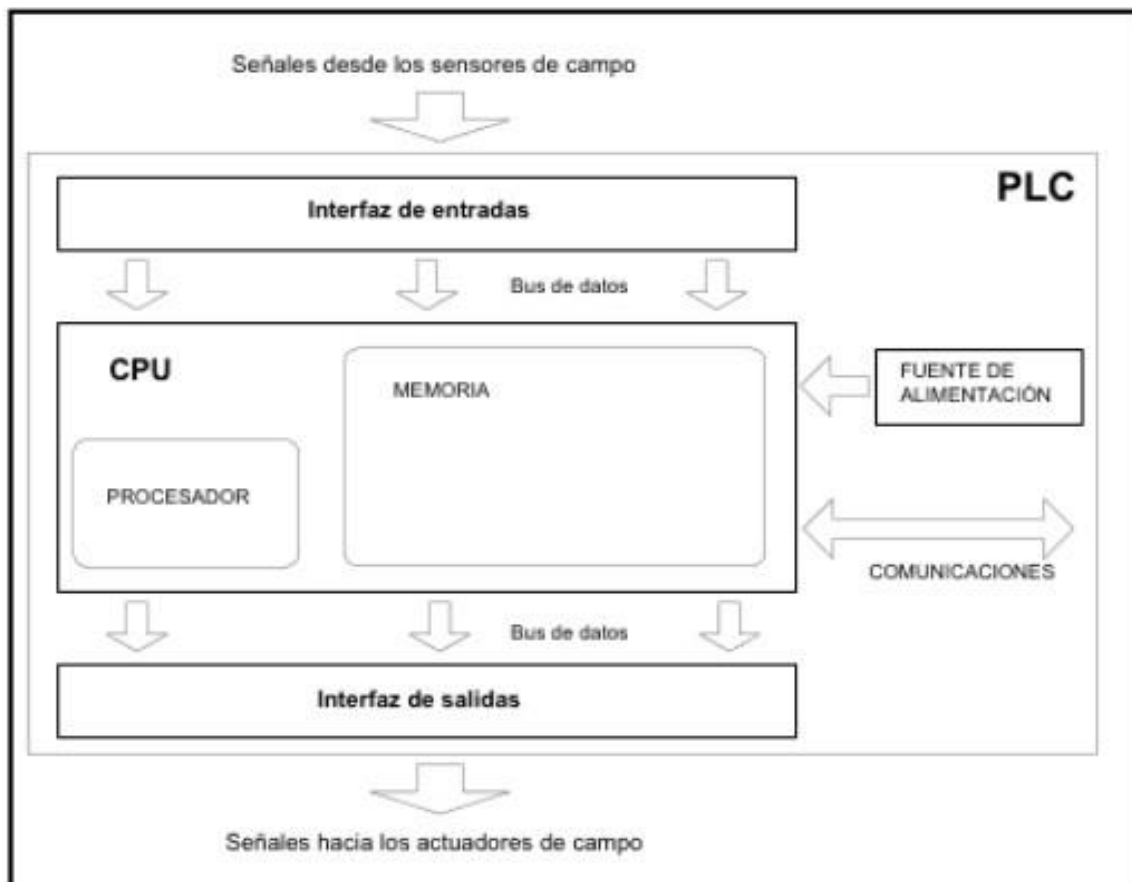


Fig. 2. Bloques internos que componen un PLC.

Sus partes fundamentales son la unidad central de proceso o CPU, y las interfaces de entrada y salida. La CPU es el cerebro del PLC y está formada por el procesador y la memoria. El procesador se encarga de ejecutar el programa escrito por el usuario que se encuentra almacenado en la memoria.

Además, el procesador se comunica con el exterior mediante sus puertos de comunicación y realiza funciones de autodiagnóstico. La interfaz de entrada se ocupa de adaptar las señales provenientes de los elementos captadores, tales como botoneras, llaves, límites de carrera, sensores de proximidad, presostatos, sensores fotoeléctricos, etc., a niveles que la CPU pueda interpretar como información.

Por otra parte, cuando la CPU resuelve, a través de su programa interno, activar algún elemento de campo, la interfaz de salida es la encargada de administrar la potencia necesaria para comandar el actuador. Los controladores programables más comunes poseen un solo procesador, pero a medida que su capacidad de control aumenta pueden tener varios procesadores dedicados a tareas específicas como resolución de lazos, comunicaciones, diagnóstico, etc.

Para poder gobernar todo el sistema, el procesador necesita de un programa escrito por el fabricante denominado firmware. Este programa no es accesible al usuario y se encuentra almacenado en una memoria no volátil, de tipo flash, que forma parte del bloque de memoria de la CPU.

Clasificación

Para establecer una clasificación entre los diferentes PLC se deben considerar distintos aspectos:

Construcción.

Se puede clasificar a los controladores en compactos o modulares.

Los compactos alojan todas sus partes, tales como interfaces de entradas, de salidas, CPU y fuente de alimentación, en un mismo gabinete. Esta construcción compacta se da solamente en controladores de baja cantidad de entradas y salidas, comúnmente llamados micro PLC. Las unidades de expansión son simplemente entradas y salidas que se vinculan al equipo compacto mediante una conexión al bus de datos. La mayor ventaja que ofrecen es su bajo costo, y las desventajas residen en las limitaciones a la hora de expandir el equipo.

En los modulares, su fuente de alimentación, CPU e interfaces de entradas y salidas, son partes componibles que se arman sobre un bastidor, base de montaje o rack, permitiendo conformar un PLC según la necesidad de la aplicación. Su capacidad de ampliación es muy superior a la de los compactos y disponen de mayor flexibilidad a la hora del montaje. Como desventaja, su construcción completamente modular posee un mayor costo cuando se emplean poca cantidad de canales de entradas y salidas.

Capacidad y cantidad de entradas y salidas (E/S). Si bien no se puede establecer una clasificación exacta de acuerdo con la capacidad, los fabricantes ofrecen diversas características, tales como el tamaño de su memoria, la cantidad de puertos de comunicación, el conjunto de protocolos de comunicación que soporta, su repertorio de instrucciones, etc., que diferencian tecnológicamente unos modelos de otros. Algunas marcas además definen como parámetros de selección la cantidad máxima de entradas y salidas que el controlador puede manejar. Este indicador permite clasificar a los PLC de la siguiente forma:

- Micro PLC: hasta 64 E/S.
- PLC pequeño: 65 a 255 E/S.
- PLC mediano: 256 a 1023 E/S.
- PLC grande: más de 1024 E/S.



Fig. 3. PLC SIEMENS S7-1200

5.3. REDES INDUSTRIALES

Las redes se suelen dividir en niveles jerárquicos en función de su utilización y los requerimientos necesarios de velocidad y volumen de información a transportar. Por lo general esta división se realiza en cuatro niveles, como lo muestra la Fig. 4.

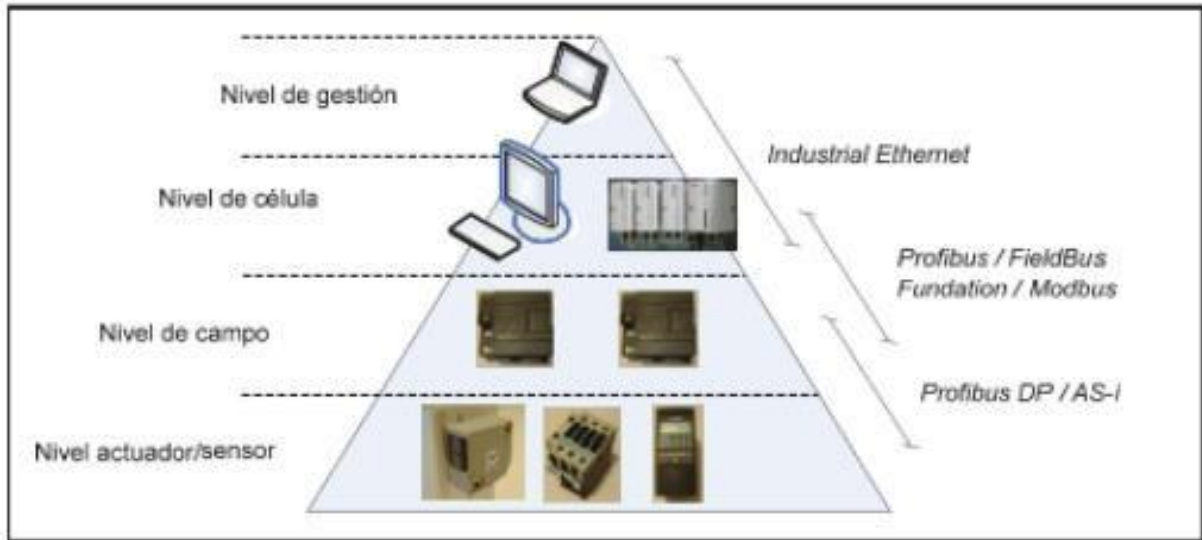


Fig. 4. Niveles jerárquicos de las redes industriales.

Nivel de gestión.

Se manejan tareas generales que conciernen al proceso en su forma global. Algunas de esas funciones son el análisis y el almacenamiento de los valores del proceso, otras son para optimizar y presentar reportes de producción. Los datos necesarios se recolectan y procesan para ser compartidos por toda la empresa, con independencia de su ubicación. Desde este nivel es factible acceder a otros niveles inferiores. La cantidad de estaciones soportadas puede ser superior a 1000 y el tiempo máximo de refresco de la información llega hasta 1 s.

Nivel de célula.

Se administran autónomamente todas las tareas de automatización y optimización del proceso. En este nivel están interconectados los autómatas, las PC y los equipos para el funcionamiento y la operación del sistema. Suele ser en este nivel donde se intercambia información entre los sistemas de automatización con tareas bien definidas.

Nivel de campo.

Sirve de nexo entre las instalaciones y los autómatas programables. Los dispositivos de campo miden, señalizan y retransmiten a las instalaciones las órdenes recibidas del nivel de célula. En general, se transmiten pequeñas cantidades de datos, pero con requerimientos de velocidad superior al de nivel de célula. En este caso, la velocidad máxima de refresco de la información no debe superar los 100 ms y es típica una comunicación jerarquizada, es decir varios dispositivos de campo se comunican con un maestro.

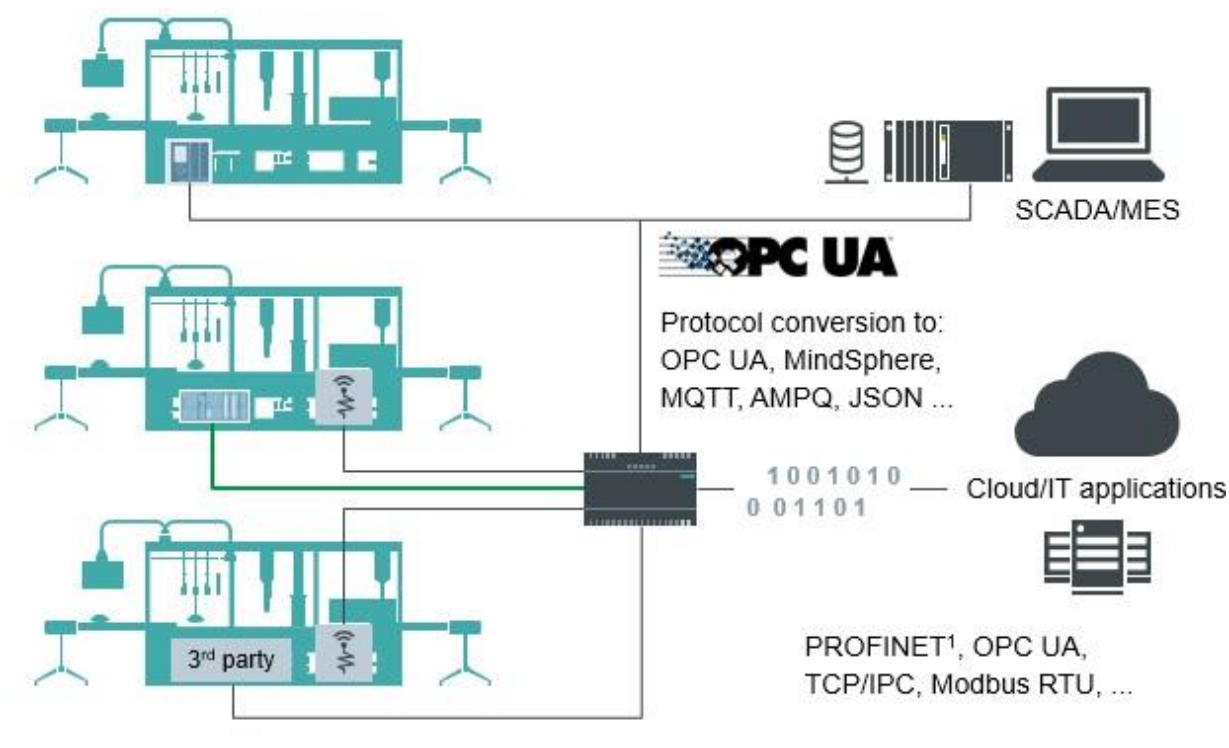


Fig. 5. Diagrama de conexión del módulo IOT Siemens.

5.4. DEFECTOS DE CALIDAD E INSPECCIONES.

Denominaremos defecto de calidad a toda característica de un material o producto no conforme con las especificaciones establecidas para el mismo. Como ejemplo, podemos referirnos a la fabricación de hilo en una máquina continua de hilar; el hilo obtenido debe tener un grosor determinado, tal y como ya ha sido expuesto; para ello se establecen unos «límites de tolerancia» superior e inferior, de forma que todo grosor de hilo por encima del primero o por debajo del segundo constituye un defecto de calidad. Los límites de tolerancia constituyen las especificaciones del hilo.

Los defectos se producen en algún punto del proceso, motivados por algún factor de la producción cuya actuación afecta a la característica de calidad involucrada, confiriéndole una variabilidad excesiva.

Como ejemplo de que los defectos se producen por la variabilidad de factores que influyen en ciertas fases del proceso, podemos referirnos nuevamente a la fabricación de hilo, proceso en el que puede haber un fallo, bien sea en la composición de la fibra utilizada para ello (algodón u otra), bien sea en la composición de la mecha obtenida con ella o en el proceso de la máquina continua de hilar (mal estirado, etc.).

La producción con defectos provoca la existencia de costes y retrasos evitables, por:

- Necesidad de sistema de control de calidad (integrado por equipos y personas).
- Productos rechazados en este control, que se pierden o deben reprocesarse.
- Esfuerzos necesarios para investigar el origen de las causas de defecto
- Stock de seguridad que el sistema se ve obligado a mantener.
- Pérdida de prestigio en el mercado.

La inspección del trabajo efectuado permite evitar la transferencia de productos con fallos de calidad de un proceso a otro o de una operación a otra. La inspección, por tanto, es una acción para desarrollar en las operaciones de un proceso o al finalizar el mismo, consistente en comparar una característica de calidad del producto obtenido, con un patrón estándar, a fin de eliminar los productos con una diferencia excesiva entre ambos, que constituirán defectos de calidad.

A título de ejemplo y abundando en el caso de la fabricación de hilo, podemos poner como ejemplo de tal comparación el sistema magnético para determinar el grosor del hilo en las máquinas donde se enrolla el hilo fabricado (bobinadoras), el cual detectará si algún tramo del mismo no cumple con las especificaciones de grosor.

Veamos ahora cuáles son los tipos de inspección que pueden llevarse a cabo.

5.4.1 Inspecciones de conformidad

El tipo más sencillo de inspección y también el primero que se realiza en todo proceso productivo es el que trata de averiguar si el producto resultante de un proceso cumple todas las especificaciones de calidad exigibles para que pueda considerarse conforme. Este tipo de inspección no evita, en absoluto, que se produzcan fallos y el producto no conforme deberá desecharse o ser reprocesado.

Así pues, este tipo de inspección trata únicamente de identificar defectos e impedir que éstos lleguen al cliente o consumidor. Como actúa a posteriori, no contribuye a reducir la tasa de defectos. Además, es costosa, puesto que deberán someterse a inspección tanto los productos con fallos como los que no los tienen; por ello, será conveniente eliminar o automatizar la inspección. Para que pueda eliminarse deberá procederse a efectuar otros tipos de inspección que aseguren que no existan fallos en la conformidad del producto final y, en definitiva, ello implica la implantación de un programa cero defectos.

5.4.2 Inspecciones informativas para correcciones a futuro

Con el control estadístico de procesos SPC se pueden controlar los defectos que se producen en los procesos de producción y establecer las causas de los mismos. Posteriores acciones correctivas pueden evitar su repetición y, por tanto, impedir que se produzcan fallos.

Puesto que las acciones correctivas son posteriores a la ejecución de un proceso, las inspecciones informativas a futuro y herramientas como el SPC no eliminan la producción de fallos en el proceso actual. Su acción es selectiva y su actuación no se efectúa en tiempo real, sino con posterioridad al fallo.

Como ejemplo de este tipo de inspecciones y continuando con nuestra fábrica de hilo, podemos volver a referirnos al control del grosor del hilo en las bobinadoras por medio de un sistema magnético, de forma que las mediciones obtenidas se utilizaran para elaborar los correspondientes gráficos de control propios del SPC, para luego (en el futuro) proceder de acuerdo con la evolución de los mismos.

Para obtener mejoras en los procesos a partir de la información suministrada por el SPC pueden utilizarse técnicas, tales como el diseño estadístico de experimentos o el análisis modal de fallos y efectos, ya expuestas en esta obra. El resultado será un aumento del índice de capacidad Cpk.

5.4.3 Inspecciones en el puesto de trabajo: inspecciones informativas en el proceso actual.

Mediante listas de chequeo u otros métodos similares, puede comprobarse la calidad del producto obtenido en un puesto de trabajo. Si el producto es no conforme, no se entrega a puestos posteriores del proceso, por lo que se pueden eliminar los fallos. Sin embargo, en la medida que debe corregirse en el propio puesto de trabajo una acción ya hecha con anterioridad, este tipo de inspecciones participa de las características de la inspección informativa, con la diferencia con respecto a las del epígrafe anterior de que se corrige el proceso actual y no afecta a procesos a ejecutar en el futuro.

Existen dos variantes de inspecciones en el puesto de trabajo:

a) Autocontrol: en este caso, un puesto de trabajo inspecciona el producto que él mismo produce.

Como ejemplo, citaremos el operario de una máquina de hilar que comprueba que un huso de hilo fabricado no tiene contaminación de fibras de otro color, antes de enviarlo a la bobinadora.

Las inspecciones informativas por autocontrol son muy adecuadas para obtener una muy rápida eliminación del defecto y corrección del proceso. Sin embargo, deben superar su mayor tendencia a la benevolencia. Para ello puede procederse a:

- Utilizar check-lists o sistemas muy objetivos de control.
- Intercalar sistemas pokayoke que pueden garantizar un control estricto, tal y como se verá más adelante.

Por otra parte, las contramedidas para atajar fallos pueden desarrollarse mejor si el defecto lo descubre uno mismo; además, de efectuarse el control en el puesto siguiente (inspección sucesiva) en lugar de hacerlo en el propio puesto, la(s) causa(s) de los defectos puede(n) haber desaparecido o cambiado cuando el producto llegue al puesto en cuestión.

b) Inspección sucesiva: en este caso, un puesto de trabajo inspecciona el producto recibido del puesto anterior.

Como ejemplo, relacionado con el mismo caso expuesto para el autocontrol, el operario de la bobinadora podría ahora ser el que comprueba que el huso de hilo recibido de la máquina de hilar no tiene contaminación de fibras de otro color.

5.4.4 Objetivo cero defectos: eliminación total de la producción de fallos

De acuerdo con lo ya expuesto, existen dos enfoques para los procedimientos cuyo objetivo es la eliminación total de fallos.

- Realizar inspecciones en el puesto de trabajo (propio o sucesivo) que impidan la progresión de productos defectuosos hacia delante en el proceso productivo.
- Sistemas de control en el puesto de trabajo que impidan «físicamente» la producción de errores, de forma que, si el proceso no se realiza correctamente, resultará imposible que pueda efectuarse (quedaría detenido o bloqueado o, cuando menos, recibiría una información o aviso de que se está produciendo un fallo). Ya hemos hecho referencia a que los dispositivos que permiten establecer este tipo de control se denominan pokayoke (a toda prueba).

Como ejemplo de una solución de tipo pokayoke, extraído una vez más del caso de la fabricación de hilo, al situar un huso en una máquina de hilar, éste podría, por error, ser colocado al revés sin advertirlo. Para que sea imposible tal error, puede diseñarse el interior del huso y su alojamiento de forma que sólo encajen si se coloca el huso correctamente.

El objetivo cero defectos puede alcanzarse, pues, por medio del autocontrol, que puede adolecer de poco rigor en el control sobre el propio trabajo y, como alternativas, entonces estarían:

- Inspección sucesiva: el controlador es externo y mejora el rigor.
- Dispositivos pokayoke: variante del autocontrol que garantiza el rigor y, según se irá viendo, no implica pérdidas de tiempo en inspeccionar por parte del trabajador.
- Dispositivos pokayoke en el control sucesivo, cuando no sea posible o conveniente en el propio puesto de trabajo.

Con todas estas alternativas, existe una mayor garantía que, con los sistemas de inspección informativa a futuro, como el SPC, garantía que deriva de inspeccionar al 100% y también de la actuación inmediata.

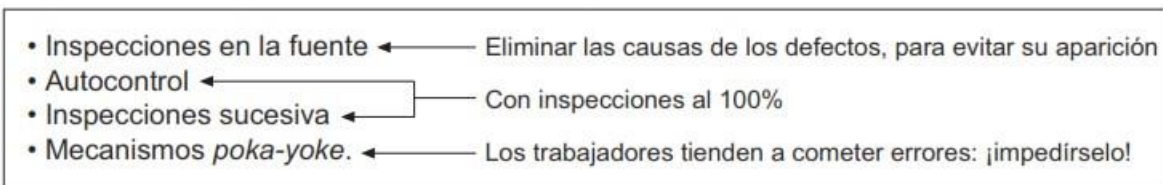
Por medio de las inspecciones en la fuente se tratan de identificar y eliminar las causas de los fallos o defectos de calidad. El objetivo de las inspecciones en la fuente es el de prevenir estos fallos o defectos antes de que ocurran la primera vez, no después de darse (como ocurre en las inspecciones informativas, sean a futuro o en el proceso actual).

Las causas de los fallos pueden provenir de errores cometidos por parte de algún factor de la producción, o bien por olvidos. Tanto un tipo de causa como el otro tienen una especial importancia cuando el factor involucrado es la persona responsable de la operación; así, en el caso de errores personales, éstos pueden provenir de operar con especificaciones incorrectas o poco claras, de un mal adiestramiento o de un exceso de confianza, sin tener en cuenta el caso de que el error pueda ser intencionado. En el caso de que la causa sea el olvido, la importancia radica en las situaciones repetitivas, es decir, cuando tales olvidos son crónicos. Las inspecciones en la fuente exigen una planificación adecuada de los estándares de operación y revisar en profundidad que no sean causa de fallos.

Como ejemplo de una inspección que trataría de eliminar las causas de los defectos en una planta de hilatura, podemos referirnos a la contaminación en las bobinas de hilo procedentes de una máquina de hilar, causada por hebras de fibra de otro color, procedentes de otra máquina de hilar contigua (información que puede haber sido obtenida por medio de cualquiera de los tres tipos de inspección informativa anteriores). La acción correctora podría consistir en la instalación de una separación de material plástico transparente entre las dos continuas de hilar, a fin de que la fibra no «vuele» de una máquina a otra.

Las inspecciones en la fuente permiten, pues, la eliminación de fallos incluso en el proceso actual, ya que, a diferencia de las inspecciones informativas en el puesto (autocontrol y control sucesivo), no se llega a producir el fallo, para luego tener que corregirlo.

Así pues, resumiendo, los programas cuyo objetivo sea alcanzar los cero defectos pueden operar simultaneando los siguientes tipos de inspección y sistemas de control:



En cualquier caso, la combinación más efectiva para alcanzar el objetivo cero defectos es la de inspecciones en la fuente + dispositivos pokayoke.

En efecto, los sistemas pokayoke son realmente efectivos cuando se combinan con inspecciones en la fuente que permitan eliminar las causas de los defectos. Las inspecciones informativas en el proceso actual cubren también este papel, aunque de forma más costosa, al inspeccionar también todos los productos correctos y no impedir el fallo en primera instancia. La automatización de la inspección puede reducir el coste, pero no la tasa de defectos. Llegados a este punto nos podemos preguntar cuál es, pues, la utilidad del control estadístico de procesos SPC. En efecto, esta importante herramienta de inspección informativa tiene su papel, el cual puede asimilarse a los dos siguientes objetivos:

- Planificación y mejora continua de procesos a desarrollar en el futuro.
- Control del proceso actual, con el fin de mejorarlo, si éste aún no ha alcanzado el grado de aseguramiento de la calidad deseado y, en particular, el objetivo cero defectos.

5.5. SISTEMAS Y DISPOSITIVOS POKAYOKE

Intercalados en las operaciones de un proceso, los sistemas y dispositivos pokayoke realizan por sí solos una inspección al 100% y, de haber anomalías, retrotraen la información y actúan para impedir que se produzcan fallos. Los dispositivos que permiten cubrir tales funciones pueden ser de toda índole (mecánicos, electrónicos, etc.) y los sistemas pokayoke son conjuntos de dispositivos que actúan de forma coordinada.

Pueden llegar a asegurar la ausencia total de defectos, dependiendo de su naturaleza y de los sistemas de inspección con los que se combinen.

Tal y como se ha dicho, estos sistemas, junto a los controles en la fuente, suponen, en la actualidad, los pilares básicos de los programas que permiten alcanzar el cero defectos.

Las funciones que desempeñan los sistemas y dispositivos pokayoke son:

- Evitar olvidos y errores humanos y con ello los orígenes de las causas de defectos.
- Detectar defectos (cuando se aplican con este objetivo).
- Garantizar un nivel de calidad del 100% (cuando se intercalan en el proceso con esta misión).
- Informar de la presencia de olvidos, errores y también de defectos, cuando su finalidad es de tipo informativa.

Hay distintos tipos de dispositivos pokayoke, de acuerdo con el tipo de control que ejercen y la forma cómo actúan. De acuerdo con ello podríamos establecer la clasificación que sigue:

1) Por el tipo de control del proceso:

- a) Métodos de control o bloqueo: se trata de métodos que, ante un defecto, detienen o bloquean el proceso e impiden, físicamente, que pueda producirse un fallo.
- b) Métodos informativos y de aviso: sistemas que advierten de anomalías en el proceso, para que el operador tome las medidas oportunas. Estos métodos:
 - No garantizan la ausencia de defectos sin la actuación del operador.
 - Se utilizan, por lo general, cuando es complejo o costoso emplear los anteriores.

2) Por el tipo de detección que ejercen:

- a) Sistemas de contacto: dispositivos que, por medio de contacto físico o de otro tipo (por ejemplo, electrónico), detectan anomalías en la forma, dimensiones u otros parámetros físicos de un producto.
- b) Sistemas de valor constante: dispositivos que permiten detectar anomalías en la ejecución repetida de una misma actividad de un proceso y garantizan que ésta se ha realizado un número predeterminado de veces, por medio de un sistema establecido (por determinación de un total, identificando un resultado previsto o identificando el total de componentes no utilizados).
- c) Sistemas de pasos de movimiento: dispositivos que permiten detectar anomalías en la ejecución de las actividades de un proceso, cuando éstas deban efectuarse de acuerdo con una determinada secuencia (por ejemplo, el olvido de alguna(s) de ellas, repeticiones, alteración en el orden, etc.).

5.7 Dispositivos pokayoke: tipología y características

Hay dispositivos pokayoke de diversa índole, como acabamos de establecer; algunos bloquean el proceso y otros sólo informan. De unos y de otros, los hay de tipo mecánico, electrónico y de otras tecnologías; la mayoría de los dispositivos y sistemas pokayoke son consecuencia de un diseño específico para resolver problemas concretos, como se verá en los casos de ejemplo que se expondrán más adelante. Sin embargo, los sistemas de tipo electrónico utilizan algunos dispositivos estándar, que actúan bien sea por bloqueo o con carácter informativo y que cubren los tres tipos de detección que hemos citado (contacto, valor constante y pasos de movimiento). Veamos, pues, antes de exponer casos de sistemas pokayoke, algunos de estos dispositivos electrónicos, clasificados por la forma en cómo efectúan la detección.

a) Sensores por contacto.

- MICRORRUPTORES: dispositivos que bloquean el proceso. Detectan posiciones de objetos sobre una línea.
- CONMUTADORES DE LÍMITE: dispositivos que bloquean el proceso, pero por empuje sobre una ruedecilla situada en el extremo del brazo de una pequeña palanca. Detectan posiciones de objetos sobre una línea.
- CONMUTADORES DE PROXIMIDAD: dispositivos que bloquean el proceso, detectando cambios en las distancias a objetos magnetizables. Detectan posiciones de objetos sobre una línea.
- CONMUTADORES DE TACTO: dispositivos que bloquean el proceso, detectando objetos por contacto con una antena. Detectan posiciones de objetos sobre una línea.

- TRANSFORMADORES DIFERENCIALES: dispositivos que bloquean el proceso, por detección de cambios en el grado de contacto con un objeto, a partir de las variaciones de flujos magnéticos. Tiene una gran precisión de detección. Detectan posiciones de objetos sobre una línea.
- INSTRUMENTOS DE MEDIDA: dispositivos de diversa índole que informan (y por tanto no bloquean) acerca de alguna característica del proceso, determinando una medición electrónica, cuya señal puede enviarse a distintos dispositivos vinculados al proceso. Detectan posiciones de objetos sobre una línea.
- SENSORES DIMENSIONALES DE RAYOS DE LUZ: dispositivos de tipo informativo. Detectan las medidas de objetos, de carácter lineal, como, por ejemplo, anchos y diámetros de secciones o anchuras de superficies planas.
- SENSORES SUPERFICIALES DE RAYOS DE LUZ (MULTIHAZ): dispositivos de tipo informativo. Detectan la presencia de objetos por barrido de una superficie dada, por lo que su tipo no es lineal sino por área.
- SENSORES DE MARCAS DE COLORES O EN B/N: dispositivos de tipo informativo que actúan detectando marcas (que pueden ser de colores distintos y distinguibles) y lo hacen con carácter lineal.
- SENSORES DE FIBRA ÓPTICA: dispositivos que pueden bloquear el proceso y operan con fibra óptica y haces proyectados o reflejados. Detectan la presencia de objetos, con carácter lineal.
- DISPOSITIVOS DE SENSORES MÚLTIPLES: varios sensores situados en diferentes posiciones en el plano o en el espacio detectan posiciones absolutas o relativas de objetos, con carácter informativo y de forma lineal, aunque detectando sobre una línea distinta cada uno de los sensores.

La figura 6 muestra algunos de estos dispositivos. b) Sensores sin contacto (por haz o magnéticos):

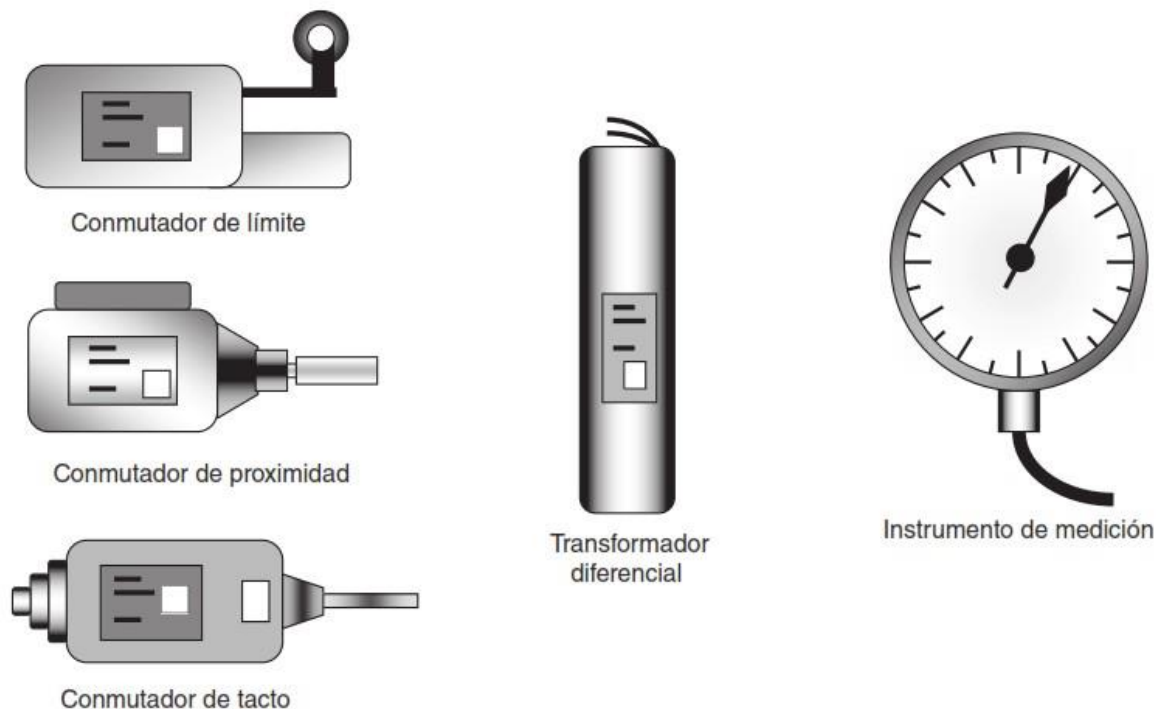


Figura 6. Dispositivos sensores por contacto.

La figura 7 muestra algunos dispositivos sensores sin contacto y la forma en que operan.

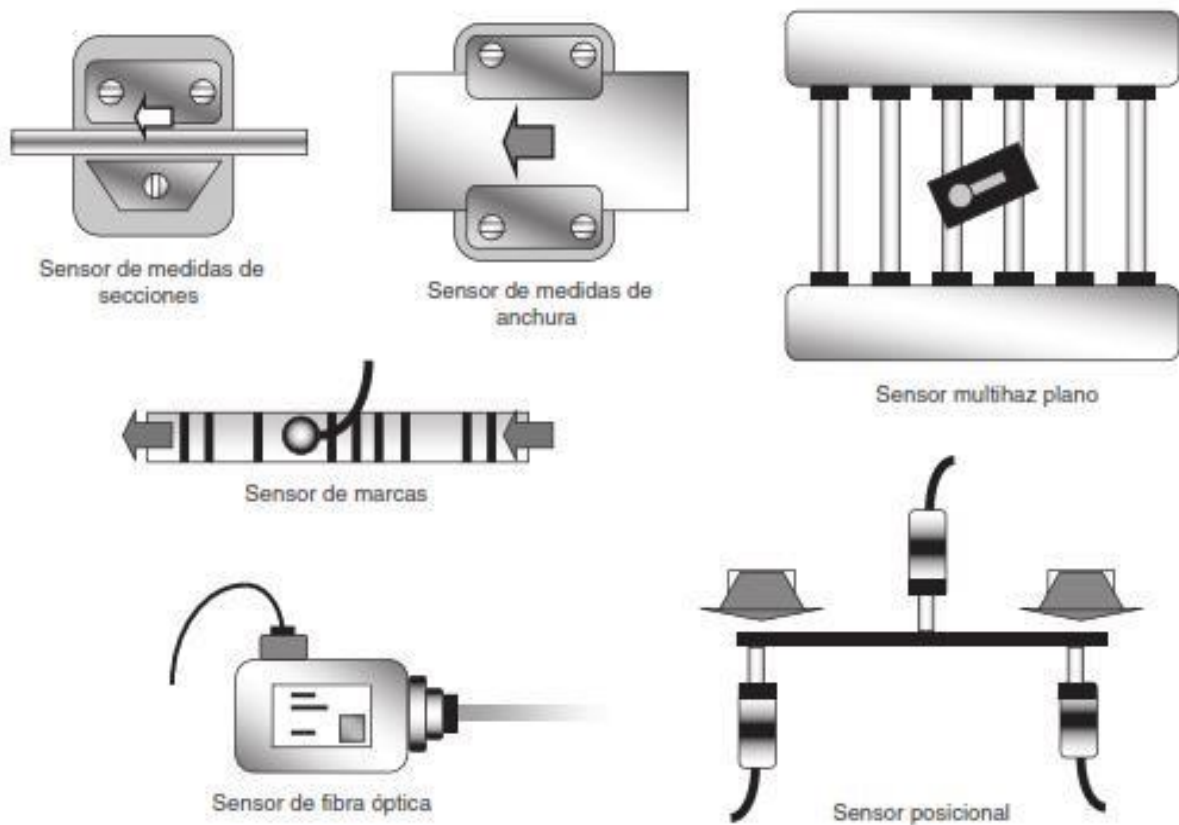


Figura 7. Dispositivos sensores sin contacto (por haz).

b) Detectores.

- **DETECTORES DE METALES:** operan por medio de un sistema magnético que permite detectar la presencia de metales, normalmente con carácter informativo, con un barrido de tipo área.
- **DETECCIÓN MÚLTIPLE PARA MEDIDAS:** detectores que, operando desde posiciones distintas, normalmente por haces luminosos reflejados, permiten detectar los cambios en las medidas de un objeto, con carácter informativo y de forma lineal.
- **DETECCIÓN MÚLTIPLE DE DESPLAZAMIENTOS:** detectores que, operando desde posiciones distintas, normalmente por haces luminosos reflejados, permiten detectar los cambios y anomalías en la posición de los objetos (por ejemplo, cuando se han desplazado de la posición correcta); actúan con carácter informativo y de forma lineal.

La figura 8 muestra algunos de estos dispositivos y la forma en que operan.

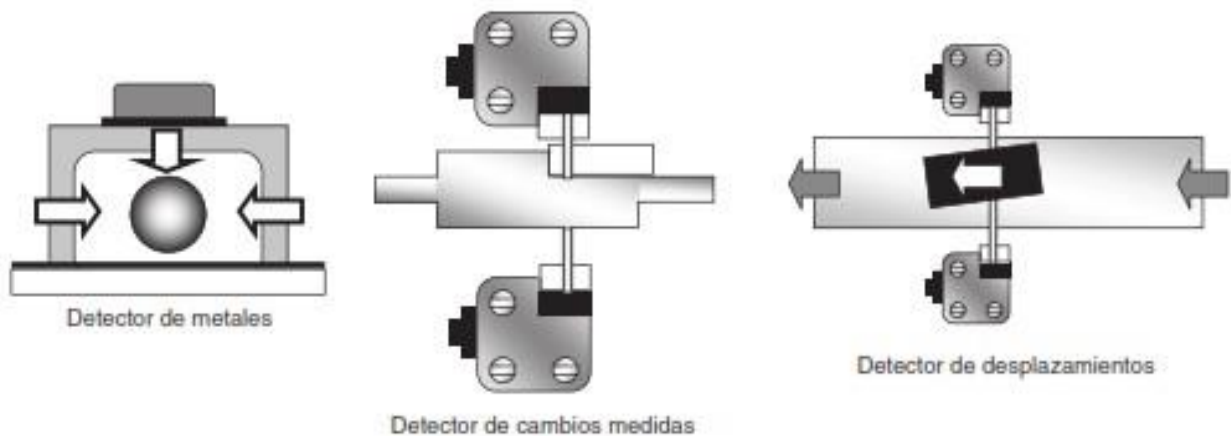


Figura 8. Dispositivos de detección.

5.6. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

AUDITORÍA Y CERTIFICACIÓN. NORMAS ISO 9000

En la actualidad ya no se habla de calidad únicamente bajo el aspecto del control, sino como un sistema de gestión que incluya la calidad a todos los niveles y, en todo momento, involucrando, además, a todo el personal. Hacer las cosas bien a la primera no es ya una meta lejana, sino el objetivo de cada día.

Cronológicamente, con la década de los setenta del siglo pasado se acabó la hegemonía de la verificación y el control de calidad en los procesos industriales. Al mismo tiempo se iba consolidando la práctica del autocontrol como preludeo de un nuevo orden de valores, que suponía la implicación de todos los agentes de la organización en todos y cada uno de los objetivos de calidad.

AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, nace en los años ochenta y, poco después, las normas ISO 9000 aportan al mundo un concepto revolucionario de la calidad basado en un modelo de gestión diseñado para asegurar la satisfacción de las expectativas del cliente. Con él nace lo que luego se ha denominado el aseguramiento de la calidad que, en muchas empresas (sobre todo de gran tamaño), ha supuesto crear la figura del responsable de tal aseguramiento que, en definitiva, supone garantizar que en los procesos se hacen las cosas bien a la primera. En el año 1990 se planificó una revisión en dos etapas de la familia de normas ISO 9000 (que expondremos más adelante). La primera etapa se recoge en la edición de 1994 (ISO 9000:1994) hasta que el 15 de diciembre de 2000 se publicó la que le siguió (ISO 9000:2000).

La definición de sistema de calidad de ISO, que también se ocupa de normalizar conceptos y vocabulario de la calidad, es: “conjunto de la estructura de organización, de responsabilidades, de procedimientos, de procesos y de recursos, que se establecen para llevar a cabo la gestión de calidad”.

De ahora en adelante vamos a utilizar acrónimos y siglas muy comunes en el vocabulario de la gestión de la calidad, los más importantes de los cuales exponemos a continuación.

ISO: La Organización Internacional de Normalización es una federación mundial de organismos nacionales de normalización.

CEN: Comité Europeo de Normalización. EN: Norma Europea/Europea Standard/Norme Européene/Europäische

Norm (inglés, francés y alemán son las tres versiones oficiales. Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional y notificada a la Secretaría Central tiene el mismo rango que aquéllas).

UNE: Una Norma Española (la norma UNE es la versión oficial, en español, de la Norma Europea que a su vez adopta íntegramente la Norma Internacional ISO).

CT/TC: Comité técnico. ENAC: Entidad Nacional de Acreditación: es una organización auspiciada y tutelada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología que se constituye con arreglo a lo dispuesto en la Ley de Industria 21/1992 y al Real Decreto 2200/95, por el que se aprueba el Reglamento para la Infraestructura de la Calidad y Seguridad Industrial. ENAC es una entidad privada, independiente y sin ánimo de lucro que coordina y dirige, en el ámbito nacional, un Sistema de Acreditación. ENAC acredita organismos que realizan actividades de evaluación de la conformidad, sea cual sea el sector en que se desarrolle su actividad, su tamaño, su carácter público o privado, o su pertenencia a asociaciones o empresas, universidades u organizaciones de investigación.

AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación. ANSI: American National Standards Institute.

Así pues, UNE EN ISO 9000 será la correcta denominación española de la norma ISO 9000. El camino hacia la implantación de un sistema de calidad y su certificación.

El primer paso que debe plantearse una empresa que pretende incorporar la calidad a la estrategia empresarial es la confección de un plan para el desarrollo e implantación de un sistema de calidad. Un sistema de calidad consta fundamentalmente de tres elementos básicos:

- Documentación en forma de manuales de calidad.
- Medios materiales y técnicos.
- Medios humanos.

El nivel de profundidad y alcance del proyecto puede ser variable, pero la opción más positiva pasaría por realizar un estudio completo y estructurado que abarque toda la organización, sus procesos, medios y personas, para lograr una adecuada implantación global de la calidad y su mejora continua.

Una vez que se haya logrado la implantación del sistema de calidad, aparece la posibilidad de alcanzar la certificación respecto a los criterios establecidos en la norma de la familia ISO 9000.

La certificación no debería nunca ser el objetivo prioritario de un sistema de calidad, sino más bien un beneficio o consecuencia de su implantación y un paso más en la consecución de objetivos mayores. De cualquier modo, las normas de la serie ISO 9000 conviene que estén presentes y sirvan como referencia en todo el proceso de elaboración e implantación del sistema, para verificar todas las exigencias. En particular, existe una norma, la ISO 9004, que sirve de guía en el desarrollo e implantación del sistema de calidad, describiendo detalladamente los elementos y aspectos a considerar.

Algunos de los aspectos más importantes que debe contemplar el proyecto de implantación del sistema de calidad se exponen a continuación.

1. Diagnóstico y evaluación de la situación actual, identificando los puntos débiles y aportando las propuestas de mejora.
2. Organización del equipo de implantación, designando responsables y planificando el aseguramiento de la calidad mediante acciones sistemáticas que proporcionen la confianza de que un producto, servicio o cualquier actividad o procedimiento cumpla los requisitos y exigencias de calidad. En este sentido, será de la mayor importancia contar con el compromiso y liderazgo de la dirección que impulse y supervise todo el proyecto.
3. Información, formación y entrenamiento a todos los niveles de la propia organización: directivos, mandos intermedios y operarios.
4. Definición de elementos, criterios e indicadores de calidad.
5. Elaboración de un manual de calidad que actúe como soporte documental, en el que se incluyan la «cultura» y la política relacionadas con la implantación de la calidad, la organización, las acciones, los procedimientos, las especificaciones, los documentos empleados, etc. En definitiva, establecer el «qué», «quién», «cómo», «cuándo», «cuánto» y «dónde» acerca de todas las actividades incluidas en el sistema de calidad.
6. Auditorías internas y evaluación de los resultados, para supervisar el proyecto e identificar los aspectos a pulir o mejorar.

El proceso para desarrollar e implantar el sistema de calidad debe llevarse a cabo de una forma estructurada y ordenada. El objetivo que se persigue es la mejora continua de la calidad. En este sentido, el ciclo Deming o ciclo PDCA1 (Plan /Do/Check/Act), es asimismo aplicable a la mejora continua de un sistema de calidad (el hecho de ser un ciclo cerrado de actuaciones favorece su aplicación a una mejora de carácter continuo).

Recordando su metodología y pensando en un sistema de calidad, se debe aplicar por medio de las etapas que siguen:

- a) **Plan/Planificación.** Dentro de esta fase se incluye la determinación de objetivos y métodos. Previamente se debe realizar un análisis de la situación actual, tanto a nivel externo, es decir, proveedores, clientes, mercado, etc., como a nivel interno, identificando las causas de no calidad, aspectos a mejorar, etc. El resultado será la realización de un plan de calidad que diseñe y defina un conjunto de actuaciones y propuestas de mejora de la situación actual.
- b) **Do/Realización.** Consiste en la implantación de los aspectos y acciones definidas en el plan de calidad elaborado anteriormente. Esta fase incluye la educación y formación de las personas para la adecuada implantación del plan.
- c) **Check/Verificación.** El paso siguiente a la implantación será la verificación y evaluación del sistema, para valorar las acciones acometidas y su eficacia, y supervisar el cumplimiento de los objetivos.
- d) **Act/Actuación.** De acuerdo con el análisis efectuado en la fase anterior, se desprenden algunos aspectos que debemos retocar, mejorar o cambiar. Normalmente la aplicación de estas medidas suele consistir en un ajuste fino del sistema implantado.

Un aspecto fundamental para lograr el éxito de un sistema de calidad radica en la actitud positiva de las personas. Sin una adecuada formación y, sobre todo, motivación de nuestros recursos humanos, de nada servirá la aplicación de sistemas de calidad, así como, en general, cualquier intento de mejorar y progresar en la empresa mediante la aplicación de cualquier tipo de técnica o herramienta, relacionada o no con la calidad.

La consecución del sistema de aseguramiento de la calidad se debe considerar no como una meta, sino como punto de partida para la mejora continua de la calidad, avanzando en busca de la calidad total y la excelencia como empresa.

5.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Investigación aplicada

Es el tipo de investigación en la cual el problema está establecido y es conocido por el investigador, por lo que utiliza la investigación para dar respuesta a preguntas específicas. En este tipo de investigación el énfasis del estudio está en la resolución práctica de problemas. Se centra específicamente en cómo se pueden llevar a la práctica las teorías generales. Su motivación va hacia la resolución de los problemas que se plantean en un momento dado.

La investigación aplicada guarda una muy estrecha relación con la investigación básica, dado que depende de los descubrimientos de esta última y se enriquece de dichos descubrimientos.

Pero la característica más destacada de la investigación aplicada es su interés en la aplicación y en las consecuencias prácticas de los conocimientos que se han obtenido. El objetivo de la investigación aplicada es predecir un comportamiento específico en una situación definida.

Esta investigación también es conocida como empírica, dado que busca la aplicación del conocimiento adquirido con la idea de consolidar el saber para resolver una situación.

Para el desarrollo de este proyecto se tomó como base una banda transportadora y un sistema de llenado de tanques ya existentes en el laboratorio de la Escuela de Mecatrónica de ITCA-FEPADE Sede Central.

Se identificaron los dispositivos que deben de ser instalados en la banda transportadora y en el tablero de control.

Se dibujó el diseño 3D de la máquina en el software Autocad 2018.

Se realizó el diseño eléctrico y neumático en el software Fluid Sim.

Se desarrolló el programa del PLC en el software Tia Portal version 13.

Se desarrolló la programación del módulo IoT en el software Node Red

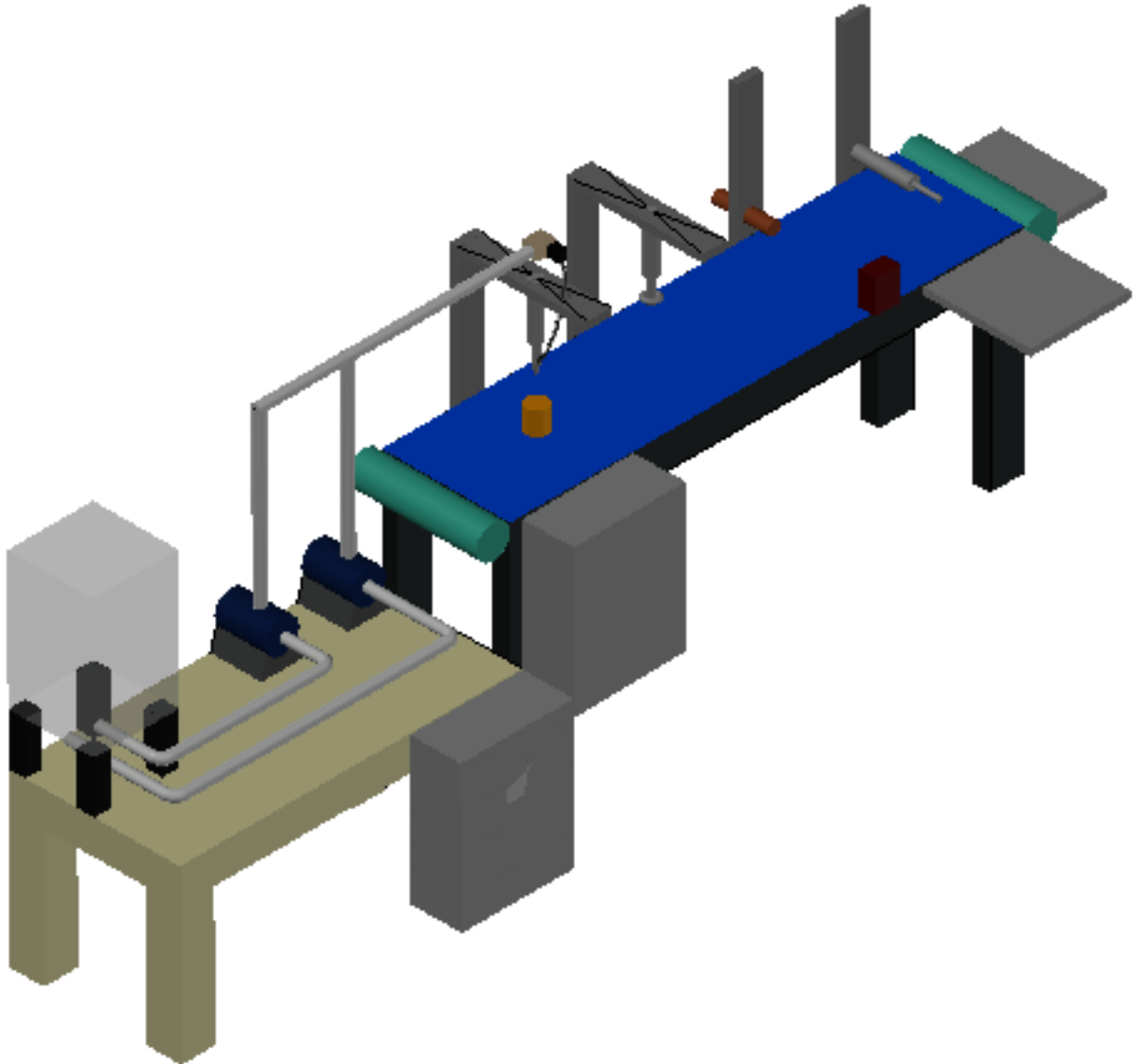
5.8. MATRIZ OPERACIONAL DE LA METODOLOGÍA

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS
1. Investigar la teoría acerca de sistemas de llenado automatizados, dispositivos IoT de monitoreo y sistemas de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar bibliografía. • Depurar información. • Resumir información. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Documentarse. ➤ Adquirir conocimientos sobre automatización y calidad.
2. Diseñar el sistema en 3 dimensiones.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar lista de materiales. • tomar medidas del módulo base. • Diseñar módulo en 3 dimensiones. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conocer los componentes. ➤ Elaborar diseño del módulo. ➤ Visualizar todos los dispositivos a instalar.
3. Diseñar el sistema eléctrico del módulo.	<ul style="list-style-type: none"> • listar partes eléctricas. • instalar software de diseño eléctrico. • diseñar sistema eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dimensionar componentes. ➤ Obtener diseño con simbología normada.
4. Diseñar el sistema neumático.	<ul style="list-style-type: none"> • listar partes neumáticas. • Instalar software neumático. • Diseñar diagramas neumáticos del módulo. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dimensionar componentes. ➤ Obtener diseño neumático con simbología normada.
5. Elaborar diseño 3d del tablero de control.	<ul style="list-style-type: none"> • Listar componentes del tablero. • Instalar software de diseño 3D. • Dibujar módulo en 3D. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Visualizar componentes. ➤ Dimensionar módulo.
6. Elaborar programación del PLC y módulo IoT.	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar programas de PLC e IoT. • Programar PLC. • Programar IoT. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conocer funcionamiento del módulo. ➤ Comprender variables a monitorear en el Sistema.

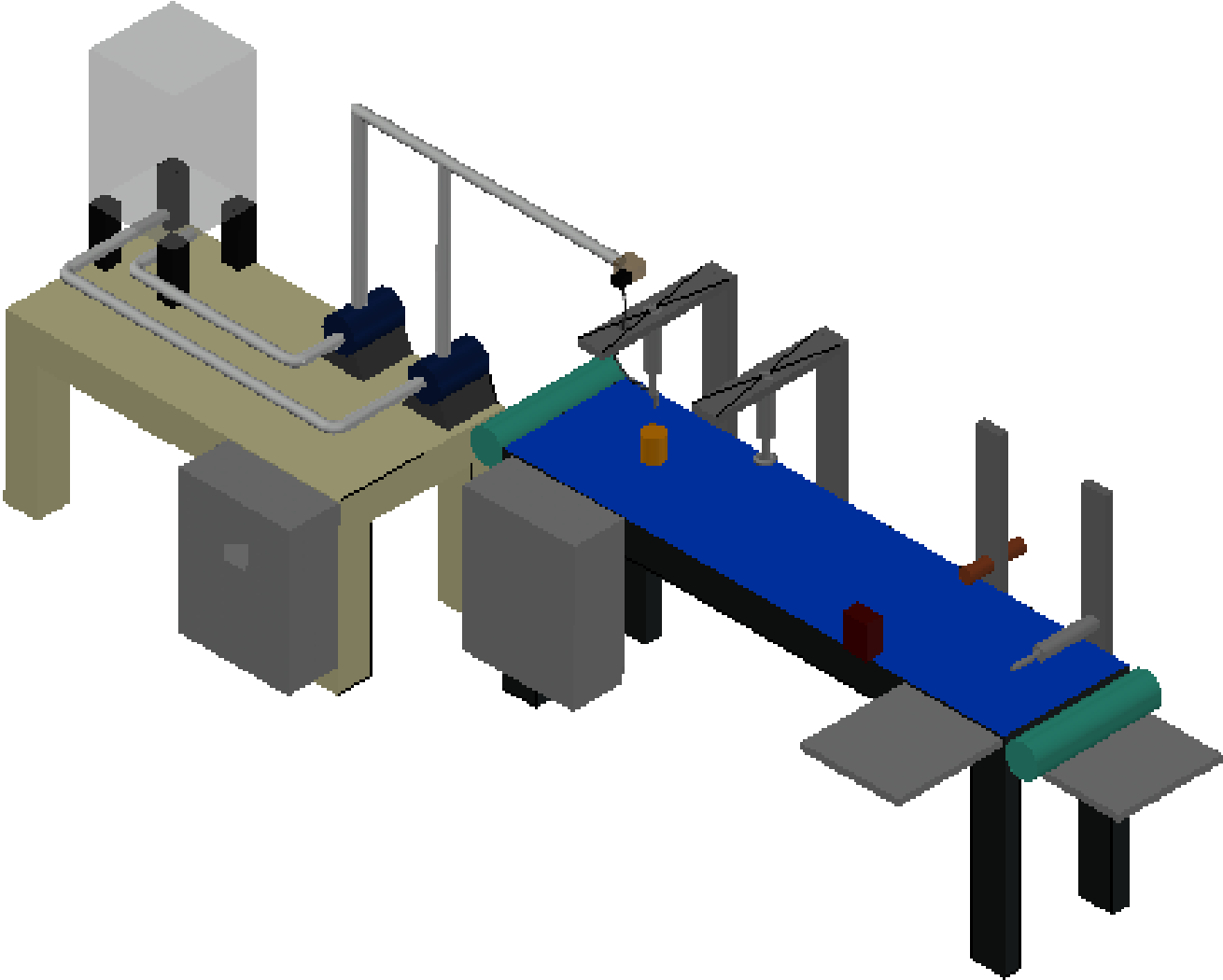
6. RESULTADOS

6.1. DISEÑO 3D DE LA MÁQUINA

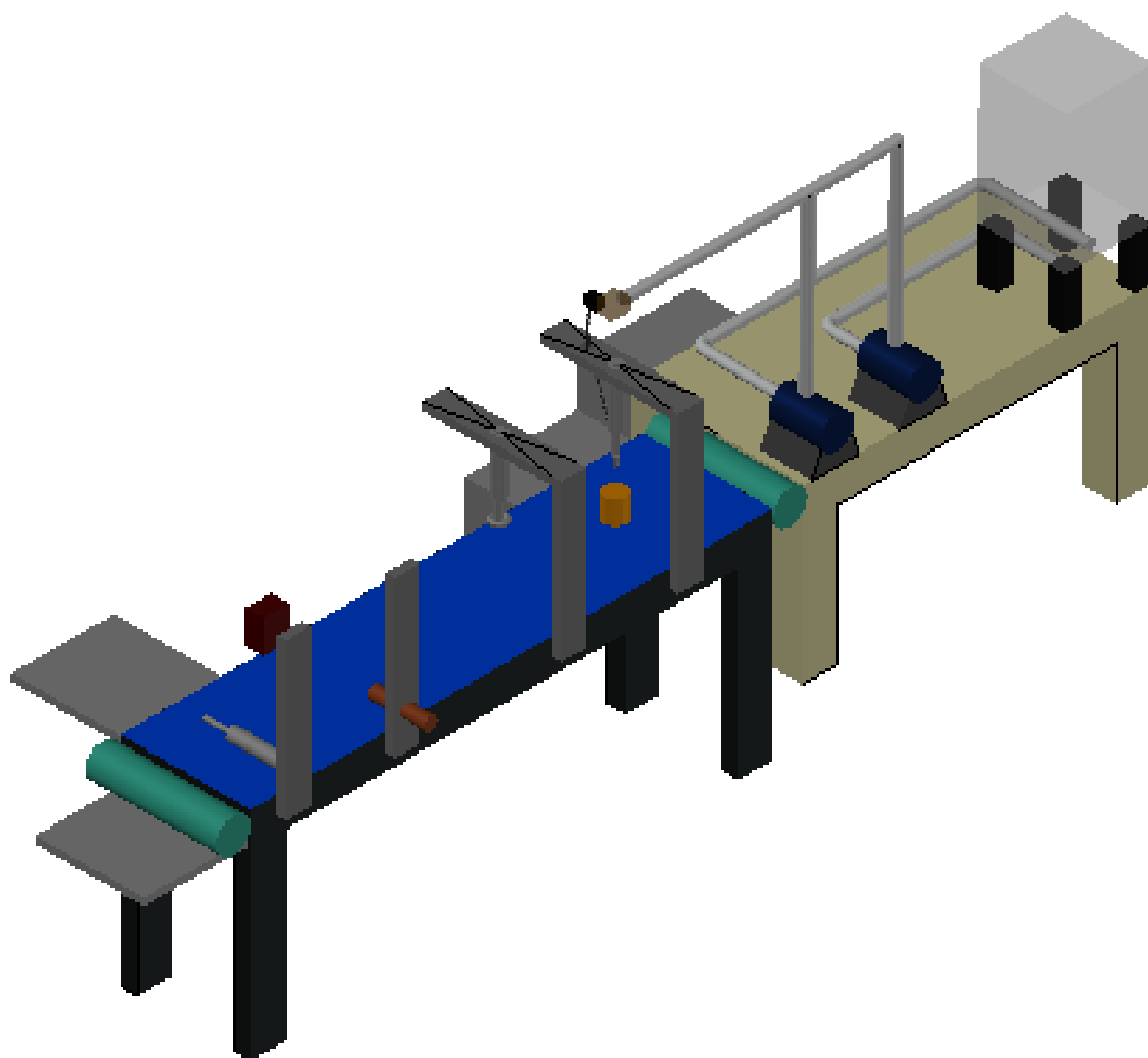
VISTA ISOMÉTRICA 1



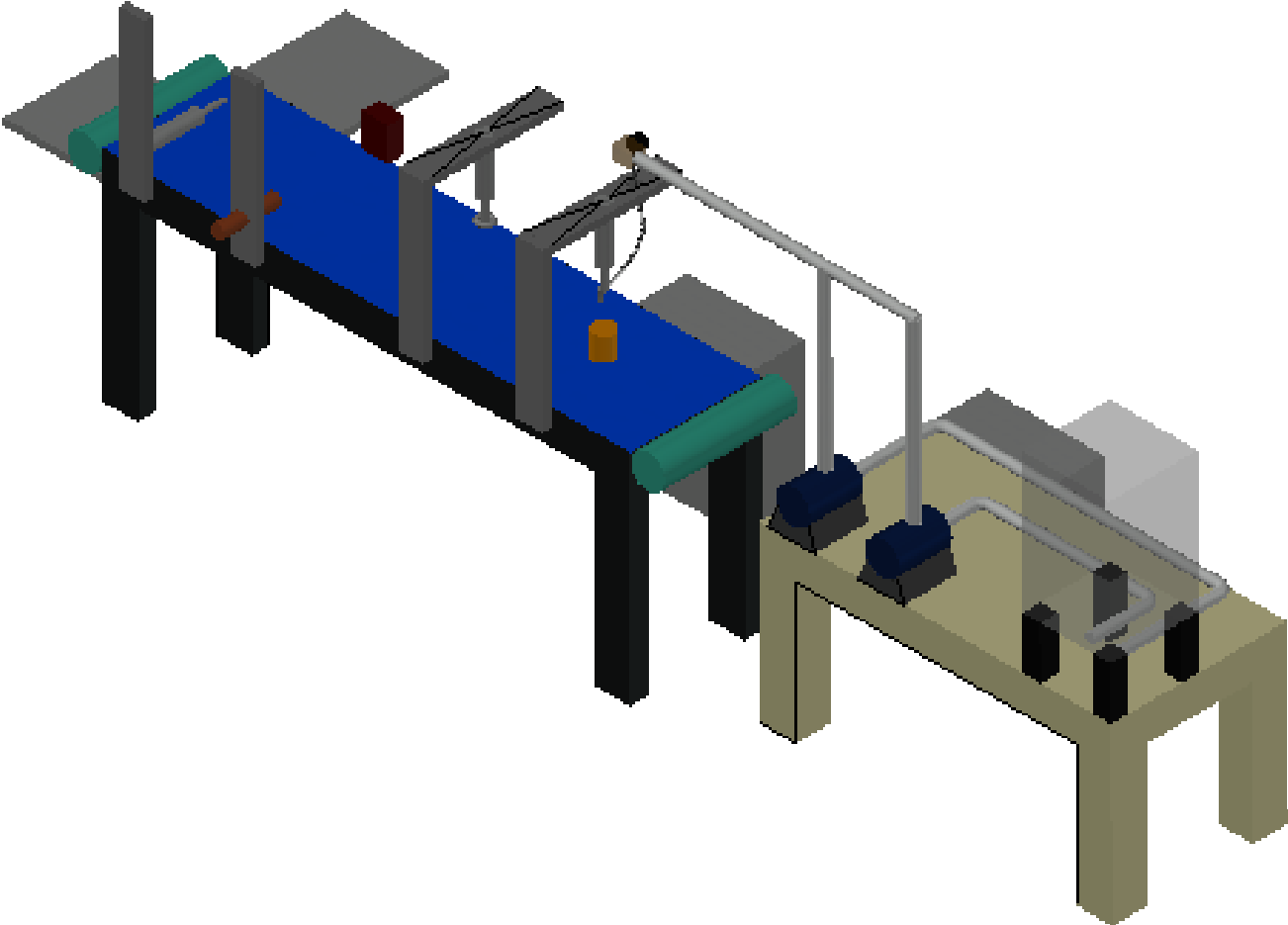
VISTA ISOMÉTRICA 2



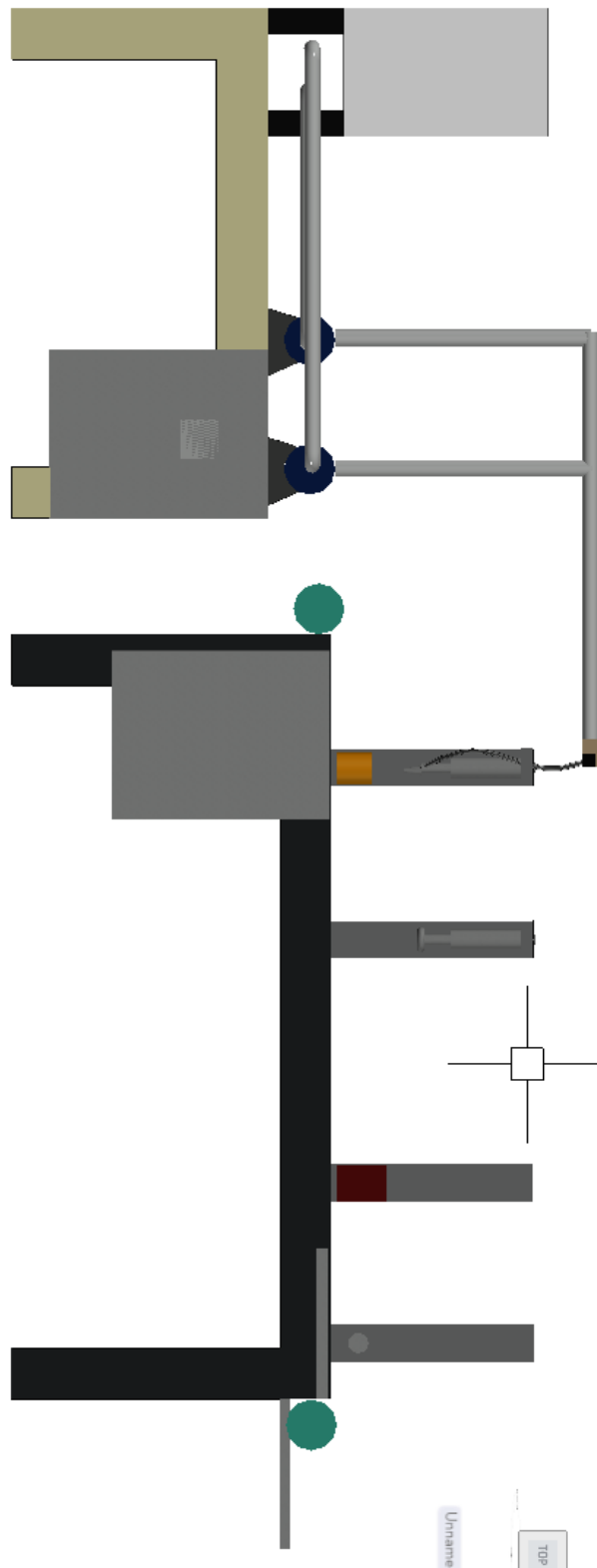
VISTA ISOMÉTRICA 3



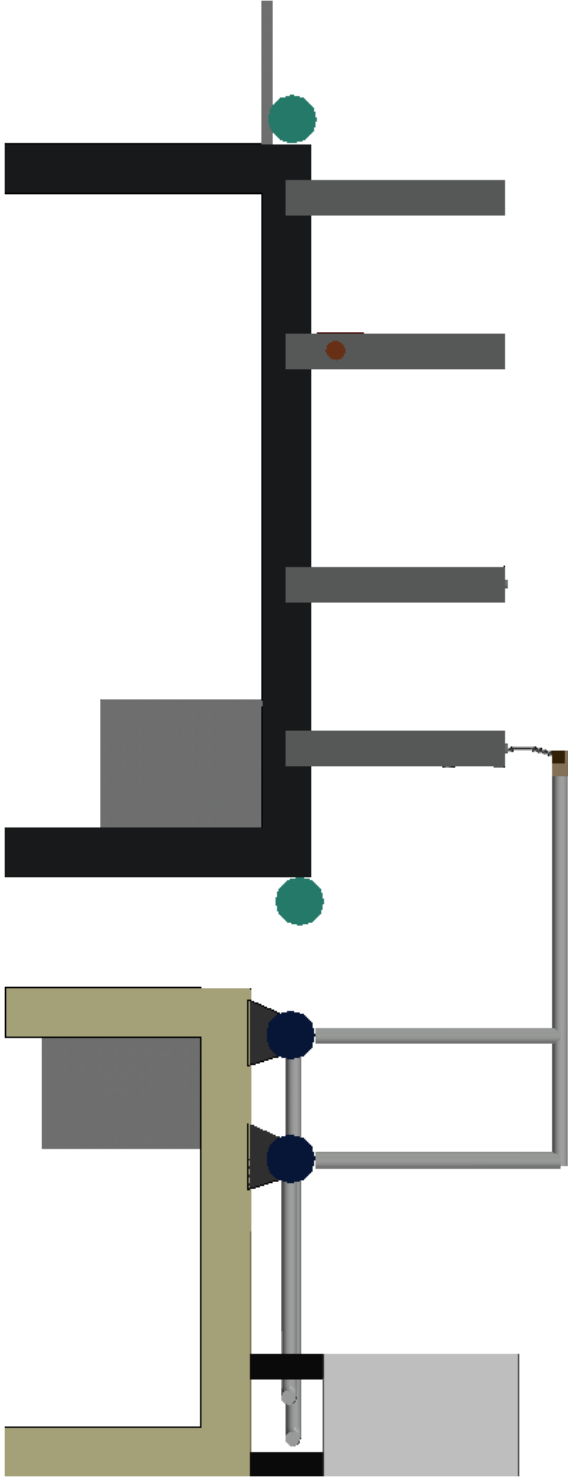
VISTA ISOMÉTRICA 4



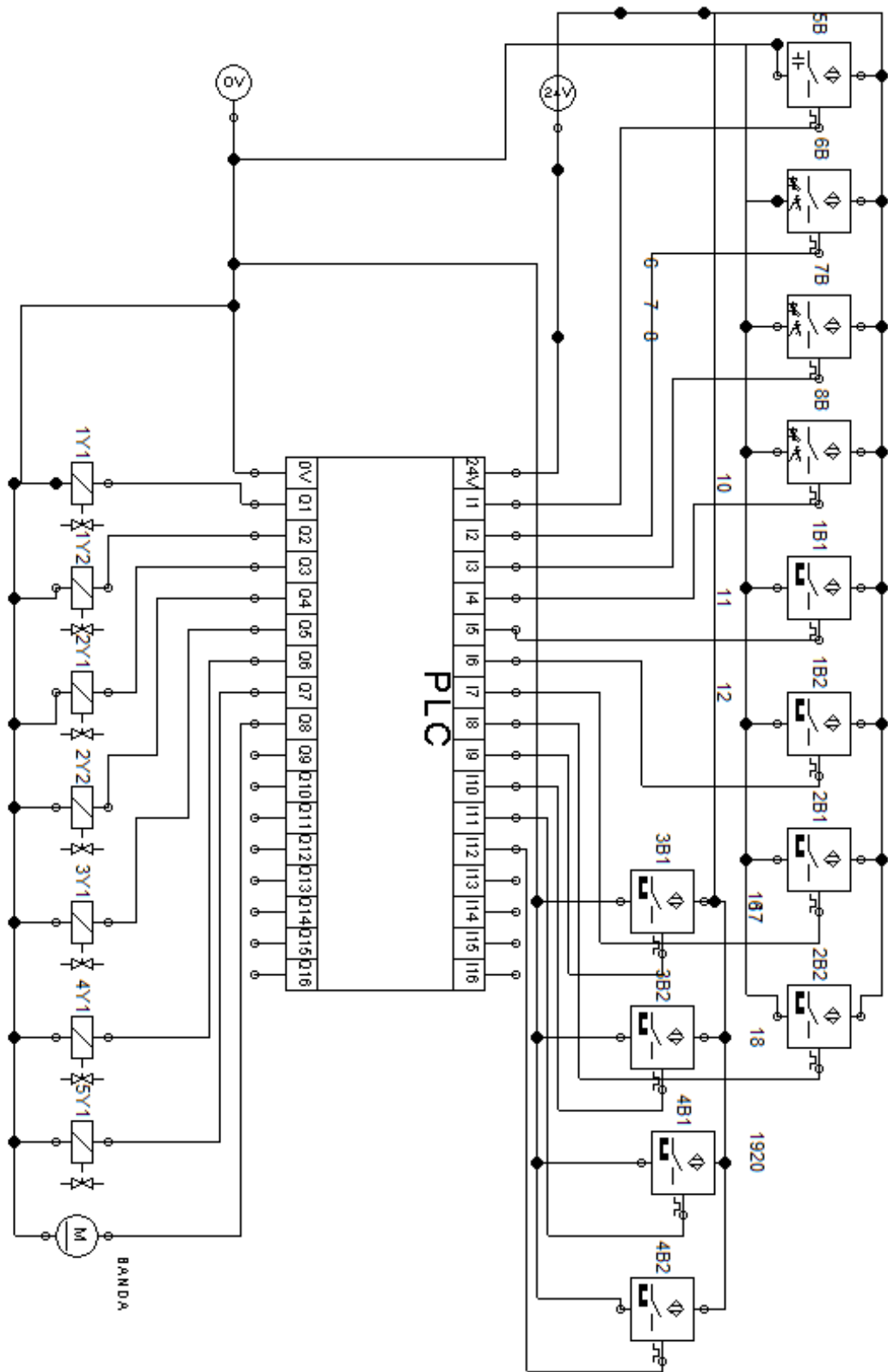
VISTA FRONTAL



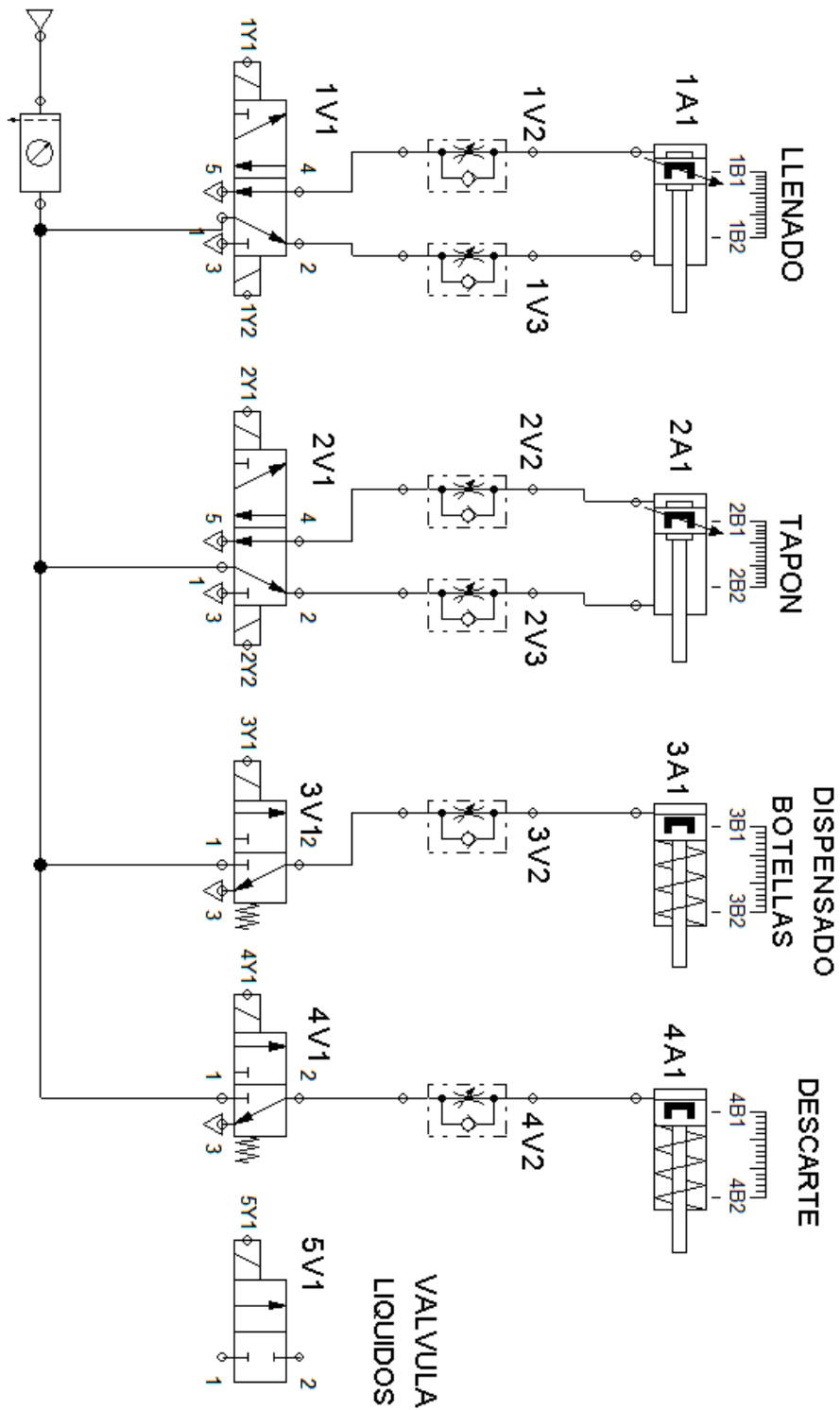
VISTA TRASERA



6.2. DISEÑO ELÉCTRICO

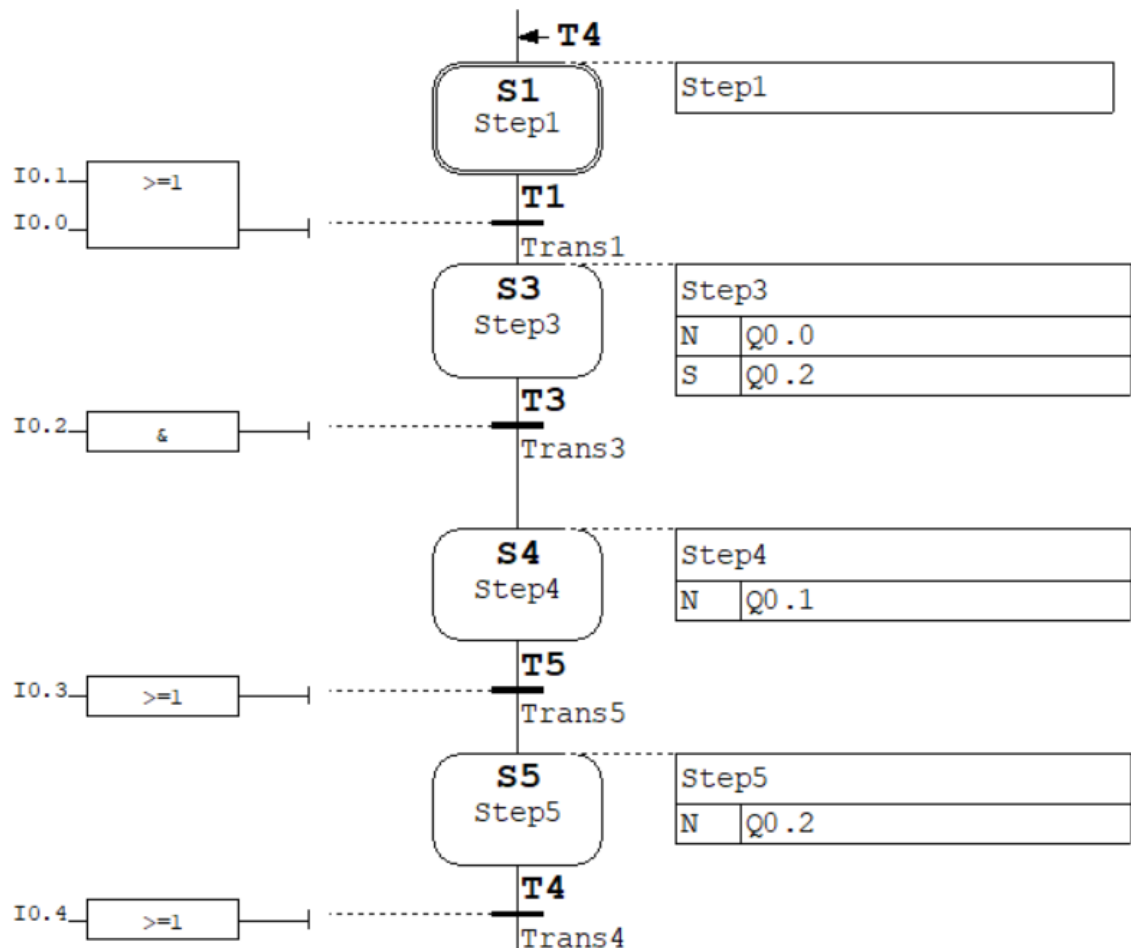


6.3. DISEÑO NEUMÁTICO

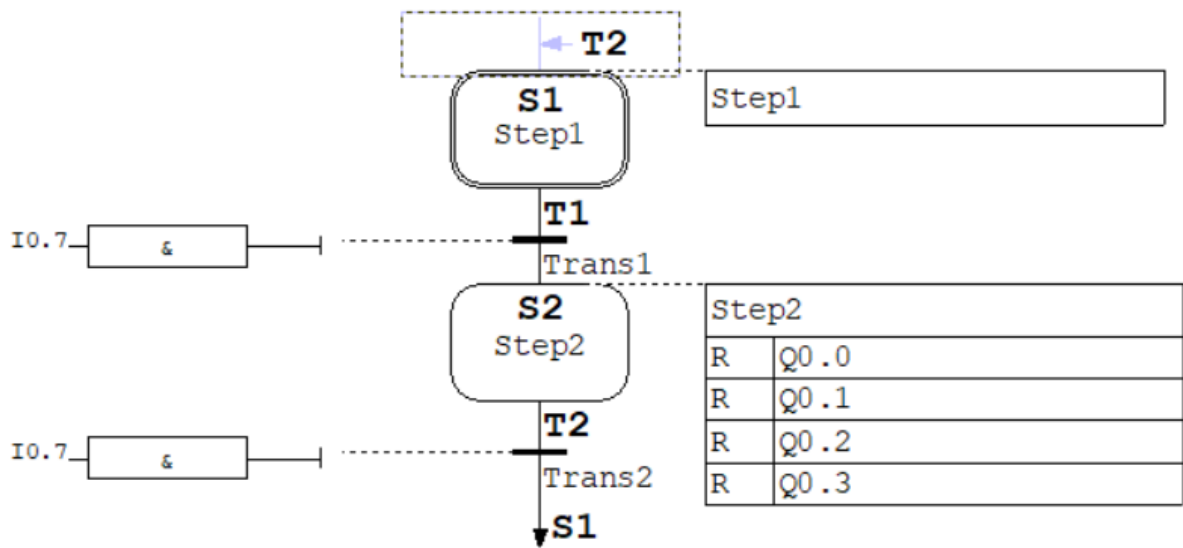


6.4. PROGRAMA DEL PLC

Secuencia de llenado



Rutina Reset



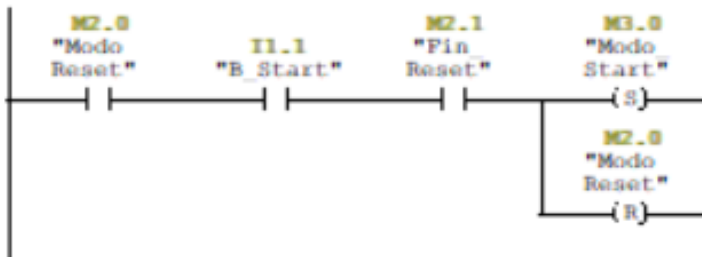
OBl : Maquina de Estado

Comentario:

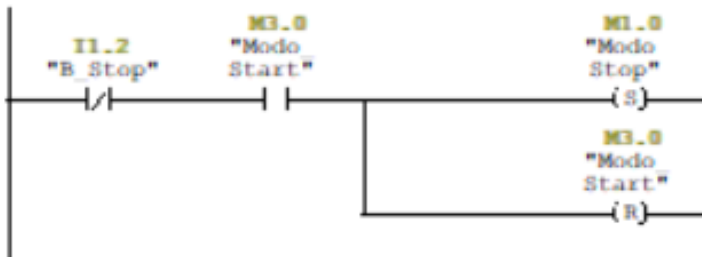
Segm. 1 : Titulo:



Segm. 2 : Titulo:

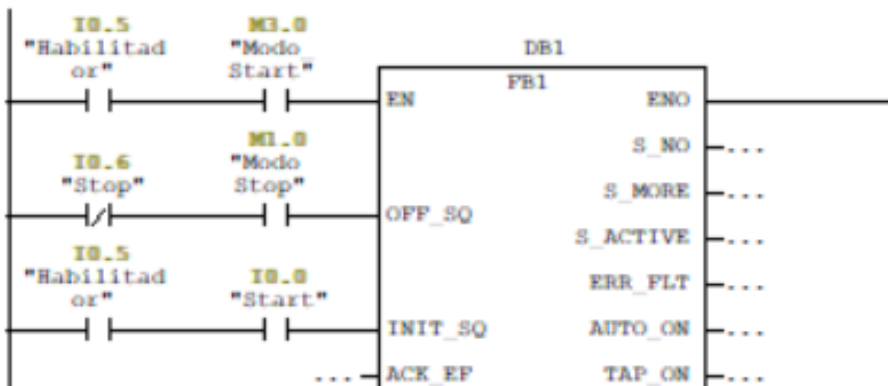


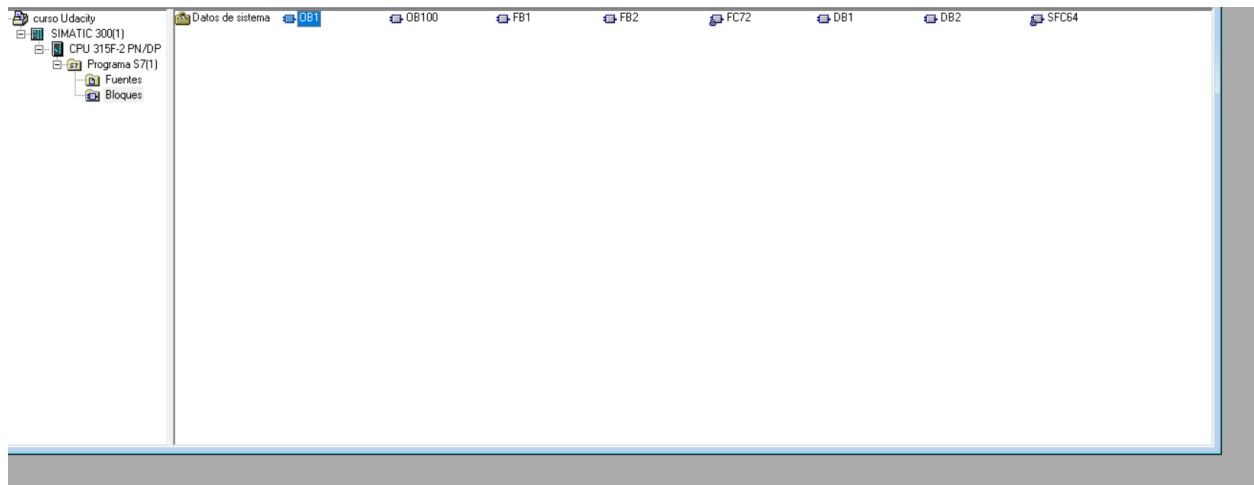
Segm. 3 : Titulo:



Segm. 4 : Titulo:

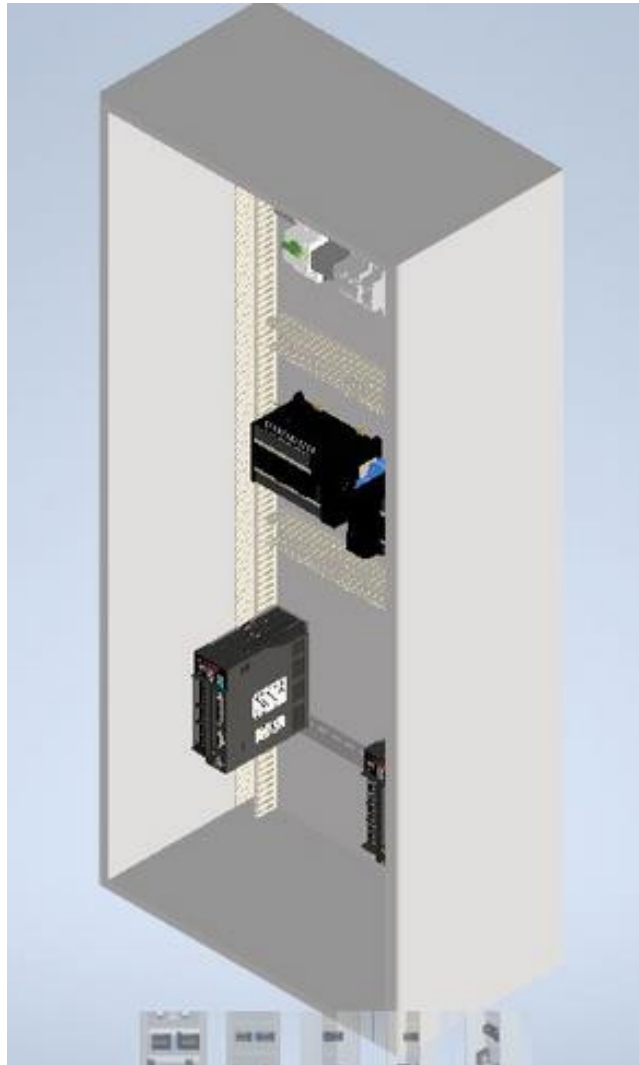
Habilitación de rutina



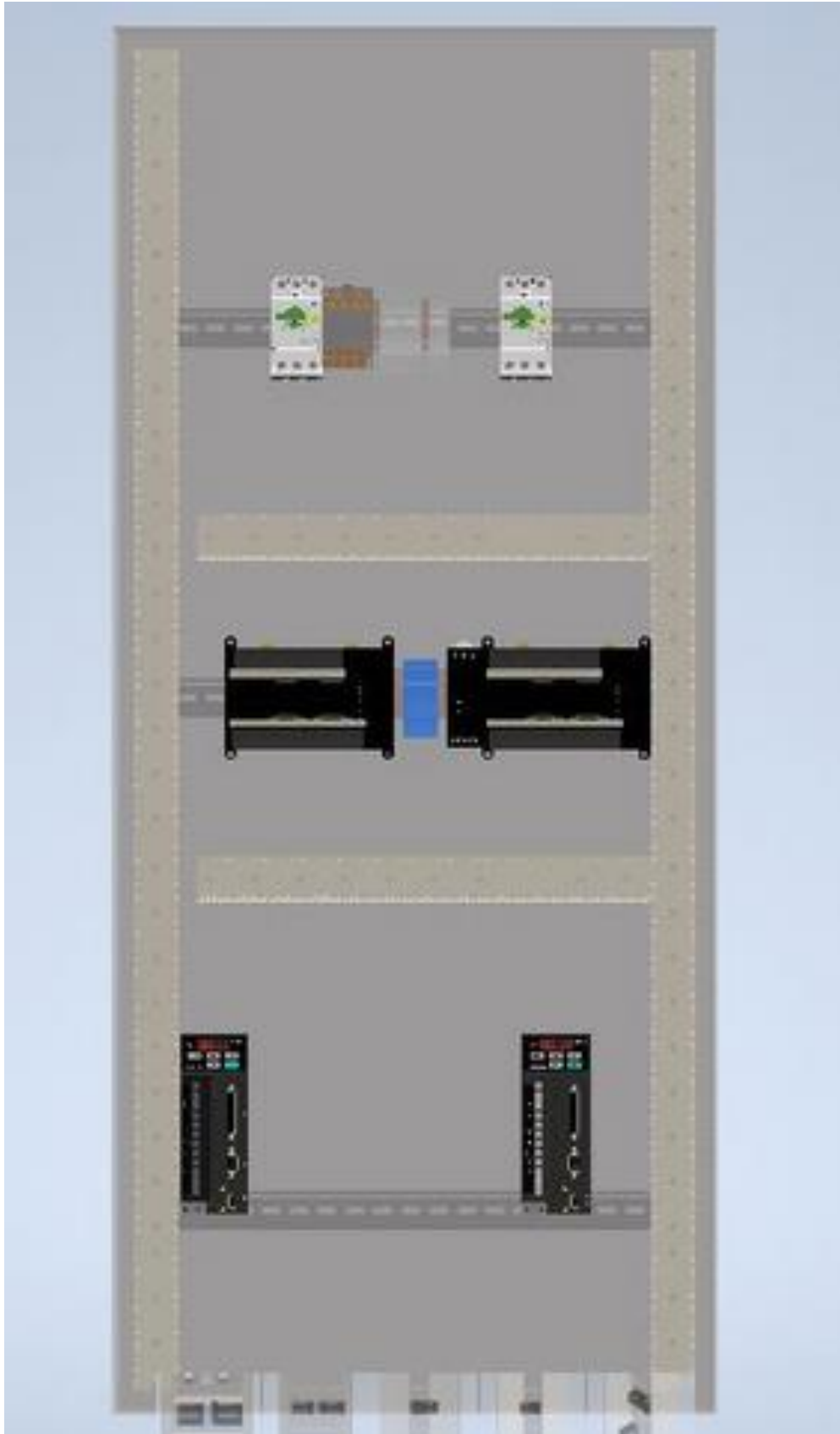


6.5. DISEÑO 3D DEL TABLERO

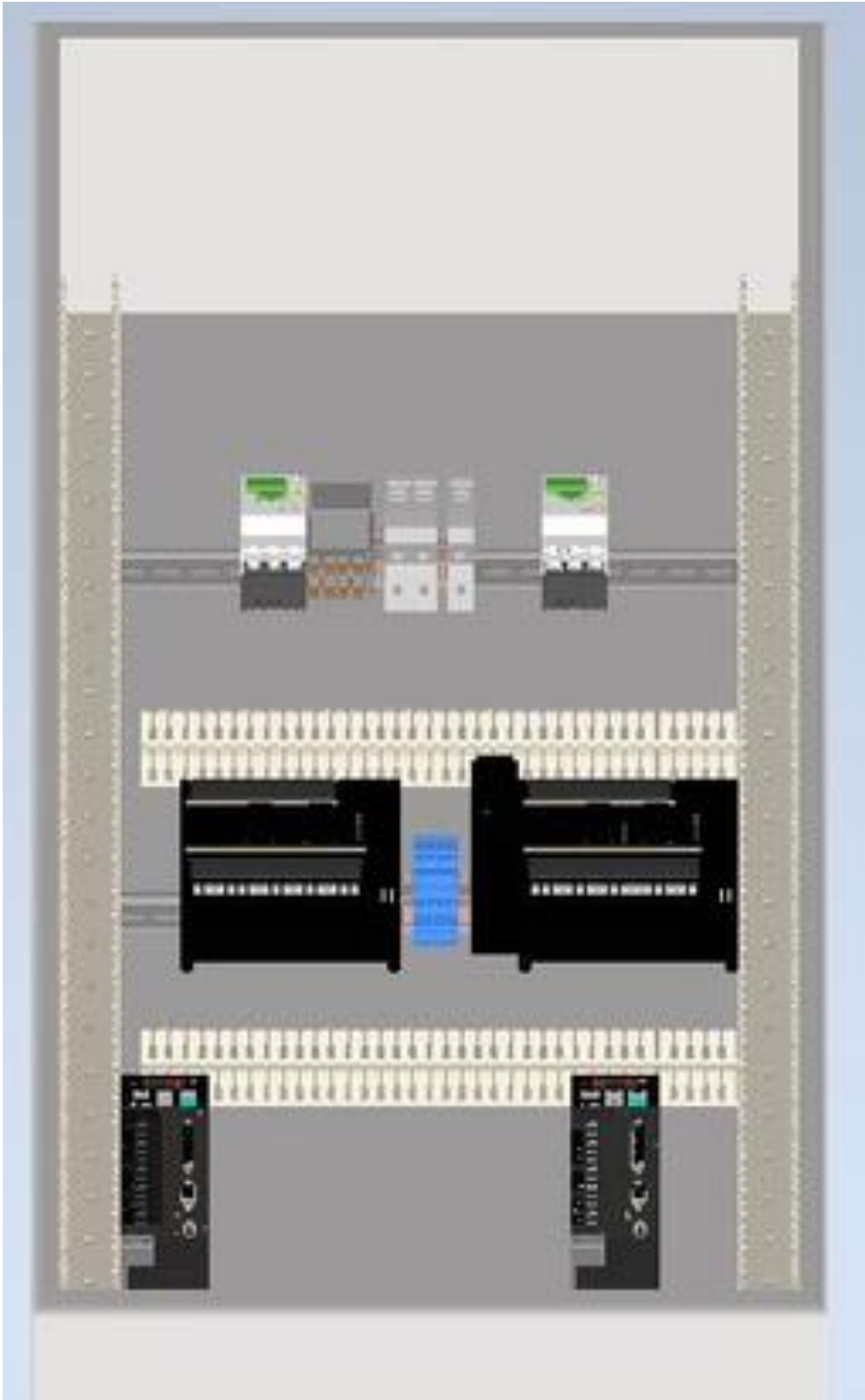
Vista 1



Vista 2



Vista 3



6.6. PROGRAMA IOT NODE RED

```
// Create a Date object from the payload
var date = new Date(msg.payload);

// Change the payload to be a formatted Date string
msg.payload = date.toString();

// Return the message so it can be sent on
return msg;

externalModules: {
  autoInstall: false,
  autoInstallRetry: 30,
  palette: {
    allowInstall: true,
    allowUpload: true,
    allowList: [],
    denyList: []
  },
  modules: {
    allowInstall: true,
    allowList: [],
    denyList: []
  }
}

editorTheme: {
  page: {
    title: "Node-RED",
    favicon: "/absolute/path/to/theme/icon",
    css: "/absolute/path/to/custom/css/file",
    scripts: [ "/absolute/path/to/custom/script/file", "/another/script/file" ]
  },
  header: {
    title: "Node-RED",
```

```

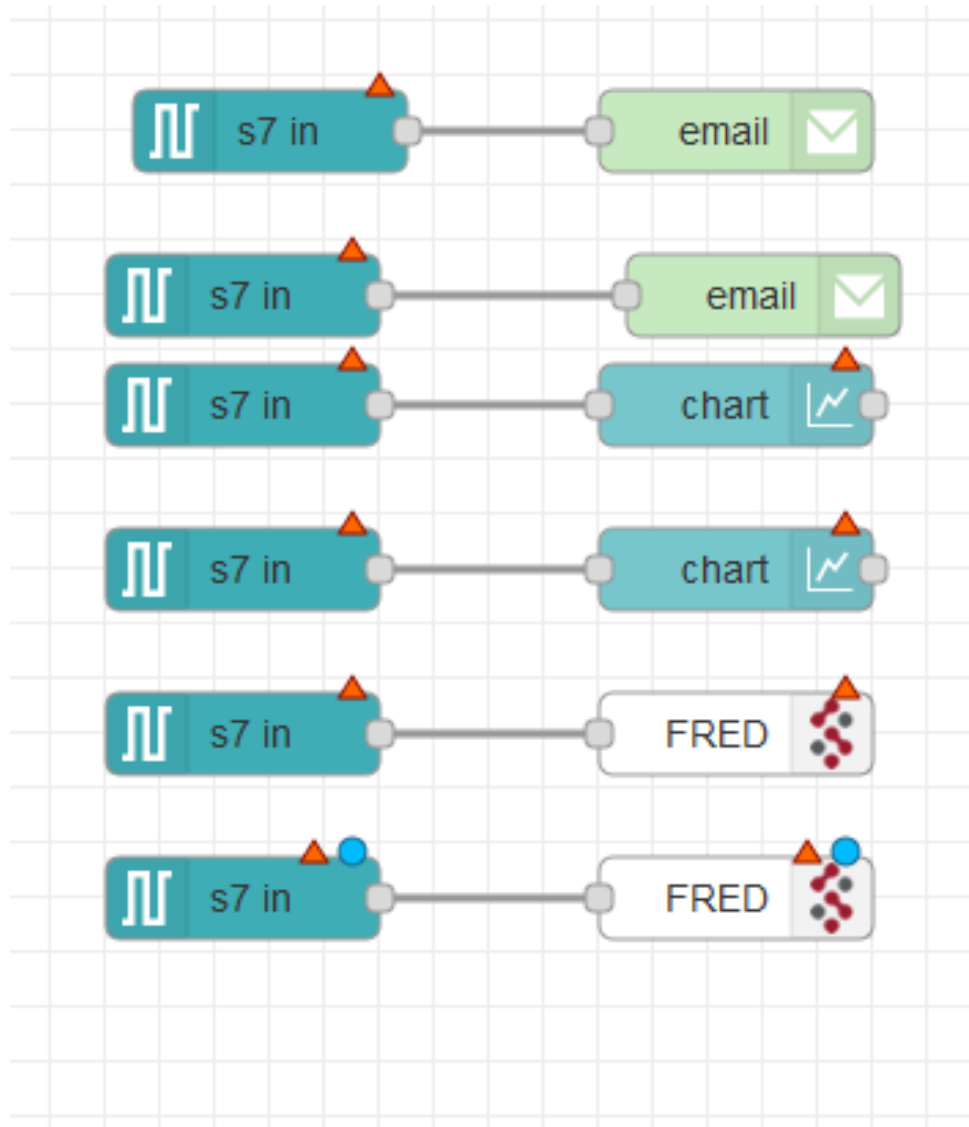
    image: "/absolute/path/to/header/image", // or null to remove image
    url: "http://nodered.org" // optional url to make the header text/image a link to this url
  },
  deployButton: {
    type:"simple",
    label:"Save",
    icon: "/absolute/path/to/deploy/button/image" // or null to remove image
  },
  menu: { // Hide unwanted menu items by id. see packages/node_modules/@node-red/editor-
client/src/js/red.js:loadEditor for complete list
    "menu-item-import-library": false,
    "menu-item-export-library": false,
    "menu-item-keyboard-shortcuts": false,
    "menu-item-help": {
      label: "Alternative Help Link Text",
      url: "http://example.com"
    }
  },
  userMenu: false, // Hide the user-menu even if adminAuth is enabled
  login: {
    image: "/absolute/path/to/login/page/big/image" // a 256x256 image
  },
  logout: {
    redirect: "http://example.com"
  },
  palette: {
    editable: true, // *Deprecated* - use externalModules.palette.allowInstall instead
    catalogues: [ // Alternative palette manager catalogues
      'https://catalogue.nodered.org/catalogue.json'
    ],
    theme: [ // Override node colours - rules test against category/type by RegExp.
      { category: ".*", type: ".*", color: "#f0f" }
    ]
  }
}

```

```

]
},
projects: {
  enabled: false // Enable the projects feature
}
},

```



7. CONCLUSIONES

Al finalizar el proyecto de diseño se pueden concluir las siguientes afirmaciones.

- Es factible desarrollar proyectos de investigación utilizando softwares de diseño, y observar el producto final.
- La utilización de equipo existente reduce los costos de los nuevos proyectos de investigación.
- Mediante la utilización de simuladores para PLC, podemos verificar el funcionamiento de nuestro sistema automatizado.
- El programa NODE-RED permite correr el programa en una versión instalada para Windows.
- Se puede implementar un sistema IoT, utilizando los dispositivos tradicionales ocupados en la automatización, siendo necesario únicamente que el PLC, se comunique con el dispositivo IoT, por medio de comunicación Ethernet.
- El dispositivo Raspberry Pi, puede ser utilizado como dispositivo IoT, reduciendo los costos de un dispositivo IoT industrial.
- La información almacenada en la nube tiene ciertas restricciones para las cuentas gratuitas.
- La visualización de un sistema mediante un dispositivo IoT se puede realizar de forma local y de forma remota ambas de manera inalámbrica.
- El monitoreo de sistemas de producción por medio de dispositivos IoT nos permite tener un mayor control del aparato productivo de las empresas.
- El monitoreo de los sistemas de producción no requiere cambiar el sistema de automatización, simplemente se debe de establecer comunicación con el PLC, y especificar las variables a monitorear.
- Las variables a monitorear dependerán de los sensores instalados en la maquinaria.
- El software utilizado (NODE-RED) para el módulo IoT es de uso libre y puede ser instalado tanto en el Gateway, así como en la computadora.
- Es necesario contar con una red de internet en el lugar donde se monitoree el sistema de producción.

8. RECOMENDACIONES

- Debe de verificarse que el PLC y el módulo IoT tenga el sistema de comunicación Ethernet.
- Verificar capacidad de corriente de la fuente DC, según los dispositivos instalados.
- Trabajar bajo una misma norma para la elaboración de los diagramas eléctricos y neumáticos.
- Verificar dimensiones de los dispositivos, con el objetivo de dimensionar el tablero de control.
- Verificar el consumo de aire de los cilindros para dimensionar la capacidad del compresor.

- Simular el funcionamiento del sistema por medio del software Fluidsim
- Simular el funcionamiento del programa de PLC.
- Verificar capacidad de almacenamiento en los sistemas de almacenamiento de la nube.
- Tener un buen ancho de banda para el servicio de Internet.
- Dimensionar características del AP para el servicio de Internet.
- Leer manuales y hojas técnicas de los dispositivos.
- Aplicar normas de seguridad industrial en la fabricación del módulo.
- Verificar todos los componentes necesarios según dibujo 3d de la máquina.
- Si se utiliza el IoT marca Siemens se debe de crear una cuenta en la siguiente página <https://support.industry.siemens.com> para poder descargar programas, tutoriales y consultar dudas relacionadas a los productos.
- Verificar que exista el bloque para conectar el PLC al software Node Red.
- Tomar un curso acerca del uso del programa Node Red así como las plataformas utilizadas en la nube.

9. GLOSARIO

PLC. Controlador Lógico Programable.

CPU. Unidad Central de Procesamiento.

CMS. Herramienta de software para crear, administrar y gestionar un sitio web.

SCM. Gestión de la cadena de suministro crm: gestión de las relaciones con clientes fcm: mensajería multiplataforma.

HRM. Gestión de recursos humanos.

PRESOSTATOS. Dispositivo que convierte una señal de presión en una señal eléctrica.

FIRMWARE. Programa a nivel de máquina.

IoT. Internet de las Cosas.

GATEWAY. Puerta de enlace o pasarela, es un dispositivo dentro de una red de comunicaciones, que permite a través de sí mismo, acceder a otra red. En otras palabras, sirve de enlace entre dos redes con protocolos y arquitecturas diferentes.

NODE RED. Software de uso libre utilizado en los Gateway para programación.

ANALIZADOR DE RED. Instrumento capaz de analizar las propiedades de las redes eléctricas, especialmente aquellas propiedades asociadas con la reflexión y la transmisión de señales eléctricas, conocidas como parámetros de dispersión (Parámetros-S). Los analizadores de redes son más frecuentemente usados en altas frecuencias, las frecuencias de operación pueden variar de 5Hz a 1,05THz.

VARIADOR DE FRECUENCIA. Sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA o microdrivers. Dado que la tensión (o voltaje) se hace variar a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

TENSIÓN DE FASE Y DE LÍNEA. Voltaje existente entre dos de las 3 fases.

INTENSIDAD. Consumo de corriente en amperios.

POTENCIA ACTIVA. Potencia útil convertida en trabajo mecánico en la bomba.

POTENCIA REACTIVA. Potencia consumida por las bobinas del motor.

POTENCIA APARENTE. Potencia total consumida por el sistema.

FACTOR DE POTENCIA. Relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

FRECUENCIA. Número de ciclos de la señal alterna por segundos (60 HZ).

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

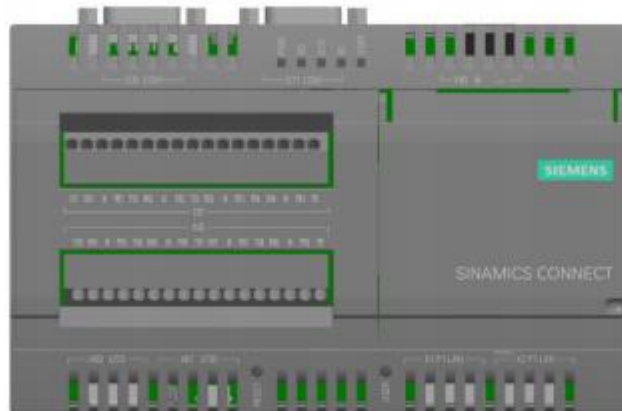
1. Cuatrecasa, L. (2010). *gestión integral de la calidad*. Barcelona: Profit.
2. HANGAR. (2017). Obtenido de <https://www.hangarx.com.ar/2017/08/industria-4-0-rusia-apuesta-en-tecnologia-de-ultima-generacion-para-crear-las-plantas-del-futuro/>
3. HASA. (2008). *AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL*. HISPANO AMERICANA. Pérez Márquez, M. (2016). *Control de La Calidad*. Mexico: Alfaomega.

11.ANEXOS

11.1. ANEXO 1. GATEWAY SIEMENS

Overview

The SINAMICS CONNECT is designed to acquire data through the serial port on the converter and synchronize the data to MindSphere, the Siemens Industrial IoT operating system.



The SINAMICS CONNECT can be used to connect the following converters to MindSphere:

- SINAMICS V20
- SINAMICS G110M
- SINAMICS G120 series (G120D excluded)
- MICROMASTER 420/430/440

Highlights and benefits

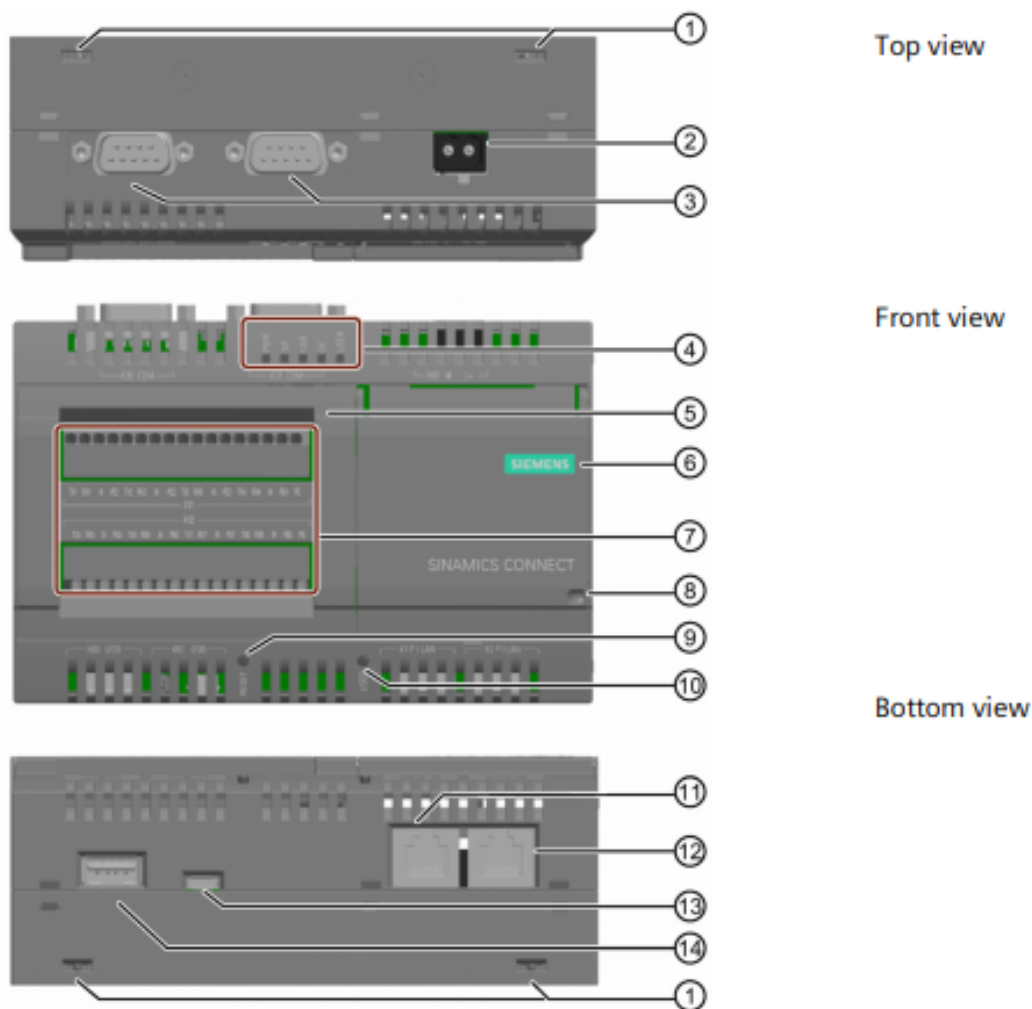
- High degree of ruggedness
- Compact design
- RS232 and Ethernet interfaces
- Maintenance-free operation possible

Features

The SINAMICS CONNECT is available with the following features:

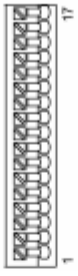
- Intel Quark X1020 processor
- 1 GB RAM
- 2 x Ethernet interfaces
- 8 x RS232 ports

Structure of the device



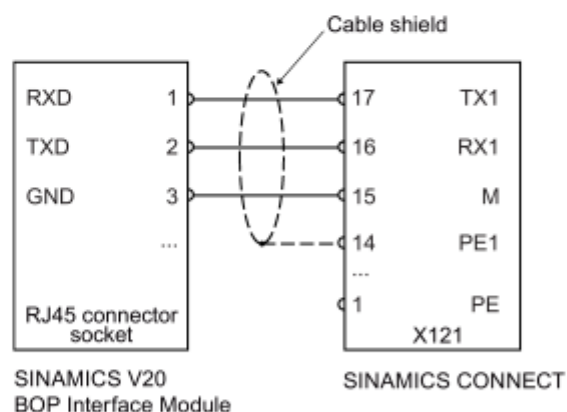
- | | |
|--|---|
| ① Openings for push-in lugs for wall mounting | ⑧ Cover latch |
| ② Power supply connector | ⑨ RESET button for the CPU |
| ③ COM interfaces (reserved) | ⑩ USER button |
| ④ LED display, see Section "Interface overview (Page 112)" | ⑪ X1: Ethernet interface 10/100 Mbps (for connection to MindSphere) |
| ⑤ Cover on left | ⑫ X2: Ethernet interface 10/100 Mbps (for connection to PC) |
| ⑥ Cover on right | ⑬ USB Type Micro B (reserved) |
| ⑦ RS232 interface | ⑭ USB Type A (reserved) |

Interface assignment (device side)

RS232 interface on the device	X121		X122		Description
	Pin No.	Pin name	Pin No.	Pin name	
	1	PE	17	PE	Protective earth
	2	PE4	16	PE8	Protective earth
	3	M	15	M	Signal ground
	4	RX4	14	RX8	Receive data
	5	TX4	13	TX8	Transmit data
	6	PE3	12	PE7	Protective earth
	7	M	11	M	Signal ground
	8	RX3	10	RX7	Receive data
	9	TX3	9	TX7	Transmit data
	10	PE2	8	PE6	Protective earth
	11	M	7	M	Signal ground
	12	RX2	6	RX6	Receive data
	13	TX2	5	TX6	Transmit data
	14	PE1	4	PE5	Protective earth
	15	M	3	M	Signal ground
	16	RX1	2	RX5	Receive data
	17	TX1	1	TX5	Transmit data

Wiring example




The following takes SINAMICS V20 and X121 port 1 as an example to indicate the wiring between the converter and the SINAMICS CONNECT.

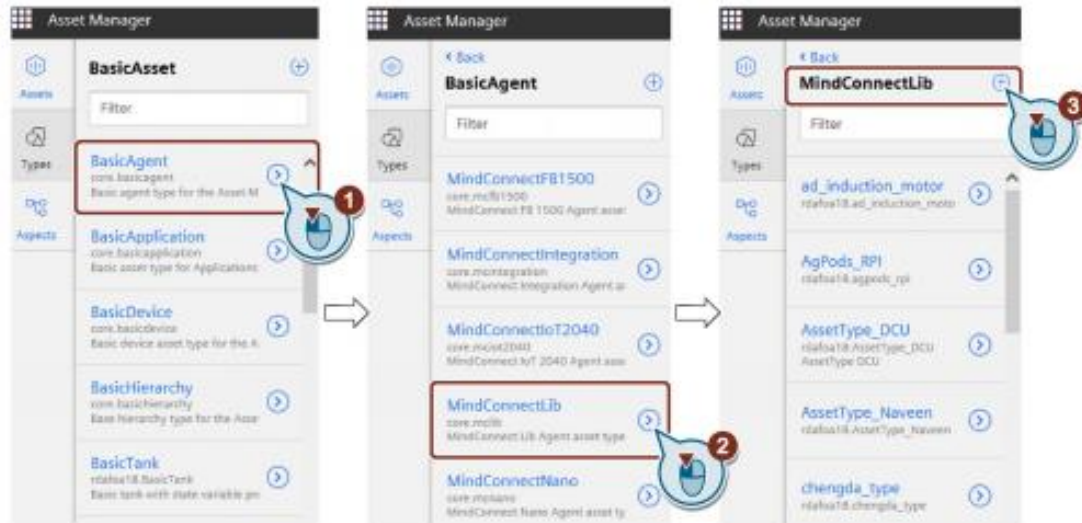


Note

To achieve better EMC performance, Siemens recommends that you observe the following when connecting the converter:

- Use the shielded cable for RS232 communication between the converter and the device.
- Do not connect the device to the ground via the PE terminal (pin 1 at X121, pin 17 at X122).
- Route the signal cables and power cables separately in different cable conduits.

1. Select "BasicAgent" from the selection list, and click .
2. Select "MindConnectLib", and click .
3. To create a new type, click .

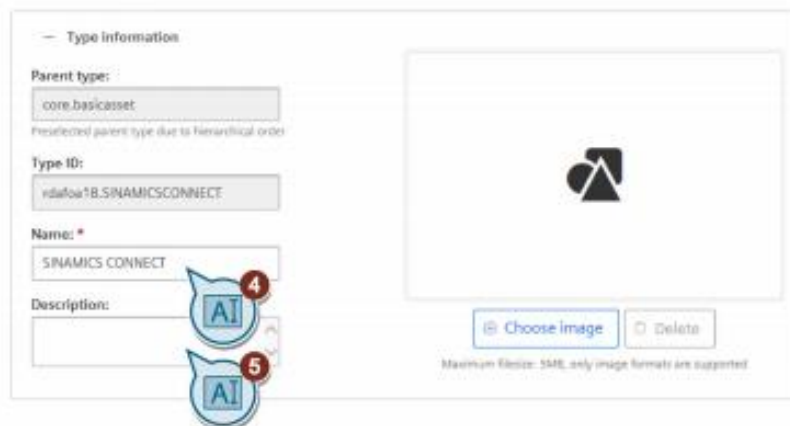


Note

Make sure that you create the type under the parent type "MindConnect Lib".

4. The "Create type" window opens. Under "Type information", enter a name for the type, for example, "SINAMICS CONNECT".
5. When required, enter the description of the type.

Create type



6. Under "Aspects", select an aspect from the drop-down list, for example, "SC_port1".

Note: The "Name" input field is automatically generated.

SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

1. SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.
Tel.: (503) 2132-7400

2. CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.
Tel.: (503) 2440-4348

3. CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.
Tel.: (503) 2334-0763 y 2334-0768

4. CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.
Tel.: (503) 2669-2298

5. CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión
Tel.: (503) 2668-4700