



**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
VIDA NUEVA**

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
SEMIAUTOMÁTICO PARA UN SURTIDOR DE ARENA
SÍLICA EN LA EMPRESA PÚBLICA “FERROCARRILES
DEL ECUADOR”**

PRESENTADO POR:

NARANJO TORRES PAÚL FERNANDO

TUTOR:

ING. MACHAY GOMEZ EDWIN VINICIO

FEBRERO 2022

QUITO – ECUADOR

TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto: “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA UN SURTIDOR DE ARENA SÍLICA EN LA EMPRESA PÚBLICA FERROCARRILES DEL ECUADOR**” en la ciudad de Quito, presentado por el/la ciudadano/a **NARANJO TORRES PAUL FERNANDO**, para optar por el título de **TECNÓLOGO SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA**, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de Febrero de 2022.

TUTOR: MACHAY GOMEZ EDWIN VINICIO

C.I.: 0503646275

TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA UN SURTIDOR DE ARENA SÍLICA EN LA EMPRESA PÚBLICA FERROCARRILES DEL ECUADOR”** en la ciudad de Quito, del/la estudiante: **NARANJO TORRES PAUL FERNANDO**, de la Carrera en **TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA**.

Para constancia firman:

ING.

DOCENTE ISTVN

ING.

DOCENTE ISTVN

ING.

DOCENTE ISTVN

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, **NARANJO TORRES PAÚL FERNANDO**, portador/a de la cédula de ciudadanía **1718004052**, facultado/a de la carrera **TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA**, autor/a de esta obra certifico y proveo al Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva, usar plenamente el contenido del informe con el tema **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA UN SURTIDOR DE ARENA SÍLICA EN LA EMPRESA PÚBLICA FERROCARRILES DEL ECUADOR”**, con el objeto de aportar y promover la lectura e investigación, autorizando la publicación de mi proyecto de titulación en la colección digital del repositorio institucional bajo la licencia de Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de Febrero de 2022.

NARANJO TORRES PAUL FERNANDO

C.I.: 1718004052

DEDICATORIA

El presente proyecto principalmente se lo dedico a Dios,
por darme la fortaleza para así cumplir una meta más,
de igual manera mi especial dedicatoria a mi familia
por todas sus contribuciones a lo largo
de mi formación profesional.

Paul Naranjo

AGRADECIMIENTO

Un eterno agradecimiento a mi padre como el mejor ex ferroviario,
además de ser mi guía y mentor frente a esta carrera profesional;
de igual manera a mi madre por darme la fortaleza, confianza,
humildad, sabiduría, prudencia y seguridad
para así alcanzar las metas que me he propuesto;
además, agradezco a mi hermano por su apoyo incondicional
y ejemplo de profesionalismo;
finalmente agradezco a mi novia por su fiel compañía, apoyo
y motivación en mi día a día.

Paul Naranjo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Antecedentes	5
Justificación	6
Objetivos	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	7
MARCO TEÓRICO	8
Equipo de almacenamiento y distribución de arena	9
Diseño mecánico	15
Proceso de soldadura	16
Soldadura al arco eléctrico smaw	18
Motovibradores de contacto	20
Válvulas de Cuchilla	22
Electroválvulas	24
Tablero eléctrico	26
Automatización industrial	29
PLC Siemens Logo	34

Programación del PLC LOGO!	42
METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO	47
PROPUESTA	48
RESULTADOS	67
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	74

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen No. 1	Depósito de arena siendo recargado	11
Imagen No. 2	Dispensador de arena fijo	14
Imagen No. 3	Dispensador de arena móvil	14
Imagen No. 4	Soldadura.....	16
Imagen No. 5	Cordón de soldadura.....	17
Imagen No. 6	Despiece del Motovibrador	21
Imagen No. 7	Motovibradores eléctricos	21
Imagen No. 8	Válvula de compuerta de cuchilla neumática.....	23
Imagen No. 9	Electroválvulas	24
Imagen No. 10	PLC Logo! 230RCE	34
Imagen No. 11	Planteamiento inicial.	48
Imagen No. 12	Tanque de almacenamiento.	49
Imagen No. 13	Corte de la tapa superior del tanque.	49
Imagen No. 14	Tapa superior del tanque de almacenamiento.	50
Imagen No. 15	Cono cuadrangular del tanque de almacenamiento.....	50
Imagen No. 16	Ganchos reforzados.	51
Imagen No. 17	Bases de sujeción para eslabón de cadena.....	51
Imagen No. 18	Trabajo de pintura del depósito de almacenamiento.	52
Imagen No. 19	Soldadura de la base del motor vibrador.	52
Imagen No. 20	Polea desbalanceada.	53

Imagen No. 21	Montaje del motor vibrador.....	53
Imagen No. 22	Ubicación de la caja de distribución.....	54
Imagen No. 23	Acoplamiento inicial.	55
Imagen No. 24	Acoplamiento de la válvula tipo cuchilla.	55
Imagen No. 25	Ajuste del acoplamiento de la válvula.....	56
Imagen No. 26	Acoplamiento intermedio.	56
Imagen No. 27	Acoplamiento del soplador neumático.	57
Imagen No. 28	Construcción del eslabón principal.	57
Imagen No. 29	Sujeción de cadenas.....	58
Imagen No. 30	Repotenciación de la pluma giratoria.	58
Imagen No. 31	Corte de la tapa superior del tanque.	59
Imagen No. 32	Elaboración de roscas para la tubería principal de aire.	60
Imagen No. 33	Montaje de la línea principal de aire al sistema.	60
Imagen No. 34	Distribución de espacios en el tablero eléctrico.	61
Imagen No. 35	Perforaciones en la base del tablero.	61
Imagen No. 36	Colocación de los elementos eléctricos.....	62
Imagen No. 37	Conexión eléctrica de todos los elementos del tablero.....	63
Imagen No. 38	Programación del PLC Logo! 230RCE.....	63
Imagen No. 39	Soldadura de las bases de fijación del tablero de control.....	64
Imagen No. 40	Montaje del Tablero de control.	64
Imagen No. 41	Cableado del sistema eléctrico.	65

Imagen No. 42 Conexión del tablero de distribución.....	65
Imagen No. 43 Conexión de los micros interruptores de la pistola surtidora.	66
Imagen No. 44 Pruebas de funcionamiento	66
Imagen No. 45 Carga manual de arena.	67
Imagen No. 46 Surtidor semiautomático de arena.	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1	Vista lateral de un arenero ubicado en un tren	11
Gráfico No. 2	Seguridad durante los trabajos de soldadura	18
Gráfico No. 3	Diagrama esquemático del proceso de soldadura	19
Gráfico No. 4	Equipo Básico de Soldadura	20
Gráfico No. 5	Válvula de compuerta de cuchilla	23
Gráfico No. 6	Válvula 2/2	25
Gráfico No. 7	Válvula 3/2	26
Gráfico No. 8	Grado de protección IP	28
Gráfico No. 9	Automatización	30
Gráfico No. 10	Controlador lógico programable	31
Gráfico No. 11	Controladores programables	33
Gráfico No. 12	Estructura de LOGO!	37
Gráfico No. 13	Montaje de LOGO!	39
Gráfico No. 14	Conexión de las entradas digitales del LOGO! 230 RC/RCo.....	40
Gráfico No. 15	Conexión de una carga a LOGO! R.	41
Gráfico No. 16	Conexión de la carga a un LOGO! con salidas de transistor.	41
Gráfico No. 17	LOGO!Soft Comfort V8.0	43
Gráfico No. 18	Transferencia del programa probado a LOGO!	44
Gráfico No. 19	Confirmación de transferencia	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Variantes disponibles de LOGO!	35
Tabla No. 2 Módulos de ampliación.	36
Tabla No. 3 Presupuesto del proyecto.....	46
Tabla No. 4 Tabla de resultados.....	68

RESUMEN

El estudio del presente proyecto de aplicación práctica se origina a partir de las diversas necesidades que existen en el procedimiento pre operatorio de carga de arena sílica en los ocho depósitos de almacenamiento ubicados en el grupo tractivo inferior de cada locomotora Gec Alsthom.

Por tales motivos el siguiente proyecto basado en el diseño e implementación de un sistema semiautomático para un surtidor de arena sílica en locomotoras Electro-diésel, demostrará la importancia de su construcción y funcionamiento, ya que para la empresa pública “FERROCARRILES DEL ECUADOR”, representaría una reducción de tiempos previos a la operación ferroviaria en ruta dentro de la Filial Centro, evitando a la vez que se tengan esfuerzos considerables ejercidos por los trabajadores miembros de la tripulación del tren al momento de la nivelación o llenado completo de cada uno de los depósitos areneros del tren.

Cabe recalcar que al momento de identificar el incumplimiento de este proceso pre operatorio, mismo que se encuentra indicado en cada una de las actividades que obligatoriamente deben ser realizadas por todos los miembros que conforman la tripulación de trenes antes de cada operación, será motivo de sanciones administrativas graves.

Ya que al no contar con la suficiente cantidad de arena sílica en cada uno de los depósitos areneros de la locomotora para cualquier tipo de operación ferroviaria del equipo tractivo y remolcado en ruta, será la causante de una pérdida de tracción en todo el tren, problema que se ocasiona al presentarse un patinaje imprevisto de las ruedas (deslizamiento de locomotora por falta de fricción entre riel y rueda). Lo que puede ocasionar accidentes muy graves.

PALABRAS CLAVE:

Locomotora, patinaje, arena sílica, semiautomático, surtidor.

ABSTRACT

The study of this practical application project is based on the various needs that exist in the preoperative procedure for loading silica sand in the eight storage tanks located in the lower tractor group of each Gec Alsthom locomotive.

For these reasons, the following project based on the design and implementation of a semi-automatic system for a silica sand dispenser in Electro-diesel locomotives will demonstrate the importance of its construction and operation, since for the public company "FERROCARRILES DEL ECUADOR". It would represent a reduction of the times before the railway operation in route within the Central Subsidiary, while it would prevent the workers, members of the train crew, from making considerable efforts at the time of leveling or filling each of the trains sandbox deposits.

It should be noted that by identifying non-compliance with this pre-operational process, which is indicated in each of the activities that all members of the train crew must carry out before each operation, it will be grounds for serious administrative sanctions.

However, if there is not a sufficient amount of siliceous sand in each of the locomotive's sand tanks for any type of rail operation of the tractor and towed equipment en route, a loss of traction will occur throughout the train, problem that arises when unforeseen events occur. wheel slip (slipping of the locomotive due to lack of friction between the rail and the wheel). This can cause very serious accidents.

KEYWORDS:

Locomotive, skid, siliceous sand, semi-automatic, pump.

Lcda. Alexandra Maza MSc.
0998377314
1720736782
APROBADO

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo diseñar e implementar los mecanismos y sistemas de control para ejecutar el procedimiento pre operativo de carga de arena sílica realizado por la tripulación de trenes de forma manual por un mínimo de dos trabajadores utilizando una pala metálica y un embudo. También es necesario realizar un esfuerzo físico considerable ejercido por ambas personas al momento del llenado de los ocho depósitos de arena ubicados en el grupo tractivo inferior de las locomotoras Gec Alsthom.

Para ejecutar este trabajo, se usa tiempo hábil por parte de dichos funcionarios antes de cada operación ferroviaria, sin embargo este proceso es de suma importancia, motivo por el cual al no realizarlo y aun así cumplir con la operación ferroviaria en ruta puede ocasionar accidentes graves, desgaste considerable de ruedas y zapatas de freno ocasionado por un patinaje o deslizamiento de locomotora por falta de fricción entre riel y rueda, causado por la presencia de lluvia durante la operación en ruta, maleza que se encuentra junto a los rieles y por un exceso de velocidad al momento de la conducción por parte del maquinista.

La investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que permite cuantificar el índice de seguridad mediante la colocación de una cantidad adecuada de arena sílica en todos los depósitos de almacenamiento en cada locomotora Electro-diésel, por esta razón se empleará el método científico, documental y bibliográfico.

El levantamiento de información y la recolección de datos serán realizados mediante el uso de fuentes primarias tomadas a partir de varios testimonios obtenidos directamente de los trabajadores ferroviarios que operan las locomotoras. Además se cuenta con fuentes secundarias basadas en una recopilación de información obtenida de tomos, libros, revistas especializadas, web-site y manuales técnicos de mantenimiento o bitácoras.

En el capítulo I, se tratará temas con fundamentos teóricos relacionados a los sistemas ferroviarios y vehículos encargados del almacenamiento y distribución

de arena para locomotoras, así como también diversos temas con un valioso soporte teórico y contextual que se utiliza como guía para el desarrollo del proyecto.

El capítulo II, está enfocado en describir el enfoque metodológico que asumirá el proyecto así como también las pautas iniciales en el desarrollo del mismo.

En el capítulo III, se presenta la propuesta dirigida completamente al diseño e implementación de un sistema semiautomático para un surtidor de arena sílica en la empresa pública “Ferrocarriles del Ecuador”.

En el capítulo IV, se comparte los resultados obtenidos luego de la nivelación de cada uno de los depósitos inferiores de almacenamiento de la locomotora Gec Alsthom, mediante la puesta en funcionamiento del sistema semiautomático surtidor de arena.

Antecedentes

Según Gómez, Sergio (2019) en su Plan de Mantenimiento de un Taller de Vehículos Ferroviarios expresa que “Para mejorar la adherencia entre las ruedas del tranvía y el riel, se hace uso de arena, la misma es almacenada en unos depósitos y a medida que van avanzando por las vías van soltando la arena sobre sus ruedas”.

“Para rellenar estos depósitos mencionados anteriormente, se dispone de un Silo y de 6 surtidores de arena de la marca NEWTEK. El silo es el depósito donde se almacena la arena que se suministra a la red de distribución” (Gómez, S. 2019. p 32).

Como expresa Guzmán, Andrés (2018) autor de la investigación Parámetros de Diseño para un Sistema de Transporte Neumático de Arena para el Frenado de Trenes. Puntualiza lo siguiente:

“Si bien en algunas ocasiones es posible recargar los areneros de forma manual, así como manejar el sólido mediante sacos, resulta común el uso de equipos que buscan facilitar estas tareas. Ejemplos de esto son sistemas de transporte neumático, es decir mediante un flujo de gas, por tuberías, que permiten distribuir la arena a diferentes puntos en las cocheras de mantención, o alimentación de los trenes ya sea mediante tornillo giratorio o con equipos neumáticos compactos. Es posible recargar los trenes de forma manual, utilizando herramientas de tipo embudo o pala, cuando la abertura de recarga lo permite. Esto tiene la ventaja de ser un método simple, pero tiene varias desventajas: ser poco eficiente ya que requiere mayor tiempo que un sistema automático, pueden producirse pérdidas y desperdicio de arena, posibilidad de contaminación del material y de ensuciar el ambiente de trabajo; además es una labor ardua de llevar a cabo por la fuerza requerida y por ser repetitiva ya que cada automotor tiene varios areneros donde en algunos casos se encuentran a más de 20 metros de distancia entre ellos” (Guzmán, A. 2018. p 2).

Justificación

El proyecto de investigación se ejecuta el diseño e implementación de un sistema semiautomático surtidor de arena sílica para la Empresa Pública “FERROCARRILES DEL ECUADOR”, cuyo uso será en el equipo rodante principal, es decir en las locomotoras Electro-diésel, mediante el cual se obtiene buenos resultados ya que la unidad surtidora reduce la generación de horas extra laborables consumidas por parte de la tripulación de trenes.

Al contar con el sistema surtidor para la carga de arena sílica, se optimiza de manera considerable el tiempo ocupado en el procedimiento pre operativo ejecutado por los miembros de la tripulación de trenes, quienes vienen realizándolo de forma manual, razón por la cual se elimina el considerable esfuerzo físico ejercido por parte de los trabajadores, ya que se deben llenar ocho depósitos de arena los mismos que cuentan con una capacidad de almacenamiento de 50 kilogramos cada uno y están ubicados en el grupo tractivo inferior.

Otros de los beneficios e importancias que tiene la construcción del sistema surtidor es para la empresa y los trabajadores, ya que asegura una cantidad adecuada de arena en el llenado de cada depósito de la locomotora mediante un procedimiento semiautomático más rápido y fácil de ejecutar, siendo de gran ayuda para la operación ferroviaria en las diversas rutas que ofrece Tren Ecuador.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un sistema semiautomático mediante PLC para surtir de arena sílica en los depósitos de las Locomotoras Electro-diésel.

Objetivos Específicos

- Diseñar la estructura metálica y mecanismos empleados en el sistema semiautomático surtidor de arena.
- Ensamblar los dispositivos eléctricos y electrónicos que forman parte del control del sistema surtidor de arena a las locomotoras Electro-diésel.
- Verificar el funcionamiento del sistema semiautomático de carga de arena hacia los depósitos de almacenamiento ubicados en los sistemas de tracción de la locomotora.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Como expresa el Instituto de Capacitación General Motors Locomotives (2015). Detalla que:

“El esfuerzo de tracción que se puede desarrollar completamente independiente del peso de la locomotora. Tampoco el peso de la locomotora por sí mismo afecta al porcentaje de adhesión que se alcance antes de que ocurra el patinamiento. Esta función depende exclusivamente de las condiciones de vía y el correcto funcionamiento de los areneros”.

Según Gec Alsthom Transport (2018) indica que “Bajo la caja de la locomotora se encuentran situados cuatro arenadores de extremo en la traviesa externa de cabeza y cuatro arenadores centrales en ambos lados del bogie central”.

Así que Gec Alsthom (2018) expresa que “Las eyecciones de arena funcionan por grupo para cada sentido de marcha de la locomotora y están dirigidas manualmente oprimiendo el botón pulsador o bien automáticamente si los relés de control detectan un deslizamiento de las ruedas”.

“El enarenado permite evitar o combatir el patinaje gracias a la puesta en servicio manual de los enarenadores los que expulsan arena sobre el riel, para mejorar la adherencia. El enarenado es efectuado delante de las ruedas del primer eje en cada sentido de marcha, la arena es acumulada en ocho recipientes los que alimentan cada uno, un enarenador por intermedio de un expulsor que regula el débito de arena” (Gec Alsthom. 2018. p. 61).

Del mismo modo Newtek Solidos (2021). Establece que:

“El problema del patinaje en el ferrocarril se elimina aumentando el coeficiente de rozamiento entre la rueda y el raíl, para lo que se utiliza la arena. Esta arena se lanza delante de las ruedas, en el

sentido de marcha exclusivamente, en momentos puntuales como en la arrancada o frenado de trenes, tranvías o locomotoras”.

De igual forma Directindustry (2021) menciona que:

“La industria ferroviaria se encuentra desarrollando sistemas de manejo de arena tanto fijos como móviles en respuesta a los problemas comúnmente reconocidos asociados con el llenado de areneros, incluyendo el manejo manual de bolsas de arena y derrames de material”.

Equipo de almacenamiento y distribución de arena

Como Grupo Pegamo (2021) explica que “Para rellenar los areneros dispuestos en los bogíes motores de los vehículos ferroviarios. La composición básica de las instalaciones fijas de estos equipos se conforma de: silo de almacenamiento de arena, distribuidor, armario de control y señalización”.

“El distribuidor recoge la arena del silo y la envía a través de las canalizaciones hacia los surtidores, canaliza mediante los conjuntos de tuberías para la distribución de la arena hasta los surtidores, y para el retorno de los finos contaminantes, tiene un control de presión en la salida de arena. Asimismo, se compone de surtidores neumáticos, puntos fijos para el relleno de los areneros de los trenes, depósito presurizado de arena, manguera elástica y pistola con parada automática para evitar el sobrellenado de los areneros y aspiración de finos contaminantes”.

De acuerdo con Newtek Solidos (2021) afirma que “El dispositivo de alimentación de arena para la carga automática a los areneros de tranvías, locomotoras y trenes en general son denominados también como surtidores de arena neumáticos”.

“El principio de operación es tener un sistema presurizado, permanentemente lleno de arena y preparado para su uso cuando el operador lo

requiera. Esta condición es el modo “stand by”. El concepto es parecido al del surtidor de gasolina”.

Surtidor de arena para vehículos ferroviarios

Como Guzmán, Andrés (2018) autor de la investigación Parámetros de diseño para un sistema de transporte neumático de arena para el frenado de trenes. Detalla que:

“En la actualidad muchos vehículos ferroviarios poseen un sistema para mejorar la adherencia entre las ruedas motrices y el riel, mediante un componente de inyección de arena, ubicado cerca de las ruedas, que la dosifica sobre la cabeza del riel, lo que aumenta el roce entre las partes. Esto permite mejorar el frenado en condiciones ambientales desfavorables, como lo es la presencia de humedad o nieve en las vías, o cuando los trenes viajan a altas velocidades” (Guzmán, A. 2018. p 1).

Igualmente Newtek Solidos (2021) Empresa que brinda soluciones sólidas para materias en polvo al granel. Explica que:

“El patinaje producido normalmente por la presencia de hojas en el raíl, raíles húmedos, pendientes, etc. Es un problema que puede afectar a la integridad de los motores de tracción (por sobreesfuerzo) o de la infraestructura, porque una rueda patinando sobre un carril de acero, puede llegar a fundirlo”.

De la misma forma Guzmán, Andrés (2018) en su proyecto parámetros de diseño para un sistema de transporte neumático de arena para el frenado de trenes declara que “el manejo de la arena de frenado es una labor importante y cotidiana para las empresas responsables de este tipo de automotores, los cuales deben ser recargados continuamente con el material para permitir su correcto funcionamiento”.

“La forma en la que los trenes y tranvías llevan esta carga de arena es mediante unos compartimientos especiales llamados areneros, los cuales se ubican junto a las ruedas motrices. Estos tienen diferentes tamaños y formas, y son capaces de almacenar alrededor de 30 litros de material. Son alimentados mediante una boca que apunta hacia el exterior y que generalmente es cerrada mediante una pequeña puerta o tapón” (Guzmán, A. 2018. p 1).

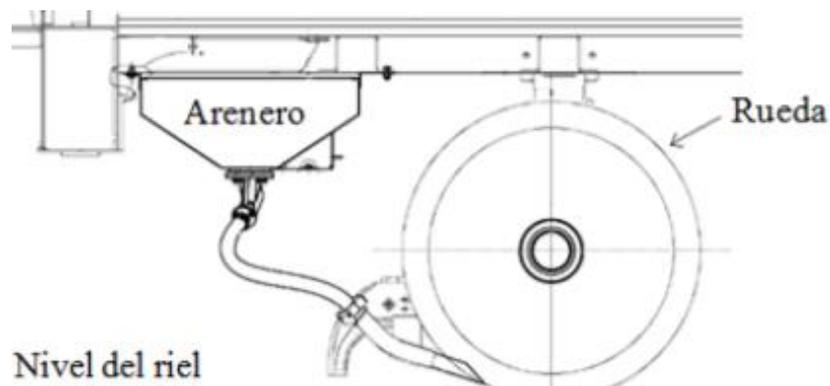


Gráfico No. 1 Vista lateral de un arenero ubicado en un tren

Elaborado por: Guzmán, Andrés (2018)

Fuente: <https://repositorio.usm.cl>



Imagen No. 1 Depósito de arena siendo recargado

Elaborado por: Guzmán, Andrés (2018)

Fuente: <https://repositorio.usm.cl>

“Una forma de alimentar los depósitos de arena consiste en el uso de un tornillo giratorio, el cual se inserta en la boca de los areneros mediante una boquilla especial. El cual, es accionado por un taladro

neumático con el fin de empujar la arena que cae desde un silo ubicado a una altura de alrededor de 2 metros del suelo. Este tipo de sistema tiene la desventaja de requerir cargar el silo desde mucha altura, lo que complica su operación, por lo cual se necesitan al menos dos personas para hacerlo funcionar, sumado a que el tamaño del conjunto dificulta su movimiento. Por otra parte, la presencia de arena produce constantes fallas en el rodamiento del tornillo” (Guzmán, A. 2018. p 3).

“El método más común para manejar la arena es el transporte neumático, ya que, por las características del material, opera de buena forma, protegiéndola, evitando pérdidas y facilitando el trabajo en las labores de recarga. Además, es posible moverla de forma tanto horizontal como vertical y, en algunos casos particulares, de forma inclinada. Este método se utiliza tanto para manejar grandes cantidades del sólido, por ejemplo, en sistemas con capacidades de hasta 12 toneladas por hora, que tienen silos de almacenamiento de 30 toneladas, así como en sistemas compactos de recarga de trenes” (Guzmán, A. 2018. p 3).

Como AQUAFRISCH (2021) Empresa española de fabricación de maquinaria para talleres ferroviarios afirma que “Los vehículos ferroviarios requieren el relleno de arena utilizada para mejorar el aumento de tracción y frenado. Los métodos tradicionales requieren mucho tiempo y mano de obra, a menudo los residuos vertidos perjudican la salud y el medio ambiente”.

Dispensadores de arena.

Como lo hace notar Newtek Solidos (2021) Empresa que brinda soluciones sólidas para materias en polvo al granel. Destaca que:

“NEWTEK S.L. fabrica, monta y mantiene instalaciones para tal fin desde el año 1987, compuestas por Silo para almacenar la arena que llega en camiones cisterna o en Sacas Big- bags de 1.000 Kg. aprox.

Mediante un transportador neumático se envía la arena a los surtidores que cargan arena a las cajas de los areneros situados en los bogies motor de los vehículos, instalación similar a la de una gasolinera”.

Tipos de dispensadores de arena.

Según la Empresa española dedicada a la fabricación de maquinaria para talleres ferroviarios. Indica que:

“Al suministra equipos automatizados que permiten a un solo operario rellenar los depósitos de arena a través de dispensadores. La arena es almacenada en un silo y distribuida directamente hacia los depósitos de los trenes a través de una instalación fija o por medio de un vehículo de llenado móvil” (AQUAFRISCH 2021).

La empresa española cuenta con dos tipos de dispensadores: Dispensador de arena Fijo y Dispensador de arena Móvil.

Dispensador de arena fijo.

Como expresa AQUAFRISCH (2021). Detalla que:

“Las instalaciones fijas tienen puntos de distribución locales situados a lo largo de una vía de servicio, por lo que varios depósitos de arena se pueden llenar de forma consecutiva. El operador simplemente coloca el dispensador en el depósito de arena del tren y abre la válvula de flujo. Cuando el depósito está lleno, la arena que cubre el dispensador detendrá el flujo de forma automática”.



Imagen No. 2 Dispensador de arena fijo
Elaborado por: Aquafrisch
Fuente: www.aquafrisch.com

Dispensador de arena móvil.

Además AQUAFRISCH (2021) manifiesta que “Este sistema cuenta con un depósito de almacenamiento que se carga de forma neumática y directamente desde el silo, permite transportar la arena con facilidad y dispensarla a cada depósito del tren, utilizando una manguera enrollable y pistola”.



Imagen No. 3 Dispensador de arena móvil
Elaborado por: Aquafrisch
Fuente: www.aquafrisch.com

Ahora bien, al presentar una propuesta en la cual se planifica realizar el diseño e implementación de un sistema semiautomático para un surtidor de arena sílica en la empresa pública “Ferrocarriles del Ecuador”. Se procede inicialmente con un soporte teórico, lo cual será utilizado como ejes articuladores para el desarrollo del proyecto. Entre estos temas se plantean los siguientes:

Diseño mecánico

De acuerdo a Budynas y Nisbett (2011) mencionan que “El diseño mecánico es una tarea compleja que requiere muchas habilidades. Es necesario subdividir relaciones complejas en una serie de tareas simples. La dificultad del tema requiere una secuencia en la cual las ideas se presentan y se revisan”.

“Primero se aborda la naturaleza del diseño en general, luego el diseño en ingeniería mecánica en particular. El diseño es un proceso iterativo con muchas fases interactivas. Existen muchos recursos para apoyar al diseñador, entre los que se incluyen muchas fuentes de información y una gran abundancia de herramientas de diseño por computadora. El ingeniero de diseño no sólo necesita desarrollar competencia en su campo, sino que también debe cultivar un fuerte sentido de responsabilidad y ética de trabajo profesional. Hay funciones que deben realizarse mediante códigos y normas, por la siempre presente economía, por seguridad y por consideraciones de responsabilidad legal del producto. La supervivencia de un componente mecánico se relaciona con el esfuerzo y la resistencia. Los aspectos de incertidumbre siempre han estado presentes en el diseño en ingeniería y típicamente se abordan mediante el factor de diseño y el factor de seguridad, ya sea en la forma determinista (absoluta) o en un sentido estadístico. El enfoque estadístico se refiere a la confiabilidad del diseño y necesita datos estadísticos confiables” (Budynas y Nisbett. 2011. p 4).

Proceso de soldadura

De acuerdo con KEMPPI (2021) Empresa que suministra productos y servicios avanzados, para soldaduras industriales explica que “La soldadura se refiere a la unión o fusión de piezas mediante el uso de calor y/o compresión para que las piezas formen un continuo. La fuente de calor suele ser una llama de arco producida por la electricidad”.

“La fusión de las piezas puede ocurrir únicamente en base al calor producido por el arco para que las piezas de soldadura se fundan entre sí. Este método se puede utilizar en soldadura TIG, por ejemplo. Sin embargo, generalmente se funde un metal de relleno en la costura de soldadura, ya sea usando un alimentador de alambre a través de la pistola de soldar (soldadura MIG/MAG) o usando un electrodo de soldadura de alimentación manual. En esta situación, el metal de relleno debe tener aproximadamente el mismo punto de fusión que el material soldado. Antes de comenzar a soldar, se da la forma de ranura de soldadura adecuada a los bordes de las piezas de soldadura, por ejemplo, de ranura en V. A medida que avanza la soldadura, el arco fusiona los bordes de la ranura y el relleno, creando un baño de fusión”.

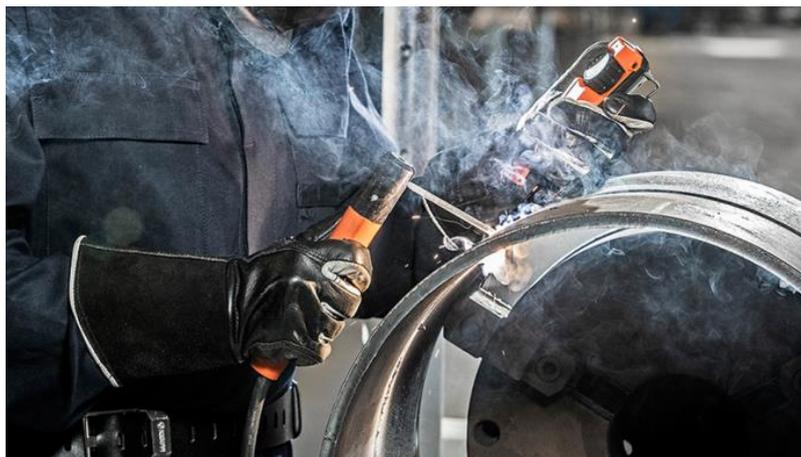


Imagen No. 4 Soldadura
Elaborado por: Kemppi
Fuente: www.kemppi.com



Imagen No. 5 Cordón de soldadura
Elaborado por: Kemppi
Fuente: www.kemppi.com

“Para que la soldadura sea duradera, el baño de fusión debe protegerse de la oxidación y los efectos del aire circundante, por ejemplo, mediante gases de protección o escoria. El gas de protección se alimenta al baño de fusión mediante la pistola de soldar. El electrodo de soldadura también está revestido con un material que produce gas de protección y escoria sobre el baño de fusión. Los materiales soldados con más frecuencia son metales, como el aluminio, el acero dulce y el acero inoxidable. Además, los plásticos también se pueden soldar. En la soldadura de plástico, la fuente de calor es aire caliente o una resistencia eléctrica” (KEMPPI 2021).

Seguridad en la soldadura

También KEMPPI (2021) afirma que “Hay varios factores de riesgo relacionados con la soldadura, ya que el arco eléctrico emite luz extremadamente brillante y radiación ultravioleta que pueden dañar los ojos”.

“Las salpicaduras de metal fundido y las chispas pueden quemar la piel y provocar un riesgo de incendio, los humos generados en la soldadura pueden ser

peligrosos cuando se inhalan, estos peligros pueden evitarse utilizando el equipo de protección adecuado”.



Gráfico No. 2 Seguridad durante los trabajos de soldadura
Elaborado por: Kemppi
Fuente: www.kemppi.com

“La protección contra los riesgos de incendio se puede obtener comprobando el entorno del lugar de soldadura con anticipación y retirando los materiales inflamables de las inmediaciones. Además, los suministros de extinción de incendios deben estar fácilmente disponibles. No se debe permitir que personas ajenas entren en la zona de peligro”.

Los ojos, los oídos y la piel deben protegerse con el equipo de protección adecuado. Una máscara de soldadura con pantalla atenuadora protege los ojos, el cabello y los oídos. Los guantes de soldar de cuero y un equipo de soldadura resistente y no inflamable protegen los brazos y el cuerpo de las chispas y el calor. Los humos de soldadura se pueden evitar con suficiente ventilación en el lugar de trabajo” (KEMPPPI 2021).

Soldadura al arco eléctrico smaw

Según Flores, Carlos (2016) detalla que “Este tipo de soldadura es la que se utiliza un electrodo recubierto para producir el arco eléctrico, también conocido

como método SMAW (Shielded Metal Arc Welding) fue el primer método aplicado con grandes resultados”.

“Este proceso permitió el desarrollo de procesos de fabricación mucho más eficaces, y que hasta hoy en día solamente han sido superados por modernas aplicaciones, pero que siguen basándose en el concepto básico de la soldadura al arco con electrodo auto protegido”.

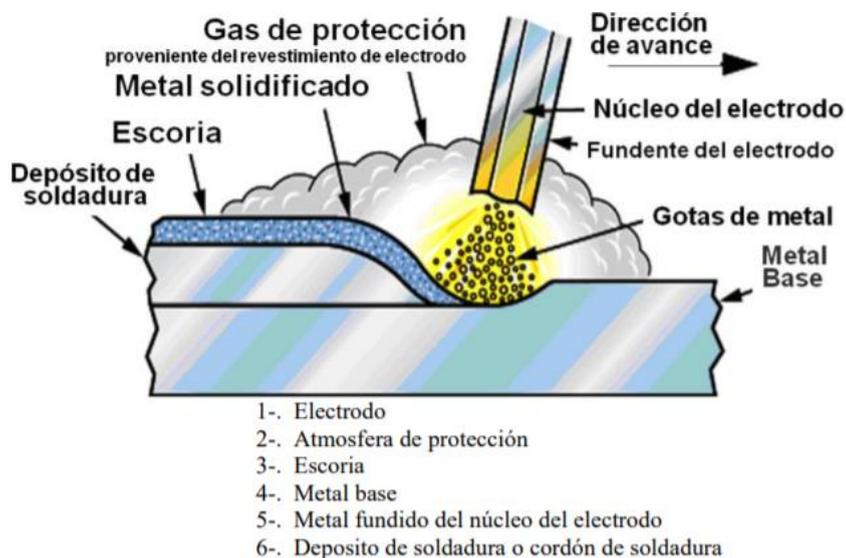


Gráfico No. 3 Diagrama esquemático del proceso de soldadura

Elaborado por: ITW WELDING PRODUCT GRUP

Fuente: <http://www.itw-welding-spain.com/>

El proceso

De igual manera Flores, Carlos (2016) puntualiza que “Este proceso consiste en la utilización de un electrodo con un determinado recubrimiento, según sea las características específicas. A través del mismo se hace circular un determinado tipo de corriente eléctrica, ya sea esta de tipo alterna o directa”.

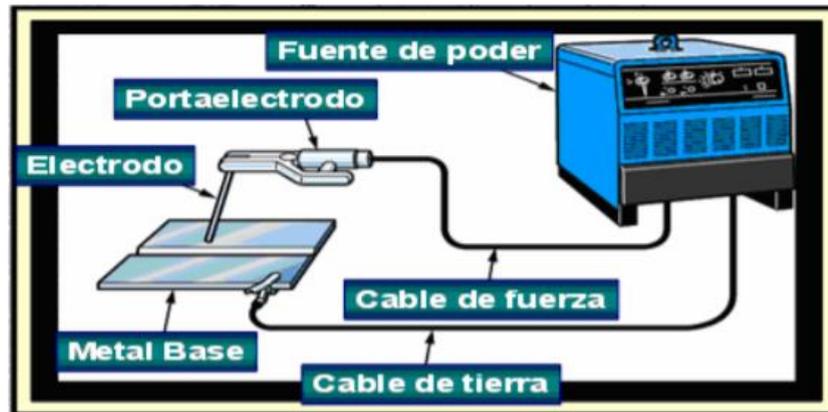


Gráfico No. 4 Equipo Básico de Soldadura
Elaborado por: ITW WELDING PRODUCT GRUP
Fuente: <http://www.itw-welding-spain.com/>

“Se establece un corto circuito entre el electrodo y el material base que se desea soldar o unir, este arco eléctrico puede alcanzar temperaturas del orden de los 5500 °C, depositándose el núcleo del electrodo fundido al material que se está soldando, de paso se genera mediante la combustión del recubrimiento, una atmosfera que permite la protección del proceso, esta protección se circunscribe a evitar la penetración de humedad y posibles elementos contaminantes. También se produce una escoria que recubre el cordón de soldadura generado” (Flores, C. 2016. p 3).

Motovibradores de contacto

Como Restrepo, Alejandro (2006) autor de la investigación Análisis vibracional de moto vibradores. Especifica que:

“Un motovibrador de contacto, consiste en un motor eléctrico en cuyo eje gira una masa excéntrica adherida a sus extremos, generando sobre el equipo una fuerza centrífuga que dependerá de la velocidad angular del motor, además de la magnitud y posición de la masa excéntrica”.



Imagen No. 6 Despiece del Motovibrador
Elaborado por: Restrepo, Alejandro (2006)
Fuente: <https://repository.eafit.edu.co>

De la misma forma DISTRIMOTOR (2020) Líderes en venta de motores eléctricos indica que “Generalmente estos motores tienen masas desequilibradas con respecto al eje de rotación y originan una fuerza centrífuga que a su vez provoca un movimiento vibratorio”.



Imagen No. 7 Motovibradores eléctricos
Elaborado por: Distrimotor
Fuente: <https://www.distrimotor.es/>

“El motovibrador eléctrico es adecuado para prácticamente todo tipo de industrias, y pueden utilizarse en una multitud de aplicaciones,

tales como el transporte de materiales en bandejas o cintas. Asimismo, permiten mejorar la descarga de material de tolvas, silos o máquinas escurridoras, y también son usados en sistemas de fluidificación, cribado de material, tamizado, o para la compactación en diferentes de industrias” (DISTRIMOTOR 2020).

Válvulas de Cuchilla

Tal como SC FLUIDS (2021) Empresa mexicana especializada en ingeniería de fluidos, detalla que “Las válvulas de cuchilla son consideradas como tipo compuerta ya que tienen una lámina en su interior que sube y baja con un vástago y que permite realizar un corte al fluido de manera sencilla”.

“Las válvulas de cuchilla son diseñadas para operarlas en condiciones donde el fluido contiene un alto grado de sólidos y que con cualquier otra válvula no podría cerrarse estas son fabricadas en hierro, acero al carbón, acero inoxidable y por sus características son válvulas con poco peso y no utilizan casi espacio en las líneas. Pueden ser automatizadas con actuadores neumáticos e hidráulicos”.

También NTGD Industrial Valves (2021) Fabricante chino de válvulas de guillotina, manifiesta que “La válvula de compuerta de cuchilla neumática es una especie de válvula de encendido y apagado de carrera recta con una apariencia hermosa, estructura ligera y compacta. Se pueden controlar de forma manual o neumática”.

“La válvula de guillotina tiene una fuerte fuerza de corte, por lo que es muy adecuado para la fabricación de papel, tratamiento de aguas residuales, minería, azúcar, fibra química y otras condiciones que contienen partículas o fibras”.

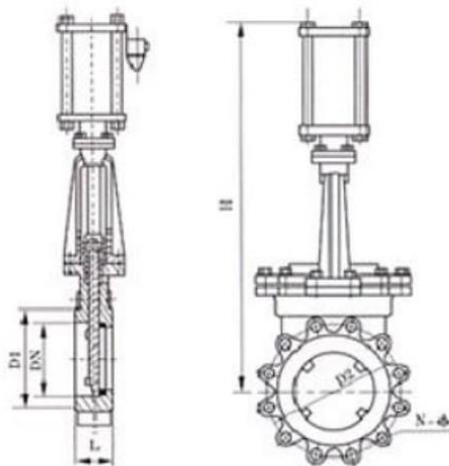


Gráfico No. 5 Válvula de compuerta de cuchilla
Elaborado por: NTGD Industrial Valves
Fuente: <https://knifevalve.net/es/pneumatic-knife-gate-valve/>

Tipos de válvula de guillotina neumática

Según NTGD Industrial Valves (2021) afirma que “La válvula de guillotina neumática se puede dividir en acción simple y acción doble según la forma de acción del actuador neumático”.



Imagen No. 8 Válvula de compuerta de cuchilla neumática
Elaborado por: NTGD Industrial Valves
Fuente: <https://knifevalve.net/es/pneumatic-knife-gate-valve/>

“En el principio de efecto simple en función de reinicio de resorte, la válvula se abre o cierra automáticamente y en el principio de doble acción es el control de dos posiciones de apertura y cierre de la válvula” (NTGD Industrial Valves 2021).

Electroválvulas

Citando a DISTRITEC (2020) Empresa argentina desarrolladora de sistemas de control y mando automático sostiene que “Las electroválvulas son dispositivos que responden a pulsos eléctricos gracias a la corriente que circula a través del solenoide es posible abrir o cerrar la válvula controlando, de esta forma, el flujo de fluidos”.

“Al circular corriente por el solenoide se genera un campo magnético que atrae el núcleo móvil y al finalizar el efecto del campo magnético, el núcleo vuelve a su posición, en la mayoría de los casos, por efecto de un resorte. Estas electroválvulas son más fáciles de controlar y son ideales para la automatización industrial”.



Imagen No. 9 Electroválvulas
Elaborado por: DISTRITEC
Fuente: <https://www.distritec.com>

Clasificación de válvulas neumáticas direccionales

De acuerdo a INTOR Manufacturing Solutions (2013) Empresa proveedora de excelencia en el campo de la neumática. Acentúa que “Las válvulas neumáticas tienen como función principal dirigir y distribuir el aire comprimido dentro del circuito neumático. Arman el camino que debe recorrer el fluido. Pero, las variables son muchas y es necesario conocerlas a profundidad para obtener buenos resultados”.

“Para clasificarlas, podemos nombrar 4 tipos diferentes de válvulas: las direccionales, las de bloqueo, las reguladoras y las secuenciales. En este caso se habla de las válvulas direccionales o distribuidoras. Estas válvulas cuentan con distinta cantidad de vías y posiciones”.

Válvulas 2/2 (2 vías y 2 posiciones).

“Actúan solamente como llave de paso. Una vía es la entrada y otra vía es la salida. Cuando está en posición abierta, las dos vías se conectan sin nada en el medio y el aire comprimido fluye con libertad. Al cerrarse, lógicamente se corta el paso. Estas válvulas pueden ser normal cerradas o normal abiertas, según cierren o habiliten el paso respectivamente en su posición de reposo. Lo más común es que sean normal cerradas” (INTOR Manufacturing Solutions 2013).

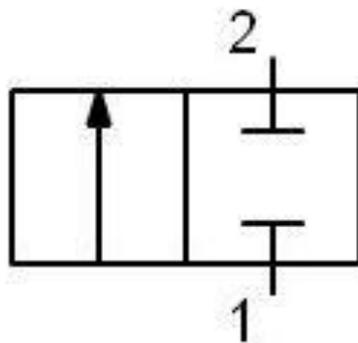


Gráfico No. 6 Válvula 2/2
Elaborado por: INTOR Manufacturing Solutions
Fuente: <https://www.intor.com.ar>

Válvulas 3/2 (3 vías y 2 posiciones).

De igual forma INTOR Manufacturing Solutions (2013) Empresa proveedora de excelencia en el campo de la neumática establece que “las válvulas 3/2 (3 vías y 2 posiciones) normalmente son utilizadas para manejar cilindros simple efecto. Gracias a sus 3 vías, el flujo del aire puede ir en dos direcciones distintas y realizar el escape en su posición cerrada”.

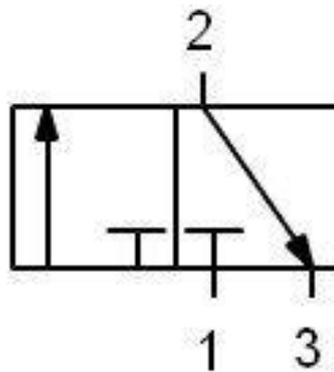


Gráfico No. 7 Válvula 3/2

Elaborado por: INTOR Manufacturing Solutions

Fuente: <https://www.intor.com.ar>

Tablero eléctrico

Como León y Ovalle (2013) indican en su tesis de grado que “Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico”.

“La fabricación o ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados. Los equipos de protección y de control, así como los instrumentos de medición, se instalan por lo general en tableros eléctricos, teniendo una referencia de conexión” (León y Ovalle. 2013. p 17).

Consideraciones en el diseño de tableros eléctricos

Según LEGRAND (2019) especialistas mundiales en infraestructuras eléctricas y numéricas para armarios puntualiza que “Todo tablero eléctrico deberá ser desarrollado de acuerdo a reglas técnicas, de modo de asegurar que, no presente riesgos para sus usuarios, proporcione un buen servicio, permita una fácil y adecuada mantención y tenga la flexibilidad necesaria para permitir ampliaciones”.

“Las especificaciones técnicas contienen las características de funcionamiento, de instalación, dimensionales, constructivas y de materiales, si procede, además de toda otra indicación que haga claramente identificable a los distintos componentes del tablero”.

“Las formas de separación de un tablero son tratadas en la IEC-61439-2, separar internamente los conjuntos de baja tensión, en compartimientos distintos o espacios protegidos cerrados, garantiza una protección adicional al usuario contra un contacto con partes peligrosas. Además de garantizar condiciones de seguridad relativas a la accesibilidad para el mantenimiento, a fin de proteger contra el contacto directo con los equipos”.

“Una de las finalidades de los tableros, es servir de protección contra los agentes externos a los elementos y equipos contenidos en ellos. Las cajas de interruptores, dispositivos de control, señalización y medida que se pueden encontrar en un tablero, presentan un bajo grado de protección en sus elementos constitutivos. Las normas de diversos países establecen los grados de protección que deben presentar los equipos a fin de evitar la penetración de cuerpos sólidos, líquidos y en algunos casos se define también la resistencia mecánica a los golpes o choques” (LEGRAND. 2019. pp. 29, 30, 32).

Lugar de instalación y grado de protección IP.

Tal como León y Ovalle (2013) detallan que “Los tableros se instalaran en lugares secos, ambiente normal, de fácil acceso y alejados de otras instalaciones, tales como las de agua, gas, teléfono. Etc.”

“Para lugares húmedos, mojados, a la intemperie o polvorientos, los tableros deberán construirse con el grado de protección IP adecuando al ambiente” (León y Ovalle. 2013. p 19).



Gráfico No. 8 Grado de protección IP
Elaborado por: León, J y Ovalle, R.
Fuente: Dspace.utb.edu.ec

Pasillos y espacios libres de circulación.

Igualmente León y Ovalle (2013) explican que “Delante de la superficie frontal del tablero, habrá un espacio libre suficiente para facilitar la realización de trabajos y operaciones, el cual no será menor que 1 metro”.

“Para el caso en que los tableros necesiten acceso posterior, deberá dejarse detrás del mismo un espacio posterior no menor a 0,7 metros. En los casos en que el tablero tenga puerta posterior, deberá dejarse una distancia, con puerta abierta, de 0,5 m. Se deberá respetar la condición más desfavorable” (León y Ovalle. 2013. p 20).

Automatización industrial

En su tesis ambos autores también expresan que “La automatización es el uso de sistemas de control y de tecnología informática para reducir la necesidad de la intervención humana en un proceso”.

“En el enfoque de la industria, automatización es el paso más allá de la mecanización en donde los procesos industriales son asistidos por maquinas o sistemas mecánicos que reemplazan las funciones que antes eran realizadas por personas”.

“Mientras en la mecanización los operadores son asistidos con maquinaria a través de su propia fuerza y de su intervención directa, en la automatización se reduce de gran manera la necesidad mental y sensorial del operador. De esta forma presenta grandes ventajas en cuanto a producción más eficiente y disminución de riesgos al operador” (León y Ovalle. 2013. p 21).

Herramientas de automatización

Además León y Ovalle (2013) manifiestan que “Con la implementación de métodos numéricos en dispositivos de automatización el resultado es una gama de aplicaciones de rápida expansión y de enfoque especializado en la industria”.

“La tecnología informática, junto con los mecanismos y procesos industriales, pueden ayudar en el diseño, implementación y monitoreo de sistemas de control”.

“La Tecnología asistida por computadora (CAx) ahora sirve de base para las herramientas matemáticas y de organización utilizada para crear sistemas complejos. Ejemplos notables de CAx incluyen el diseño asistido por computadora (CAD) y fabricación asistida por ordenador (CAM). La mejora en el diseño, análisis, y la fabricación de productos basados en CAx ha sido beneficiosa para la industria”.

Un ejemplo de un sistema de control industrial es un controlador lógico programable (PLC). Los PLC's están especializados sincronizar el flujo de entradas de sensores y eventos con el flujo de salidas a los actuadores y eventos” (León y Ovalle. 2013. p 25).

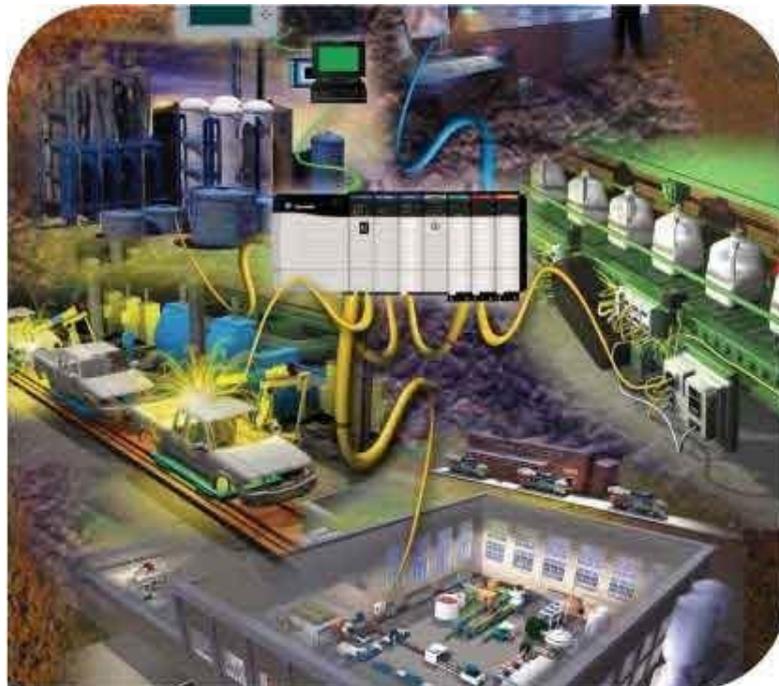


Gráfico No. 9 Automatización
Elaborado por: León, J y Ovalle, R.
Fuente: Dspace.utb.edu.e

Principios básicos de los PLC.

También León y Ovalle (2013) detallan que “Con la llegada de los autómatas programables, los llamados PLC, la industria sufrió un impulso importante, que ha facilitado de forma notable que los procesos de producción o control se hayan flexibilizado mucho”.

“El PLC es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos secuenciales (una etapa después de la otra) que se ejecutan en un ambiente industrial. Es decir, que van asociados a la maquinaria que desarrolla procesos de producción y controlan su trabajo. El PLC es un sistema, porque contiene todo lo necesario para operar, y es industrial, por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles que se encuentran en la industria” (León y Ovalle. 2013. p 29).

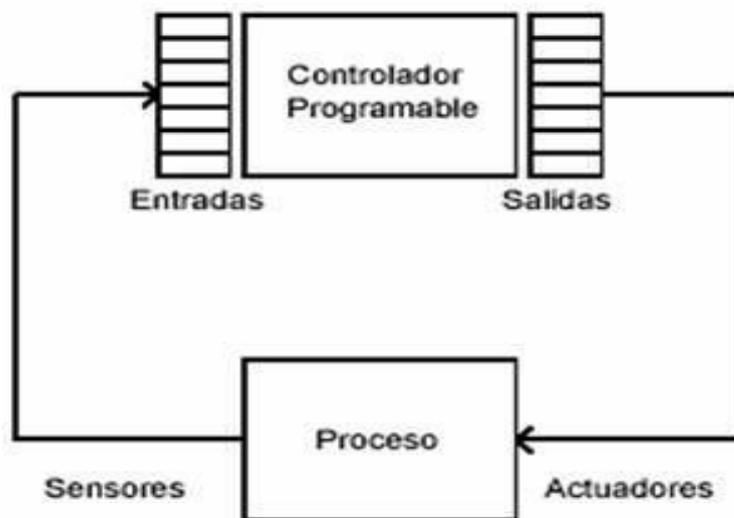


Gráfico No. 10 Controlador lógico programable

Elaborado por: León, J y Ovalle, R.

Fuente: Dspace.utb.edu.ec

“Los PLC se distinguen de otros controladores automáticos, en que pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros controladores que solamente pueden controlar un tipo específico de aparato”.

“Además de poder ser programados, son automáticos, es decir son aparatos que comparan las señales emitidas por la máquina controlada y toman decisiones en base a las instrucciones programadas, para mantener estable la operación de dicha máquina. Como también se puede modificar las instrucciones almacenadas en memoria, además de monitorizarlas” (León y Ovalle. 2013. p 30).

Ventajas y desventajas de los PLC.

Ventajas.

Como lo hacen notar en su tesis León y Ovalle (2013) afirman que las ventajas de los PLC son las siguientes:

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos.
- No es necesario dibujar el esquema de contactos.
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas ya que, por lo general, la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande como para almacenarlas.
- La lista de materiales a emplear es más reducida y, al elaborar el presupuesto correspondiente, se elimina parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado y añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden detectar e indicar posibles averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.

- Si por alguna razón la maquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para controlar otra máquina o sistema de producción.



Gráfico No. 11 Controladores programables
Elaborado por: León, J y Ovalle, R.
Fuente: Dspace.utb.edu.ec

Desventajas

De igual manera León y Ovalle (2013) sostienen que “Hace falta un programador, lo que exige la preparación de los técnicos en su etapa de formación. La inversión inicial es mayor, aunque ello es relativo en función del proceso que se desea controlar”.

“Dado que el PLC cubre de forma correcta un amplio espectro de necesidades, desde los sistemas lógicos cableados hasta el microprocesador, el diseñador debe conocer a fondo las prestaciones y limitaciones del PLC. Por tanto, aunque el coste inicial debe ser tenido en cuenta a la hora de decidimos por uno u otro sistema, conviene analizar todos los demás factores para asegurarnos una decisión acertada” (León y Ovalle. 2013. p 36).

PLC Siemens Logo

Según Fernández, Oscar (2017) indica que “El PLC siemens logo es el autómatas más pequeño que fabrican, diseñado y utilizado para realizar automatizaciones domésticas o pequeñas aplicaciones industriales, lo que hace muy económico para su compra”.

“Pero aunque parezca pequeño, posee grandes características en cuanto a hardware y software, en el uso de las entradas y salidas; posee módulos de expansión que permiten ampliar sus conexiones y el lenguaje que usa que es 100% gráfico y muy fácil de aprender. El PLC Siemens logo, posee varias ventajas y características que lo hacen ser una buena elección para automatización” (Fernández, O. 2017).

- Posee 8 entradas (que van referenciadas a la fuente de alimentación).
- Tiene 4 salidas (que pueden ser por relevo o transistor).
- Puede encontrarse con pantalla LCD o sin ella.
- Puede conectarse a través de una red Ethernet.



Imagen No. 10 PLC Logo! 230RCE
Elaborado por: Fernández, O.
Fuente: <http://codigoelectronica.com>

Tal como Siemens AG (2003) en su manual afirma que “LOGO! ofrece soluciones que abarcan desde una pequeña instalación doméstica hasta funciones

complejas pasando por pequeñas tareas de automatización. Las diversas variantes y los módulos de ampliación permiten una adaptación muy flexible y precisa a cada aplicación especial”.

“También LOGO! ofrece las dimensiones de los equipos de instalación estipuladas en la norma DIN 43880, se puede fijar a presión en un perfil soporte de 35 mm de ancho según la norma DIN EN 50022 o se puede montar en la pared” (Siemens AG. 2003. pp. 3, 16).

Tabla No. 1 Variantes disponibles de LOGO!

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas	Características
	LOGO! 12/24RC	12/24 V CC	8 digitales (1)	4 relés de 10A	
	LOGO! 24	24 V c.c.	8 digitales (1)	4 transistores 24V / 0,3A	Sin reloj
	LOGO! 24RC (3)	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 230RC (2)	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 12/24RCo	12/24 V CC	8 digitales (1)	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 24o	24 V DC	8 digitales (1)	4 transistores 24V / 0,3A	Sin display Sin teclado Sin reloj
	LOGO! 24RCo (3)	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 230RCo (2)	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado

Elaborado por: Siemens AG

Fuente: Cache.industry.siemens.com

Como lo hace notar en su manual Siemens AG (2003) explica que el código de LOGO! proporciona información sobre sus características como las siguientes:

- 12: versión de 12 V.
- 24: versión de 24 V.
- 230: versión de 115...240 V.

- R: salidas de relé (sin R: salidas de transistor).
- C: temporizador semanal integrado.
- o: variante sin pantalla ("LOGO! Pure").
- DM: módulo digital.
- AM: módulo analógico.
- CM: módulo de comunicación

Además Siemens AG (2003) acentúa que "Cada LOGO! Basic se puede ampliar únicamente con módulos de ampliación de la misma clase de tensión. Mediante una codificación mecánica (clavijas en la carcasa) se impide que se puedan conectar entre sí dispositivos de una clase de tensión diferente".

"La interfaz izquierda de los módulos analógicos y de los módulos de comunicaciones está libre de potencial. Así es posible conectar estos módulos de ampliación a dispositivos de diferentes clases de tensión, se pueden conectar los siguientes módulos de ampliación" (Siemens AG. 2003. p 3).

Tabla No. 2 Módulos de ampliación.

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas
	LOGO! DM 8 12/24R	12/24 V CC	4 digitales	4 relés de 5A
	LOGO! DM 8 24	24 V c.c.	4 digitales	4 transistores 24V / 0,3A
	LOGO! DM 8 24R (3)	24 V AC/DC	4 digitales	4 relés de 5A
	LOGO! DM 8 230R	115...240 V CA/CC	4 digitales (1)	4 relés de 5A
	LOGO! AM 2	12/24 V CC	2 analógicas 0 ... 10V ó 0 ... 20mA (2)	ninguna
	LOGO! AM 2 PT100	12/24 V DC	2 Pt100 -50 °C hasta +200 °C	ninguna

Elaborado por: Siemens AG

Fuente: Cache.industry.siemens.com

Estructura de LOGO!

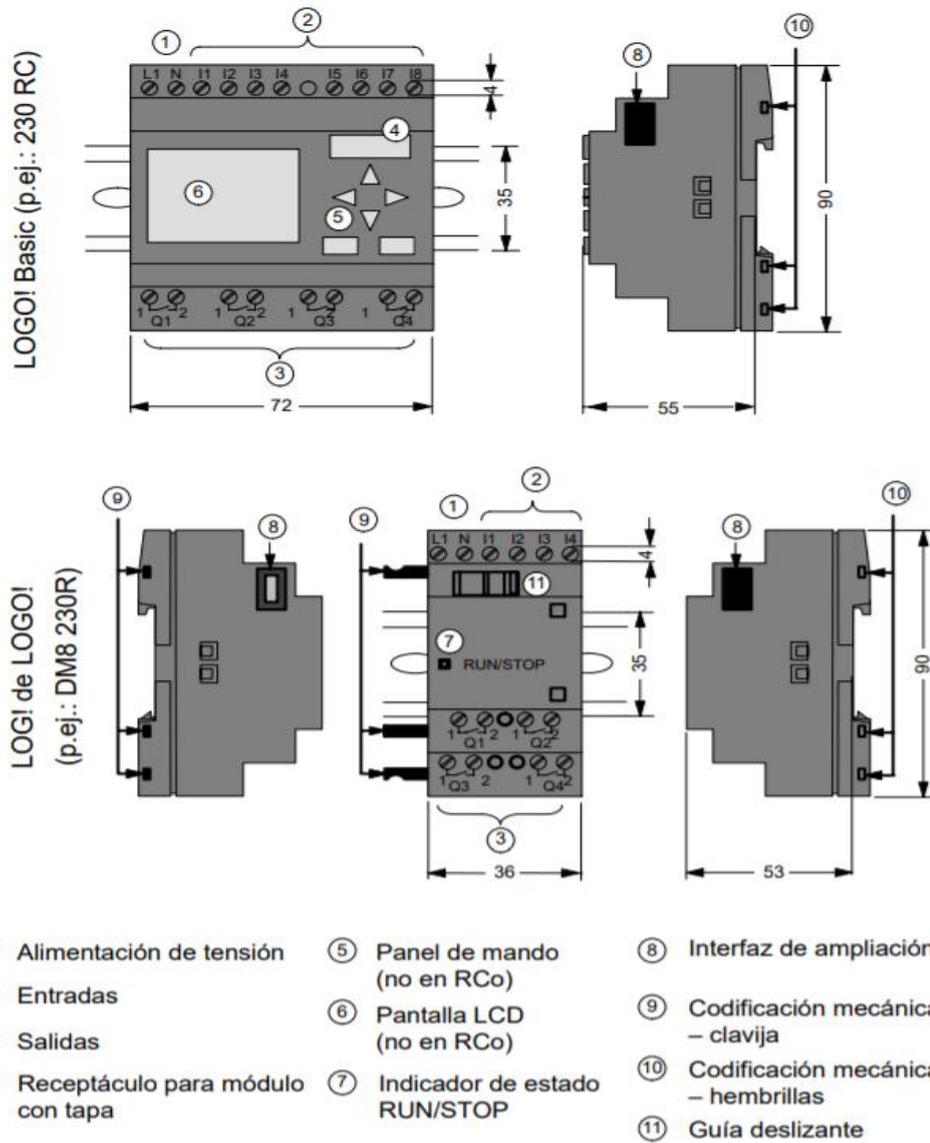


Gráfico No. 12 Estructura de LOGO!

Elaborado por: Siemens AG

Fuente: Cache.industry.siemens.com

Montar y cablear, directrices generales.

En el manual de Siemens AG (2003) se recomienda observar los puntos siguientes:

- Asegúrese de cumplir todas las normas vigentes y vinculantes cuando realice el cableado de LOGO! Observe las respectivas prescripciones

nacionales y regionales durante la instalación y la operación de los equipos. Infórmese en las autoridades competentes sobre las normas y prescripciones vigentes para su caso específico.

- Utilice conductores con la sección adecuada para la respectiva intensidad. LOGO! se puede conectar con cables de una sección entre $1,5 \text{ mm}^2$ y $2,5 \text{ mm}^2$.
- No apriete excesivamente los bornes de conexión. Par de torsión máximo: 0,5 Nm.
- Los conductores han de tenderse siempre lo más cortos posible. Si se requieren conductores más largos, deberá utilizarse un cable apantallado. Los conductores se deben tender por pares: un conductor neutro junto con un conductor de fase o una línea de señal.
- Desconecte:
 - el cableado de corriente alterna,
 - el cableado de corriente continua de alta tensión con secuencia rápida de operación de los contactos,
 - el cableado de señal de baja tensión.
- Prevea un alivio de tracción adecuado para los conductores.
- Proteja los cables con peligro de fulminación con una protección adecuada contra sobretensión.
- No conecte una fuente de alimentación externa a una carga de salida paralela a una salida de corriente continua. De lo contrario podría crearse una corriente inversa en la salida, salvo que la estructura esté provista de un diodo o un bloqueo similar.

“El montaje de un LOGO! 230RC, se ilustran en el gráfico N° 13 con un módulo digital. El procedimiento indicado también es aplicable a otras variantes LOGO! Basic y módulos de ampliación” (Siemens AG. 2003. pp. 11, 12).

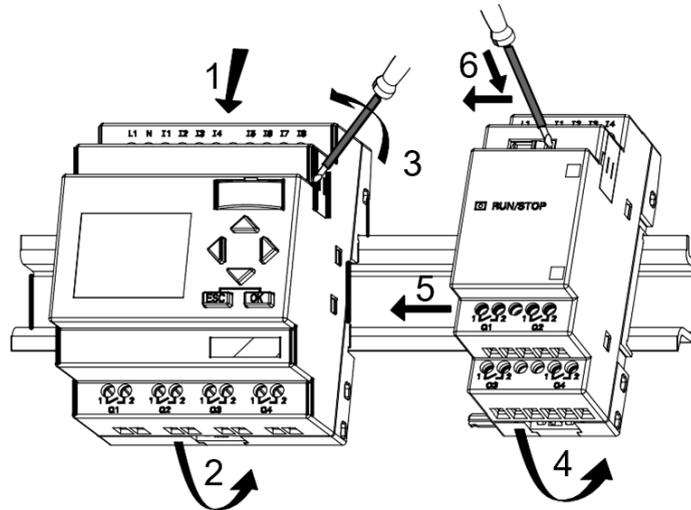


Gráfico No. 13 Montaje de LOGO!
Elaborado por: Siemens AG
Fuente: Cache.industry.siemens.com

Se recomienda también en el manual seguir los siguientes pasos para montar el LOGO! y un módulo digital sobre un perfil de soporte (Siemens AG. 2003. pp. 17, 18).

1. Coloque LOGO! Basic sobre el perfil soporte.
2. Gire LOGO! Basic hasta introducirlo en el perfil soporte. La guía deslizante situada en la parte trasera debe encajar en el perfil soporte.
3. Retire la tapa del conector del lado derecho del LOGO! Basic/del módulo de ampliación de LOGO!
4. Coloque el módulo digital a la derecha de LOGO! Basic sobre el perfil soporte.
5. Deslice el módulo digital hacia la izquierda hasta alcanzar el LOGO! Basic.
6. Con un destornillador, presione la guía deslizante integrada y empújela hacia la izquierda. Cuando alcance la posición final, la guía deslizante se engatillará en LOGO! Basic.

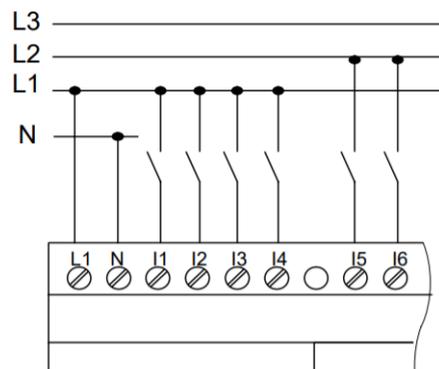
Cableado de LOGO!.

Según Siemens AG (2003) en su manual de LOGO! indica que “Se utiliza un destornillador con un ancho de hoja de 3 mm. Para los bornes no se requieren

ferrulas o punteras de cable, pudiendo utilizarse conductores con secciones de hasta: 1 x 2,5 mm² a 2 x 1,5 mm²”.

“Los Pares de apriete de conexión son de 0,4 a 0,5 Nm o 3 a 4 Lb in, las entradas digitales del LOGO! 230 RC/RCo están divididas en dos grupos, cada uno de los cuales dispone de 4 entradas. Dentro de un grupo debe utilizarse la misma fase en todas las entradas. Sólo entre los grupos puede haber fases distintas. Ejemplo: I 1 a I 4 en fase L1, I 5 a I 8 en fase L2. En el LOGO!, DM8 230R, entre las entradas no se pueden conectar fases distintas” (Siemens AG. 2003. pp. 23, 26).

LOGO! 230



Las entradas de estos dispositivos están divididas en dos grupos de cuatro entradas. Sólo puede haber fases distintas entre los bloques y no dentro de los mismos.

Gráfico No. 14 Conexión de las entradas digitales del LOGO! 230 RC/RCo
Elaborado por: Siemens AG
Fuente: Cache.industry.siemens.com

Conexión de las salidas.

De igual manera Siemens AG (2003) manifiesta que “Las condiciones para las salidas de relé, se puede conectar diferentes cargas a las salidas, p. ej. Lámparas, lámparas fluorescentes, motores, protecciones, etc. Respecto a las propiedades necesarias de la carga conectada a LOGO!”

Los contactos de los relés están libres de potencial con respecto a la tensión de alimentación y a las entradas.

Programación del PLC LOGO!

De acuerdo con Siemens SCE (2016) en su documentación didáctica sostiene que “LOGO! incluye un controlador con unidad de manejo y visualización, con la unidad de manejo y visualización de LOGO! pueden crearse y editarse programas, así como manejarse funciones del sistema”.

“A través de la interfaz Ethernet o de un cable de PC, pueden cargarse programas externos desde un módulo de programa con el software de programación LOGO!Soft Comfort. Con LOGO!Soft Comfort también es posible realizar una simulación del circuito en el ordenador, además de crear programas, y también imprimir esquemas generales”.

“En los módulos lógicos LOGO! ya están integradas las funciones básicas habituales en la práctica listas para su uso, como, p. ej., conexión y desconexión retardadas, relés de impulsos, programadores horarios, marcas binarias, así como entradas y salidas, dependiendo del tipo de dispositivo” (Siemens SCE. 2016. p 5).

LOGO! Soft Comfort V8.0

Como expresa Siemens SCE (2016) sostiene que “Este software constituye una interfaz de usuario completamente nueva” y ofrece las siguientes funciones:

- Visualización coherente de los menús de aplicaciones.
- Nuevo sistema de trabajo basado en proyectos de red.
- Visualización dividida para el modo de diagrama y el modo de red.
- Visualización dividida para la barra de herramientas "Estándar" en la interfaz general del software; en el modo de diagrama, aparece la barra de herramientas "Herramientas", y en el modo de proyecto, la barra de herramientas "Red".
- Visualización en ventanas divididas con cambio de foco y función Arrastrar y soltar.

- Al trabajar en un proyecto de red se puede guardar, cargar, crear y cerrar dicho proyecto.
- Nuevos ajustes para el control de acceso online, con distintas modalidades de acceso.
- Posibilidad de crear conexiones mediante la configuración de bloques de función NI y NQ.
- Nueva referencia gráfica para el bloque de función en el campo de parámetros de esquemas de conexiones FBD.
- Mayor seguridad del sistema gracias a la creación de contraseñas de usuario y niveles de acceso mediante la configuración del control de acceso.

Interfaz de programación.

También Siemens SCE (2016) manifiesta que “El modo de programación en LOGO!Soft Comfort se inicia con un diagrama vacío. La mayor parte de la pantalla la ocupa entonces el área dedicada a la creación de esquemas de conexiones. Esta área se denomina interfaz de programación”.

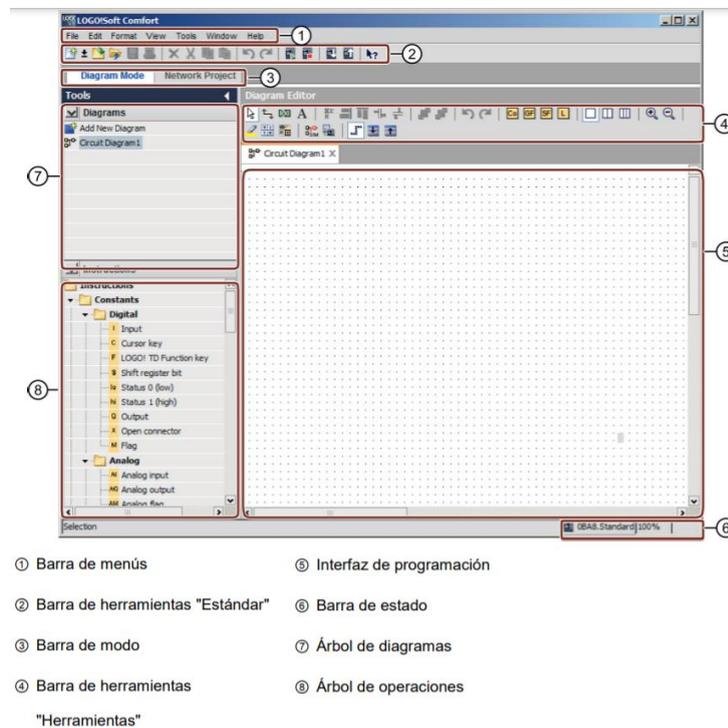


Gráfico No. 17 LOGO!Soft Comfort V8.0

Elaborado por: Siemens SCE

Fuente: Automation.siemens.com

“En esta interfaz de programación se disponen los símbolos y enlaces del programa. Para no perder la vista de conjunto, especialmente en el caso de programas grandes, en los extremos inferior y derecho de la interfaz de programación se dispone de barras de desplazamiento que permiten mover el programa en sentido horizontal y vertical” (Siemens SCE. 2016. p 7).

Transferencia del programa probado a LOGO!.

Una vez que haya probado el programa con la simulación de LOGO!Soft Comfort Siemens SCE (2016) indica que “Se podrá transferirlo del PC a LOGO! luego de hacer un clic en el botón actualizar, para ver los dispositivos LOGO! accesibles”.

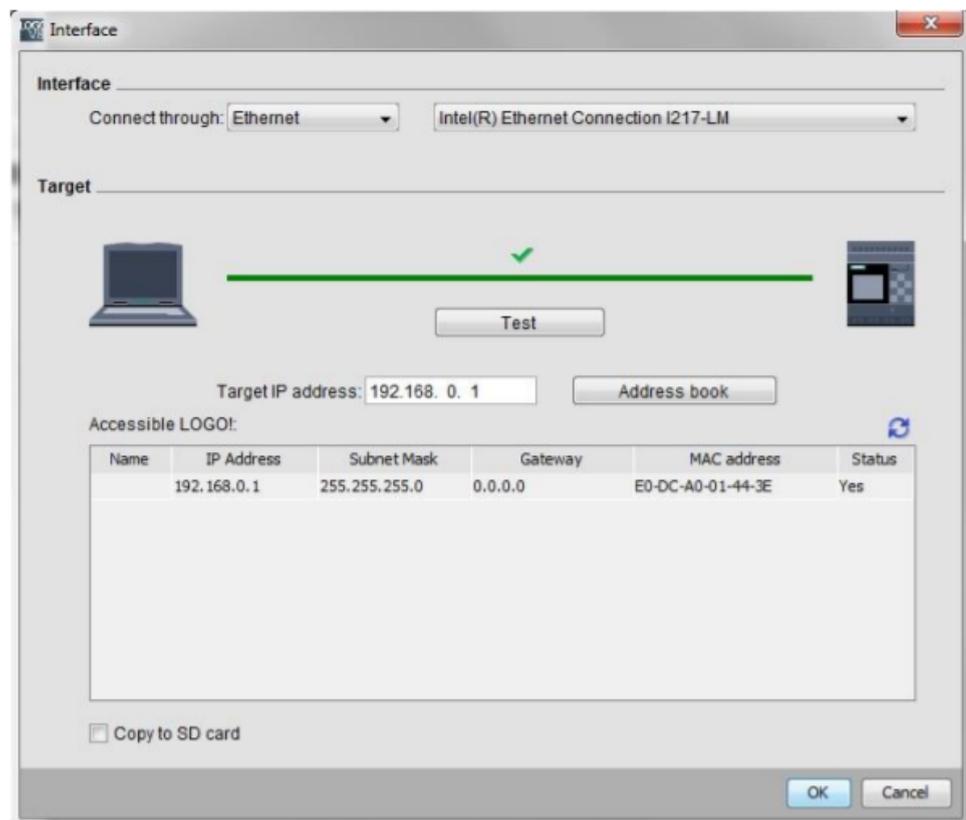


Gráfico No. 18 Transferencia del programa probado a LOGO!

Elaborado por: Siemens SCE

Fuente: Automation.siemens.com

Luego se confirma las siguientes ventanas con OK (Aceptar) o Yes (Sí).



Gráfico No. 19 Confirmación de transferencia
Elaborado por: Siemens SCE
Fuente: Automation.siemens.com

Tabla No. 3 Presupuesto del proyecto

ITEM	RUBRO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PLC LOGO! 230RCE	1	\$165,57	\$165,57
2	Accesorios Mecánicos	5	\$34,48	\$34,48
3	Cadena	1	\$8,99	\$8,99
4	Discos de corte y desbaste	4	\$4,35	\$17,40
5	Electrodos	22	\$1,10	\$24,35
6	Tol	1	\$42	\$42
7	Pintura	1	\$9,25	\$9,25
8	Accesorios Eléctricos	6	\$28,50	\$63,23
9	Cables	2	\$33	\$33
10	Tablero metálico para control	1	\$25,45	\$25,45
11	Relay`s con base a 110 VAC	2	\$8,30	\$12,60
12	Accesorios de unión Neumáticos	15	\$4,25	\$44,30
13	Válvula de cuchilla con actuador neumático	1	\$95	\$ 95
14	Rodillo neumático	1	\$110	\$ 110
15	Válvulas solenoides	3	\$15,27	\$45,80
16	Tuberías para alimentación de aire	6	\$9,30	\$55,80
17	Manguera espiral de aire	3	\$13,20	\$39,60
18	10% de imprevistos	1	\$82,68	\$82,68
			INVERSIÓN	
			TOTAL	\$909,50

Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres.

Fuente: Datos de la investigación

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO

El presente proyecto de investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que permitirá cuantificar el índice de seguridad mediante la colocación de una cantidad adecuada de arena sílica. Del mismo modo para el levantamiento de información y la recolección de datos concerniente al sistema surtidor semiautomático de arena sílica para vehículos ferroviarios es esencial, por ello se requiere de un proceso de análisis previo y evaluación del mismo, por lo tanto, la fuente primaria de esta investigación serán tomadas de los testimonios que se obtendrán directamente de los funcionarios miembros de la tripulación del tren, quienes son los encargados de realizar toda actividad pre – operativa en las locomotoras Electro – diésel. Asimismo, para lograr los objetivos planteados, las fuentes secundarias serán recopilaciones de información que se obtendrán de tomos, libros, revistas especializadas, web-site y manuales técnicos de mantenimiento o bitácoras.

También se considera diversos factores, entre ellos el más importante es la factibilidad de implementar el sistema en la empresa pública “FERROCARRILES DEL ECUADOR”, como también es primordial contemplar de manera extensa el diseño mecánico con respecto al dimensionamiento de piezas, estructuras, mecanismos y dispositivos que darán forma al surtidor de arena sílica.

De la misma manera se considera todo sobre el control eléctrico y programación del sistema semiautomático mediante PLC, con la finalidad de cumplir cuanta condición planteada inicialmente reduciendo así el tiempo previo a la operación ferroviaria en ruta dentro de la filial centro como también el esfuerzo físico realizado por los trabajadores a la hora de trabajar de forma manual.

CAPÍTULO III

PROPUESTA

Planteamiento inicial del sistema surtidor.

En primer lugar se elabora el planteamiento inicial correspondiente al sistema surtidor semiautomático de arena sílica, en el cual queda definido todos los parámetros a futuro que se contemplaran en la construcción y funcionamiento del mismo.



Imagen No. 11 Planteamiento inicial.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Construcción y montaje del sistema Mecánico.

Construcción del depósito principal de almacenamiento.

Primeramente se realiza un análisis del estado en el que se encuentra el tanque de almacenamiento principal, en el cual se dará inicio a los trabajos mecánicos correspondientes al planteamiento previamente establecido.



Imagen No. 12 Tanque de almacenamiento.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Luego se ejecuta el corte de la tapa superior del tanque metálico, utilizando una amoladora equipada con un disco de corte y ocupando el equipo de protección personal adecuado para este trabajo.



Imagen No. 13 Corte de la tapa superior del tanque.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

A continuación se hace la medición, corte y construcción de la tapa superior del tanque de almacenamiento, la misma que tendrá una compuerta central con un mecanismo de bisagra para su apertura y un seguro manual de tipo pestillo recto.



Imagen No. 14 Tapa superior del tanque de almacenamiento.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Seguidamente se elabora la construcción del asiento inferior del tanque de almacenamiento principal, con un estilo de tipo cono cuadrangular truncado. El material a utilizar son láminas de metal de un tol de 2 mm las cuales recibieron la forma deseada mediante trabajos de corte de material y soldadura, siempre ocupando el equipo de protección personal adecuado.

Además de ello se realiza también la unión mediante el proceso de soldadura SMAW del ducto de salida con un espesor de una pulgada y media, para la evacuación de arena.



Imagen No. 15 Cono cuadrangular del tanque de almacenamiento.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Acto continuo se agrega al tanque unos ganchos reforzados mediante soldadura, a cada extremo para ser usados como sujetadores de los templadores de seguridad de la válvula tipo cuchilla con actuador neumático.



Imagen No. 16 Ganchos reforzados.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Luego se ejecuta tres perforaciones laterales en la circunferencia superior del tanque a distancias iguales de separación entre ellas, para fijar así las bases de sujeción del trio de cadenas las cuales servirán para el izaje del tanque de almacenamiento principal.



Imagen No. 17 Bases de sujeción para eslabón de cadena.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Después se finaliza ya los trabajos mecánicos en el depósito principal de almacenamiento de arena sílica contemplados en la planificación inicial, realizando un trabajo de pintura en todo el tanque.



Imagen No. 18 Trabajo de pintura del depósito de almacenamiento.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Construcción, adaptaciones y montaje del motor eléctrico vibrador.

A continuación se realiza un proceso de soldadura en la parte inferior del depósito principal de almacenamiento para fijar la base metálica que tendrá el motor vibrador.



Imagen No. 19 Soldadura de la base del motor vibrador.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Posteriormente se modifica la polea de un motor eléctrico monofásico a 110 Vac, con el objetivo de generar al momento de ponerlo en funcionamiento un cabeceo de la carga con lo cual se produce una vibración moderada o no según el corte realizado en su polea. En este caso se realiza un corte menos prominente eliminando así aproximadamente $\frac{1}{4}$ de material de la polea del motor eléctrico, consiguiendo la vibración deseada al ponerlo en marcha.



Imagen No. 20 Polea desbalanceada.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Seguidamente se realiza el montaje del motor vibrador en la base metálica construida en el asiento inferior del depósito principal de almacenamiento, y cuyo objetivo principal de funcionamiento será producir vibraciones en el tanque de almacenamiento de arena sílica para que todo el material granular fino compuesto de partículas rocosas y minerales desciendan completamente.



Imagen No. 21 Montaje del motor vibrador.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Montaje de la caja de distribución.

Continuando con las actividades se fija las bases metálicas mediante un proceso de soldadura para el montaje de la caja de distribución, lugar donde serán ubicadas las electroválvulas que contralaran el funcionamiento del actuador neumático de la válvula tipo cuchilla y el soplador neumático de expulsión de arena sílica.



Imagen No. 22 Ubicación de la caja de distribución.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Montaje de los elementos de acoplamiento mecánico y actuadores neumáticos.

Luego se ejecuta en orden el montaje de los elementos de acoplamiento mecánico y actuadores neumáticos que formaran parte del sistema surtidor semiautomático de arena sílica, como se observa en la siguiente secuencia de imágenes:

- En la imagen N° 23, se observa el acoplamiento inicial entre el ducto de salida del depósito de almacenamiento principal y una reducción campana galvanizada de 3" a 1 ½".



Imagen No. 23 Acoplamiento inicial.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

- Como se observa en la imagen N° 24, el acoplamiento entre la reducción campana galvanizada de 3" a 1 ½" y la válvula tipo cuchilla.



Imagen No. 24 Acoplamiento de la válvula tipo cuchilla.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

- A continuación en la imagen N° 25, se observa el acoplamiento entre la reducción campana galvanizada de 3" a 1 ½", la válvula tipo cuchilla en la mitad y al otro extremo con las mismas dimensiones una segunda reducción, unidas entre sí mediante dos planchas metálicas de dimensiones 200 x 200 x 4 mm con una perforación céntrica de 1 ½", ajustadas por 4 pernos completos de ½" x 8" uno en cada extremo.



Imagen No. 25 Ajuste del acoplamiento de la válvula.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

- En la imagen N° 26, se observa el acoplamiento entre la segunda reducción campana galvanizada de 3” a 1 ½” y el ducto intermedio con asiento circular inferior como base de acoplamiento para el soplador neumático.



Imagen No. 26 Acoplamiento intermedio.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

- En la imagen N° 27, se observa el acoplamiento entre el ducto intermedio con asiento base circular y el soplador neumático mediante tres pernos completos de ½” x 1 ½”.



Imagen No. 27 Acoplamiento del soplador neumático.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Después del ensamblaje de los actuadores neumáticos en el equipo surtidor de arena sílica se realiza la construcción del eslabón principal para el trio de cadenas que serán acopladas a las bases laterales de sujeción reforzadas en la parte superior del tanque.



Imagen No. 28 Construcción del eslabón principal.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Pronto el trio de cadenas junto al eslabón principal son aseguradas en las bases laterales de sujeción de la parte superior del depósito principal de almacenamiento de arena sílica.



Imagen No. 29 Sujeción de cadenas.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Repotenciación de la pluma.

En seguida se ejecuta una repotenciación de la pluma giratoria, esta consta de una limpieza completa del brazo giratorio además de la lubricación de partes y el engrase de toda la pista de la pluma. Para inmediatamente elevar el tecele mecánico y engancharlo en el carro móvil de la estructura.

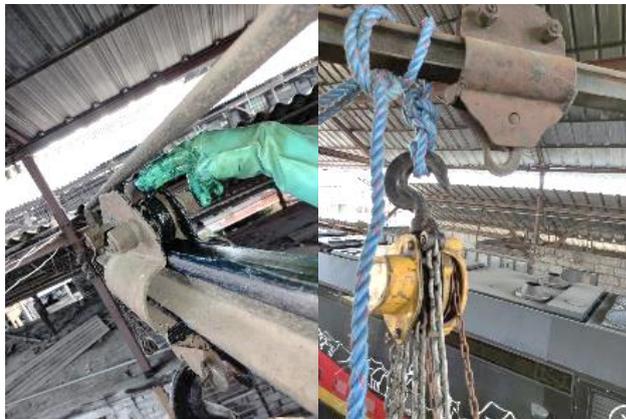


Imagen No. 30 Repotenciación de la pluma giratoria.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Izaje del depósito principal de almacenamiento de arena sílica.

Finalizado el montaje de los elementos de acoplamiento mecánico y actuadores neumáticos, se encaja el eslabón principal del depósito de almacenamiento con el gancho primario del tecele mecánico para realizar el izaje completo del conjunto surtidor de arena.



Imagen No. 31 Corte de la tapa superior del tanque.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Diseño computarizado del depósito principal surtidor de arena sílica.

En el siguiente apartado se observa dos planos tridimensionales realizados mediante un software de diseño asistido por computador como el AUTOCAD, con el cual se representa lo siguiente.

- En el ANEXO N° 1, figura el diseño final del depósito surtidor semiautomático de arena.
- En el ANEXO N° 2, se representa las vistas principales del depósito principal del surtidor.

Montaje de la línea de alimentación principal de aire al sistema.

A continuación se elabora roscas utilizando una tarraja en tubería de $\frac{1}{2}$ " las cuales serán acopladas como parte de la línea de alimentación de aire al sistema, como también es acoplado a esta línea principal un filtro separador de agua y aceite para posteriormente realizar el montaje completo de toda la tubería.



Imagen No. 32 Elaboración de roscas para la tubería principal de aire.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

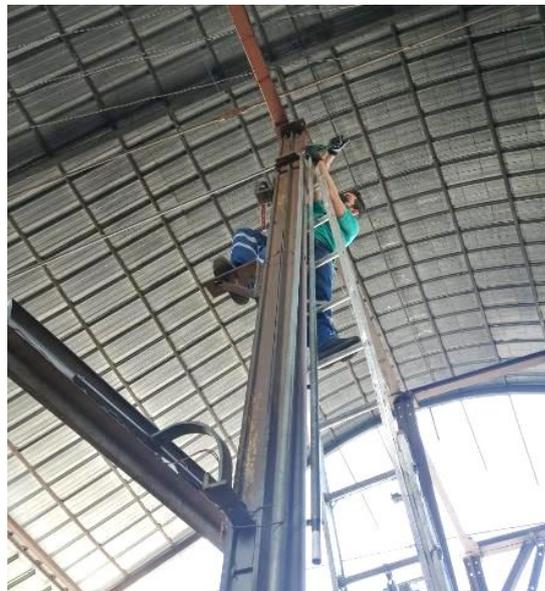


Imagen No. 33 Montaje de la línea principal de aire al sistema.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Construcción del tablero de control principal.

Luego se construye el tablero de control principal con las siguientes dimensiones 30x30x20 y en base a la norma IEC-61439-2, iniciando por la distribución del espacios tanto en su interior como en la compuerta del mismo como se puede observar en la imagen N° 34, en seguida se realiza las perforaciones en la base del tablero para agregar tanto el riel din como las canaletas para de esta manera fijar correctamente todos los elementos eléctricos en su interior como se puede observar en las figuras N° 35 y N° 36.



Imagen No. 34 Distribución de espacios en el tablero eléctrico.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.



Imagen No. 35 Perforaciones en la base del tablero.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.



Imagen No. 36 Colocación de los elementos eléctricos.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Diseño computarizado del tablero de control principal.

En el siguiente apartado se observa cuatro planos bidimensionales realizados mediante un software de diseño asistido por computador como el AUTOCAD, con el cual se representa lo siguiente.

- En el ANEXO N° 3, figura el diseño de la ubicación de los elementos eléctricos en el interior del tablero de control principal.
- En el ANEXO N° 4, se representa la ubicación de los mandos pulsadores y de las luces indicadoras piloto.
- En el ANEXO N° 5, se observa el circuito de alimentación – fuerza correspondiente a cada elemento principal del tablero de control.
- En el ANEXO N° 6, figura por último las conexiones del PLC, en las cuales se abarca la alimentación, las entradas y salidas ocupadas con su respectiva asignación.

Posteriormente se ejecuta todas las conexiones eléctricas correspondientes al circuito previamente diseñado en el anterior apartado. Para el circuito de control y mando se utiliza el cable flexible N° 16 AWG, mientras que el circuito que

comprende al contactor que comanda el funcionamiento del motor vibrador a 110 Vac se utiliza cable flexible N° 12 AWG.



Imagen No. 37 Conexión eléctrica de todos los elementos del tablero.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Programación del PLC Logo! 230RCE.

Al culminar la conexión eléctrica de cada elemento que compone el tablero de control principal, se ejecuta el diagrama de programación tipo LADDER en el software de diseño LOGO! Soft. Programación que se visualiza en el ANEXO N° 7, para luego proceder a cargar el programa correctamente diseñado al autómata programable.



Imagen No. 38 Programación del PLC Logo! 230RCE.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Más tarde en el lugar preestablecido en el análisis inicial del proyecto se suelda las bases de la fijación para el tablero de control principal, mediante un proceso de soldadura utilizando el equipo de protección personal adecuado.



Imagen No. 39 Soldadura de las bases de fijación del tablero de control.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Seguidamente se procede a realizar el montaje del tablero de control en las bases previamente elaboradas, fijación que se efectúa mediante cuatro pernos completos de 3/8"x1/2" a cada extremo del tablero.



Imagen No. 40 Montaje del Tablero de control.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Después se ejecuta el cableado eléctrico en todo el sistema desde la línea de alimentación general, hasta las líneas de comunicación de cada elemento que conforma el surtidor semiautomático de arena sílica. Entre ello consta la conexión eléctrica del motor vibrador, la conexión de los micro interruptores de rodillo alto transversal en la pistola surtidora de arena, la conexión de la caja de distribución donde se encuentra ubicada la electroválvula 3/2 la cual controla la válvula tipo cuchilla y la electroválvula 2/2 que controla el soplador de arena.



Imagen No. 41 Cableado del sistema eléctrico.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.



Imagen No. 42 Conexión del tablero de distribución.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.



Imagen No. 43 Conexión de los micros interruptores de la pistola surtidora.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

Finalmente se realiza las pruebas de funcionamiento del sistema semiautomático surtidor de arena sílica en la empresa pública “Ferrocarriles del Ecuador”, demostrando de esta manera que el sistema es totalmente funcional y cumple con las necesidades pre operacionales que se requieren antes de una operación o movimiento de trenes planificado para cada ruta.



Imagen No. 44 Pruebas de funcionamiento
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Conforme a la puesta en funcionamiento del sistema semiautomático surtidor de arena sílica en la empresa pública “Ferrocarriles del Ecuador”, se presenta los siguientes resultados basados en los tiempos obtenidos entre la ejecución del procedimiento pre operativo de carga de arena realizado por la tripulación de trenes de forma manual con un mínimo de dos trabajadores utilizando una pala metálica y un embudo, como se observa en la imagen N° 45. Y la ejecución del mismo procedimiento realizado por una sola persona utilizando el sistema semiautomático surtidor de arena, como se observa en la imagen N° 46.



Imagen No. 45 Carga manual de arena.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.



Imagen No. 46 Surtidor semiautomático de arena.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia.

A continuación se elabora la tabla de resultados con los tiempos mencionados anteriormente los cuales fueron obtenidos de la ejecución del procedimiento pre operatorio de nivelación de arena realizada tanto de forma manual como semiautomática utilizando el sistema surtidor de arena.

Tabla No. 4 Tabla de resultados.

Depósitos de la Locomotora Gec Alsthom	Carga manual de arena	Sistema de carga semiautomático	Tiempo ahorrado
Depósito N° 1	0:05:02	0:02:28	0:02:34
Depósito N° 2	0:05:15	0:02:38	0:02:37
Depósito N° 3	0:05:35	0:02:43	0:02:52
Depósito N° 4	0:05:46	0:02:50	0:02:56
Depósito N° 5	0:05:21	0:02:41	0:02:40
Depósito N° 6	0:05:07	0:02:32	0:02:35
Depósito N° 7	0:05:57	0:02:50	0:03:07
Depósito N° 8	0:06:04	0:02:58	0:03:06
Tiempo TOTAL	0:44:07	0:21:40	0:22:27
Porcentaje (%)	100%	49%	51%

Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres.

Fuente: Datos de la investigación.

De acuerdo a los datos reflejados en la tabla N°4, se demuestra que el tiempo hábil utilizado por parte de los trabajadores de la empresa en nivelar los 8 depósitos de almacenamiento de arena ubicados en el grupo tractivo inferior de las locomotora Gec Alsthom de forma manual antes de cada operación ferroviaria, fue disminuido considerablemente al utilizar el nuevo sistema de carga semiautomática de arena sílica en un 51 % del tiempo total.

Además cabe recalcar también que aparte de reducir el número de trabajadores que realizarán este procedimiento pre operatorio, se eliminó por completo el uso innecesario de un esfuerzo físico ejercido por la tripulación de trenes, demostrando así que el sistema es totalmente funcional y cumple con las necesidades pre operacionales requeridas.

CONCLUSIONES

En base al diseño de la estructura metálica realizada junto a los mecanismos de acoplamiento que forman parte de la línea inferior de descarga de arena sílica es posible concluir que el depósito de almacenamiento principal del surtidor es completamente eficaz, ya que la arena contenida en el mismo pudo ser evacuada en su totalidad.

Al finalizar el ensamblaje de cada dispositivo eléctrico adquirido para formar parte del control semiautomático del sistema surtidor de arena para las locomotoras Electro-diésel, es posible decir que cada uno de ellos con sus características técnicas dadas por el fabricante cumplió favorablemente con el propósito de funcionalidad de todo el sistema.

Al concluir con la verificación del funcionamiento del surtidor semiautomático de carga de arena hacia los depósitos de almacenamiento ubicados en el conjunto tractivo inferior de la locomotora Gec Alsthom, se puede mencionar que el sistema es completamente funcional ya que cumple todas las necesidades pre operacionales requeridas antes de una operación de trenes en cualquier ruta previamente planificada.

Con la implementación del sistema surtidor de arena sílica en la empresa pública “Ferrocarriles del Ecuador”, y según los resultados expuestos en el capítulo IV, es posible concluir que al reemplazar el método tradicional de carga manual de arena por una ejecución realizada de manera semiautomática utilizando el sistema surtidor se redujo considerablemente el tiempo, el esfuerzo físico y la cantidad de trabajadores para la elaboración de este procedimiento pre operatorio.

RECOMENDACIONES

Es recomendable aplicar normas de diseño, construcción que permita el montaje correcto de los elementos eléctricos y mecánicos que permitan el adecuado funcionamiento del sistema surtidor, evitando posibles fallos al momento de la carga de arena sílica.

Para mantener un correcto almacenamiento de arena sílica en el depósito de acopio principal del sistema surtidor, se recomienda verificar que la arena que vaya ser ingresada al depósito no se encuentre húmeda. Porque esto podría causar que el material no descienda uniformemente, ya que con ese estado de humedad la arena tiende a adherirse a las paredes e incluso a la base como también tapar la línea inferior de descarga del depósito.

Se debe realizar un mantenimiento eléctrico periódico del tablero de control, que abarque la limpieza de todos sus elementos con la finalidad de asegurar el correcto funcionamiento del sistema semiautomático surtidor.

Para garantizar la ejecución de la carga y nivelación de arena de manera semiautomática, se requiere mantener todo el sistema neumático con un buen estado de conservación y funcionamiento para esto es necesario realizar periódicamente la purga directa del sistema neumático de alimentación de aire al surtidor de arena desde el filtro separador de agua y aceite instalado en el sistema como también del compresor principal de aire. Para evitar que el condensado dañe las electroválvulas y los actuadores neumáticos que forman parte del funcionamiento del surtidor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KEMPPI . (2021). *Proceso de soldadura*. Recuperado de <https://www.kemppi.com/es-ES/asistencia/fundamentos-de-soldadura/que-es-la-soldadura/>
- Aquafrisch . (2021). *Sistema de distribución de arena* . Recuperado de <https://www.sim-impex.com/es/product/sistema-de-distribucion-de-arena/>
- Budynas, R y Nisbett, K. (2011). En *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (pág. 4). México, D.F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Directindustry. (2021). *Sistema de llenado manual*. Recuperado de <https://www.directindustry.es/prod/schenck-process-holding-gmbh/product-14361-1697845.html>
- Distrimotor. (2020). *Moto vibradores eléctricos* . Recuperado de <https://www.distrimotor.es/2020/09/14/motovibradores-el%C3%A9ctricos/>
- Distritec . (2020). *Electroválvulas* . Recuperado de <https://www.distritec.com.ar/que-es-una-electrovalvula-y-para-que-sirve/>
- Fernández, O. (2017). *PLC Siemens logo*. Recuperado de <http://codigoelectronica.com/blog/que-es-un-plc-siemens-logo>
- Flores, C. (2016). En *Soldadura al arco eléctrico SMAW* (pág. 3). Recuperado de http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-01-09_09-58-14130963.pdf
- Gec Alsthom. (2018). En *Manual de Conducción de la Locomotora Diésel Eléctrica Tipo BBB 2400* (pág. 61). Francia: G.A.

- Gec Alsthom Transport. (2018). En *Manual de mantenimiento* (pág. 93). Francia: G.A.
- General Motors Locomotives. (2015). Instituto de Capacitación General Motors Locomotives . En *Guía para la utilización de las locomotoras* (pág. 12). México: ICF.
- Gómez, S. (2019). En *Plan de mantenimiento de un taller de vehículos ferroviarios* (pág. 32). Santa Cruz de Tenerife, España. Recuperado de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/15431/Plan%20de%20Mantenimiento%20de%20un%20Taller%20de%20Vehiculos%20Ferroviarios.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Grupo Pegamo. (2021). *Equipos de almacenamiento*. Recuperado de <https://www.pegamo.es/es/maquinaria-especial/productos/equipamiento-ferroviario/areneros/>
- Guzman, A. (2018). En *Parámetros de diseño para un sistema de transporte neumático de arena para el frenado de trenes* (págs. 1, 3). Valparaíso, Chile. Recuperado de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/24330/3560900258107UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INTOR Manufacturing Solutions . (2013). *Clasificación de válvulas neumáticas direccionales*. Recuperado de <https://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/>
- LEGRAND. (2019). En *Tableros a norma IEC-61439* (págs. 29, 30 31). Lima, Perú. Recuperado de <https://legrand.com.pe/wp-content/uploads/2018/03/Catalogo-Tablero-A-Norma-1.pdf>
- León, J y Ovalle, R. (2013). En *Desarrollo de un diseño del tablero eléctrico con circuitos de control y de arranque, para el área de concentrado, de la fábrica Ecuavegetal s. a* (págs. 17, 19, 20, 21, 25, 29, 30, 35, 36). Babahoyo, Ecuador.

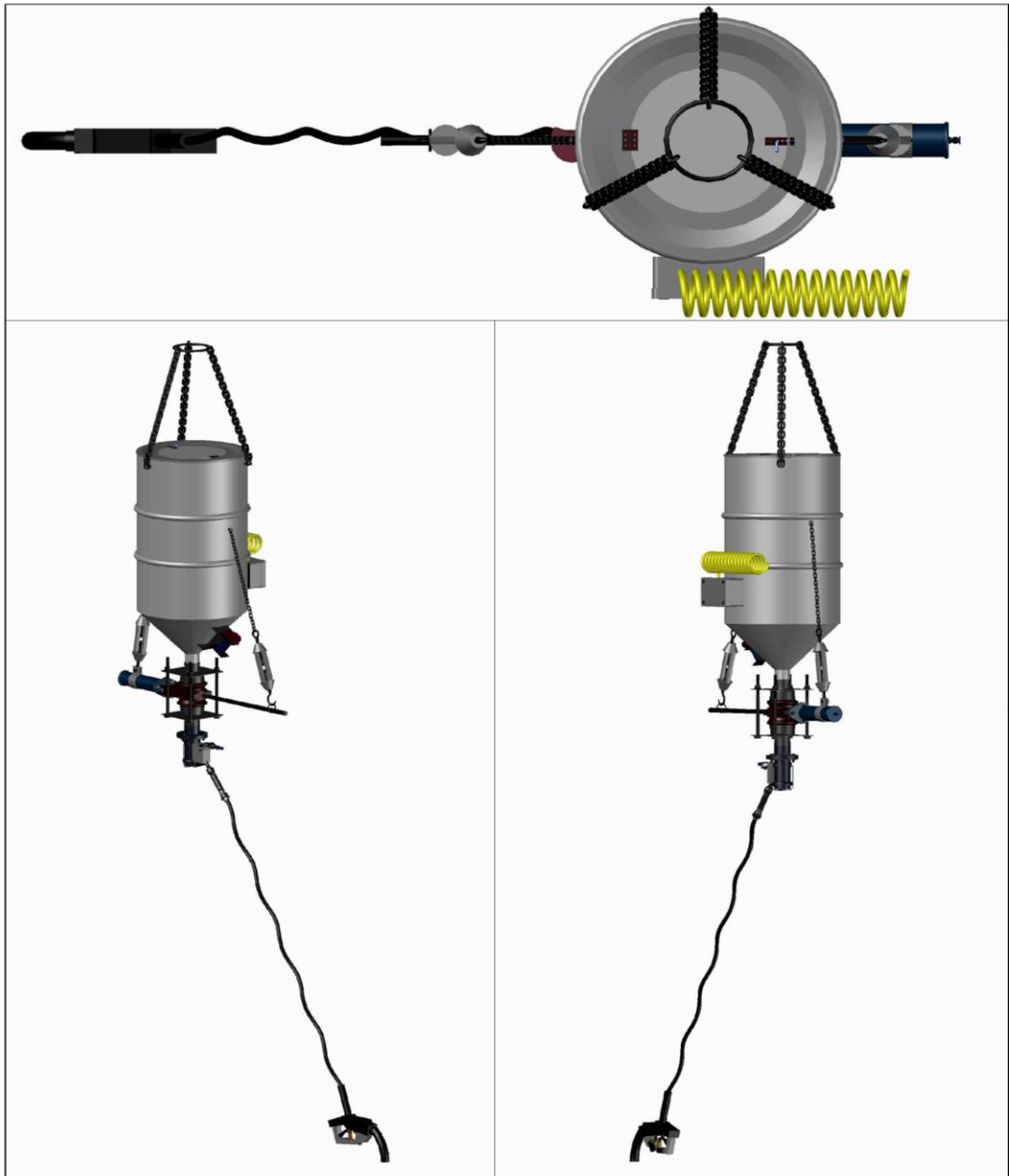
- Newtek Solidos . (2021). *Surtidores de arena fijos* . Recuperado de <https://www.newteksolidos.com/sectores/ferrocarril/surtidores-de-arena-fijos/>
- Newtek Solidos. (2021). *Instalaciones para carga de arena antipatinaje en trenes*. Recuperado de <https://www.newteksolidos.com/sectores/ferrocarril/>
- NTGD Industrial Valves . (2021). *Válvula de compuerta de cuchilla neumática*. Recuperado de <https://knifevalve.net/es/pneumatic-knife-gate-valve/>
- Restrepo, A. (2006). En *Análisis vibracional de motovibradores* (pág. 12). Medellin, Colombia. Recuperado de https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4429/Alejandro_RestrepoEcheverri_2006.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- SC Fluids. (2021). *Válvulas de cuchilla* . Recuperado de http://www.valvulasymedidores.com/valvulas_de_cuchilla.html
- Siemens AG. (2003). En *LOGO! Manual* (págs. 3, 7, 11, 12, 16, 17, 18, 23, 26, 31, 32). Recuperado de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf
- Siemens SCE. (2016). En *Documentación didáctica SCE* (págs. 5, 6, 7, 26). Recuperado de <https://www.automation.siemens.com/sce-static/learning-training-documents/additional/logo/sce-900-011-startup-logo-0ba8-r1603-es.pdf>

ANEXOS



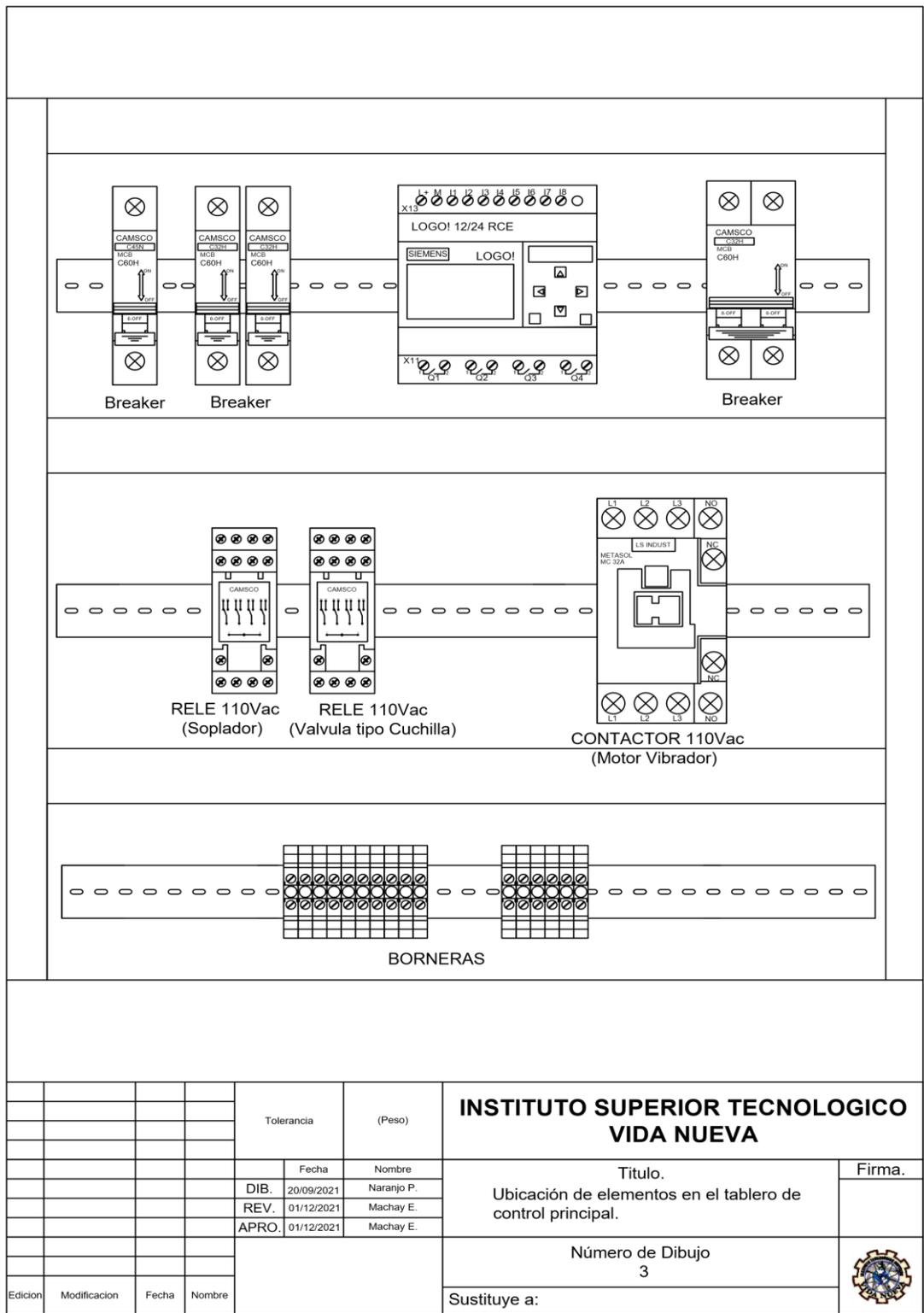
				Tolerancia	(Peso)	INSTITUTO SUPERIOR TECNOLOGICO VIDA NUEVA	
						Titulo.	Firma.
				DIB.	Fecha	Nombre	Depósito principal del surtidor de arena sílica
				REV.	01/12/2021	Machay E.	
				APRO.	01/12/2021	Machay E.	
						Número de Dibujo 1	
Edicion	Modificacion	Fecha	Nombre				

Anexo No. 1 Diseño final del depósito surtidor semiautomático de arena.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia

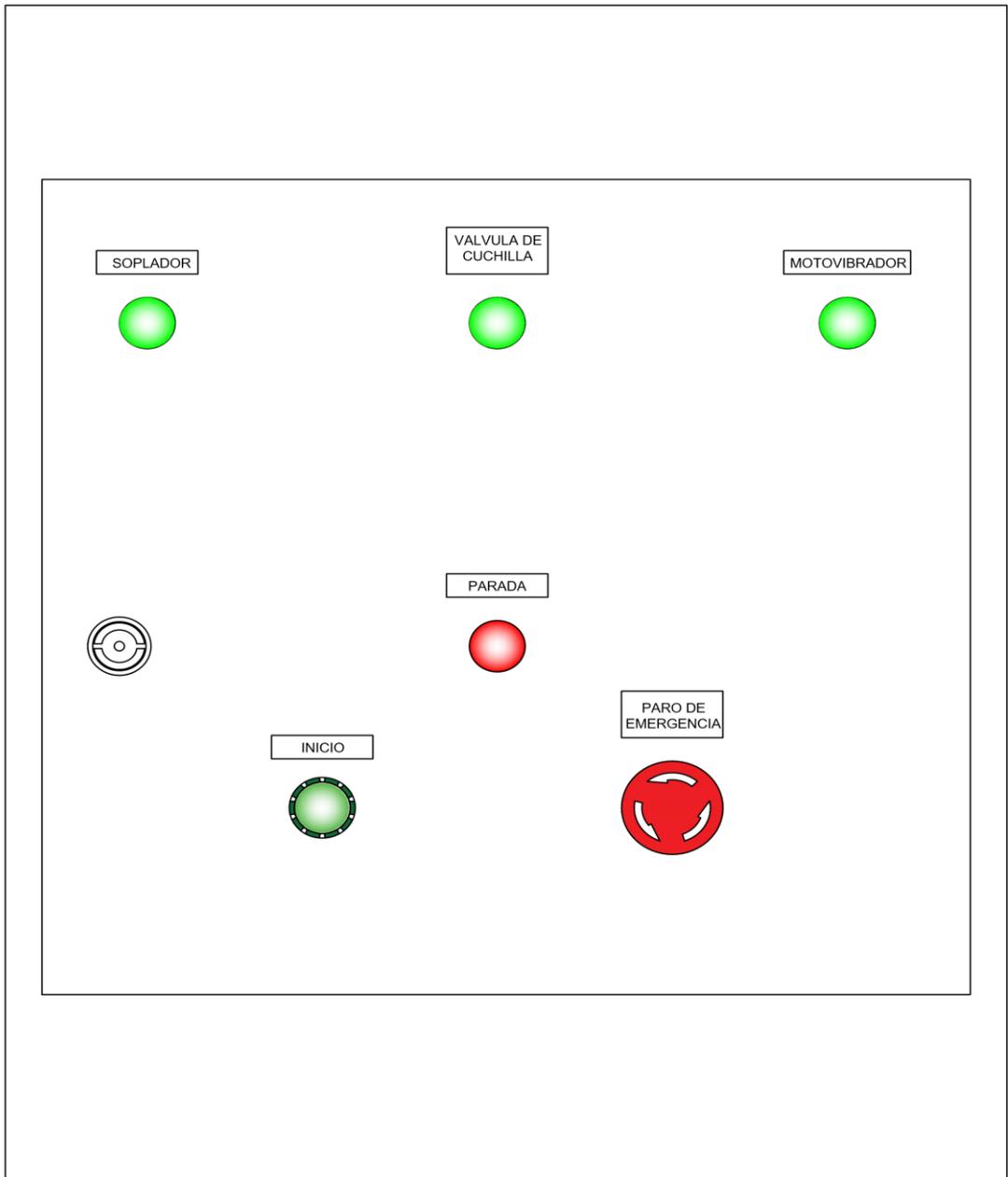


				Tolerancia	(Peso)	INSTITUTO SUPERIOR TECNOLOGICO VIDA NUEVA		
					Fecha	Nombre	Titulo. Vistas principales del depósito de almacenamiento	Firma.
				DIB.	16/09/2021	Naranjo P.		
				REV.	01/12/2021	Machay E.		
				APRO.	01/12/2021	Machay E.		
							Número de Dibujo 2	
Edicion	Modificacion	Fecha	Nombre				Sustituye a:	

Anexo No. 2 Vistas principales del depósito surtidor.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia



Anexo No. 3 Ubicación de los elementos eléctricos en el interior del tablero de control principal.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia

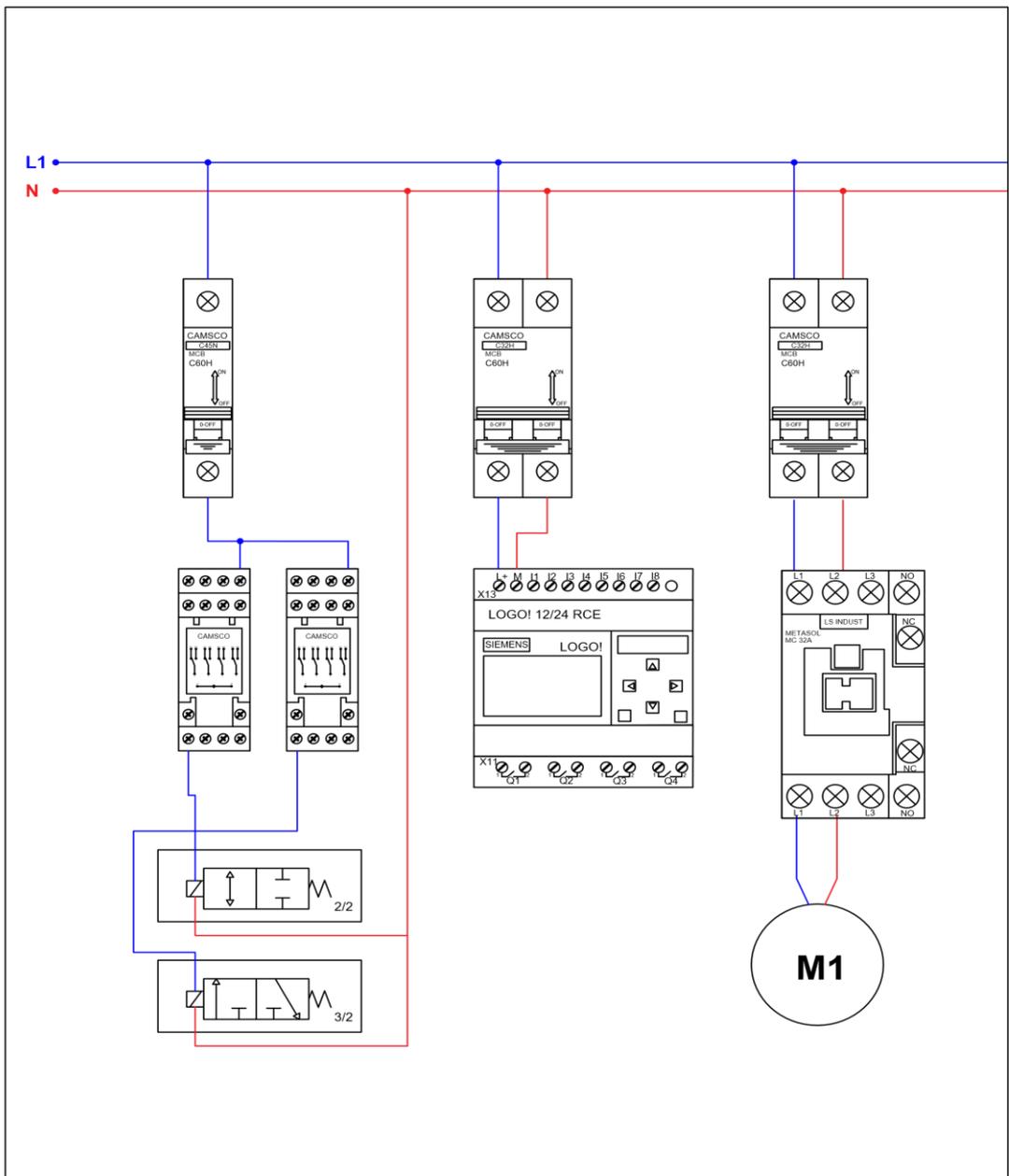


				Tolerancia	(Peso)	INSTITUTO SUPERIOR TECNOLOGICO VIDA NUEVA		
				Fecha	Nombre	Titulo. Ubicación de luces piloto y mandos pulsadores	Firma.	
				DIB.	23/09/2021		Naranjo P.	
				REV.	01/12/2021		Machay E.	
				APRO.	01/12/2021	Machay E.		
						Número de Dibujo 4		
Edicion	Modificacion	Fecha	Nombre			Sustituye a:		

Anexo No. 4 Ubicación de los mandos pulsadores y de las luces indicadoras piloto.

Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres

Fuente: Propia



				Tolerancia	(Peso)	INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO VIDA NUEVA	
				Fecha	Nombre	Titulo.	
				DIB. 27/09/2021	Naranjo P.	Circuito de alimentación - fuerza	
				REV. 01/12/2021	Machay E.	Firma.	
				APRO. 01/12/2021	Machay E.		
						Número de Dibujo	
						5	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustituye a:			
							

Anexo No. 5 Circuito de alimentación – fuerza.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia

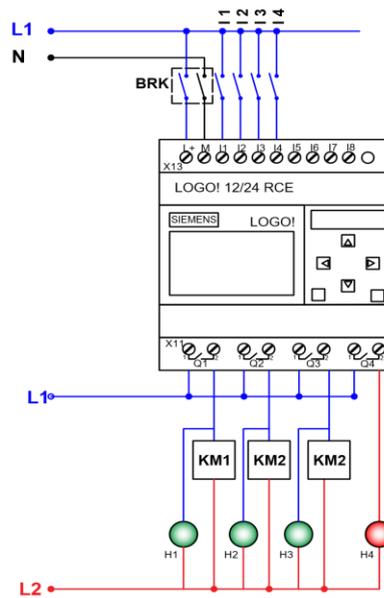
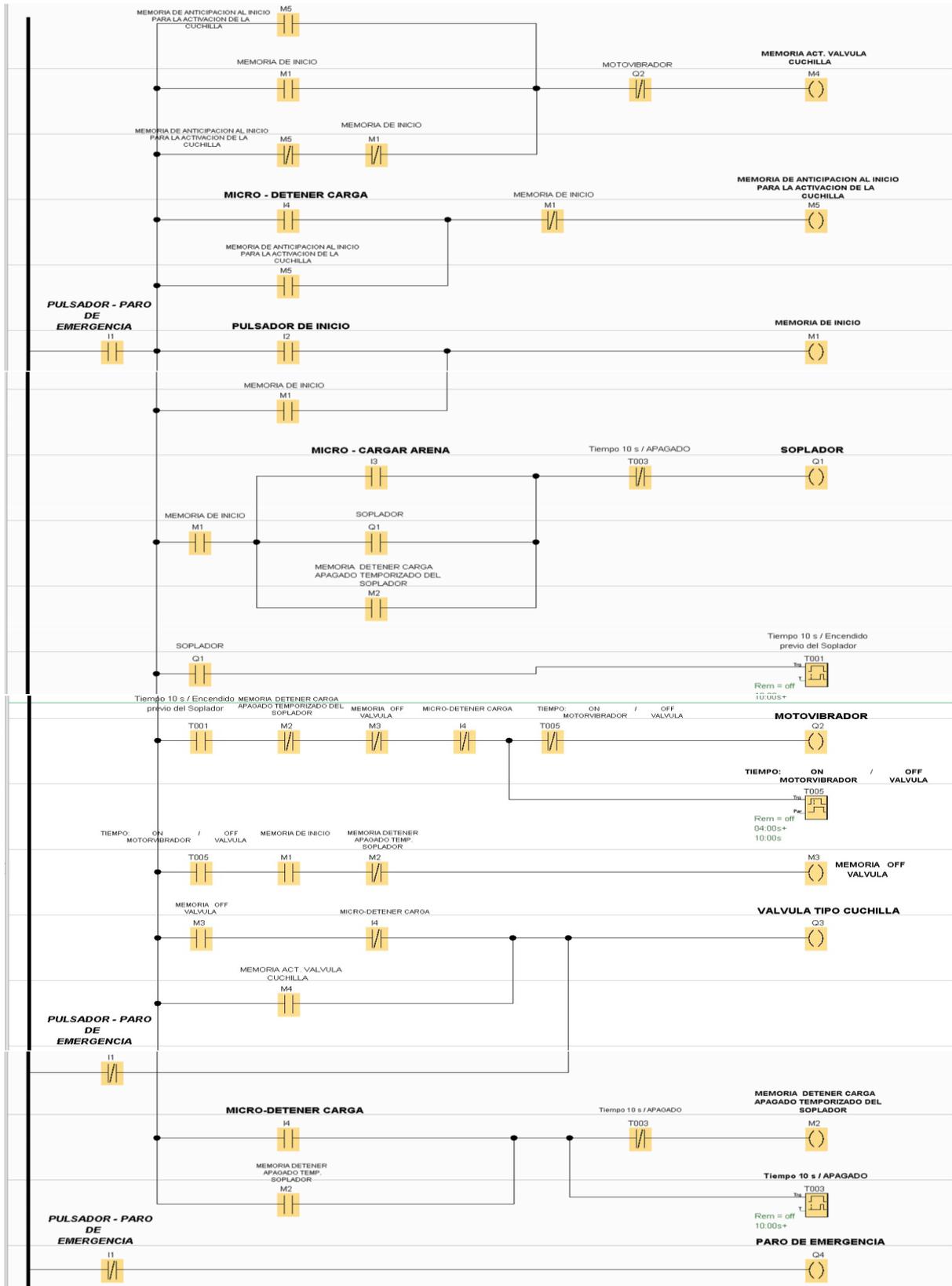


TABLA DE I/O		
NOMENCLATURA	TIPO	ASIGNACION
I 1	ENTRADA 1	PARO DE EMERGENCIA
I 2	ENTRADA 2	INICIO
I 3	ENTRADA 3	CARGAR ARENA
I 4	ENTRADA 4	DETENER ARENA
I 5	ENTRADA 5	-
I 6	ENTRADA 6	-
I 7	ENTRADA 7	-
I 8	ENTRADA 8	-
Q 1 / KM1	SALIDA 1	SOPLADOR
Q 2 / KM2	SALIDA 2	VALVULA DE CUCHILLA
Q 3 / KM3	SALIDA 3	MOTOVIBRADOR
Q 4	SALIDA 4	PARO

				Tolerancia		(Peso)		INSTITUTO SUPERIOR TECNOLOGICO VIDA NUEVA	
				Fecha		Nombre		Titulo.	
				DIB. 30/09/2021		Naranjo P.		Conexiones en el PLC	
				REV. 01/12/2021		Machay E.			
				APRO. 01/12/2021		Machay E.			
								Número de Dibujo 6	
								Sustituye a:	
Edicion	Modificacion	Fecha	Nombre						

Anexo No. 6 Conexiones en el PLC.
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia



Anexo No. 7 Programación del PLC Logo!
 Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
 Fuente: Propia



Anexo No. 8 Sistema semiautomático surtidor de arena sílica
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia



Anexo No. 9 Localización del Surtidor de arena sílica
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia



Anexo No. 10 Presentación del sistema semiautomático surtidor de arena sílica
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia



Anexo No. 11 Ubicación de la locomotora para la nivelación de arena
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia



Anexo No. 12 Inicio del programa desde el tablero de control principal
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia



Anexo No. 13 Ubicación del operador surtidor de arena
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia



Anexo No. 14 Activación del micro interruptor de inicio de carga
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia



Anexo No. 15 Sistema semiautomático surtidor de arena sílica en funcionamiento
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia



Anexo No. 16 Maniobras cortas de ubicación entre depósitos inferiores
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia



Anexo No. 17 Nivelación de arena en los depósitos inferiores lado derecho
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia



Anexo No. 18 Nivelación de arena de los últimos depósitos
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia



Anexo No. 19 Demostración abierta del flujo de arena sílica en la salida del surtidor
Elaborado por: Paul Fernando Naranjo Torres
Fuente: Propia