

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Implementación de sistema de alarmas empleando un controlador lógico programable y sensores de nivel tipo vibratorio para evitar la sobrecarga en los sistemas de transporte de envasadoras.

Trabajo de investigación presentado por

Ronie Alejandro Velásquez Zayas

carné 07156

para optar al grado académico de

Licenciado en Ingeniería en Mecatrónica

Guatemala

2011

Implementación de sistema de alarmas empleando un controlador lógico programable y sensores de nivel tipo vibratorio para evitar la sobrecarga en los sistemas de transporte de envasadoras.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Implementación de sistema de alarmas empleando un controlador lógico programable y sensores de nivel tipo vibratorio para evitar la sobrecarga en los sistemas de transporte de envasadoras.

Trabajo de investigación presentado por

Ronie Alejandro Velásquez Zayas

carné 07156

para optar al grado académico de

Licenciado en Ingeniería en Mecatrónica

Guatemala

2011

Vo. Bo. :


(f) 

Ing. Raúl Sánchez


Tribunal Examinador:

(f) 

Ing. Roberto Delgado

(f) 

Ing. Juan Carlos Burmester

(f) 

Ing. Raúl Sánchez

Fecha de aprobación: Guatemala 6 de diciembre de 2011

PREFACIO

La elaboración de este trabajo surge del interés personal en la automatización en los sistemas de control de procesos industriales. El diseño propuesto tiene como objetivo aumentar la eficiencia del sistema de transporte de cemento hacia el punto de despacho.

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por permitirme cumplir uno de los objetivos más importantes en mi vida; a mis padres, por darme el mejor ejemplo a seguir, un camino con valores y disciplina y brindarme todo lo necesario y más para llegar a ser la persona que soy hoy en día; a mi familia, por confiar siempre en mí y apoyarme en los momentos difíciles.

También quiero agradecer a mis amigos, de quienes he aprendido mucho; a Roberto Delgado y Raúl Sánchez, por su apoyo y orientación; a Gerson Alemán por su disposición y confianza y por último a todas aquellas personas que de una u otra manera me han apoyado y enseñado a nunca darme por vencido y a seguir luchando hasta realizar mis sueños.

CONTENIDO

Página

PREFACIO	vi
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE LA PRODUCCIÓN DEL CEMENTO ...	1
II. INTRODUCCIÓN AL TRABAJO	3
III. OBJETIVOS.....	4
1. Objetivo general.....	4
2. Objetivos específicos.....	4
IV. MARCO TEÓRICO	5
1. Controlador Lógico Programable	5
1.1. Unidad Central de Proceso, CPU	7
1.2. Memoria	7
1.2.1. Memoria de Acceso Aleatorio, RAM	8
1.2.2. Memoria de Sólo Lectura, ROM.....	9
1.2.3. Memoria de Sólo Lectura Borrable y Programable, EPROM	9
1.2.4. Memoria de Sólo Lectura Borrable y Programable Eléctricamente ..	9
1.3. Fuente de alimentación	9
1.4. Interfaces de entrada y salida	10
1.4.1. Entradas y salidas digitales	10
1.4.2. Entradas y salidas analógicas	12
1.5. Programación del PLC	12
1.5.1. Diagrama en Escalera	13

2.	Sensor de nivel vibratorio tipo diapasón	14
3.	Sensor de nivel por supresión de rotación.....	15
4.	Sensor inductivo	16
5.	Relé	18
6.	Silo de cemento.....	19
7.	Transportador de tornillo sinfín	20
V.	ANTECEDENTES.....	22
VI.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	23
1.	Descripción general del proceso.....	23
VII.	METODOLOGÍA.....	27
VIII.	DESARROLLO	29
1.	Introducción de los elementos de control	29
1.1	Controlador Lógico Programable	29
1.2	Sensor de nivel de Tipo diapasón.....	32
1.3	Sensor de movimiento	35
1.4	Balizas luminosas	37
1.5	Relés de acoplamiento.....	37
2.	Sustitución de componentes.....	38
2.1	Pulsadores	38
3.	Elaboración de los planos correspondientes al diseño por implementar ..	38
4.	Programa del PLC	40
5.	Operación del proceso empleando el diseño propuesto.....	41
6.	Visualización del proceso	46
IX.	CONCLUSIONES	48
X.	RECOMENDACIONES.....	49
XI.	REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS	50
XII.	APÉNDICE	53

1. Simbología.....	53
2. Diagramas eléctricos	55
3. Programa del PLC	79

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla	
Tabla 1, Tipo de medición	33
Tabla 2, Propiedades del producto	34
Tabla 3, Condiciones del proceso – Presión	34
Tabla 4, Condiciones del proceso – Temperatura	35
Tabla 5, Entradas del PLC	40
Tabla 6, Salidas del PLC	41

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura	
Figura 1, Diagrama de bloques de la estructura de un PLC.....	6
Figura 2, Diseño fundamental de un microordenador.....	6
Figura 3, Representación del diagrama en escalera	13
Figura 4, Funcionamiento del sensor de nivel de diapasón.....	14
Figura 5, Versiones del sensor de nivel de diapasón	15
Figura 6, Interruptor de paleta	16
Figura 7, Principio de operación de un sensor inductivo	17
Figura 8, Bloques de un sensor inductivo.....	17
Figura 9, Partes y estados del relé	18
Figura 10, Silos.....	19
Figura 11, Transportador de tornillo sinfín	20
Figura 12, Despiece del Transportador	21
Figura 13, Diagrama de flujo del sistema actual de transporte.....	24
Figura 14, Tapa de extremo derecho	30
Figura 15, Expansión de módulos	30
Figura 16, Supresor para salida DC	31
Figura 17, Instalación del sensor de nivel	32
Figura 18, Conexión eléctrica del sensor de nivel	33
Figura 19, Instalación del sensor de proximidad	36
Figura 20, Baliza luminosa Telemecanique.....	37
Figura 21, Relés de acople.....	37
Figura 22, luz piloto	38

Figura 23, diagrama de flujo del sistema de transporte por implementar	39
Figura 24, Secuencia de ignición.....	41
Figura 25, Diagrama de flujo del proceso – Descarga del silo 8 al elevador 1	42
Figura 26, Diagrama de flujo del proceso – Descarga del silo 7 al elevador 2	43
Figura 27, Diagrama de flujo del proceso – Descarga del silo 10 al elevador 1	44
Figura 28, Desconexión de motores.....	45
Figura 29, panel de control.....	46
Figura 30, panel de estados	47

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo optimizar el proceso de despacho de material desde cinco silos hacia dos destinos específicos. El trabajo se desarrolló en una planta de la industria cementera. El proceso de despacho actual carece de un sistema de control efectivo, por lo que falla cuando el nivel de cemento supera el nivel óptimo de trabajo. Además, si alguno de los transportadores del sistema se quiebra, el cemento empieza a acumularse en un solo lugar hasta que sobrepasa la capacidad de contención del mismo, lo que conlleva a una detención del sistema de despacho completo. Este trabajo propone una solución a dichos problemas. Para controlar los medios de transporte del material se utilizarán sensores de nivel vibratorios (tipo diapasón) y sensores de proximidad inductivos. Estos sensores estarán conectados a un controlador lógico programable, el cual controlará el accionamiento de los elementos vinculados con el proceso, además, se instalarán balizas luminosas y luces piloto para indicar los estados de dichos elementos. El objetivo es que con el sistema previamente descrito instalado, la efectividad del despacho aumente, evitando pérdidas de tiempo por causa de atascamientos. Además, en caso que algún elemento falle, se dispondrá de elementos de señalización visual, haciendo que la reparación o reposición del elemento en falla sea rápida. Se realizarán los planos eléctricos correspondientes en caso que se desee hacer alguna modificación en el futuro o bien, en caso de alguna falla.

I. INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE LA PRODUCCIÓN DEL CEMENTO

El proceso del cemento ha variado con el avance de la tecnología, sin embargo hay etapas que son indispensables para su obtención. (8)

A continuación se presenta una breve descripción de cada una:

- Extracción de la materia prima: las principales materias primas provienen directamente de la cantera cercana a la Planta. Estas consisten en piedra caliza y esquisto, que son extraídos utilizando explosivos y tractores. (8)
- Trituración y prehomogenización: la segunda etapa consiste en la reducción del tamaño de los minerales provenientes de la cantera por medio de trituración, los cuales pueden tener tamaños hasta de un metro de diámetro. Durante esta etapa puede efectuarse la primera mezcla entre calizas y esquistos, según el tipo de cemento a producirse. (8)
- Molienda de harina cruda: durante esta etapa continúa la reducción del tamaño de los minerales, previo a ser sometidos a altas temperaturas en los hornos. Los molinos reciben los minerales triturados y prehomogeneizados y en ellos se realiza simultáneamente la mezcla y pulverización de los mismos. El producto resultante es un polvo muy fino, por ello llamado “harina cruda”, dicho polvo es sometido a una homogeneización final en silos especiales. (8)
- Clinkerización: la harina cruda proveniente de los silos es alimentada a hornos rotatorios en los que el material es calcinado y semi-fundido al someterlo a altas temperaturas (1450°C). Aquí se llevan a cabo las reacciones químicas entre los diferentes óxidos de calcio, sílice, aluminio y hierro, que se combinan para formar compuestos nuevos. Dichos

compuestos son enfriados rápidamente en la parte final del horno. Al producto resultante se le da el nombre de clínker. (8)

- Molienda de cemento: esta etapa consiste en la molienda del clínker producido en los hornos, en forma conjunta con otros minerales que le confieren propiedades específicas al cemento. (8)
- Empaque y despacho: finalmente, el cemento producido y almacenado en silos puede ser despachado en pipas a granel o envasado en sacos. (8)

II. INTRODUCCIÓN AL TRABAJO

Originalmente, este trabajo consistía en implementar un sistema de alarmas empleando un controlador lógico programable (PLC) y sensores de nivel tipo vibratorio para evitar sobrecarga en los sistemas de transporte de envasadoras. Sin embargo por motivos de presupuesto y políticas del lugar de trabajo, este trabajo es un diseño del tema propuesto.

El diseño consiste en el empleo de sensores de nivel tipo vibratorio y un PLC para controlar las válvulas de descarga de los Silos y los transportadores de tornillo sinfín. Dicho sistema incorpora balizas luminosas y luces piloto, controladas por el PLC, como indicadores visuales.

Además de los sensores de nivel, se emplean sensores de proximidad inductivos para controlar el movimiento de los transportadores de tornillo sinfín de cemento, ya que según los operadores, estos suelen romperse.

Dado que los elementos de potencia como motores, guardamotors, relevadores térmicos, entre otros, ya están instalados, este proyecto podría considerarse como un diseño de Control, ya que con base en las señales de los elementos del sistema, el PLC efectúa la acción correspondiente.

III. OBJETIVOS

1. Objetivo general

1.1 Optimizar el sistema de transporte de cemento empleando un controlador lógico programable, sensores de nivel y sensores de proximidad.

2. Objetivos específicos

2.1 Aumentar la efectividad del sistema actual mediante el uso de un Controlador Lógico Programable

2.2 Indicar los componentes necesarios y sus características, así como su justificación.

2.3 Elaborar los Planos Eléctricos correspondientes al Sistema a implementar.

2.4 Especificar la configuración y programación del Controlador Lógico Programable (PLC) a utilizar.

2.5 Evitar que el cemento exceda la capacidad de contención de los transportadores de tornillo sinfín.

2.6 Facilitar al operador el control y supervisión del sistema de despacho.

IV. MARCO TEÓRICO

1. Controlador Lógico Programable

Un Controlador Lógico Programable (PLC) es un equipo electrónico de control con una estructura interna (hardware) independiente del proceso a controlar, que se adapta a dicho proceso mediante un programa específico (software), que contiene la secuencia de operaciones a realizar. Esta secuencia de acciones se define sobre señales de entrada y salida al proceso, cableadas directamente en las terminales de conexión del autómeta. (6)

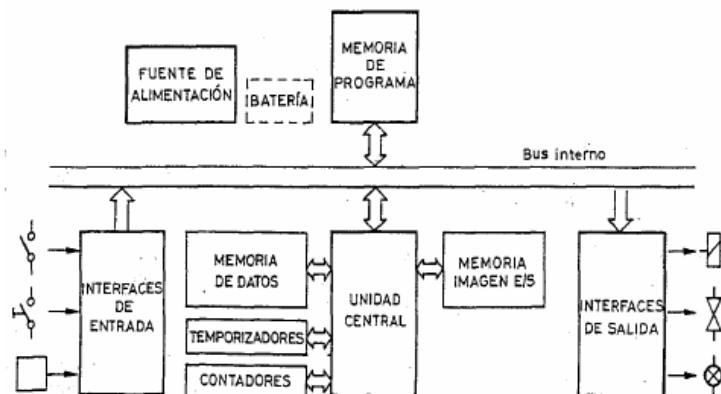
Las señales de entrada pueden proceder de elementos digitales, como finales de carrera y detectores de proximidad, o analógicos, como sensores de temperatura y dispositivos de salida en tensión o corriente continuas. (6)

Las señales de salida son órdenes digitales o analógicas en tensión o corriente, que se envían a los elementos indicadores y actuadores del proceso, como lámparas, contactores, válvulas, entre otros. (6)

El Controlador gobierna las señales de salida según el programa de control, previamente almacenado en una memoria, a partir del estado de las señales de entrada. (6)

El PLC se configura alrededor de una unidad central o de control, que unida por medio de buses internos a las interfaces de entrada y salida y a las memorias, define lo que se conoce como arquitectura interna del autómeta. (6)

Figura 1, Diagrama de bloques de la estructura de un PLC



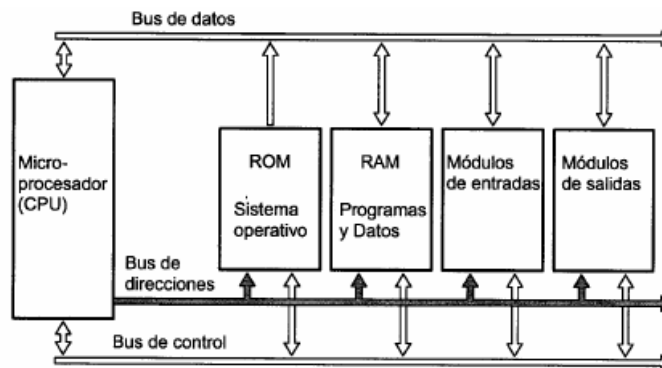
(6)

Como se puede observar en la Figura 1, el PLC se compone esencialmente de los siguientes bloques:

- Unidad Central de Proceso (CPU)
- Memoria
- Interfaces de entrada y salida
- Fuente de alimentación

A continuación se presenta el diseño fundamental de un microordenador.

Figura 2, Diseño fundamental de un microordenador



(6)

Como se puede observar en la Figura 2, dicho sistema está basado en un sistema de bus.

Un sistema de bus es un determinado número de líneas eléctricas divididas en líneas de direcciones, datos y control. La línea de direcciones se utiliza para seleccionar la dirección de un elemento conectado al bus, y la línea de datos para transmitir la información requerida. Las líneas de control son necesarias para habilitar el dispositivo conectado al bus como emisor o como receptor. (6)

Los principales elementos conectados al sistema de bus son el microprocesador CPU y la memoria.

1.1 Unidad Central de Proceso, CPU. La CPU (Central Processing Unit), construida alrededor de un sistema microprocesador, se encarga de ejecutar el programa de usuario y ordenar las transferencias de información en el sistema de entradas/salidas. (6)

Un microprocesador consiste principalmente en una unidad aritmética y lógica, una unidad de control y un pequeño número de unidades de memoria internas, denominadas registros. (6)

1.2 Memoria. La memoria es el almacén donde el PLC guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control. (6)

La memoria puede dividirse en las siguientes categorías:

Memoria de Aplicación, formada por el archivo de programa y el archivo de datos. (6)

Memoria del Sistema, dirige y ejecuta las actividades de operación tales como el programa de usuario y coordinar los escaneos de entrada y las actualizaciones de salida. (6)

El usuario del PLC trabaja solamente en la Memoria de Aplicación y no tiene acceso a la Memoria del Sistema, ya que ésta es programada por el fabricante. (6)

En el archivo de programa, el usuario desarrolla el programa que inicia la secuencia de funcionamiento del sistema o máquina que se esté controlando. (6)

En el archivo de datos se almacenan las direcciones y el estado de las diversas instrucciones que se utilizan en el archivo de programa. (6)

La memoria ideal para el autómata debería ser simultáneamente rápida, pequeña, barata y de bajo consumo de energía. Por esta razón, los autómatas programables combinan distintos tipos de memoria. (6)

- Memoria de Lectura/Escritura, RAM
- Memoria de Sólo Lectura, ROM
- Memoria de Sólo Lectura Reprogramable, EPROM
- Memoria de Sólo Lectura Alterable por Medios Eléctricos, EEPROM

1.2.1 Memoria de Acceso Aleatorio, RAM. Memoria de lectura/escritura, que puede ser leída y modificada de forma rápida cuantas veces sea necesario, a través de los buses internos. (6)

Dentro de sus desventajas está su capacidad de almacenamiento y su carácter volátil, que provoca la pérdida de información cada vez que cae la tensión de alimentación. (6)

1.2.2 Memoria de Sólo Lectura, ROM. Las memorias de sólo lectura no reprogramables, no pueden ser modificadas en ninguna forma. Dentro del PLC, las memorias ROM se utilizan para almacenar las rutinas incluidas por el fabricante, como por ejemplo la inicialización tras puesta en marcha del PLC. (6)

1.2.3 Memoria de Sólo Lectura Borrable y Programable, EPROM. Las células de memoria son borradas utilizando luz ultravioleta, la cual atraviesa al chip a través de una ventana de cuarzo en su cara superior. Este tipo de memoria se utiliza normalmente para almacenar el programa del usuario. (6)

1.2.4 Memoria de Sólo Lectura Borrable y Programable Eléctricamente, EEPROM. Dichas memorias combinan la no volatilidad de las memorias ROM y EPROM con la capacidad de sobrescribirse de las memorias RAM, que les permite ser modificadas sobre el circuito mediante señales eléctricas. (6)

1.3 Fuente de alimentación. La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema. (6)

La alimentación del PLC puede ser de corriente continua a 24V, tensión frecuente en cuadros de distribución, o en corriente alterna a 120V/240V. (6)

La fuente de alimentación del PLC puede incorporar una batería de reserva. Dicha batería se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones

internas (relés o registros) y del programa de usuario en memoria RAM cuando falla la alimentación o se desconecta el PLC. (6)

1.4 Interfaces de entrada y salida. El término *interfaz* se utiliza para designar cualquier bloque que sirve de enlace entre otros dos. Los bloques a enlazar pueden trabajar, en general, con niveles distintos de tensión. (6)

Dependiendo del tipo de señales que empleen los sistemas a enlazar, va a depender la complejidad de la interfaz. En entornos industriales, las señales se clasifican en dos grandes grupos: (6)

- Señales digitales; codificación digital binaria (todo-nada).
- Señales analógicas; señales continuas (voltajes o corrientes variables).

1.4.1 Entradas y salidas digitales. Son aquellas que conectan al PLC con señales de proceso de tipo binario (conectado/desconectado). Las señales de entrada proceden, por lo general, de sensores y dispositivos electromecánicos como interruptores, pulsadores, finales de carrera, entre otros; mientras que las de salida suelen accionar bobinas de electroimanes como relés, electroválvulas, etc. (6)

Dentro de las interfaces de entrada para señales binarias, se distinguen los siguientes tipos, atendiendo a distintas características de los mismos:

Según la tensión de alimentación:

- Corriente continua
- Corriente alterna

1.4.1.1 Interfaces de entrada de Corriente Continua. Los valores de tensión más frecuentes son 12, 24, 48 y 110V y según la polaridad de la conexión de los dispositivos podemos distinguir: (6)

- *Entradas PNP*, dichas entradas trabajan con lógica positiva y las conexiones de los dispositivos de campo a las terminales del PLC se efectúan de la siguiente manera:
 - ✓ Se unen por un extremo todos los dispositivos de campo (a este extremo se le conoce como común de campo) y dicho extremo se conecta al polo positivo de la fuente de alimentación.
 - ✓ El otro extremo se conecta a distintas terminales del PLC (E1.0, E2.0, ...).
- *Entradas NPN*, dichas entradas trabajan con lógica negativa, por lo tanto, las conexiones de los dispositivos de campo a las terminales del PLC se efectúan de igual manera que las entradas PNP pero en lugar de conectar el común de campo al polo positivo, se conecta al polo negativo de la fuente de alimentación. (6)

1.4.1.2 Interfaces de entrada de Corriente Alterna. Los valores de tensión para las interfaces de entrada más frecuentes son 24V, 110V y 120V y por lo general incorporan aislamiento galvánico. (6)

La fuente de alimentación para las entradas se obtiene de un transformador de mando o directamente de red, aunque por motivos de seguridad es preferible usar la primera solución. (6)

1.4.1.3 Interfaces de salida. Según los componentes utilizados como salida se pueden distinguir tres grandes grupos:

- *Salidas a Relé*, este tipo de interfaz es válido para corriente alterna y corriente continua y debido a que proporciona un aislamiento galvánico entre la salida y la lógica interna, es el tipo de salida más empleado en los PLC's. Por lo general, cada salida consta de un solo contacto y en algunos casos, dicho contacto está protegido mediante un circuito RC o un varistor, para evitar que las perturbaciones que se generen en el circuito exterior, afecten a la lógica interna. (6)

- *Salidas a Transistor*, Los transistores conmutan la energía de corriente continua, son silenciosos y no tienen partes móviles que se desgasten. Además, reducen el tiempo de respuesta de la salida, pero están limitados a cargas de 500mA o menos. Los transistores de tipo especial, tales como el FET, pueden manejar cargas hasta de 1Ampere. (6)
- *Salidas a Triac*, las interfaces de salida a Triac conmutan energía de corriente alterna estrictamente. Dentro de sus ventajas están: ausencia de desgaste mecánico, cierra al paso por cero de tensión y apertura al paso por cero de la corriente, eliminando al máximo las perturbaciones en la línea. (6)

1.4.2 Entradas y salidas analógicas. No todos los PLC's son capaces de manipular señales analógicas, sin embargo, es frecuente que existan módulos de ampliación capaces de procesar dichas señales. El procesamiento de datos dentro del PLC es enteramente digital, como corresponde a todo sistema basado en un microprocesador y por lo tanto, las señales de tipo analógico deben ser previamente digitalizadas utilizando convertidores A/D para que puedan ser procesadas. Dicha forma digital consiste en representar la magnitud de la variable analógica con un número codificado en forma binaria o en forma Decimal Codificado en Binario, BCD. (6)

1.5 Programación del PLC. Al conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos que están disponibles para escribir un programa se le denomina lenguaje de programación del autómatas. Dicha programación puede describirse como la codificación al lenguaje del autómatas del conjunto de órdenes que conforman la ley de mando o de control deseada. (6)

El lenguaje a utilizar depende del autómatas empleado y de su fabricante, que decide el tipo de unidad de programación (literal o gráfica) y el intérprete

(firmware) que utiliza su máquina, mientras que el modelo de representación depende del usuario, que lo elige según sus necesidades o conocimientos. (6)

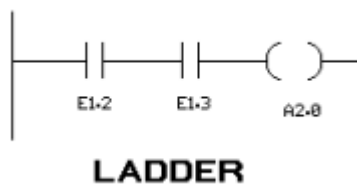
La Comisión Internacional Electrotécnica 1131-3 (IEC, de sus siglas en inglés) define cinco lenguajes de programación para los autómatas programables, especificando la sintaxis, la semántica y la representación gráfica correspondiente a cada lenguaje. (11)

Los lenguajes de programación son:

- Diagrama en Escalera (LD, Ladder Diagram)
- Lista de Instrucciones (IL, Instruction List)
- Diagrama de Bloques de Función (FBD, Function Block Diagram)
- Texto Estructurado (ST, Structured Text)
- Tablas Secuenciales de Función (SFC, Secuencial Function Charts)

1.5.1 Diagrama en Escalera. El diagrama en escalera o diagrama de contactos es un lenguaje de programación gráfico, derivado de los esquemas eléctricos de los mandos por relés directamente cableados. El diagrama de contactos contiene líneas de alimentación del lado izquierdo y derecho, y los renglones (rungs) compuestos por contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados y elementos de bobina de distintas formas, se conectan dichas líneas, como se muestra en la Figura 3. (6)

Figura 3, Representación del diagrama en escalera



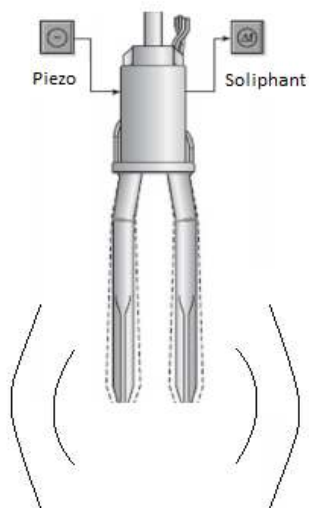
(7)

2. Sensor de nivel vibratorio tipo diapasón

El principio del sensor consiste en la amortiguación de la vibración de un diapasón por sólidos, polvos o granulados. (17)

El sistema se basa en un diapasón montado sobre una membrana cuya resonancia natural es de aproximadamente 120Hz. Sobre dicha membrana, se montan dos piezoeléctricos, donde uno de ellos se conecta a un oscilador que vibra a 120Hz. Mientras el producto no cubra los brazos del diapasón, el sistema está en resonancia. Esta vibración libre se transmite al otro piezoeléctrico, emitiendo una señal de la misma frecuencia (ver Figura 4). (17)

Figura 4, Funcionamiento del sensor de nivel de diapasón



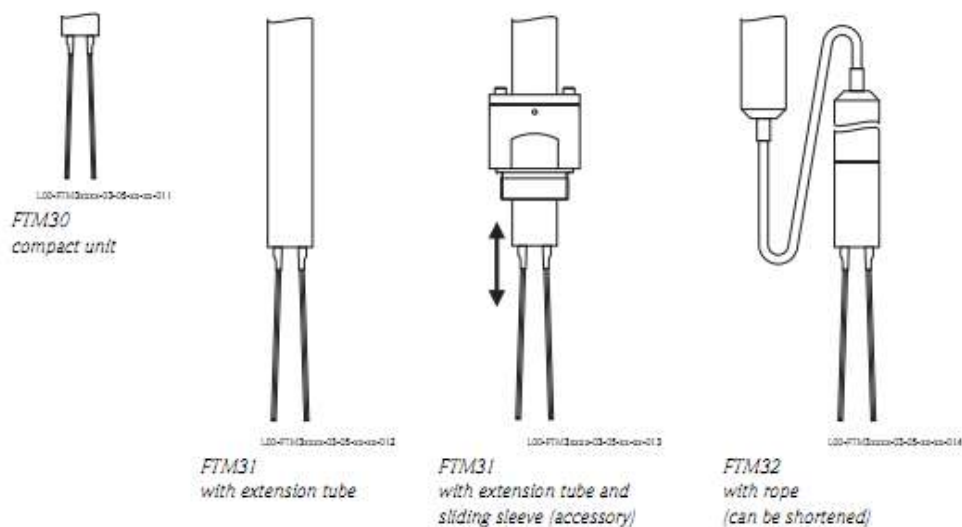
(14)

Cuando el producto provoca un efecto de amortiguación en el sistema, el segundo cristal no da la señal de resonancia y el amplificador conmuta.

Dado que se requiere relativamente poca energía para amortiguar la frecuencia de resonancia, un interruptor de nivel de diapasón es capaz de detectar niveles con productos de densidad relativa muy baja, por ejemplo de hasta 20 Kg/m³. (17)

La electrónica inserta en el cabezal del sensor está disponible en AC, DC-PNP y alimentación universal, y se dispone de las versiones que muestra la Figura 5. (17)

Figura 5, Versiones del sensor de nivel de diapasón



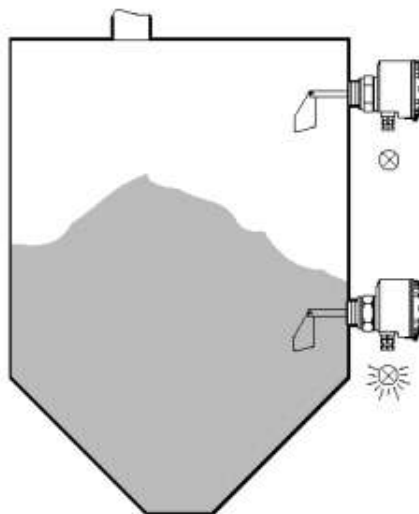
(14)

3. Sensor de nivel por supresión de rotación

Este método consiste en un pequeño motor eléctrico síncrono que hace girar una pequeña paleta mediante un mecanismo de engranajes reductor (ver Figura 6). Cuando el producto ofrece resistencia al movimiento de la paleta, el sistema de transmisión de la rotación montado sobre rodamientos se mueve,

activando un micro interruptor que emite una señal de nivel. A este tipo de interruptor se le denomina interruptor de paleta rotativa comúnmente y no es recomendable para productos muy ligeros o demasiado densos. (17)

Figura 6, Interruptor de paleta



(18)

4. Sensor inductivo

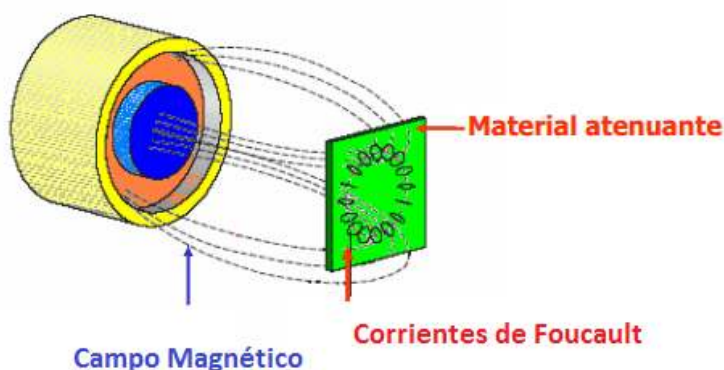
Los sensores de proximidad inductivos incorporan una bobina electromagnética, la cual es usada para detectar la presencia de un objeto metálico conductor. (3)

Principio de operación:

Los sensores de proximidad inductivos contienen un devanado interno. Cuando una corriente circula por el mismo, un campo magnético es generado. La bobina o devanado del sensor induce corrientes de Foucault en el objeto metálico por detectar (ver Figura 7). Éstas corrientes, generan un campo magnético que se opone al de la bobina del sensor, donde la magnitud de dicho

campo depende de la intensidad del campo magnético aplicado, de la conductividad del objeto metálico y/o de la velocidad relativa del movimiento. Dicho campo reduce la inductancia y por ende la amplitud del oscilador del sensor. Cuando la amplitud de oscilación cae por debajo del nivel de operación, el estado de salida del sensor conmuta. (3) (5) (20)

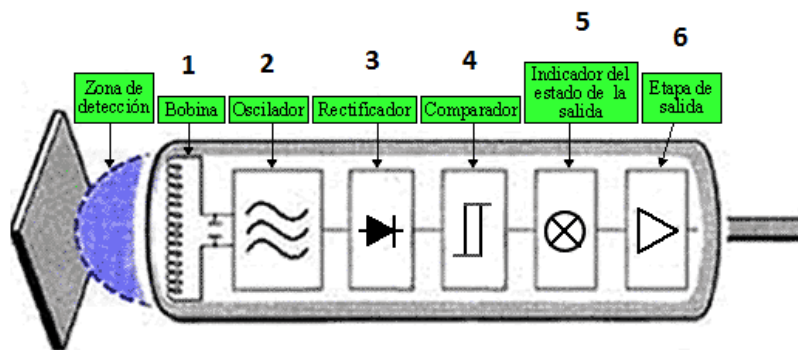
Figura 7, Principio de operación de un sensor inductivo



(3)

Un sensor inductivo se divide en seis bloques, los cuales se muestran en la Figura 8.

Figura 8, Bloques de un sensor inductivo



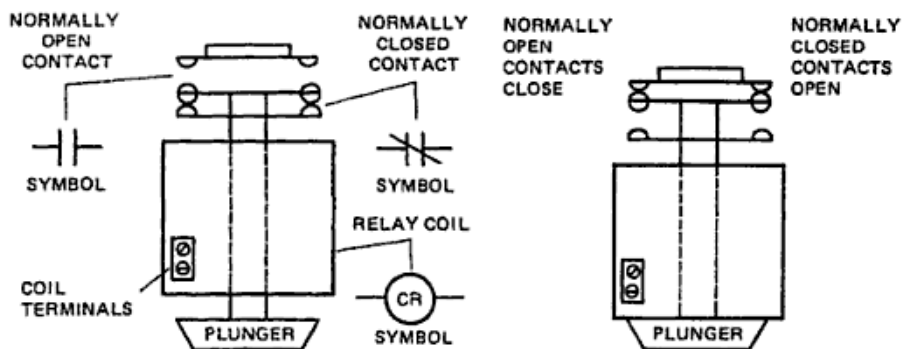
(16)

1. Bobina en la cual se genera un campo eléctrico alterno.
2. Circuito oscilador que actúa como fuente de alimentación alterna de la bobina.
3. La señal recibida del oscilador es convertida en una señal digital por medio de un circuito rectificador.
4. Compara la señal que proviene del rectificador con una señal de umbral que cambia ligeramente dependiendo del estado de activación, creando así la histéresis del sensor.
5. Indicador LED del estado de detección.
6. Acondiciona la señal procedente del comparador a los valores de tensión o corriente normalizados. (16)

5. Relé

Un relé es un dispositivo electromecánico con contactos móviles y estacionarios. Los contactos móviles están unidos a un émbolo u otra armadura, el/la cual se desplaza y cierra los contactos normalmente abiertos cuando la bobina del relé es energizada. (9)

Figura 9, Partes y estados del relé



(9)

Al observar la Figura 9, la imagen del lado izquierdo corresponde al estado desenergizado del relé, mientras que la del lado derecho muestra el estado del relé tras haber energizado la bobina. (9)

6. Silo de cemento

Un silo de cemento es un contenedor de almacenamiento para el acopio y distribución de varios tipos de cemento. Puede estar estructurado para almacenar pequeñas cantidades, o bien puede estar diseñado para retener cientos de toneladas eficientemente (ver figura 10). Generalmente, los silos con grandes capacidades son estructuras permanentes y se encuentran en las Plantas de concreto. (19)

Figura 10, Silos

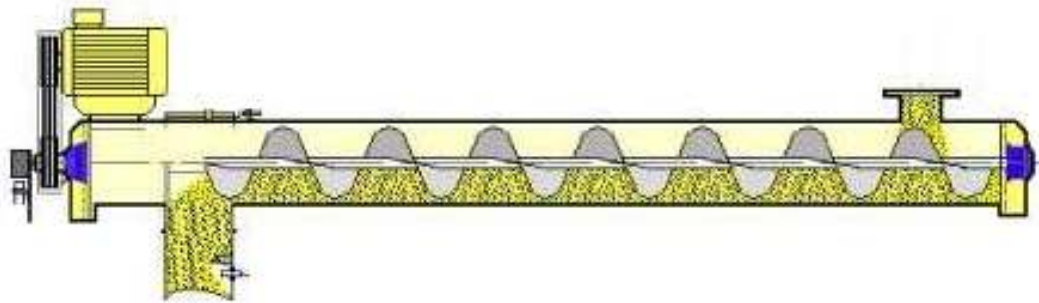


(12)

7. Transportador de tornillo sinfín

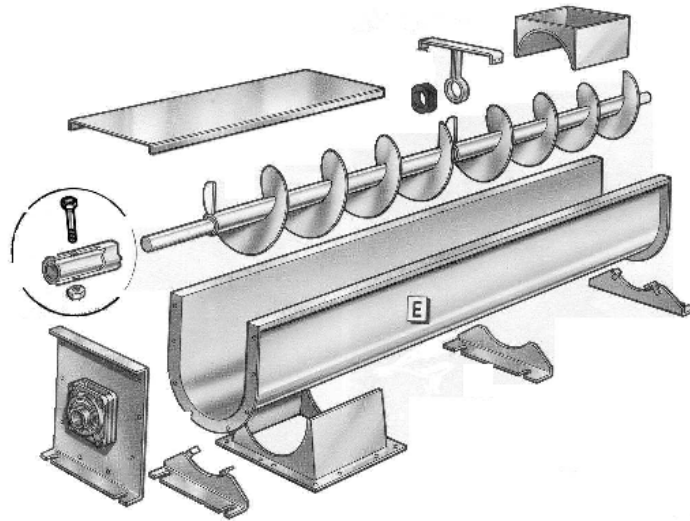
Un transportador de tornillo sinfín consiste en un cuerpo tubular o rectangular, fijado por piezas intermedias de empalme mediante tornillos de apriete, un tornillo sinfín, que se encarga de realizar el transporte del producto y un motor eléctrico (ver Figura 11 y 12). El sinfín se define en función de las características de trabajo, como pueden ser el caudal, cantidad de sólidos a transportar, velocidad de transporte, inclinación del equipo, características del material a transportar, dimensiones del canal, etc. (2)

Figura 11, Transportador de tornillo sinfín



(21)

Figura 12, Despiece del transportador



(15)

V. ANTECEDENTES

Debido al avance tecnológico, ningún sistema industrial está exento de actualizaciones. El sistema de transporte desde los silos hasta las envasadoras es un claro ejemplo de esta situación.

El sistema de transporte actual cuenta con distintos problemas haciéndolo ineficiente. El uso de sensores de nivel es indispensable para tener control sobre las válvulas de alimentación del proceso y de los transportadores de tornillo sinfín. Además, es necesario confirmar que los equipos estén operando de forma adecuada, es por esto que se incorporan sensores de movimiento.

Las luces piloto facilitarán a los operadores la supervisión del proceso, ya que podrán saber cuál es el estado de los componentes mediante la visualización de un panel. De manera similar, las balizas luminosas se encenderán cuando los sensores de nivel se accionen.

Todo esto es posible mediante el uso de un PLC. Este interpreta las señales procedentes de los sensores y de los contactores de los motores y realiza las acciones correspondientes. El PLC es un componente indispensable para este proceso, y la reprogramación y la expansión mediante el uso de módulos lo hacen sumamente versátil.

Actualmente, no se cuenta con los diagramas eléctricos de los componentes vinculados con el proceso, por lo que fue necesario identificar dichos componentes para realizar los diagramas correspondientes.

VI. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

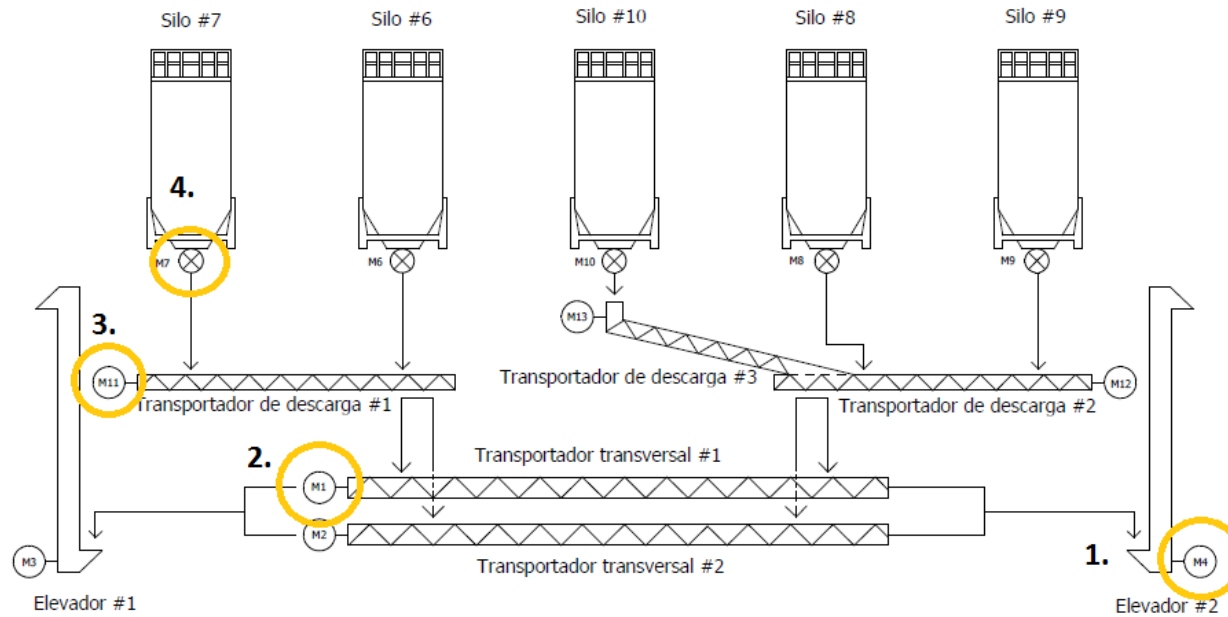
Este trabajo consiste en el diseño de optimización del sistema de transporte de los silos del 6 al 10 hacia dos elevadores con diferentes destinos. Dicho transporte es controlado en su totalidad por un operador y el modo de operación se describe a continuación.

1. Descripción general del proceso

Dicho proceso se lleva a cabo empleando una secuencia operada manualmente y no existe elemento o señal alguna que interfiera.

A continuación, se muestra el procedimiento actual en la figura 13, tomando como ejemplo una descarga desde el Silo #7 hacia el elevador #2 empleando únicamente uno de los dos transportadores transversales.

Figura 13, Diagrama de flujo del sistema actual de transporte



1. El operador utiliza un interruptor para accionar el motor del elevador hacia el que va a descargar (ver Figura 13).
2. Luego, el operador acciona el motor del transportador transversal que desea (ver Figura 13).
3. Después de accionar el transportador transversal, se acciona el transportador de descarga correspondiente al Silo desde el que se desea despachar producto (ver Figura 13).
4. Finalmente, ya que todos los equipos vinculados con el sistema de despacho están encendidos, el operador acciona la válvula del Silo que desea (ver Figura 13).

Las rutas de descarga son las siguientes:

1. Silo 7>> transportador de descarga 1>> transportador transversal1/
transportador transversal 2>> Elevador 2
2. Silo 6>> transportador de descarga 1>> transportador transversal1/
transportador transversal 2>> Elevador 2
3. Silo 10>> transportador de descarga 3>> transportador de descarga
2>> transportador transversal1/ transportador transversal 2>> Elevador 1
4. Silo 8>> transportador de descarga 2>> transportador transversal1/
transportador transversal 2>> Elevador 1
5. Silo 9>> transportador de descarga 2>> transportador transversal1/
transportador transversal 2>> Elevador 1

El problema con este sistema es que si alguno de los transportadores llega a sobrecargarse, no hay respuesta automática que solucione el inconveniente.

Actualmente, hay un operador que se encarga de supervisar que los áridos no excedan la capacidad del transportador. Sin embargo, dicho procedimiento es sumamente ineficiente, ya que aunque el operador detecte el problema en el instante en que ocurre, los interruptores para detener el sistema se encuentran distantes, por lo que resulta imposible que este llegue a tiempo para prevenir una obstrucción.

Cada sobrecarga representa pérdidas, ya que todo el sistema se tiene que detener para poder recoger el producto, y reanudar el sistema. Por lo general, el problema sucede en la descarga entre los transportadores transversales y los elevadores. Por esta razón se propone emplear sensores de nivel en dichas intersecciones para que detengan el proceso en caso de sobrecarga.

Otro problema con el sistema actual, es que los tornillos sin fin que transportan el cemento se han quebrado en ciertas ocasiones, por lo que el material deja de fluir, y se acumula en un solo lugar hasta que excede la capacidad de contención del transportador y se desborda, siendo esta última la única forma que el operador detecte que existe una falla. Es por esto que se propone utilizar sensores de proximidad inductivos, para saber si el equipo se encuentra en movimiento.

El último aspecto a tratar del sistema actual es el de señalización. Debido a que no existe algún indicador visual de los equipos que se encuentran en operación, la revisión de fallas consume más tiempo del necesario y puede llegar a situar al operador en riesgo.

Este diseño propone el uso de balizas luminosas para indicar el estado de los sensores de nivel y luces piloto para el estado de los demás componentes, para que la detección y reparación de fallas consuma menos tiempo.

VII. METODOLOGÍA

La elaboración de este trabajo se llevó a cabo según el desarrollo de las siguientes etapas:

En principio, se conoció el lugar de trabajo, observando las distintas áreas correspondientes a las etapas de fabricación y despacho del cemento. Después de observar la planta en su totalidad, se determinó cuál era el área con más oportunidad y necesidad de automatizar. Con base en una decisión propia, y a la autorización de los supervisores del área de mantenimiento de la planta, se eligió implementar un sistema de alarmas empleando un controlador lógico programable (PLC), sensores de nivel tipo vibratorio y sensores de proximidad inductivos en el área de las envasadoras. Sin embargo, por políticas de la empresa y por razones económicas se decidió diseñar dicho sistema para una próxima implementación.

Durante el período de las prácticas profesionales se familiarizó con el lenguaje de programación del controlador, realizando programas simples y probándolos al vacío. Por esta razón, el desarrollo del programa correspondiente al diseño se posibilitó después de la delimitación del sistema.

Al igual que los programas realizados durante las prácticas profesionales, el programa del presente trabajo fue probado al vacío, con la diferencia que fue probado por secciones, entendiéndose que nunca estuvieron todas las entradas y salidas conectadas al mismo tiempo, y utilizando un controlador más simple que el que se propone.

Después de haber comprobado que el programa del PLC funcionaba adecuadamente, se realizó una inspección sobre el equipo actual del sistema y se discutió con los supervisores del área de mantenimiento de la planta, acerca

de las posibles modificaciones. Tras haber definido las modificaciones, se eligieron los componentes necesarios para la optimización del sistema y se realizaron los diagramas eléctricos del mismo.

Para contar con una referencia detallada sobre los componentes actuales y los componentes por implementar, los diagramas eléctricos muestran tanto la parte de potencia, como la de control.

VIII. DESARROLLO

La Ingeniería de Medición y Control se puede definir como el empleo de instrumentos para la detección, el procesamiento de datos y la corrección de los datos procesados. (1)

El diseño de este trabajo se divide en cuatro áreas: la introducción de nuevos elementos de control, la sustitución de algunos de los componentes actuales, la elaboración de los planos correspondientes al diseño por implementar, y la elaboración del programa del PLC.

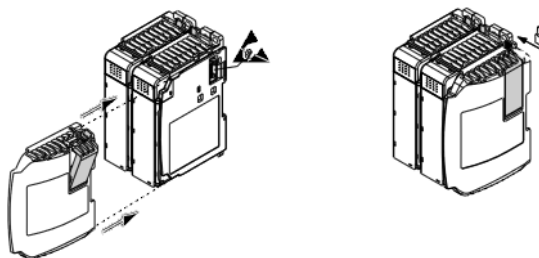
1. Introducción de los elementos de control

1.1 Controlador Lógico Programable. El elemento principal del presente diseño es el controlador lógico programable. Dicho controlador fue elegido según los estándares de la empresa y a las necesidades del proyecto. Se eligió un Controlador marca Allen Bradley®, de la familia MicroLogix™ 1500 (1764-28BXB), empleando un módulo de 32 entradas PNP (drenadoras) digitales de 24 VCC y un módulo de 16 salidas (surtidoras) 24 VCC de estado sólido. Las salidas surtidoras se emplearon para alimentar con corriente a los dispositivos de campo drenadores. Además, se dispone de aislamiento galvánico mediante el uso de relés de acople en las salidas del controlador. Dado que sólo se emplearán dos módulos de expansión, no es necesario agregar una fuente de alimentación adicional. Dicho controlador fue programado en lenguaje de programación tipo escalera, específicamente, RSLogix™ 500.

A continuación se presentan algunas consideraciones para la instalación y futuras expansiones del PLC:

1.1.1 Tapa de extremo. Es necesario utilizar una terminación de tapa al final de cada grupo de módulos E/S adjunto al Controlador MicroLogix™ 1500 (ver Figura 14).

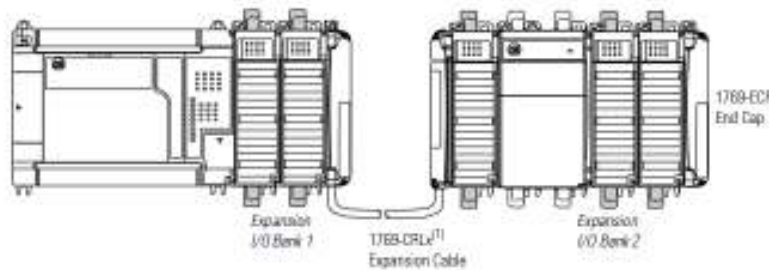
Figura 14, Tapa de extremo derecho



(10)

1.1.2 Agregar un Banco de E/S. El controlador MicroLogix™ 1500 permite añadir un banco de módulos utilizando un cable de expansión. Sin embargo, cada banco debe tener su propia fuente de alimentación. El banco #1 utiliza la fuente integrada del controlador, y el banco #2 utiliza una fuente independiente y se recomienda que se instalen horizontalmente, como se aprecia en la Figura 15. (10)

Figura 15, Expansión de módulos

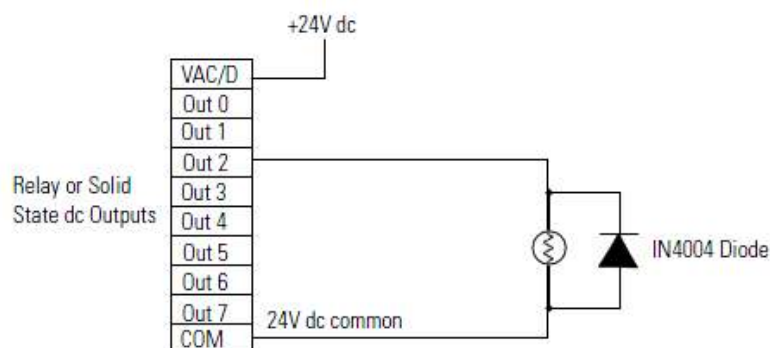


(10)

1.1.3 Ubicación del Controlador. El Controlador debe de instalarse en un perímetro industrial con grado de contaminación 2¹ para reducir los efectos de interferencia eléctrica. Además debe ubicarse lo más lejano posible de las líneas de potencia, carga y cualquier otra fuente de ruido eléctrico. (10)

1.1.4 Uso de Supresores. Debido a que las salidas que se utilizarán son de corriente continua, se recomienda el uso de un diodo 1N4004 como supresor de picos (ver figura 16). (10)

Figura 16, Supresor para salida DC



(10)

¹ Grado de contaminación 2; entorno en el que sólo hay contaminantes no conductores, a excepción de conductividad temporal debido a la humedad. (10)

1.2 Sensor de nivel de Tipo diapasón. Este diseño emplea cuatro sensores de nivel ubicados en los transportadores transversales (dos en cada transportador). Cuando el nivel del producto alcanza el nivel máximo, este envía una señal al controlador, el cual a su vez apaga el motor de la válvula de alimentación del proceso y apaga los motores de los transportadores que estén activos en ese momento.

El tipo de sensor se eligió por las condiciones de operación y al producto que se despacha. Los dos métodos más eficientes según las fuentes de referencia fueron el método de supresión de rotación empleando paletas rotativas y el método del diapasón. Sin embargo, debido al lugar en el que el sensor se debía de instalar, se determinó que el más apropiado era el del diapasón. Dicho sensor es capaz de trabajar a presiones y temperaturas más altas que el sensor de paletas rotativas. Los sensores de diapasón a utilizar funcionan con una alimentación eléctrica de 24 VCC y son de tres hilos con salida PNP. El material de la horquilla es de acero inoxidable, AISI 316Ti^{II}.

Se recomienda que el ambiente en el que se encuentre el sensor no exceda los 60°C y los 10bar de presión y que se instale tal y como lo muestra la Figura 17:

Figura 17, Instalación del sensor de nivel

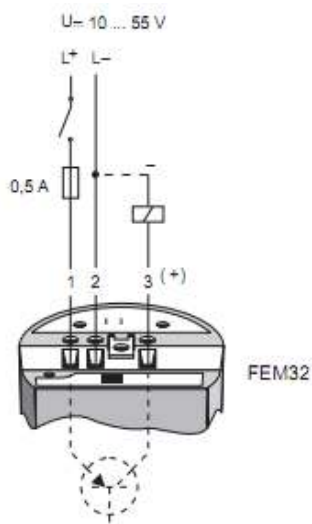


^{II}Austenítico resistente a las altas temperaturas, resistencia mecánica y anticorrosivo. (1)

Se debe soldar un cilindro inclinado en la caja del tornillo transportador y se inserta el diapasón, cuidando que no entre en contacto con el tornillo.

A continuación, la Figura 18 muestra las terminales eléctricas del sensor de nivel.

Figura 18, Conexión eléctrica del sensor de nivel



(14)

A continuación, las tablas 1, 2, 3 y 4 presentan las ponderaciones de los tipos de sensor que se podrían haber empleado de acuerdo al tipo de medición, propiedades del producto y condiciones del proceso.

Tabla 1, Tipo de medición

Método	Tipo de medición	
	Medición de nivel	Detección de nivel
Pesaje	Bueno	Con limitaciones
Diapasón	No aplica	Bueno
Supresión de la rotación	No aplica	Bueno
Medición por conductividad	No aplica	Bueno
Medición por capacidad	Bueno	Bueno
Absorción de la radiación gamma	Bueno	Bueno
Absorción/Reflexión de ondas sonoras	Bueno	Bueno

(17)

Tabla 2, Propiedades del producto

Método	Propiedades del producto			
	Corrosivo	Pulverulento	Granulado	Partículas grandes
Pesaje	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Diapasón	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
Supresión de la rotación	Con limitaciones	Bueno	Bueno	Malo
Medición por conductividad	Malo	Con limitaciones	Bueno	No aplica
Medición por capacidad	Bueno	Con limitaciones	Con limitaciones	Malo
Absorción de la radiación gamma	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Absorción/Reflexión de ondas sonoras	Con limitaciones	Con limitaciones	Bueno	Bueno

(17)

Tabla 3, Condiciones del proceso – Presión

Método	Condiciones del proceso-Presión		
	Presión inferior a 0.5 bar	Presión entre 5 y 10 bar	Presión superior a 10 bar
Pesaje	Bueno	Bueno	Bueno
Diapasón	Bueno	Bueno	Malo
Supresión de la rotación	Bueno	Malo	Malo
Medición por conductividad	Bueno	Bueno	Bueno
Medición por capacidad	Bueno	Bueno	Bueno
Absorción de la radiación gamma	Bueno	Bueno	Bueno
Absorción/Reflexión de ondas sonoras	Bueno	Con Limitaciones	Malo

(17)

Tabla 4, Condiciones del proceso – Temperatura

Método	Condiciones del proceso - Temperatura		
	Temp. inferior a 50°C	Temp. entre 50°C y 100°C	Temp. superior a 100°C
Pesaje	Bueno	Bueno	Bueno
Diapasón	Bueno	Bueno	Bueno
Supresión de la rotación	Bueno	Con limitaciones	Malo
Medición por conductividad	Bueno	Bueno	Bueno
Medición por capacidad	Bueno	Bueno	Bueno
Absorción de la radiación gamma	Bueno	Bueno	Bueno
Absorción/Reflexión de ondas sonoras	Bueno	Con limitaciones	Malo

(17)

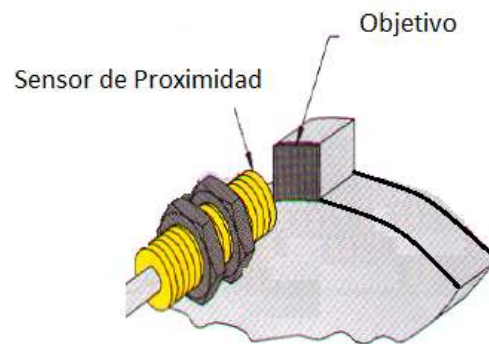
De las cuatro tablas anteriores podemos observar que los cuatro métodos con mejores puntuaciones son: el de pesaje, el del diapasón, el de supresión de la rotación y el de absorción de la radiación gamma. Sin embargo, en este proceso no interesa medir el nivel, ya que lo que se desea es detectar el producto. Por esta razón el método de pesaje se descarta antes de evaluar las demás características.

El método de absorción de la radiación gamma resultó ser bueno en todos los aspectos, sin embargo, su costo es demasiado alto, y emplear dicho método involucraría medidas especiales de seguridad.

1.3 Sensor de movimiento. Este diseño involucra 12 sensores de proximidad inductivos; tres ubicados en el extremo de cada uno de los transportadores de descarga, dos ubicados en los transportadores transversales, dos ubicados en los elevadores y cinco en las válvulas (uno por válvula).

El uso de estos sensores permitirá saber si los equipos están funcionando de manera apropiada, ya que controlaran el movimiento de los mismos de la siguiente manera.

Figura 19, Instalación del sensor de proximidad



(3)

La idea consiste en agregar un dispositivo al final del eje del tornillo (ver Figura 19) de manera que mientras éste se mantenga girando, el sensor de proximidad sea obstruido intermitentemente (la superficie del objeto a detectar debe ser aproximadamente dos veces más grande que el diámetro del sensor y preferentemente debe ser de acero dúctil).

En caso que el tornillo se quiebre o se atasque, la frecuencia con la que el sensor es interrumpido variará y este provocará una señal de falla en el PLC.

Dada la aplicación, se eligieron sensores con blindaje de 24 VCC con salida PNP de tres hilos.

1.4 Balizas luminosas. Se emplearán balizas luminosas, como la que se muestra en la Figura 20 para indicar el estado de los sensores de nivel. Cuando el sensor detecte que el material ha alcanzado el nivel máximo de operación, la baliza se encenderá.

Figura 20, Baliza luminosa Telemecanique



(13)

1.5 Relés de acoplamiento. En las salidas del PLC se dispone de una interfaz de salidas a Relé, empleando un relé de acoplamiento (ver Figura 21) por cada salida. La bobina de dicho relé está gobernada por el sistema lógico del PLC, y el contacto de dicho relé gobierna las balizas luminosas y detienen los motores correspondientes en caso de fallas.

Figura 21, Relés de acople



(4)

2. Sustitución de componentes

2.1 Pulsadores. El sistema actual dispone de interruptores para accionar todos los componentes vinculados con el sistema de transporte. Sin embargo, en este trabajo se propone sustituir dichos interruptores con pulsadores. Cada elemento del sistema dispondrá de pulsadores Telemecanique© y pilotos luminosos con LEDs integrados (ver Figura 22).

Figura 22, Luz piloto



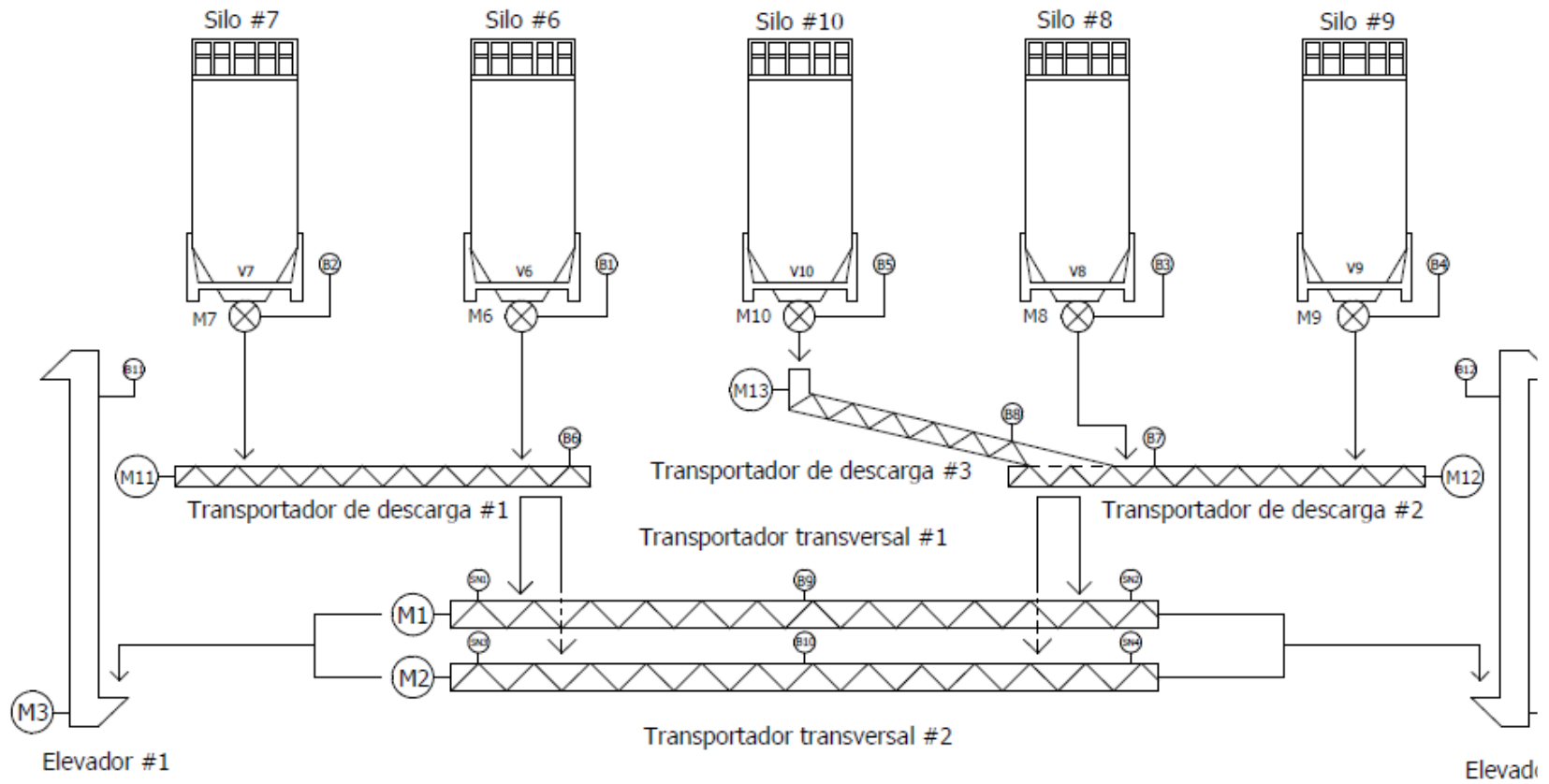
(13)

3 Elaboración de los planos correspondientes al diseño por implementar

Dado que el Sistema de transporte que se desea automatizar es bastante antiguo no se cuenta con los diagramas eléctricos de los componentes involucrados. Por esta razón se decidió realizarlos, incorporando los nuevos componentes, utilizando un software gratuito llamado CAdE_SIMU. Dichos planos se realizaron empleando simbología europea para cumplir con los estándares del lugar de trabajo.

A continuación se muestra el diagrama correspondiente al diseño del nuevo sistema de transporte.

Figura 23, Diagrama de flujo del sistema de transporte por implementar



4 Programa del PLC

A continuación, las Tablas 5 y 6 presentan la relación entre las entradas y salidas del programa realizado en RSLogix™ 500, con las entradas y salidas físicas del controlador.

Tabla 5, Entradas del PLC

Entradas	Descripción	Nombre
0	Arranque Válvula Silo #9	V9
1	Sensor de Movimiento Válvula Silo #9	B4
2	Sensor de Nivel #1	SN1
3	Arranque Gusano de Descarga #1	KM11
4	Sensor de Movimiento Gusano Descarga #1	B6
5	Arranque Marcha Gusano Transversal #1	K1F
6	Arranque Contramarcha Gusano Transversal #1	K1R
7	Arranque Marcha Gusano Transversal #2	K2F
8	Arranque Contramarcha Gusano Transversal #2	K2R
9	Sensor de Movimiento Gusano Transversal #1	B9
10	Sensor de Movimiento Gusano Transversal #2	B10
11	Arranque Elevador #1	KM3
12	Arranque Elevador #2	KM4
13	Sensor de Movimiento Elevador #1	B11
14	Sensor de Movimiento Elevador #2	B12
15	Arranque Gusano de Descarga #2	KM12
16	Sensor de Movimiento Gusano Descarga #2	B7
17	Arranque Gusano de Descarga #3	KM13
18	Sensor de Movimiento Gusano Descarga #3	B8
19	Arranque Válvula Silo #8	V8
20	Sensor de Movimiento Válvula Silo #8	B3
21	Arranque Válvula Silo #10	V10
22	Sensor de Movimiento Válvula Silo #10	B5
23	Arranque Válvula Silo #7	V7
24	Sensor de Movimiento Válvula Silo #7	B2
25	Arranque Válvula Silo #6	V6
26	Sensor de Movimiento Válvula Silo #6	B1
27	Sensor de Nivel #2	SN2
28	Sensor de Nivel #3	SN3
29	Sensor de Nivel #4	SN4

Tabla 6, Salidas del PLC

Salidas	Descripción	Nombre
0	Válvula Silo #9	KC9
1	Gusano de Descarga #1	KC11
2	Marcha Gusano Transversal #1	KC1F
3	Contramarcha gusano Transversal #1	KC1R
4	Marcha Gusano Transversal #2	KC2F
5	Contramarcha gusano Transversal #2	KC2R
6	Elevador #1	KC3
7	Elevador #2	KC4
8	Gusano de Descarga #2	KC12
9	Gusano de Descarga #3	KC13
10	Válvula Silo #8	KC8
11	Válvula Silo #10	KC10
12	Válvula Silo #7	KC7
13	Válvula Silo #6	KC6
14	Baliza Sensores de Nivel 1 & 2	KC20
15	Baliza Sensores de Nivel 3 & 4	KC21

5 Operación del proceso empleando el diseño propuesto

El programa del controlador funciona de la siguiente manera:

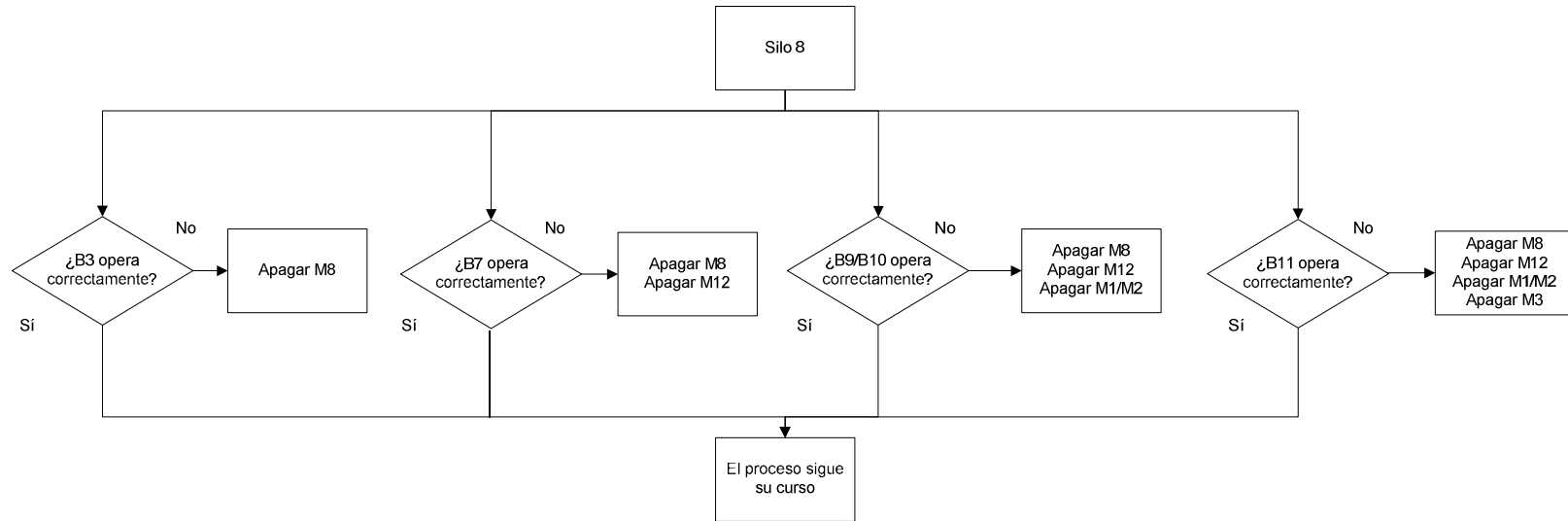
1. El operador enciende los elementos del proceso presionando los pulsadores correspondientes, siguiendo el orden que muestra la Figura 24.

Figura 24, Secuencia de ignición



2. El PLC analiza las señales de los sensores de proximidad en todo momento y en caso que alguno de estos se accione, procede como se muestra en las Figuras 25, 26 y 27.

Figura 25, Diagrama de flujo del proceso – Descarga del silo 8 al elevador 1

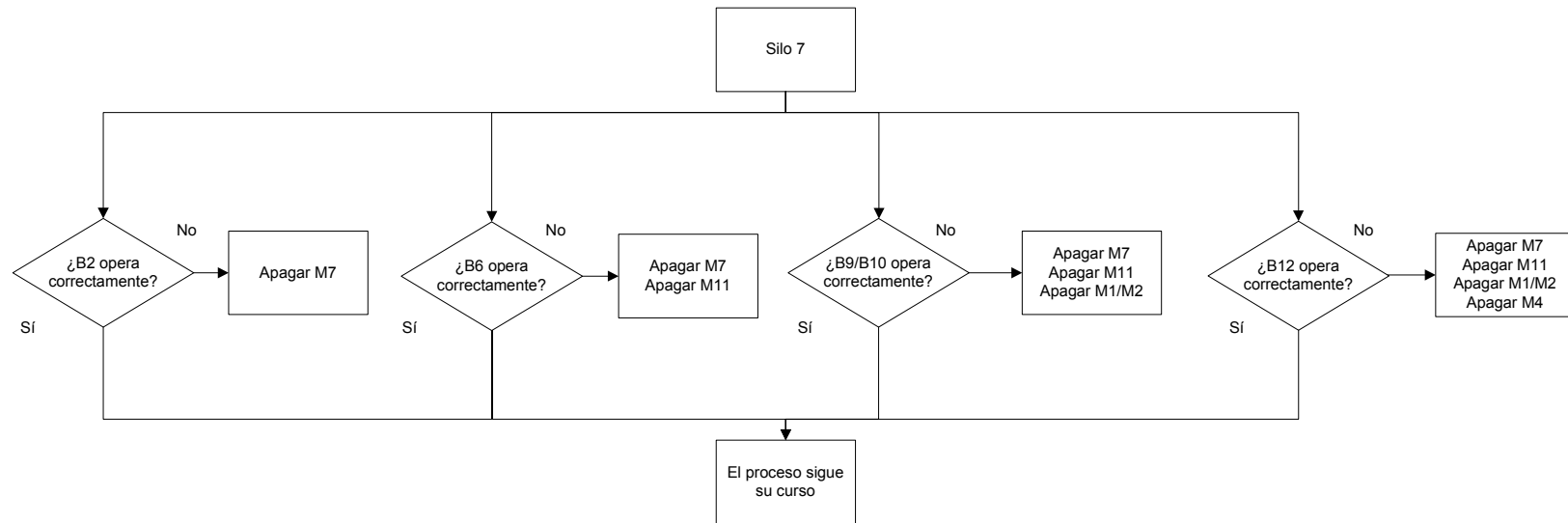


*Si se usa el transportador transversal 1, se analiza B9 en el tercer rombo de decisión y se apaga M1 en cuadro de proceso correspondiente.

*Si se usa el transportador transversal 2, se analiza B10 en el tercer rombo de decisión y se apaga M2 en cuadro de proceso correspondiente

*La descarga del silo 9 al elevador 1 se realiza de la misma manera pero en lugar de analizar B3, se analiza B4 y en lugar de apagar M8, se apaga M9.

Figura 26, Diagrama de flujo del proceso – Descarga del silo 7 al elevador 2

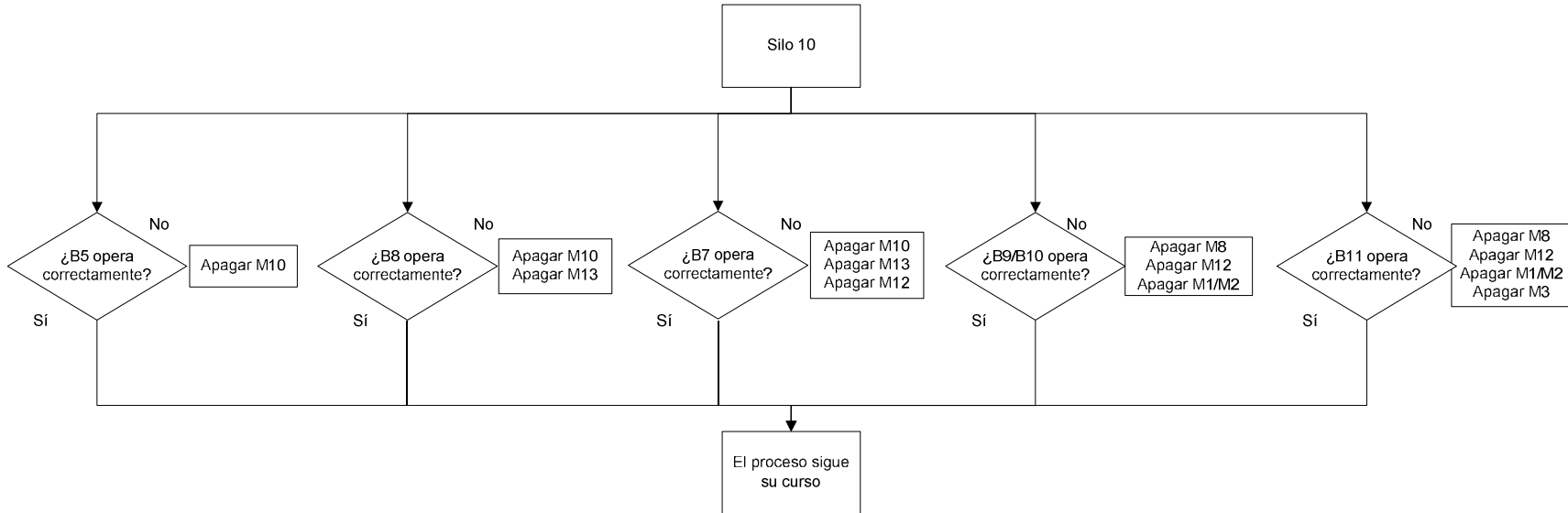


*Si se usa el transportador transversal 1, se analiza B9 en el tercer rombo de decisión y se apaga M1 en cuadro de proceso correspondiente.

*Si se usa el transportador transversal 2, se analiza B10 en el tercer rombo de decisión y se apaga M2 en cuadro de proceso correspondiente

*La descarga del silo 6 al elevador 2 se realiza de la misma manera pero en lugar de analizar B2, se analiza B1 y en lugar de apagar M7, se apaga M6

Figura 27, Diagrama de flujo del proceso – Descarga del silo 10 al elevador 1

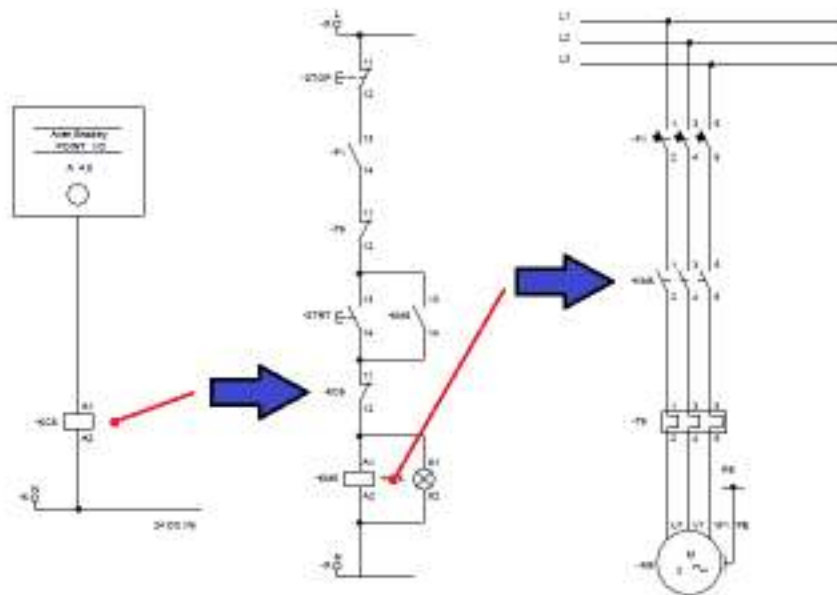


*Si se usa el transportador transversal 1, se analiza B9 en el tercer rombo de decisión y se apaga M1 en cuadro de proceso correspondiente.

*Si se usa el transportador transversal 2, se analiza B10 en el tercer rombo de decisión y se apaga M2 en cuadro de proceso correspondiente.

3. Las señales procedentes de los sensores de nivel son analizadas por el PLC en todo momento. El programa del controlador tiene un contacto normalmente abierto, correspondiente a dichos sensores, que se cierra cuando estos se accionan, energizando una salida.
4. Dicha salida está conectada directamente a un relé de acoplamiento. Donde dicho relé, conmuta un contacto normalmente cerrado, desenergizando al relé que acciona al contactor del motor (ver Figura 28).

Figura 28, Desconexión de motores

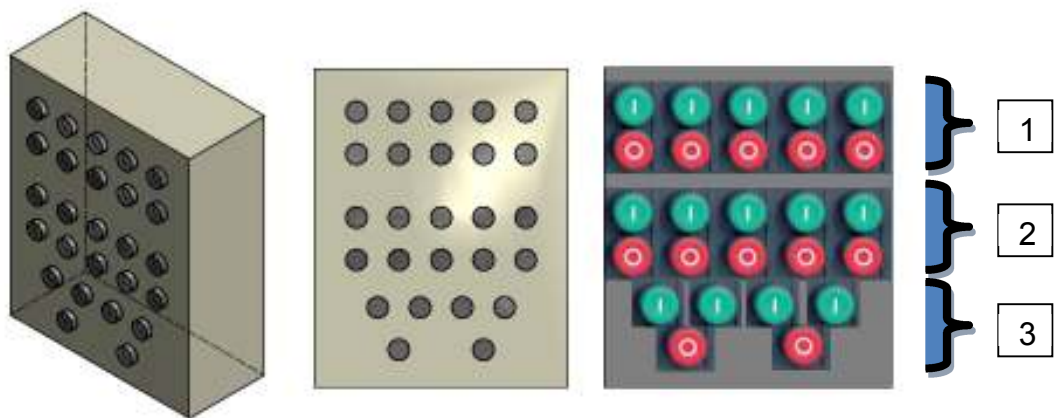


5. En caso que se desee detener el proceso, debe hacerse de forma inversa a la secuencia mostrada en la Figura 24.

6. Visualización del proceso

El operador dispondrá de un panel similar al que se muestra en la Figura 29.

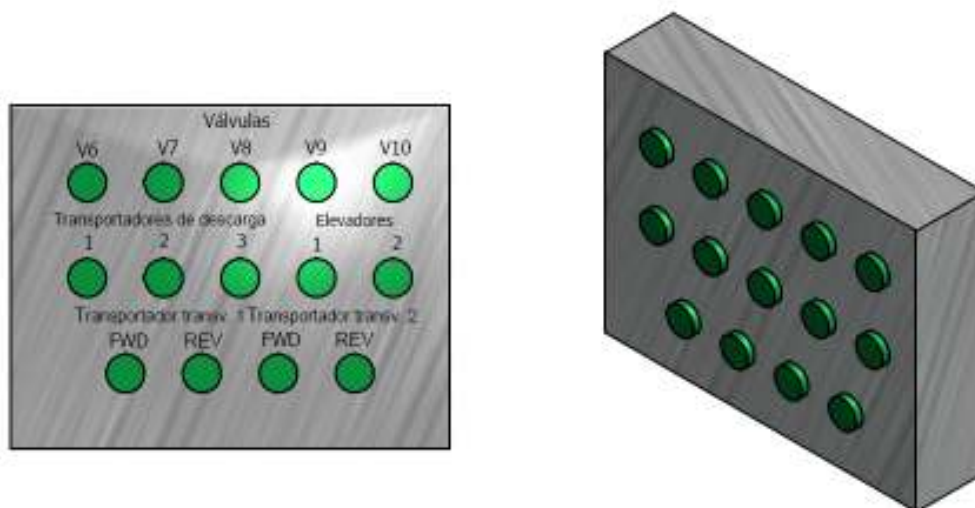
Figura 29, Panel de control



Donde el sector 1, indica los pulsadores para encender y apagar las cinco válvulas, el sector 2 indica los pulsadores para encender y apagar los tres transportadores de descarga y los dos elevadores y el sector 3 indica los pulsadores para encender y apagar los dos transportadores transversales. Nótese que cada transportador tiene dos pulsadores de accionamiento, ya que ambos son bidireccionales.

Además de dicho panel, el operador dispondrá un panel como el que se observa en la Figura 30, en donde las luces piloto correspondientes a los motores de los componentes vinculados al proceso, indicaran el estado de los mismos. La luz encendida indicara que el motor está funcionando y la luz apagada indicara lo contrario. Las balizas luminosas se encenderán en caso que los sensores de nivel se accionen.

Figura 30, Panel de estados



Con el sistema propuesto en este diseño, se solucionan todos los problemas actuales, ya que en caso que el nivel de cemento sobrepase el nivel establecido para una operación óptima, el sensor de nivel se accionará, enviando una señal al PLC, el cual a la vez, detendrá todo el proceso y encenderá las balizas luminosas correspondientes. De igual manera, en caso que alguno de los sensores de proximidad detecte que el equipo correspondiente se ha detenido, se accionará enviando una señal al PLC, el cual detendrá los equipos correspondientes.

Todo esto sucederá automáticamente, y el operador podrá saber el estado de los componentes vinculados con el proceso, observando el panel de estados (ver Figura 30).

IX. CONCLUSIONES

1. Se planteó el diseño de un sistema de control para evitar la sobre carga en el proceso de transporte desde los silos hasta los elevadores empleando un controlador lógico programable, sensores de nivel tipo diapasón y sensores de proximidad inductivos, para optimizar el sistema.
2. La elaboración de los planos eléctricos correspondientes al área por automatizar permitió la documentación del proceso, facilitando al usuario la comprensión de la estructura y la secuencia lógica del mismo.
3. La implementación del presente diseño facilitará al operador del proceso la supervisión y detección de fallas empleando dispositivos de señalización visual.
4. La introducción del controlador lógico programable en el presente diseño posibilita la expansión del control del sistema, haciendo viable la implementación de un sistema de ignición automático y secuencial de todos los componentes vinculados al sistema de despacho de cemento.

X. RECOMENDACIONES

1. Analizar las propuestas del presente diseño para el control del sistema de transporte e implementarlo.
2. Verificar que el sistema funciona de forma adecuada, accionando todos los elementos involucrados al vacío previo a realizar el primer despacho.
3. Realizar un plan de observación diario, del sistema completo, durante las primeras dos semanas después de la implementación del mismo.
4. Elaborar un protocolo de calificación de desempeño cuyo objetivo principal sea generar evidencia documentada sobre la capacidad del nuevo sistema para prevenir desbordamientos de cemento u otros áridos.
5. Ejecutar rutinas de mantenimiento en base a un programa previamente establecido con el objetivo de comprobar que los componentes están recibiendo y entregando los valores adecuados de corriente y voltaje.
6. Evaluar la posibilidad de mejoras continuas y proponer medidas de acción preventiva y medidas de contingencia para solucionar los problemas que se presenten.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alloy Wire International. *Acero Inoxidable 316Ti*. [En línea]
http://www.alloywire.com/spanish/alloy_stainless_steel_316Ti.html
2. ALNICOLSA del Perú S.A.C. *Tornillo sinfín*. [En línea]
<http://taninos.tripod.com/tornillo.html>
3. Canto, Carlos. *Sensores Inductivos*. [En línea]
http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENORES_INDUCTIVOS.PDF
4. *Coupling Relays* [En línea]
<http://www.automation.siemens.com/mcms/industrial-controls/en/controls/contactor/coupling-relay/Pages/default.aspx>
5. Donald G. Fink; Donald Christiansen. 1989. *Electronics engineers' handbook*. 3^aed. McGraw-Hill. 2463 págs.
6. *Introducción a los autómatas programables* [En línea]
http://www.formaciontecnica.cl/biblioteca/archivosBiblioteca/2007_INTRODUCCION_PLC_.pdf
7. Modesti, Mario. *Controladores de Lógica Programable (PLC)* [En línea]
http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/UNI5200_1.pdf
8. Programa de inducción, industria cementera de Guatemala 2011

9. Rexford, Kenneth; P. Giuliani. 2004. *Electrical Control for Machines*. 6^aed. Estados Unidos. Editorial Thomson. Págs 536
10. Rockwell Automation. *MicroLogix™ 1500 Programmable Controllers*. Manual de usuario, boletín 1764. Págs 174
11. Rockwell Automation. *What is IEC 1131?* [En línea]
<http://www.software.rockwell.com/corporate/reference/iec1131/>
12. Shandong Linq Yujian Construction Machinery Co., Ltd. *Concrete Plant* [En línea] <http://www.concreteplant.es/6-cement-silo.html>
13. Shneider Electric. *Unidades de mando y señalización Telemecanique* [En línea] <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap05.pdf>
14. *Soliphant II Technical Information*. Endress+Hauser [En línea]
<http://www.pci-instruments.com/eh/ti249fen.pdf>
15. Termovent Ltda. *Transportador Helicoidal* [En línea]
<http://www.termovent.cl/transportadorh.html>
16. Universidad de Vigo. *Sensores Inductivos*. [En línea]
<http://www.dte.uvigo.es/recursos/inductivos/INDUCTIVOS/Frames.htm>
17. Van de Kamp, Wim. *Teoría y práctica de medición de niveles*. 23^aed. Países Bajos, Endress+Hauser. 199 págs.
18. Velázquez, Iván. *Medición de nivel* [En línea]
http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez/Catedra/Capitulo%20.3%20Nivel.pdf

19. *What is a Cement Silo*. [En línea]
<http://www.wisegeek.com/what-is-a-cement-silo.htm>
20. Wiederick, H; N. Gauthier y Rochon, P. 1986. *Magnetic braking: Simple theory and experiment*. pp. 500-503.
- 21.4B Elevator Components Ltd. *Transportadores de tornillo sin-fin* [En línea] <http://www.go4b.co.uk/spanish/transportadores-de-tornillo-sin-fin.asp>

XII. APÉNDICE

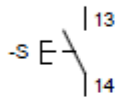
1. Simbología



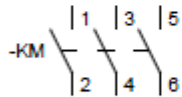
Contacto normalmente abierto



Contacto normalmente cerrado



Pulsador normalmente abierto



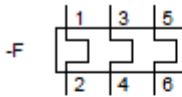
Contactador



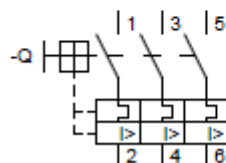
Fusible seccionable



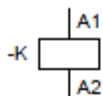
'Flipón' o 'Breaker'



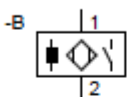
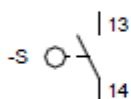
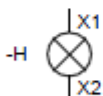
Relé térmico



Guardamotor



Relé

Sensor inductivo
normalmente abiertoContacto representativo
del sensor de nivel

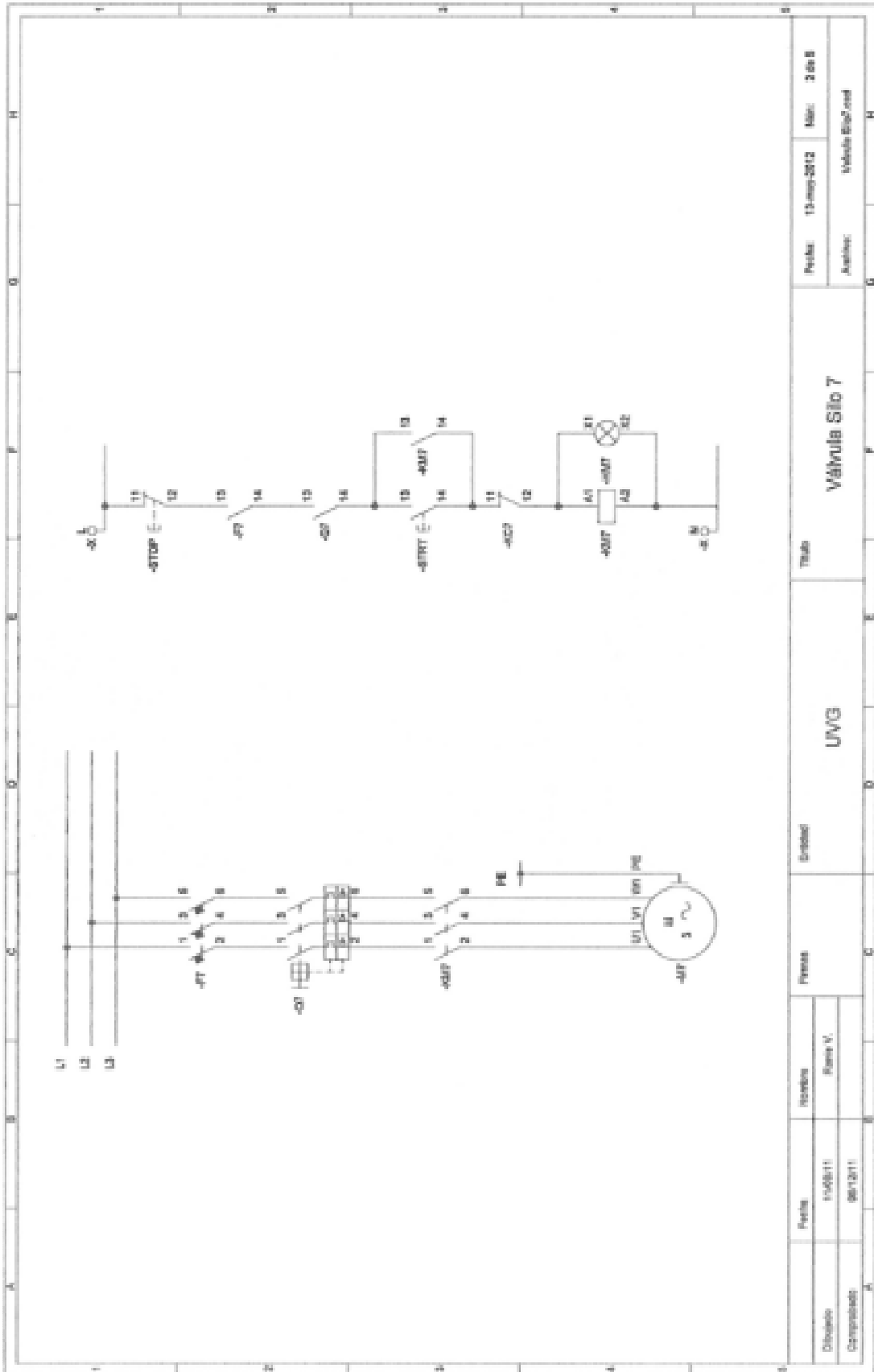
Luz piloto/Baliza luminosa



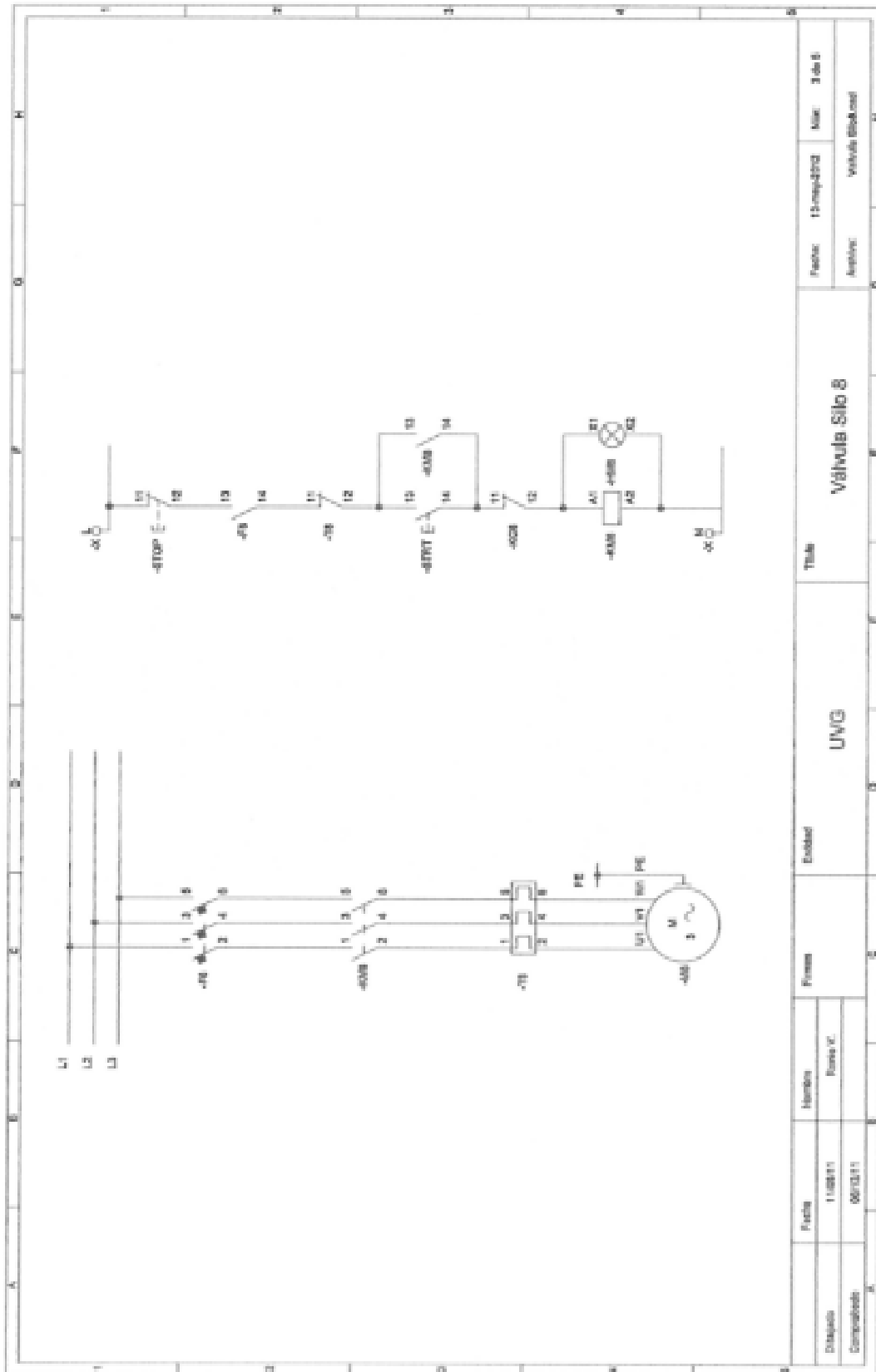
Motor trifásico

2. Diagramas eléctricos

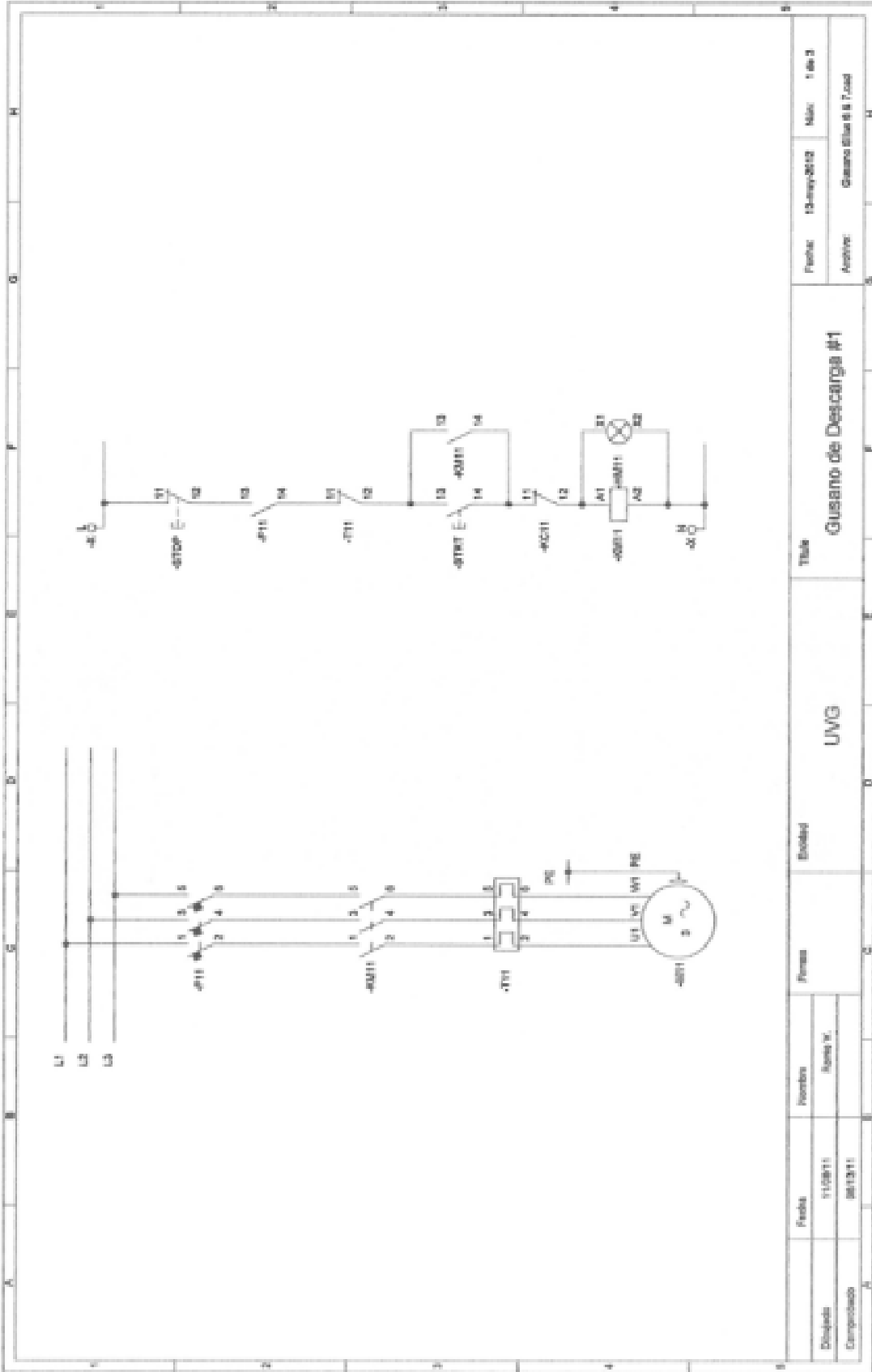
A continuación se presentan los diagramas eléctricos correspondientes al diseño propuesto.



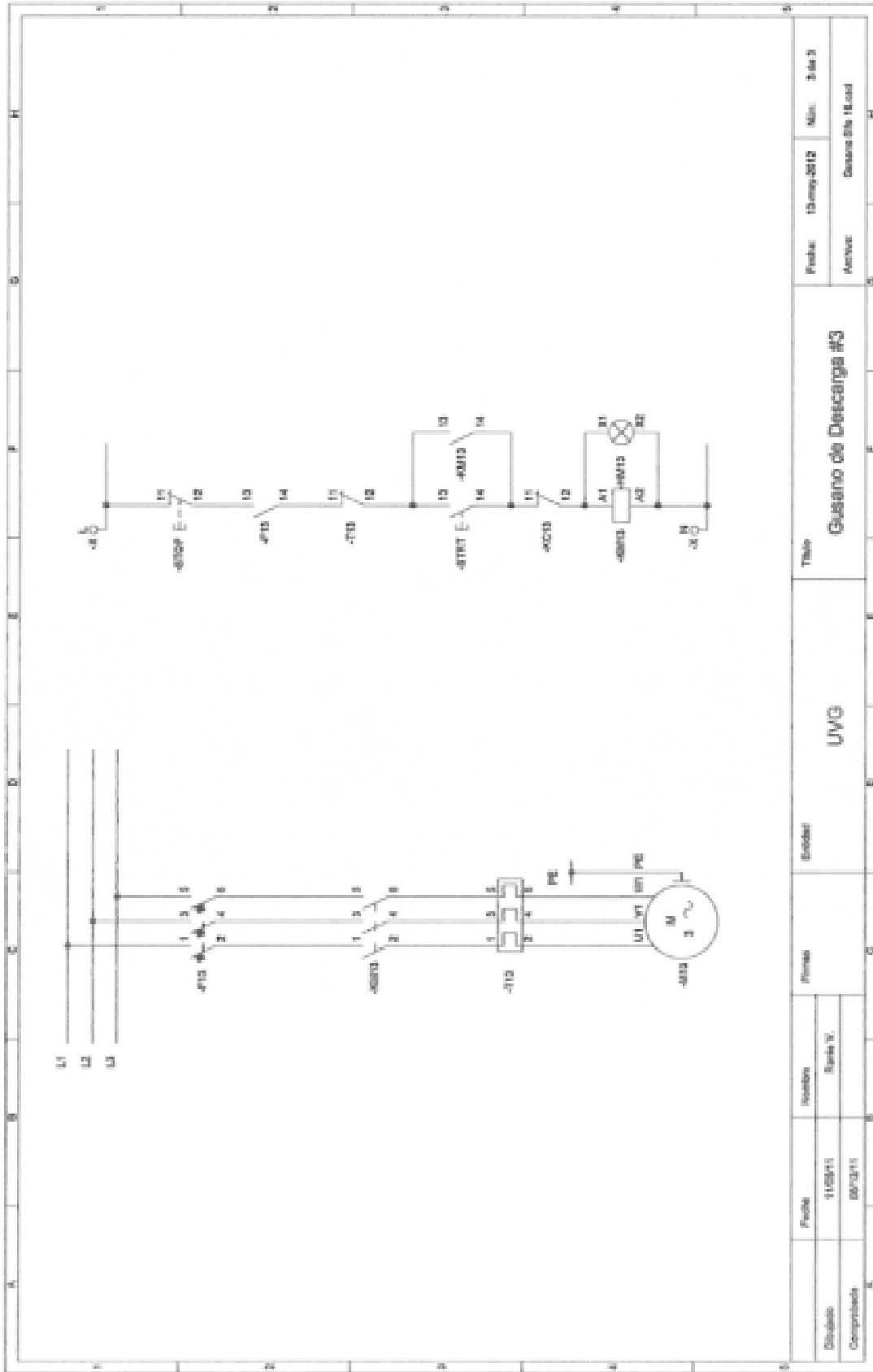
Fecha: 15-09-2012		Auto: 3 00 8	
Dibujado: 15-09-11		Análisis: Vehículo S10 7	
Comprobado: 08/12/11		Título: Vehículo S10 7	
Proyecto: 15-09-2012		Entidad: LWG	
Revisión: 1		Folio: 3 de 8	

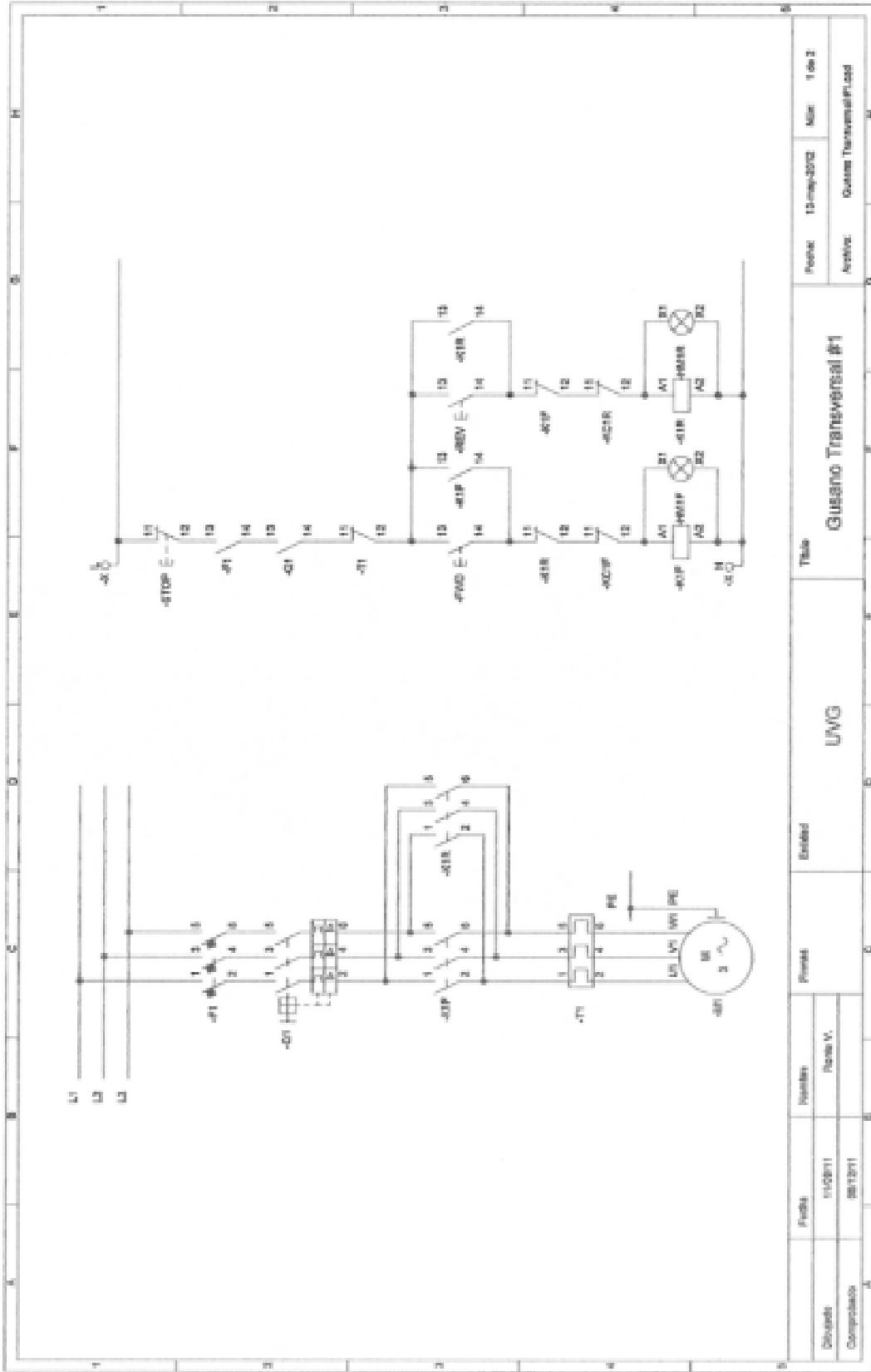


Ficha		Número		Fecha		12.may.2012		Mód.		3 de 8	
Disciplina	110211	Número		Título		Vehículo S11a 8		Mód.		Vehículo S11a 8	
Compartido	021211	Evidencia		UNCG							

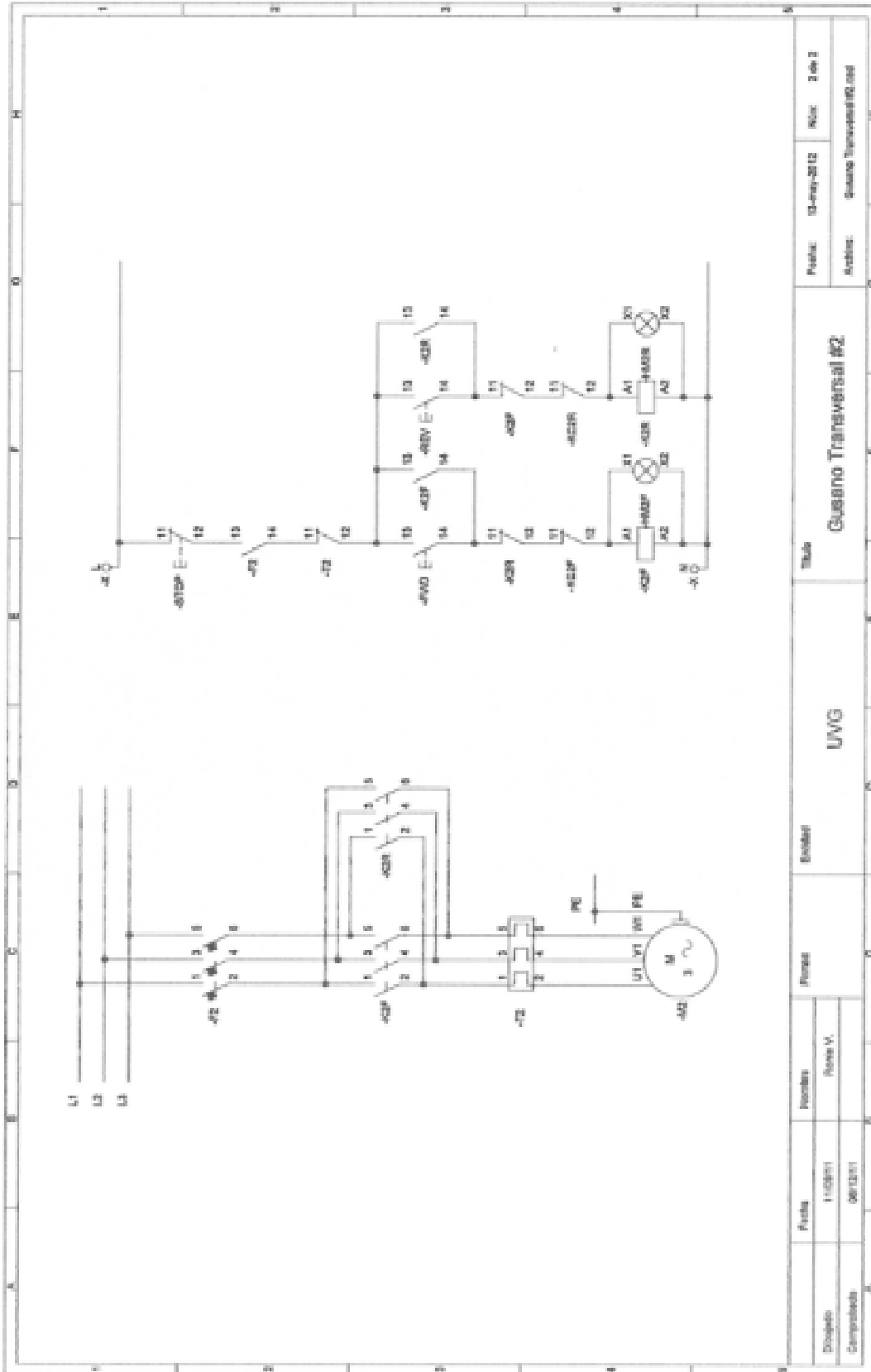


Fecha: 13-May-2012		Hojas: 1 de 3	
Archivos: Gusano de Descarga T. cad			
Título: Gusano de Descarga #1			
UWG			
Escala:			
Forma:			
Estado:			

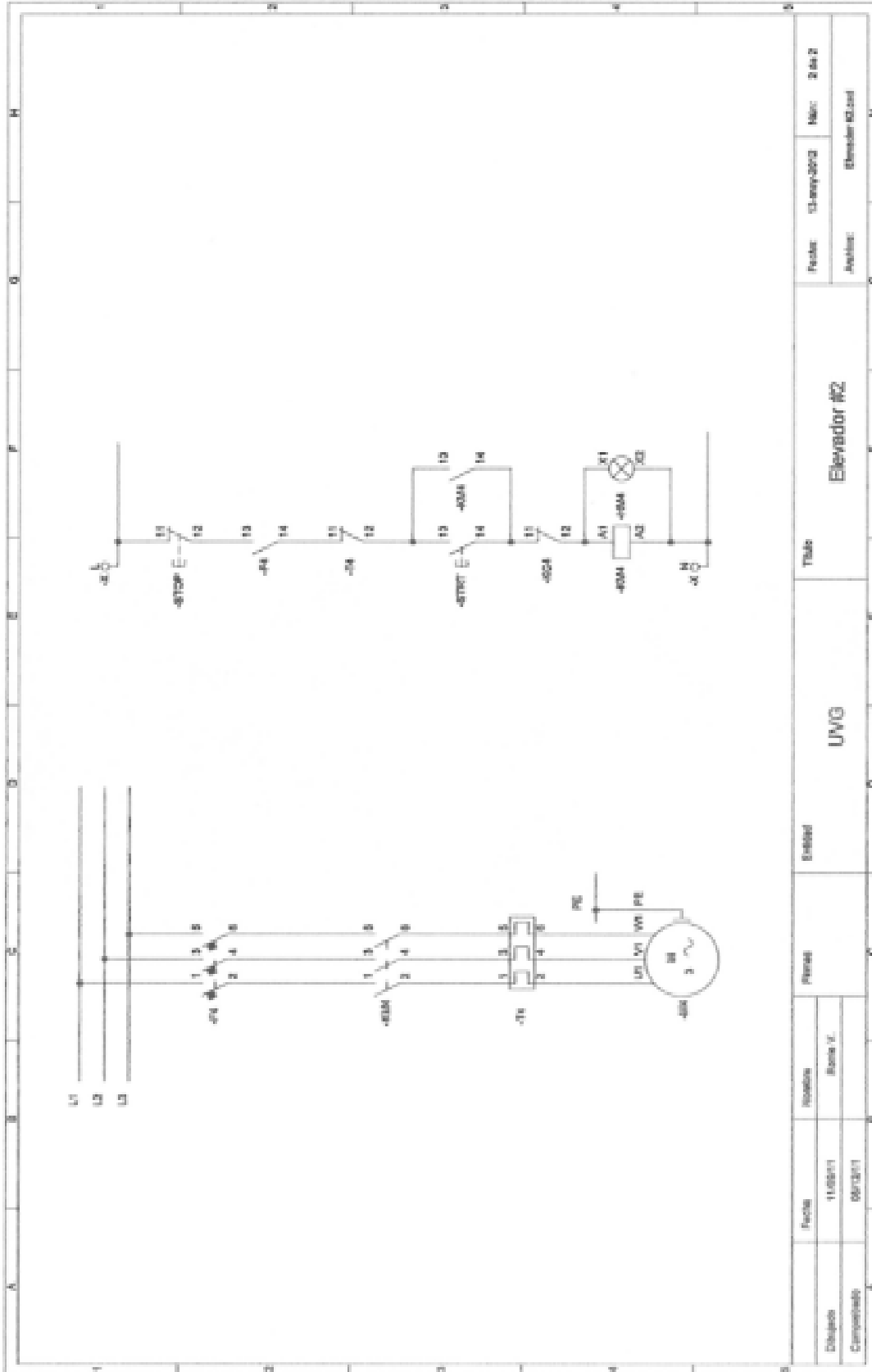




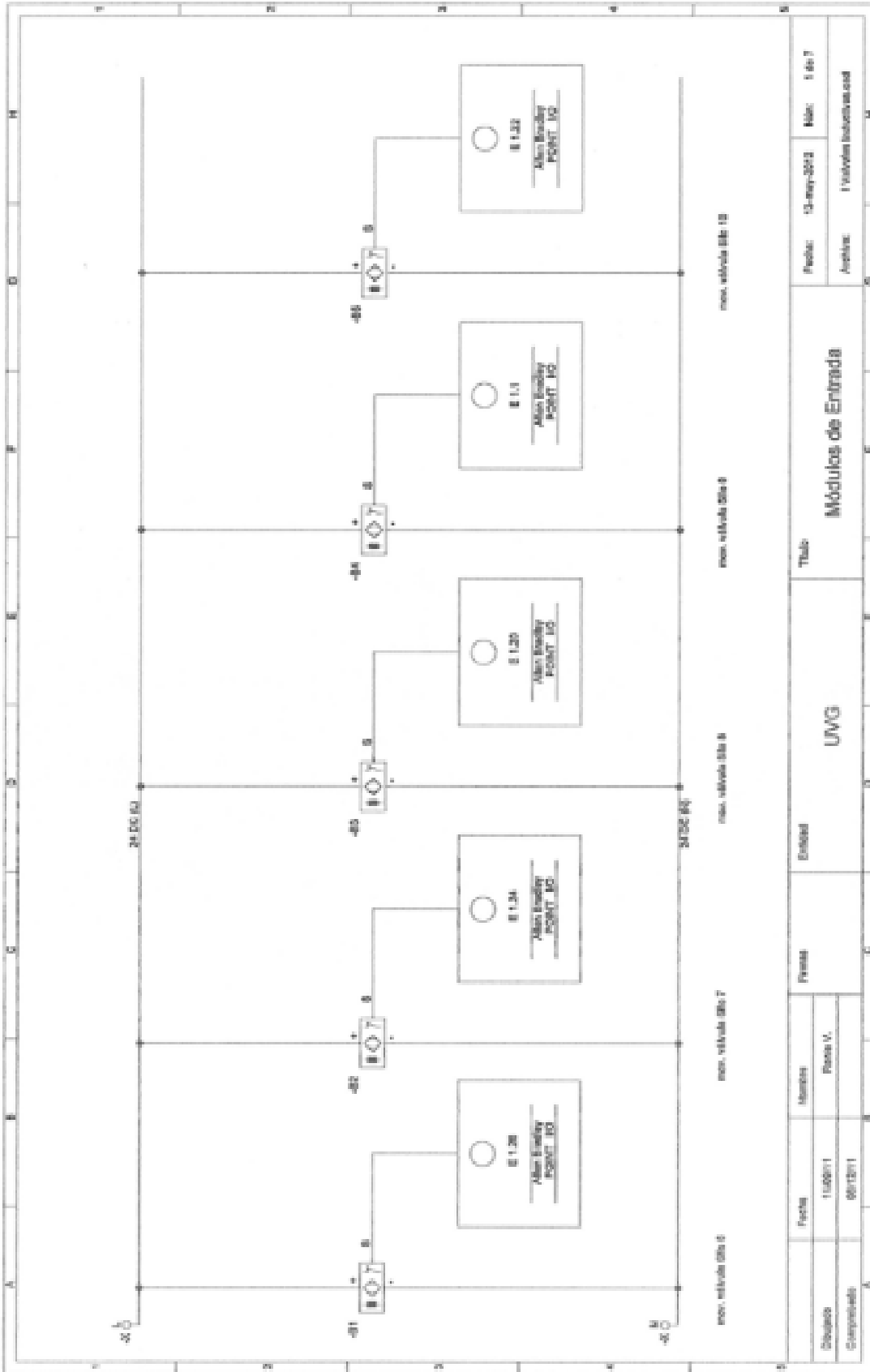
Situação Completa		Problema	Escudo	Título		Problema	Módulo	1 de 2
1103011 2813011				UNG		Gusano Transversal #1	12-meg-2012	
						Resolva	Gusano Transversal #1-Log	



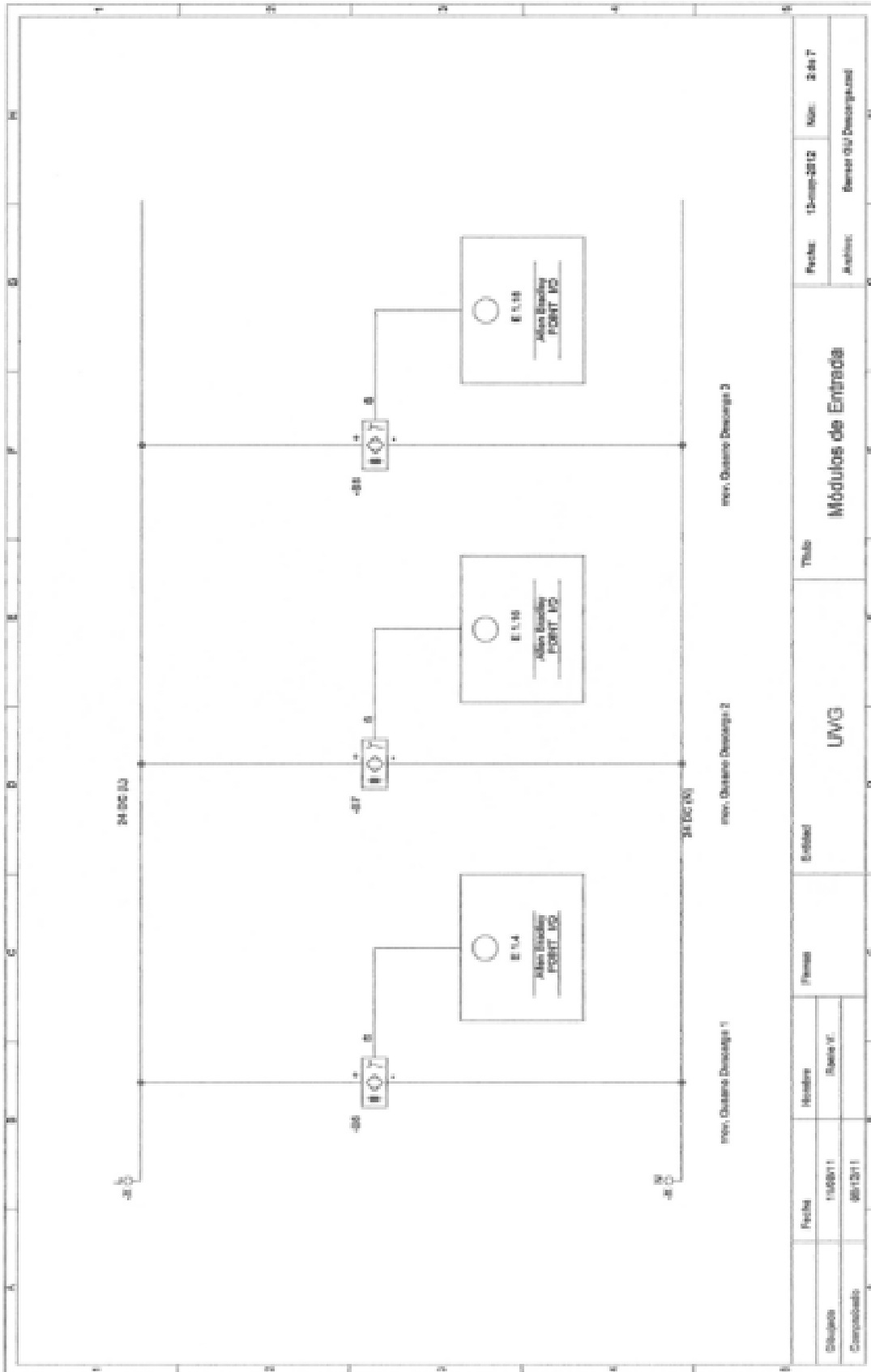
Diseño: CompuLab	Fecha: 11/05/11	Proyecto: Gusano Transversal #2	Fecha: 12-may-2012	Hoja: 2 de 2
	Revisión: 06/12/11		Revisión: Rosa V.	Autorevisión: Gusano Transversal #2.cad
Título: Gusano Transversal #2		UWG		



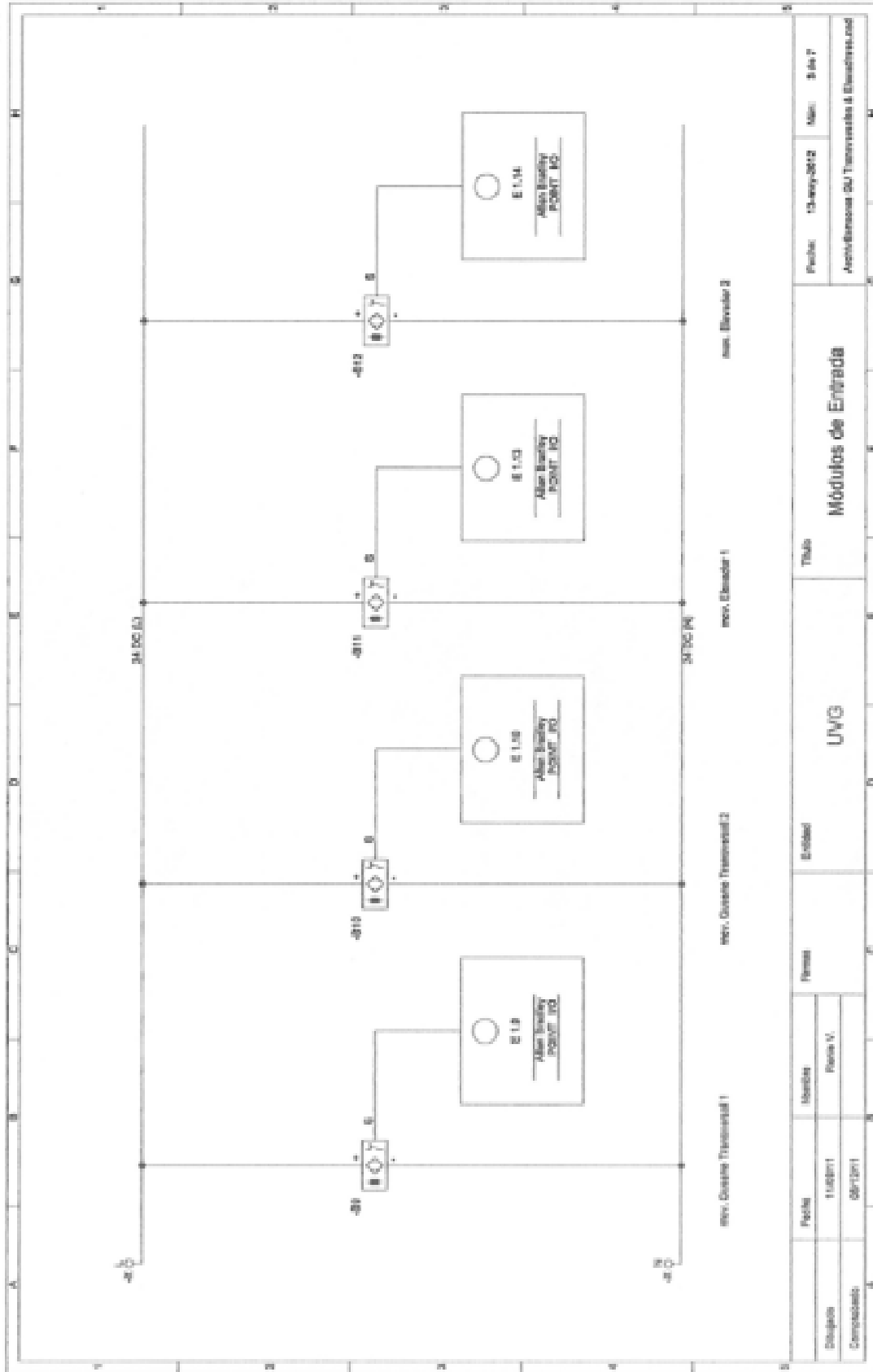
Fecha:	11/02/11	Revisión:	02/12/11	Elaborador:	Elvander #2.101
	02/12/11		02/12/11		Elvander #2.101
Dibujado:		Revisado:		Fecha:	
Comprobado:		Aprobado:		Habr:	
Título:			Elevador #2		
Escala:			UNO		
Elaborado:			Elvander #2.101		



Fecha		Nombre		Fecha		Fecha		Núm.		1 de 7	
11/09/11		Pena V.		08/12/11						11/09/11	
Cableado		Módulo		Entrada		UMG		Tubo		Módulos de Entrada	
Compuerto		Módulo		Entrada		UMG		Tubo		Módulos de Entrada	
Compuerto		Módulo		Entrada		UMG		Tubo		Módulos de Entrada	
Compuerto		Módulo		Entrada		UMG		Tubo		Módulos de Entrada	



Fecha:	15-09-2012	Min:	8 de 7
Comprobado:	08/12/11	Analisis:	Revisa O/U Desplazados
Modelo:	Panel	Titulo:	Módulos de Entrada
Comprobado:	08/12/11	Entidad:	U/VG
Modelo:	Panel	Entidad:	U/VG
Comprobado:	08/12/11	Entidad:	U/VG

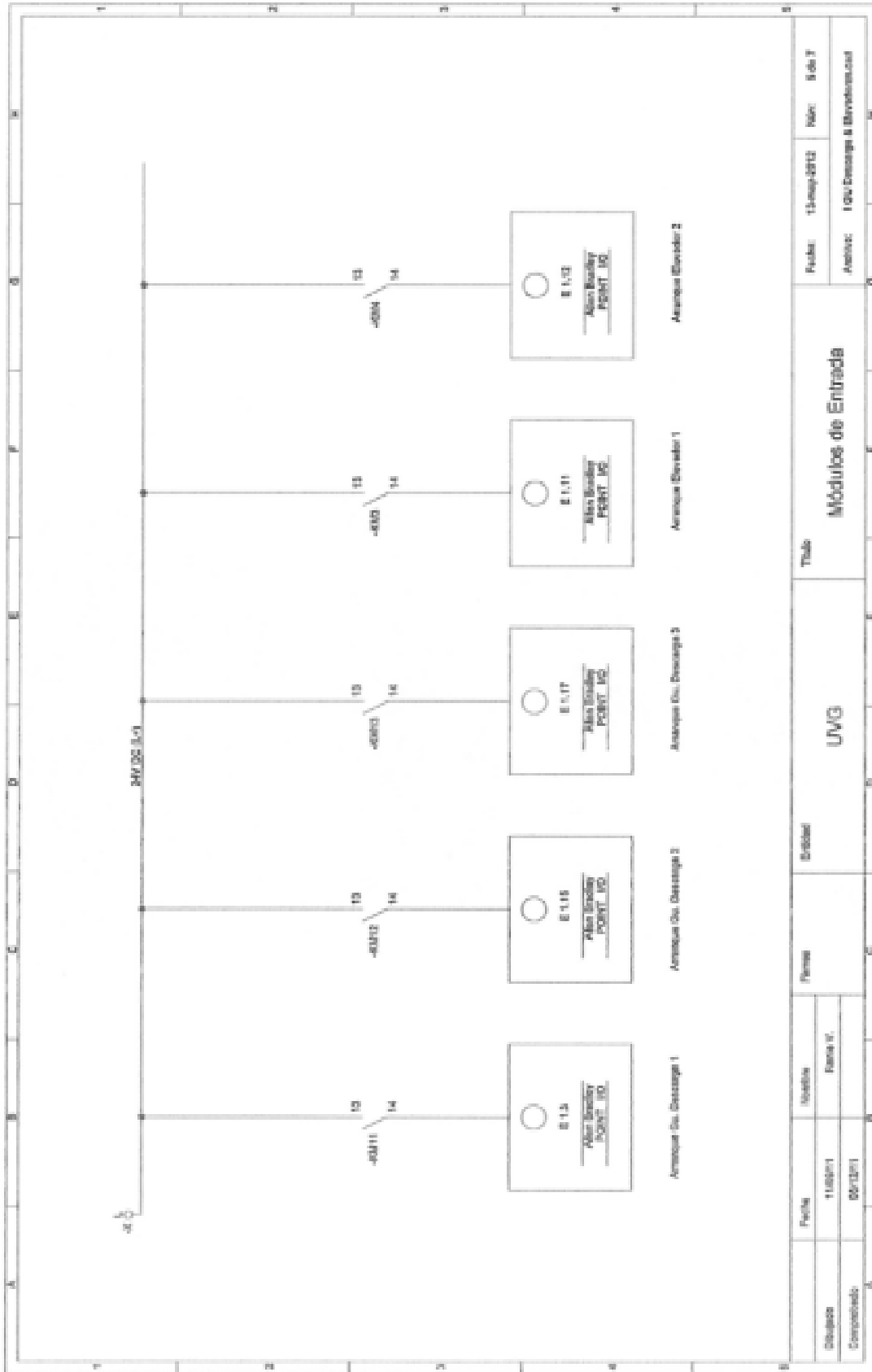


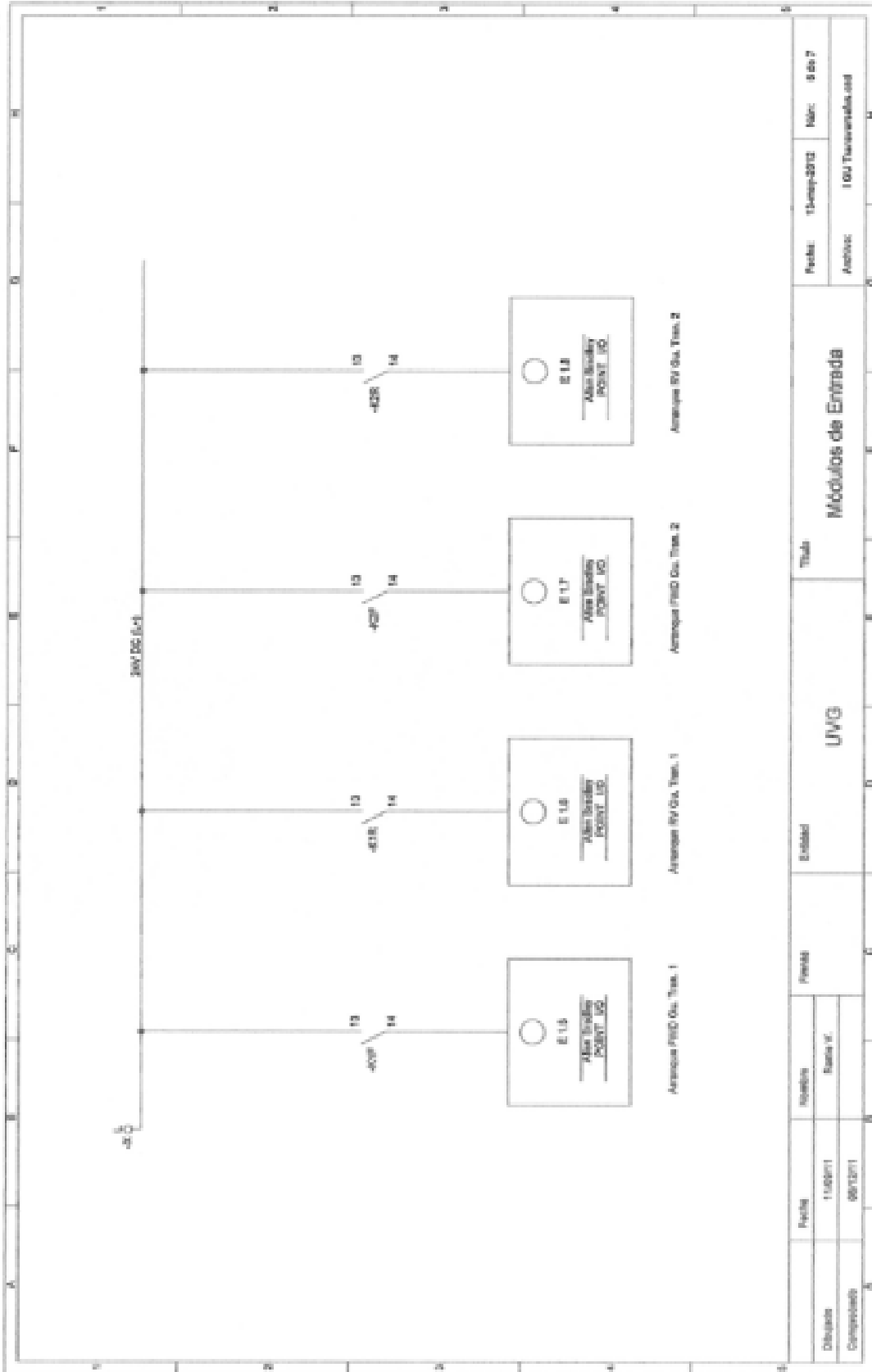
Módulos de Entrada

UNIG

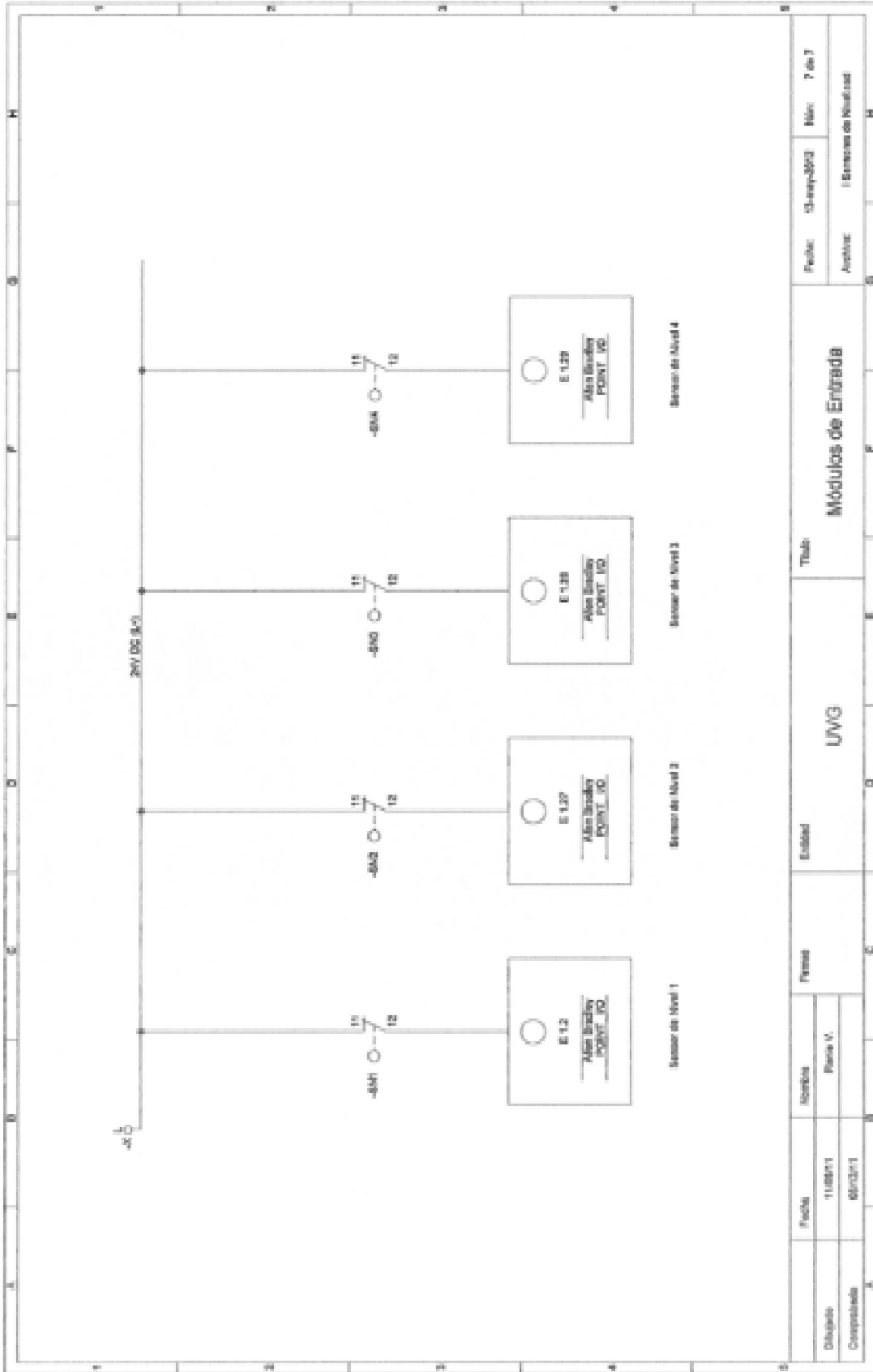
Rev. Control Transmisión 1 Rev. Control Transmisión 2 Rev. Elevador 1 Rev. Elevador 2

Fecha: 13-Abr-2012 Min: 9:44:7
 Aplicaciones DA Transmisión & Elevadores.zxd





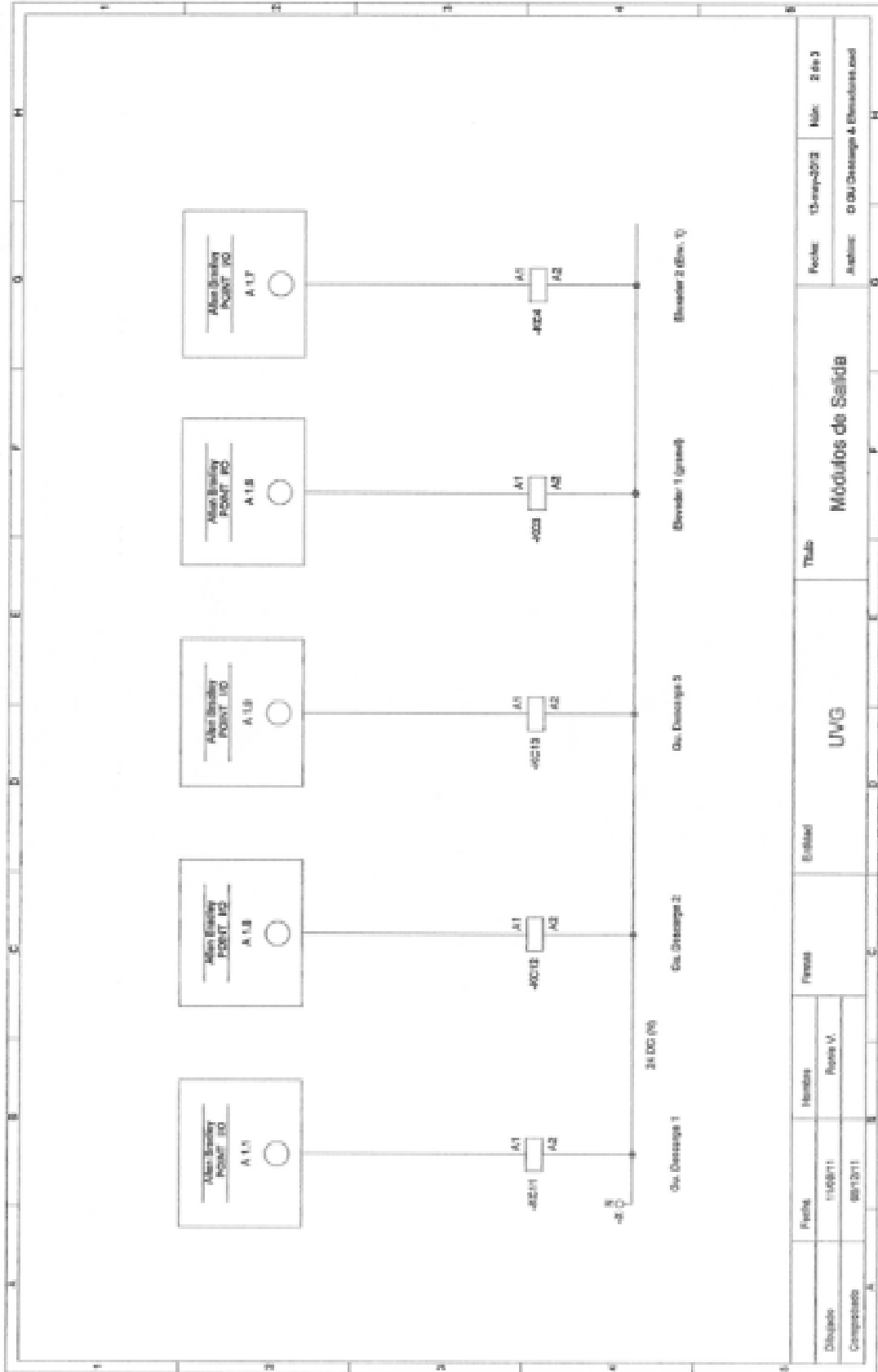
Projeto	1508071	Folha	14 de 14	Título	Módulos de Entrada	Projeto	1508071	Reviz	0 de 7
	0072071						100 Transmissão		



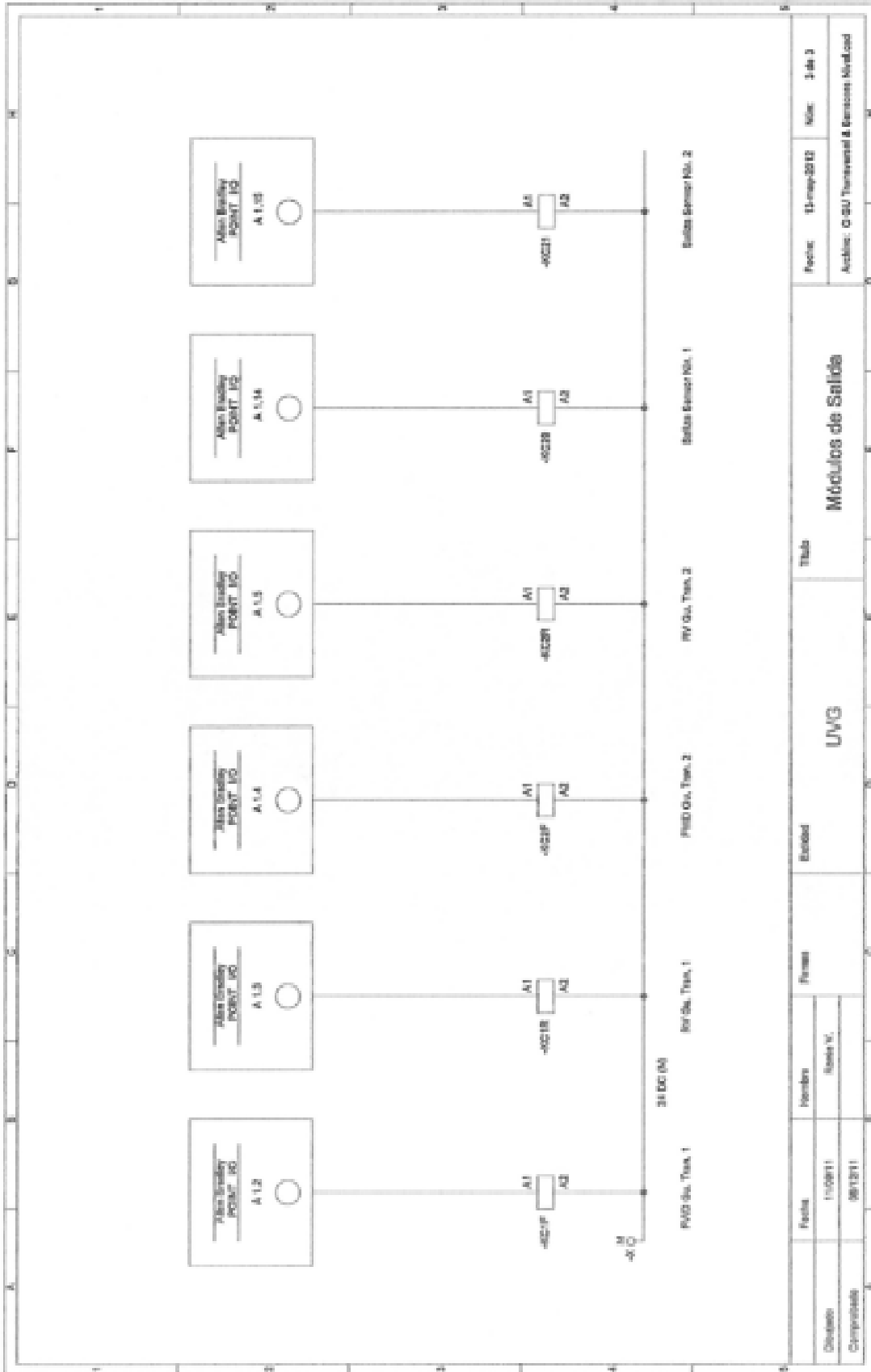
Fecha:		11/08/11		Fecha:		13/ene/2012		Folio:		7 de 7	
Elaborado:		Márquez		Ejecutor:		LWG		Título:		Módulos de Entrada	
Comprobado:		Márquez		Entidad:		LWG		Autor:		I. Estrada de Villalón	



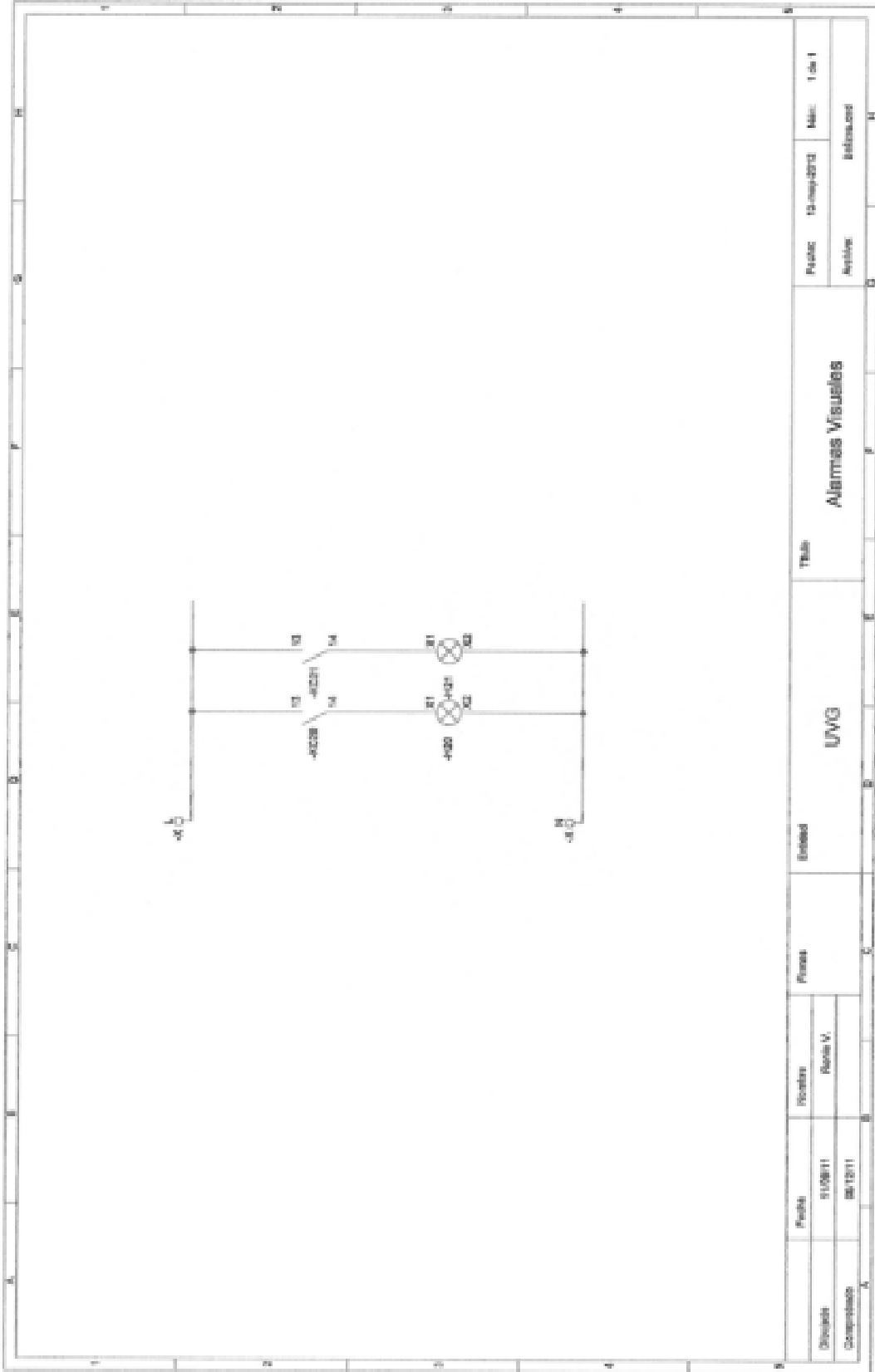
Disputa Compartida	Fecha	11/08/11	Modulo	UWG	Traba	Modulos de Salida	Fecha:	03-ago-2010	Mód:	Site 3
	Compartida	08/12/11	Fecha v.				Autor:			Controlador PUC.ond



Fecha		Revisión		Fecha		Módulo de Salida	
Dibujado		Revisado		Título		UWG	
Comprobado		Problema V.		Elaborado		Trab.	
		08/12/11		Fecha		13-ene-2012	
				Autor		D. Du. Castaño & Elencortel.com	



Fecha		Nombre		Proceso		Estado		Titulo		Fecha		Nota	
Origen	1/1/2011	Bateria N.						Módulos de Salida		11-mar-2012		3-abr-2	
Comprobado	28/12/11									Archivos: C:\U Transversal & Bateriaes\Modulo			



División	Problemas	Revisión	Fecha	Elaboró	Título	Fecha	Hoja
Compuclass	5108-11	Revisión V			Alarmas Visuales	12-mar-2012	1 de 1
	BB-12-11					Revisión	

3. Programa del PLC

A continuación se presenta el programa desarrollado en RSLogix™ 500 para el controlador.