



unitec®
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**INTEGRACIÓN DE SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO DE PESAJE PARA DISPENSACIÓN DE
QUÍMICOS, GILDAN RN3**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21341042 JORGE ARMANDO CHINCHILLA SANTOS

ASESOR: ING. DARWIN REYES HERNÁNDEZ

CAMPUS SAN PEDRO SULA

ENERO 2019

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2.1 ANTECEDENTES.....	2
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	4
2.4 OBJETIVOS.....	4
2.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
2.5 JUSTIFICACIÓN	5
III. MARCO TEÓRICO.....	6
3.1 GILDAN	6
3.2 DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA TEXTIL	6
3.3 GILDAN	7
3.3.1 GILDAN COMO ESR.....	7
3.4 PROCESO DE TEÑIDO	8
3.5 CELDA DE CARGA.....	9
3.5.1 GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS.....	9
3.5.2 TIPOS DE CELDAS DE CARGA	11
3.6 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	13
3.6.1 SISTEMA DIGITAL.....	15
3.6.2 PROGRAMACIÓN	16
3.7 REDES INDUSTRIALES	18
3.7.1 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	19
3.7.2 TOPOLOGÍA BUS.....	19
3.7.3 RED TCP/IP	20
3.8 ELECTROVÁLVULAS.....	21
3.9 NEUMÁTICA.....	21
3.9.1 AUTOMATIZACIÓN NEUMÁTICA	22
3.10 MECÁNICA DE FLUIDOS.....	22
3.10.1 FLUIDOS	23
3.10.2 PRESIÓN.....	23

3.10.3	LEYES DE LOS GASES.....	24
3.10.4	DENSIDAD	25
3.10.5	ECUACIÓN DE BERNOULLI.....	25
IV.	METODOLOGÍA.....	27
4.1	HIPÓTESIS.....	27
4.1.1	VARIABLES DEPENDIENTES	28
4.1.2	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	29
4.2	MÉTODO Y ENFOQUE.....	29
4.3	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	30
4.4	CRONOGRAMA	30
V.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	31
5.1	ANÁLISIS	31
5.1.1	LINEALIZACIÓN.....	31
5.1.2	TIEMPO DE RESPUESTA	33
5.2	RESULTADOS.....	34
5.2.1	DESARROLLO HMI.....	34
5.2.2	CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO.....	39
VI.	CONCLUSIONES.....	42
VII.	RECOMENDACIONES	43
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	44
IX.	ANEXOS.....	48

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Industria Maquiladora	7
Ilustración 2. Galga extensiométrica.	9
Ilustración 3. Tensión de celda de carga	12
Ilustración 4. Circuito esquemático de la placa para una celda de carga.....	13
Ilustración 5. PLC+HMI incorporado Unistream.	14
Ilustración 6. Señal Digital.....	15
Ilustración 7. Ciclo de escaneo de un PLC.....	16
Ilustración 8. Método GRAFCET etapa- transición.	18
Ilustración 9. Topología BUS.....	20
Ilustración 10. Sensor celda de carga.	31
Ilustración 11. Pantalla principal.....	34
Ilustración 12. Pantalla selección de químico.	35
Ilustración 13. Pantalla dispensado.	36
Ilustración 14. Pantalla de alarmas.	37
Ilustración 15. Historial de alarmas.	38
Ilustración 16 Configuración celda de carga	39
Ilustración 17 Entradas y salidas.	40
Ilustración 18 Ejemplo configuración de red.	41

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla comparativa de diferentes celdas de carga	12
Tabla 2 Densidades sustancias comunes.....	26
Tabla 3. Cronograma de actividades.	30

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Resistencia eléctrica galga extensiométrica.....	10
Ecuación 2. Sistemas Lineales e Intervariantes en el tiempo.....	17
Ecuación 3. Fórmula de la presión.	23
Ecuación 4. Ley de Boyle.....	24
Ecuación 5. Ley de Charles.....	24
Ecuación 6. Ley de Gay-Lussac.....	24
Ecuación 7. Fórmula de la densidad.....	25
Ecuación 8 Ecuación de Bernoulli.....	26
Ecuación 9. Pendiente de una recta.	32
Ecuación 10. Ecuación de la recta.....	32

I. INTRODUCCIÓN

Una de las industrias de mayor crecimiento en nuestro país es la industria textil debido a sus altas demandas por parte de marcas reconocidas a nivel mundial, es por esto que el desarrollo es de manera acelerada y cada vez más exigentes en los procesos, por esta razón el uso de químicos es parte fundamental de los tratamientos en las telas. El siguiente proyecto se basará en el pesaje y dispensación exacta de cantidades de químicos en unidades de medida de peso (Kg) este proceso será de forma semiautomática.

El proyecto estará compuesto por un total de 20 tanques maxicubos donde se almacenan los químicos y 20 válvulas de asiento inclinado de acero inoxidable que serán accionadas por un módulo de electroválvulas las cuales controlarán el paso de los diferentes químicos que el operario solicite. "Las ventajas que presenta el uso de neumática son el bajo coste de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación y el bajo par o la fuerza escasa que puede desarrollar a las bajas presiones con que trabaja lo que constituye un factor de seguridad"(Antonio Creus Solé, 2007). Cada válvula de asiento inclinado será accionada por el módulo de electroválvulas que este módulo a su vez tendrá asignada cada válvula de asiento inclinado respectivamente.

El sistema de pesaje contará con su celda de carga para poder llevar un control del peso mediante sus sensores de deformación haciendo posible que esta lectura de magnitud física pueda ser leída e interpretada por un PLC de marca Unitronics que lo integra una pantalla HMI con sus módulos de entradas y salidas. La pantalla HMI ayuda a facilitar el uso de un sistema automático gracias a la libre programación de interface, de esta manera el programador la diseña de manera que el sistema sea amigable para el uso correcto del operario a la hora de la manipulación de la misma. El sistema semiautomático es una mejora para el control de los químicos en Gildan RN3.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES

La empresa Gildan tiene sus plantas ubicadas en la zona norte del país, esta empresa textilera es una de las más importantes de la región debido a su alta demanda en sus productos como marca propia y vendiéndole a marcas deportivas como ser Under Armour siendo este uno de los motivos por los cuales esta empresa transnacional posee varias plantas dedicadas a diferentes procesos como ser textiles, teñidos, costura y actualmente también cuenta con una planta de biomasa, es así que cada planta crea las necesidades de implementar la automatización para ser más eficientes en los procesos.

Gildan RN3 cuenta con tanques maxicubos de aproximadamente 1,100 litros donde almacena los diferentes químicos que son utilizados a diario en diferentes plantas para diversos procesos como el teñido y el suavizante aplicado a las telas. En cada tanque maxicubo se almacenan diferentes químicos los cuales tienen diferentes densidades, en este caso son 20 tanques los cuales tienen sus tuberías que transportan los mismos, son tuberías de dos tipos de material una es de polímeros (cédula 40) y otras de metal las mismas tienen sus respectivas válvulas de bola de apertura manual. Esta parte donde se dispensan los químicos está situada en la zona trasera de Gildan RN3 por el contenido que ellos manejan ya que existen tanto como químicos inflamables y químicos reactivos que están almacenados en esta zona. Los empleados trasladan los químicos en cubetas con tapaderas mediante una especie de carretilla que es conducida hacia las distintas máquinas encargadas del proceso de suaviza y teñir los textiles, en el área de preparación de los químicos se encuentran unos silos que contienen sal, el personal de esta sala debe de utilizar su equipo de protección o traje especial para manipular las variadas soluciones.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El principal problema que existe en Gildan RN3 y el cuál lleva a la contratación de los servicios de la empresa CILASA fue el hecho de no tener un control preciso sobre el uso de los químicos, es decir la manera de operar las tuberías para el llenado de cubetas era de forma manual, siendo así una pérdida para la empresa porque no se llevaba un control de las cantidades que se usaban de cierto químico con esto existía un desperdicio grande y las medidas eran imprecisas, cabe resaltar que las máquinas donde se utilizan los químicos deben de llevar una medida exacta (medida en unidad de peso Kg) debido a que si no se aplica de manera correcta existen problemas en el suavizante y teñido de las telas siendo así que también existe una perdida para la empresa cuando las telas no están bien tratadas la acción correspondiente es botarla en la mayoría de los casos.

Otro de los problemas comunes que se puede observar durante las visitas a GILDAN al área de preparación y distribución de químicos fue que las válvulas de accionamiento manual quedaban goteando luego de haber dispensado con ellas, este problema conllevaba a un desperdicio extra de químico y al desperdicio de agua para lavar el área de dispensación de químicos; esto implicaba la limpieza del piso por parte de un operario siendo así una pérdida de tiempo para el horario laboral del mismo, era necesario hacer la limpieza debido a que muchos químicos son reactivos, inflamables y con riesgos específicos (corrosivos, oxidante, riesgo biológico) y esto violaba la seguridad en esa zona al estar expuesta cualquier persona u otro químico que se dispensara y goteara. El goteo se debía a una serie de factores como ser el mal estado de algunas válvulas, los operarios no las cerraban en su totalidad, válvulas incorrectas para esas aplicaciones incluyendo el uso de algunas válvulas utilizadas en fontanería común. Analizando todos estos problemas conllevó a la implementación del sistema semiautomático de pesaje con válvulas de asiento inclinado accionadas por módulo de electroválvulas neumáticas controladas por un PLC y una pantalla HMI

para que exista una mayor precisión a la hora de dispensar y solicitar el peso ideal que se requiere aplicar en los diferentes procesos de teñido y suavizador.

2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Se hicieron varias visitas a la planta Gildan RN3 para poder hacer el estudio y levantamiento de datos previo a la implementación del sistema de pesaje y dispensación. A la misma vez aprovechando para tener la experiencia de observar el proceso de dispensación de los químicos con el sistema (manual) que existía a consecuencia de ello surgieron las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Es necesaria la estimación de mV a unidades digitales?
2. ¿Cuál control lógico será la mejor opción para esta aplicación?
3. ¿Les llevará tiempo a los operarios adaptarse a un sistema semiautomático por medio de pantalla?

2.4 OBJETIVOS

Los objetivos son clave en cualquier ejecución de actividades que integran el proyecto, por lo tanto, es importante es interpretarlos y distinguirlos. "Los objetivos deben expresarse con claridad para evitar posibles desviaciones en el proceso de investigación cuantitativa y ser susceptibles de alcanzarse" (Gómez, 2006)

2.4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema semiautomático que permita cuantificar de forma precisa el pesaje y la dispensación de químicos para un uso óptimo de los recursos.

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar valores específicos (mV-ud) para programar correctamente la entrada analógica en el PLC.
- Implementar el controlador lógico programable para desarrollar esta aplicación.

- Identificar el buen uso del sistema por parte de los operarios de Gildan RN3.

2.5 JUSTIFICACIÓN

El mal pesaje de los químicos en los procesos de teñido y suavizante de los textiles conlleva a una pérdida monetaria diaria debido a que estas plantas trabajan todos los días de la semana operando las 24 horas por las altas demandas por ende es vital el uso de estos mismos, el desperdicio de químicos lleva a la empresa a tener un gasto innecesario y no tener un control del uso que se les da. Por estos motivos es de mucha importancia la implementación de un sistema que sea eficiente en la dispensación y que sea preciso con las cantidades exactas que se requieren utilizar, con las válvulas controladas por un controlador lógico programable también se evita el goteo y la acción de limpieza del área como antes se menciona. Debido a que las máquinas requieren una medida exacta de cierto elemento químico un sistema controlado por un PLC se vuelve una necesidad.

En una industria textil de tal magnitud como lo es Gildan el control y la seguridad de sus procesos y su personal es obligatorio, con procesos delicados que implican elementos reactivos e inflamables el contacto directo de parte del operario también se debe de evitar a toda costa porque eso perjudica en la salud de tal persona, con un control de dispensación semiautomático el personal opera desde una pantalla HMI así se evita de tener contacto directo y con una dispensación exacta requerida por las máquinas de teñido y suavizantes.

“Los sistemas automáticos tiene un excelente record de seguridad en comparación con los sistemas de trabajo intensivo a los que sustituyen” (Antonio López Peláez, 2003)

III. MARCO TEÓRICO

3.1 GILDAN

Harley Inc. Fue fundada en 1946 por Joseph Chamandy como una manufacturera de corte y costura inicialmente como ropa para niños en Montreal Canadá, esta compañía incluía ropa deportiva, ropa casual y ropa para dormir. En 1982 el actual presidente Glenn J. Chamandy y su hermano toman el mando de la empresa empezando con la adquisición de una fábrica de textiles con sede en Montreal, en 1992 mediante la creciente industria de la ropa en Estados Unidos y Canadá la compañía cambió su nombre a Gildan Activewear. («Gildan | Página de inicio de la historia», s. f.)

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA TEXTIL

La industria textil en Honduras es de las áreas más fuertes que existen en el país, esta industria es de alta demanda por países como Estados Unidos, Canadá entre otros. Debido a la alta producción que se genera en el país, las maquilas requieren de mucha contratación de mano de obra, compra de materia prima y la mejora de sus máquinas industriales para eficientar sus procesos productivos, colaborando así a la economía hondureña.

El sector textil es uno de los pilares que sostienen la economía del país debido a que es un soporte de desarrollo de las exportaciones, con una experiencia de más de tres décadas donde la inversión del sector privado y la conveniencia de los tratados de libre comercio que el gobierno de la nación ha suscrito con otros países. Actualmente la industria de la maquila genera un poco más de 150,000 puestos de trabajo con un objetivo de generar 200,000 en los próximos años dentro del rubro textil. («ProHonduras», s. f.)

Industria maquiladora

La maquila en Honduras, la que incluye varias actividades económicas, es uno de los sectores más importantes de la industria, por su contribución a la producción nacional y a la balanza de pagos (generación de divisas).

Personal ocupado según actividad económica

► Número de personas y porcentaje

ACTIVIDAD ECONÓMICA	TOTAL	PARTICIPACIÓN
Fabricación de productos textiles y prendas de vestir	L 97,880	75.3%
Fabricación de arneses y piezas para automóviles	L 13,450	10.3%
Otras actividades	L 15,234	11.7%
Call Center	L 6,489	5.0%
Comercio	L 3,508	2.7%
TOTAL	L 130,072	100%

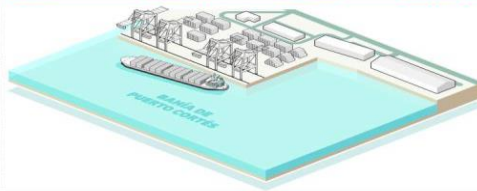


INFOGRAFÍA: JORGE GALLO/LA PRENSA

Exportaciones de principales bienes

► A Junio de cada año y en millones de dólares

PRODUCTOS	2016	2017	2018
Textiles	L1,654.60	L1,624.70	L1,672.70
Partes eléctricas y equipo de transporte	L337.2	L333.7	L371.3
Otros	L28.0	L33.6	L30.2
TOTAL	L2,019.80	L1,992.00	L2,073.70



FUENTE: Banco Central de Honduras (BCH)

Ilustración 1. Industria Maquiladora

Fuente: (La Prensa)

3.3 GILDAN

Gildan es un proveedor líder de vestimenta en diversos mercados de calidad para toda la familia esta compañía en sus productos incluye camisetas, sudaderas, calcetines, camisetas deportivas y ropa interior. La compañía vende sus productos en una cartera variada de marcas propias incluyendo Gildan, Anvil, Gold Toe y sus otras marcas deportivas como Under Armour y New Balance bajo licencias. («ProHonduras», s. f.)

3.3.1 GILDAN COMO ESR

Gildan posee y opera diferentes plantas industriales para sus diversos procesos textiles, siendo una empresa socialmente responsable y comprometida con el medio ambiente. Cuentan con lagunas de oxidación para el tratamiento del agua luego de haber sido utilizada en el proceso de teñido, esto para reinyectar agua libre de químicos al ecosistema.

3.3.1.1 GASES DE EFECTO INVERNADERO

En busca de la sostenibilidad y de ser amigables con el medio ambiente Gildan decide instalar su planta de biomasa para producir aproximadamente el 90% de la demanda de vapor de su proceso de teñido de prendas. Generando este mismo por medio de una fuente renovable como ser la biomasa.

Anteriormente generaban vapor de manera convencional por medio de resistencias de alta potencia, siendo esta una de las formas más ineficientes de cambiar el estado

de un fluido y por ende esto representaba gran parte del consumo de energía de la planta.

Según la (Fundación hondureña para la responsabilidad social empresarial, 2016) Gildan logró reducir la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero en un 34% desde el 2010, esto debido al uso de biomasa que como anteriormente se menciona el vapor es vital para los procesos de teñido ya que esta compañía tiene equipo con alta demanda del mismo.

Actualmente el 51% de las necesidades energéticas de la compañía han sido suplidas a través de recursos renovables. 14% de reducción de energía por kilogramo de producto se logró con la instalación de refrigeradores de absorción de vapor de alta eficiencia que funcionan con vapor producido por la expansión del generador de vapor de biomasa, otro factor importante en la reducción de recursos fue la inversión de máquinas modernas de teñido, en comparación con 2010 se disminuyó un 17% la intensidad del agua por kilogramo de producto esto equivale a un ahorro aproximadamente de 3.85 millones de metros cúbicos de agua.

3.4 PROCESO DE TEÑIDO

El teñido es uno de los procesos fundamentales de los que abarca la industria textil, en este proceso es de vital importancia el uso de químicos tanto para colorante, suavizantes, textura. El uso de químicos no solo es exclusivo o con el fin el de dar un color diferente a la materia si no también se usan como productos auxiliares que incrementan las propiedades de los químicos anteriores teniendo un resultado más óptimo en las telas.

(Pesok Melo, 2014.) Afirma que la tintura es un fenómeno de transferencia de masa y más exactamente un fenómeno de adhesión. Transcurrido un lapso de tiempo suficiente el sistema material textil anegado en solución de colorante llegará a un equilibrio dinámico en el que el colorante se dosificará entre la solución y el textil.

El proceso de teñido se da en diferentes etapas de los procesos textiles como ser desde la etapa inicial de fabricación de fibra, hilo hasta lo que es una prenda textil final como una camisa.

3.5 CELDA DE CARGA

Las celdas de carga son un tipo de estructura (sensor) muy utilizada en la industria para poder medir con exactitud magnitudes físicas como la masa, estas están compuestas internamente por una variedad de sensores de deformación que ayudan a determinar los valores de deformación, traduciéndola para un dispositivo de control y mostrándonos en lo que nosotros conocemos como peso, siendo más exactos los sensores de deformación utilizados comúnmente en las celdas de carga son los sensores piezorresistivo.

Ramírez, Jiménez & Carreño (2014) dicen que el principio piezorresistivo es muy manejado para realizar mediciones de fuerza y deformación. Muchos de los sensores utilizan este principio para poder lograr la transducción de fuerza o deformación a lo que es una señal eléctrica del tipo voltaje o corriente. Los sensores fundamentados en el principio piezorresistivos más populares son las galgas extensiométricas de igual manera existen otros tipos de dispositivos que usan este mismo principio pero con otros elementos ajenos a las galgas extensiométricas como ser elastómeros conductores o lo que son las fibras de carbono.

3.5.1 GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS

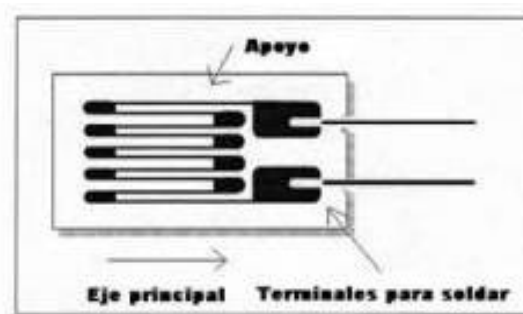


Ilustración 2. Galga extensiométrica.

Fuente: (Ecured, s. f.)

Las galgas extensiométricas o también conocidas como extensómetros son un sensor tipo piezorresistivo que sirve para medir deformación, presión o una carga, su valor cambia de acuerdo a su resistencia cuando esta es sometida a ciertos esfuerzos pues sufre una deformación.

“Las galgas extensiométricas son, tal vez, el instrumento más utilizado para la medición de esfuerzos y deformaciones. Las galgas se basan en el principio piezoresistivo descubierto por lord Kevin en 1856, el cual establece que la resistencia eléctrica de un metal o semiconductor varia cuando este es deformado por la aplicación de una fuerza externa o gradiente de temperatura. Pero no fue sino hasta la década de 1930 que el principio piezorestitivo fue empleado para la medición experimental de esfuerzos y deformaciones por Simmons y Ruge” (Germán Corona Ramírez et al., 2014)

La ecuación de cambio de resistencia de una galga está dada por:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Ecuación 1. Resistencia eléctrica galga extensiométrica

Fuente: (Germán Corona Ramírez et al., 2014)

3.5.1.1 TIPOS DE GALGAS

Según (Bruno Bellini, 2009) existen dos tipos de galgas:

- De hilo conductor o lámina conductora: El sensor está formado por una base muy delgada no conductora y bastante flexible, sobre la cuál va aglutinado un hilo metálico muy fino, lo que corresponde al hilo acaban en dos terminales los cuales van conectados a un transductor de señal.
- Semiconductor: Las galgas semiconductoras son casi iguales a las anteriores, en el tipo de galga semiconductor se reemplaza el hilo metálico por un material semiconductor. La principal diferencia entre las galgas de hilo conductor y las semiconductoras se encuentra en el tamaño de galga, las semiconductoras tienen un tamaño más minúsculo.

3.5.2 TIPOS DE CELDAS DE CARGA

Existen diversos tipos de celdas de cargas estas pueden variar su forma, el material con el que sean construidas y con el fin que se utilizarán, existiendo así varias alternativas de las cuales podría escoger un cliente final.

(Bruno Bellini, 2009) asevera que existen diferentes celdas de carga:

- **Hidráulicas:** Son aparatos de fuerza-balance que sirven para la medición del peso como un cambio en la presión del líquido con el cual esta relleno internamente. En este tipo de celda de carga hidráulica existe un diafragma rotante de esta manera la fuerza actúa sobre un cabezal así la carga es transferida a un pistón este a su vez comprime el fluido confinado en la cámara de diafragma de elastómero, el principio del funcionamiento se basa en que a medida que la fuerza aumenta la presión del fluido hidráulico crece. La salida es lineal y si está correctamente calibrada la precisión puede estar dentro del 0.25%.
- **Neumática:** Este tipo de celda de carga también utilizan el mismo principio de fuerza-balance. Estos dispositivos usan múltiples cámaras de amortiguación para proveer mayor precisión que un dispositivo hidráulico. Estas celdas de carga neumática se usan frecuentemente para medir pesos pequeños en la industria donde las normas de salubridad y seguridad son requisito. Una clara ventaja de este tipo de celda de carga es que son intrínsecamente a prueba de explosiones.
- **Celdas de carga de compresión:** Las celdas de carga de compresión hacen su medición según la compresión aplicada con una fijeza a largo plazo. La mayoría en su construcción son hechas de acero inoxidable para asegurar una vida útil mayor a las demás en un entorno industrial.
- **Basadas en galgas extensiométricas:** Cambian la fuerza que actúa sobre ellas en señales eléctricas medibles. Las galgas están adheridas a una viga o una

estructura de otro tipo que sea capaz de deformarse cuando un peso se aplica. El funcionamiento es basado en resistencia eléctrica, es decir, cuando se aplica un peso la tensión cambia la resistencia eléctrica de las galgas en simetría a la carga.

- Celdas de carga de un solo punto: Más utilizadas en sistemas de pesaje comerciales e industriales debido a que suministran lecturas precisas sin importar donde esté posicionada

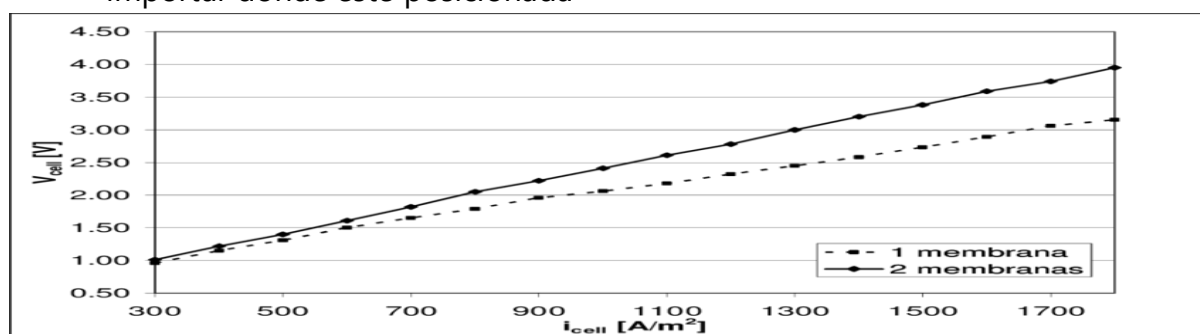


Ilustración 3. Tensión de celda de carga

Fuente: («Figura 4.1», s. f.)

Tabla 1. Tabla comparativa de diferentes celdas de carga

Tipo de celda	Rango de salida	Voltaje de excitación	Rango de sobrecarga	Resistencia del puente	Balaceo de cero	Repetibilidad	Deflexión a máxima capacidad	Histéresis
Flexión de viga	3.0 ± 0.09 mV/V	10 Vdc	150% de la capacidad	350 Ω	< 2.0% del rango de salida	< 0.01% del rango de capacidad	0.014"	< 0.03% del rango de capacidad
Viga en S	3 ± 0.0075 mV/V	10 Vdc	150% de la capacidad	350 ± 10 Ω	$\pm 1\%$ del rango de salida	< 0.01% del rango de capacidad	0.020"	$\pm 0.02\%$ del rango de capacidad
Compresión	2 mV/V	10 Vdc	150% de la capacidad	350 Ω	$\pm 2\%$ del rango de salida	< 0.10% del rango de capacidad	0.003"	$\pm 0.20\%$ del rango de capacidad
Tensión y compresión	2 mV/M	10 Vdc	150% de la capacidad	350 Ω	$\pm 2\%$ del rango de salida	$\pm 0.20\%$ del rango de capacidad	-----	$\pm 0.20\%$ del rango de capacidad

Fuente: (Bruno Bellini, 2009)

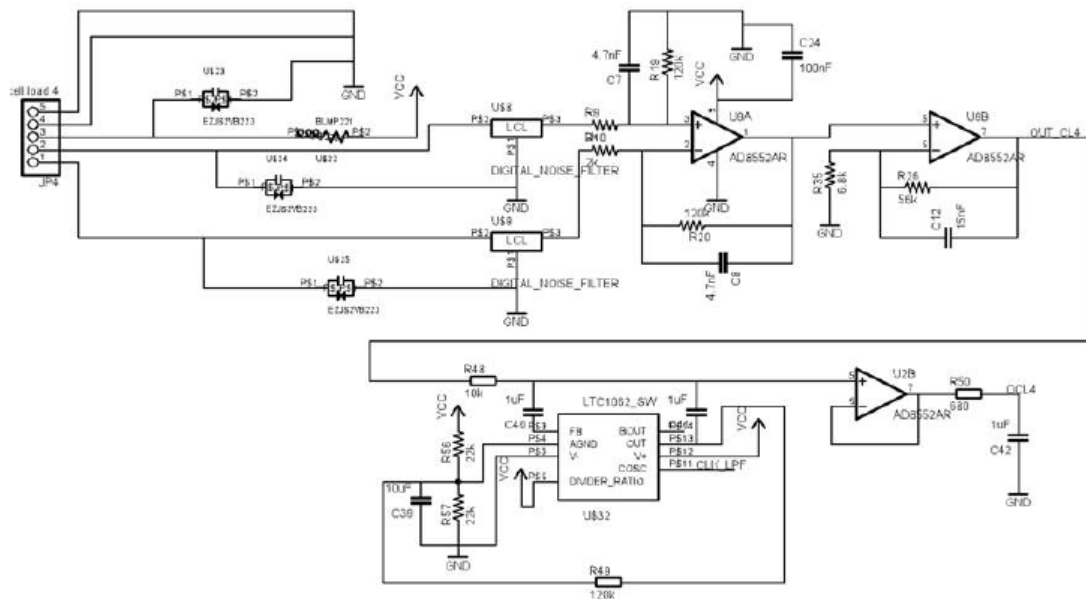


Ilustración 4. Circuito esquemático de la placa para una celda de carga.

Fuente: (Bruno Bellini, 2009)

3.6 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

El PLC o controlador lógico programable es un dispositivo que vino a reemplazar los gabinetes de circuitos de mando hechos con contactores, timers, botoneras, etc. Los PLC son de los elementos más usados en la industria para llevar a cabo diferentes tareas que requieran procesos automatizados y de más precisión, estos cuentan con su CPU, módulos de entradas y salida, módulos de interface de comunicación de redes, todo esto es requerido si se quiere automatizar un sistema, una máquina o una planta de procesos industriales como procesos químicos, petroleros, textiles, mecánicos, etc. Según (Cembranos Nistal, 2002) en un autómatas programable o controlador lógico programable las funciones las realiza el programa mediante una serie de instrucciones que le ordena a la máquina de contactos que contactos debe de abrir, cerrar, contadores, retardos. Todo este proceso de mando se localiza en la memoria del aparato de automatización. Teniendo clara ventaja que todas las funciones se introdujeron en el programa para que posteriormente se puedan realizar

modificaciones sin tener que cambiar cableado u otros dispositivos, todo esto en el mismo lugar de la instalación e incluso durante un proceso de trabajo.



Ilustración 5. PLC+HMI incorporado Unistream.

Fuente: («PLC controller with HMI- Unistream», s. f.)

(Cembranos Nistal, 2002) certifica que los PLC están compuesto de las siguientes partes:

- Microprocesador: Es el cerebro, el agente de dirigir el funcionamiento del aparato, este recibe las ordenes programadas, ejecuta el programa y realiza las diferentes funciones.
- Memoria: Es el componente donde se almacena el programa, los programas comúnmente se van leyendo de este componente y se van ejecutando instrucción a instrucción.
- Entradas y salidas: Son las conexiones que se comunican con el exterior, reciben diferentes tipos de señales las cuales son procesadas para activar salidas en función de lo programado.
- Fuente de alimentación: Es la alimentación de todo el conjunto anteriormente detallado.

3.6.1 SISTEMA DIGITAL

Lo que corresponde a la automatización de procesos en su mayoría destacan sistemas digitales, actualmente los sistemas análogos sean instrumentos de medición, aparatos de radio, sistemas de telecomunicaciones están siendo reemplazados por sistemas digitales por las ventajas que presentan.

“El funcionamiento interno, la transmisión de información y programación de los aparatos automatizados se efectúa en forma digital. La información de un determinado fenómeno como por ejemplo, el estado del nivel del agua de un embalse, se puede presentar de dos formas distintas, analógica y digital. La primera de ellas utiliza un número infinito de valores posibles, es continua; es el caso del indicado de un voltímetro de “aguja”. En cambio, la segunda utiliza variables discretas, esto es, variables que sólo pueden tomar un número finito de valores.

Para muchas aplicaciones, la utilización de información de tipo digital proporciona una mayor precisión que la analógica: es menos sensible al ruido, el número de operaciones básicas a realizar con ellas es muy reducido y las aplicaciones electrónicas son más sencillas de llevar a cabo y tienen un tamaño mucho menor que las analógicas” (Cembranos Nistal, 2002)

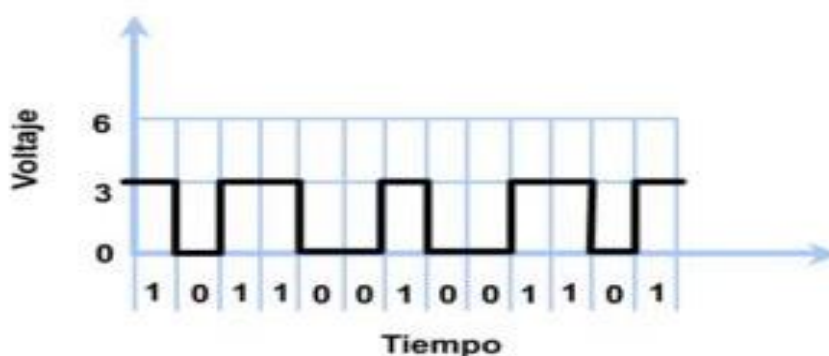


Ilustración 6. Señal Digital.

(FEELREVISTA, s. f.)

“Un sistema digital se compone de dos partes principales, llamadas circuito de trayectoria de datos y el circuito de control. El circuito de trayectoria de datos sirve para almacenar y manipular datos, así como para transferirlos de una parte del sistema a otra. Los circuitos de trayectoria de datos comprenden bloques de construcción tales como registros, registros de corrimiento, contadores, multiplexores, decodificadores, sumadores, etcétera. El circuito de control vigila la buena operación del circuito de trayectoria de datos.” (Brown & Vranesic, 2007)

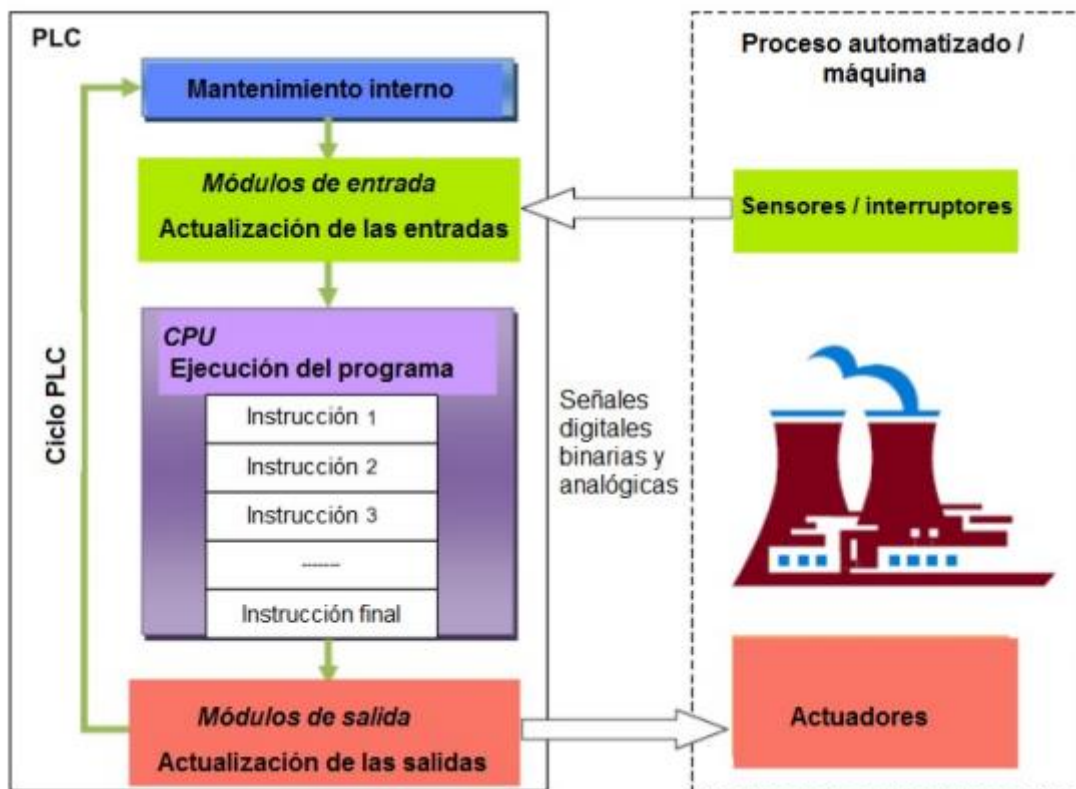


Ilustración 7. Ciclo de escaneo de un PLC.

Fuente: (Pérez, s. f.)

3.6.2 PROGRAMACIÓN

Para el desarrollo de la programación existen diversas formas de programar un controlador lógico programable, sean llamados lenguajes de programación o diagramas. Las diferentes marcas de PLC brindan comúnmente su propio software para programar sus PLC, este tipo de software normalmente son exclusivos para cada

marca pero sin embargo todo se basan en los principales lenguajes de programación o los más comúnmente usados en la industria que son los siguientes cinco:

- ❖ Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC): Conjunto de bloques de funciones secuenciales.
- ❖ Diagrama de Bloques de Funciones (FBD): Lenguaje de diagramas de bloques secuenciales.
- ❖ Diagramas de Tipo Escalera (LAD): El más usado por su fácil interpretación, este es un lenguaje de diagramas de relés llamado de tipo de escalera.
- ❖ Texto Estructurado (ST): Tipo de programación de alto nivel como el del texto estructurado por programación a código, muy análogo a los lenguajes de programación "C", "C++" y Pascal.
- ❖ Lista de instrucciones (IL o STL): Lenguaje de programación de tipo ensamblador con uso de acumuladores.

(Pérez, s. f.)

3.6.2.1 GRAFCET

El GRAFCET es otra de las alternativas de programación para PLC, este modelo se basa en diagramas de bloques que se dividen en etapas y transiciones, este tipo de programación es gráfico y se requiere de un conocimiento en ingeniería de control para poder interpretarlo de mejor manera, debido a que se hace uso de ecuaciones lógicas de estado.

$$x(k + 1) = Gx(k) + Hu(k)$$

$$y(k) = Cx(k) + Du(k)$$

Ecuación 2. Sistemas Lineales e Intervariantes en el tiempo.

Fuente: (Ramirez & Alba, s. f.)

Según (Cembranos Nistal, 2002) el método GRAFCET es un diagrama funcional que representa la evolución de un proceso a automatizar, indicando las acciones correspondientes que se tienen que realizar sobre él y que tipo de información la

provoca, partiendo de este método se pueden obtener las secuencias que debe de realizar el autómata programable, el uso de este método para solventar la automatización crea un dialogo fácil entre personas con diferentes niveles de formación técnica, tanto al momento de automatizar como posterior al mantenimiento y reparación de averías o cambio de parámetros.

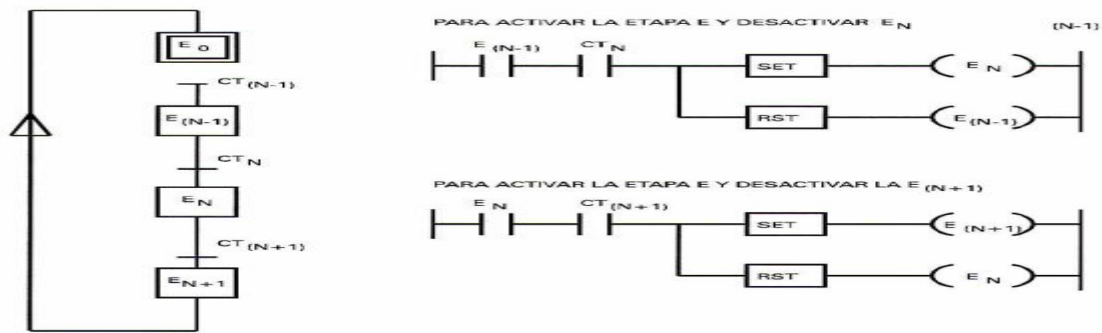


Ilustración 8. Método GRAFCET etapa- transición.

Fuente: (Cembranos Nistal, 2002)

3.7 REDES INDUSTRIALES

Uno de los elementos fundamentales de la automatización son las redes industriales, ya que esto nos facilita y da las herramientas para leer datos, controlar de forma remota PLC, servodrive, variadores para los diversos procesos automatizados, teniendo una ventaja destacable que se pueden leer datos en tiempo real.

Las redes industriales han venido a revolucionar el mundo de la automatización, haciéndola de una forma más práctica o conveniente para los usuarios, por ejemplo hoy día con los diferentes protocolos de comunicación podemos activar hasta 10 variadores de frecuencia simultáneamente y sincronizados. Muchas de las maquinas automatizadas requieren que sus motores estén sincronizados para ejecutar las diferentes tareas de manera correcta sin margen de error.

Como en todo mercado existen diferentes tipos de redes industriales a los cuales se les llama protocolos de comunicación de esta forma el usuario puede optar por los diversos protocolos de acuerdo a sus necesidades o dependiendo del equipo que utilice, en algunos casos las comunicaciones son más exclusivas de ciertas marcas.

3.7.1 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Entre los principales protocolos de comunicación podemos destacar los siguientes:

- Redes AS-i
- Redes Profibus
- Redes Ethernet
- Redes Modbus
- Redes Profinet

3.7.1.1 PROFIBUS

Profibus es uno de los protocolos de comunicación más usados a nivel mundial debido a que se puede utilizar una sola red con distintos dispositivos de automatización.

(Miron, 2015) asevera que el Profibus es uno de los buses de campo abierto que cumple con todas las exigencias en un rango muy amplio de aplicaciones en la industria, se considera también la norma de comunicaciones favorita en lo que respecta al continente europeo y se jacta de tener el mayor número de instalaciones operando a nivel mundial. Conjuntamente de ser un sistema abierto no pertenece a ningún fabricante en específico, se dice que es abierto porque da lugar a que diferentes dispositivos de diversos fabricantes certificados se comuniquen en este bus.

3.7.2 TOPOLOGÍA BUS

La topología bus es una de las topologías más usadas en la industria debido a sus ventajas y también tomando en cuenta que muchos dispositivos de automatización se comunican por protocolos de comunicación que hacen uso de diferentes buses de datos, cabe destacar que en la topología bus se requiere de menos cable que en otras topologías siendo un punto importante en lo que respecta a economía debido a que se requiere menos material y menos mano de obra para la instalación.

(Hallberg, 2007) afirma que una topología Bus también distinguida como topología bus común multipunto es una red donde se utiliza solo un cable que va desde un

punto hasta el extremo de la red y que el cual lo conforman diferentes dispositivos llamados nodos conectados al cable pero en diferentes puntos.

Se tienen que tomar en cuenta las diversas especificaciones las cuales tienen sus factores que se muestran a continuación para los diferentes tipos de red que estén conectados en bus:

- Longitud total de los segmentos.
- Cuantos nodos existen en un solo segmento.
- Distancia entre los nodos.
- Tipo de cable.
- Como deben terminar los extremos del bus.

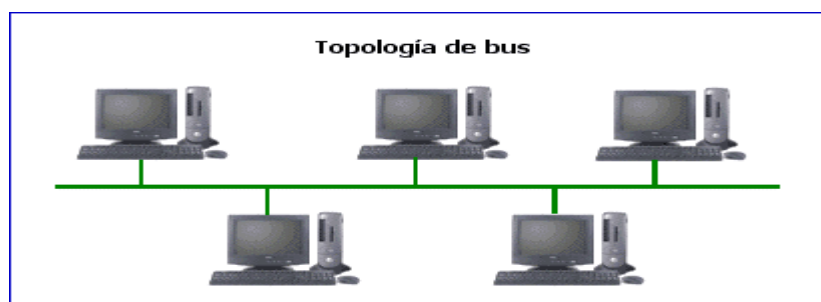


Ilustración 9. Topología BUS.

Fuente: («Topología Bus - Topologías de Red 708», s. f.)

3.7.3 RED TCP/IP

Protocolo TCP/IP ampliamente usado en la industria de la automatización en lo que respecta a protocolos de comunicación, en este protocolo participan dos anfitriones que establecen una comunicación entre sí y hacen posible una transferencia de datos, TCP es muy fiable con la transmisión de datos e IP se encarga de dirigir dichos datos transmitidos a otras máquinas.

(Stanek, 2007) confirma que el protocolo TCP/IP es el que prefieren para lo que son las conexiones locales o remotas a SQL Server. Cuando se utiliza TCP/IP, SQL Server es el oyente de solicitudes en un puerto TCP y una dirección IP específica.

3.8 ELECTROVÁLVULAS

“Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas son elementos mixtos que mediante una señal eléctrica exterior efectúan las funciones propias de las válvulas distribuidoras. La parte fundamental de la electroválvula es el electroimán, capaz de mover directamente el distribuidor-si el caudal es pequeño- o bien por medio del mando indirecto.” (Cembranos Nistal, 2002)

Las electroválvulas tienen la ventaja de ser activadas por una señal o pulso eléctrico siendo así un elemento que podemos controlar mediante un controlador lógico programable o con un circuito electrónico que implique algún microprocesador para ejecutar la apertura de las válvulas mediante tiempos programados o señales de entrada de sensores.

(Acedo Zambrana, 2012) asegura que una electroválvula es una combinación electromecánica que están diseñadas para controlar un flujo mediante una canalización, la válvula se controla por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal. Está conformada por dos partes elementales: el solenoide y la válvula. El solenoide es el encargado de convertir la energía eléctrica en energía mecánica para que esta actúe sobre la válvula.

3.9 NEUMÁTICA

La neumática es una rama de la física que se encarga de estudiar y describir el movimiento del aire, hoy día existe una variedad de productos neumáticos para la industria. Todos estos elementos neumáticos son bastante utilizados en los procesos de automatización gracias a las ventajas que presenta el uso del aire comprimido.

La neumática siempre ha ido de la mano con la seguridad debido a que esta puede transmitir bastante fuerza trabajando a bajas presiones, la neumática desde el principio ha venido revolucionando diversas áreas de la industria.

(Creus Solé, 2008) certifica que en 1868 George Westinghouse desarrolló y fabricó un freno de aire que este vino a cambiar drásticamente el transporte ferroviario en el ámbito de la seguridad.

3.9.1 AUTOMATIZACIÓN NEUMÁTICA

“La automatización neumática es la que se realiza usando las propiedades del aire comprimido. Las señales deben traducirse a ausencia o presencia de presión neumática. El tratamiento de las señales es realizado por los distribuidores neumáticos. Las señales de salida son, generalmente, posiciones de cilindros neumáticos. Según su actual definición, la neumática es una técnica moderna, pero según su concepción original es una de las formas de energía más antigua de entre las conocidas por el hombre. Existen manuscritos del siglo I de nuestra era donde se describen mecanismos accionados por aire caliente; en el transcurso de los siglos siguientes fueron diseñados dispositivos, generalmente con fines bélicos.”

(Guillén Salvador, 1993)

Podemos destacar muchas cualidades del uso del aire comprimido como ser que es barato, abundante, se puede transformar y es limpio no es un factor contaminante para el medio ambiente.

3.10 MECÁNICA DE FLUIDOS

“La mecánica de fluidos se ocupa del estudio de los fluidos en movimiento (fluido dinámica) o en reposo (fluido estática). Tanto los líquidos como los gases son considerados fluidos, y el número de aplicaciones de la mecánica de fluidos es enorme: respiración, flujo sanguíneo, natación, ventiladores, turbinas, aviones, barcos, ríos, molinos de viento, tubería, misiles, icebergs, motores, filtros, chorros y aspersores, por mencionar algunas. Bien pensado, casi todas las cosas que existen en este planeta o son fluido o se mueven inmersas o cerca de un fluido. Como ciencia, está basada en un compromiso adecuado entre teoría y experimentación. Por ser la mecánica de

fluidos una rama de la mecánica, dispone de un conjunto de leyes de conservación bien documentadas y es posible, por tanto, un tratamiento teórico riguroso.”

(White, 2004)

3.10.1 FLUIDOS

Según (González Santander Martínez & Castellano Estornell, 2014) Un fluido es una sustancia que no posee una forma propia, por lo que acoge la forma de cualquier recipiente que lo contenga. De tal forma los diferentes elementos de un fluido homogéneo pueden reordenarse autónomamente sin que esto afecte las diferentes propiedades macroscópicas del mismo, es decir, existe un movimiento relativo entre los distintos elementos del fluido. Existen tres principales clases de fluidos:

- Líquidos: Fluidos de muy baja compresibilidad.
- Gases: Fluidos de alta compresibilidad.
- Plasma: Fluidos que tienen una proporción de sus partículas cargada eléctricamente, de tal forma que responden a interacciones electromagnéticas.

3.10.2 PRESIÓN

“La presión se define como una fuerza normal ejercida por un fluido por unidad de área. Se habla de presión solo cuando se trata de un gas o líquido. La contraparte de la presión en los sólidos es el esfuerzo normal. Puesto que la presión se define como fuerza por unidad de área, tiene la unidad de newtons por metro cuadrado (N/M^2), la cual se llama Pascal (Pa).” (Çengel & Cimbala, 2006)

$$P = \frac{F}{A}$$

Ecuación 3. Fórmula de la presión.

Fuente: (Çengel & Cimbala, 2006)

3.10.3 LEYES DE LOS GASES

Durante años los gases han sido estudiados como todo fenómeno físico, estas leyes han sido producto de muchos experimentos realizados por diferentes científicos a lo largo de la historia.

Como sabemos en ciertas condiciones de temperaturas, presiones algunos elementos pueden presentarse en diferentes estados de materia y las propiedades físicas de los elementos dependen muchas veces del estado en que se encuentren.

Chang, College, Medeles, & Herranz (2005) certifican las siguientes leyes de los gases:

- Ley de Boyle: A temperatura constante el volumen de una cantidad de un gas se reduce cuando la presión aplicada se aumenta.

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

Ecuación 4. Ley de Boyle.

Fuente: (Chang et al., 2005)

- Ley de Charles: A una presión constante el volumen de un gas aumenta si la temperatura aumenta, si la temperatura disminuye su volumen también.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Ecuación 5. Ley de Charles.

Fuente: (Chang et al., 2005)

- Ley de Gay-Lussac: A volumen constante la presión es proporcional a la temperatura, si la temperatura aumenta su presión aumenta y si su temperatura disminuye su presión también disminuirá.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Ecuación 6. Ley de Gay-Lussac.

Fuente: (Chang et al., 2005)

3.10.4 DENSIDAD

“La densidad ρ de una sustancia, también llamada masa específica, es una propiedad característica o intensiva de la materia y expresa la masa contenida de dicha sustancia en la unidad de volumen. Su valor se determina dividiendo la masa de la sustancia entre el volumen que ocupa.” (Pérez Montiel, 2016)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Ecuación 7. Fórmula de la densidad

Fuente: (Pérez Montiel, 2016)

3.10.5 ECUACIÓN DE BERNOULLI

(Young, Freedman, Ford, Flores Flores, & Rubio Ponce, 2009) afirman que según la ecuación de continuidad, la rapidez de un flujo de un fluido puede ser variante a lo largo de las trayectorias del fluido, la presión también puede variar depende de varios factores como ser la altura, una situación estática, la rapidez que tenga el fluido. Al deducir esto se hace una relación importante llamada ecuación de Bernoulli que esta relaciona presión, rapidez, altura para el flujo de un fluido ideal. Esta ecuación antes mencionada es de vital importancia para el análisis de diversos sistemas como ser la plomería, plantas hidroeléctricas y hasta el vuelo de los aviones.

“Si un fluido incompresible fluye por un tubo con sección transversal variable, su rapidez debe cambiar, así que un elemento de fluido debe tener una aceleración. Si el tubo es horizontal, la fuerza que causa esta aceleración debe ser aplicada por el fluido circundante. Esto implica que la presión debe ser diferente en regiones con diferente sección transversal; si fuera la misma en todos lados, la fuerza neta sobre cada elemento de fluido sería cero. Cuando un tubo horizontal se estrecha y un elemento de fluido se acelera, debe estarse moviendo hacia una región de menor presión para tener una fuerza neta hacia delante que lo acelere. Si la altura también cambia, esto provoca una diferencia de presión adicional.” (Young et al., 2009)

$$\frac{\rho_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{\rho_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Ecuación 8 Ecuación de Bernoulli.

Fuente: (Zacarías Santiago, González López, & Granados Manzo, 2017)

Tabla 2 Densidades sustancias comunes

Material	Densidad (kg/m ³)*	Material	Densidad (kg/m ³)*
Aire (1 atm, 20°C)	1.20	Hierro, acero	7.8 × 10 ³
Etanol	0.81 × 10 ³	Latón	8.6 × 10 ³
Benceno	0.90 × 10 ³	Cobre	8.9 × 10 ³
Hielo	0.92 × 10 ³	Plata	10.5 × 10 ³
Agua	1.00 × 10 ³	Plomo	11.3 × 10 ³
Agua de mar	1.03 × 10 ³	Mercurio	13.6 × 10 ³
Sangre	1.06 × 10 ³	Oro	19.3 × 10 ³
Glicerina	1.26 × 10 ³	Platino	21.4 × 10 ³
Concreto	2 × 10 ³	Estrella enana blanca	10 ¹⁰
Aluminio	2.7 × 10 ³	Estrella de neutrones	10 ¹⁸

*Para obtener las densidades en gramos por centímetro cúbico, divida entre 10³.

Fuente: (Young et al., 2009)

IV. METODOLOGÍA

La metodología de investigación juega un papel clave en lo que es un proceso de investigación o proyecto. En términos sencillos la podemos describir como el camino o ruta que debemos trazar y seguir para que los procedimientos y planificación de nuestro proyecto se lleven a cabo con los resultados anhelados, estos procedimientos abarcan desde las gestiones de recursos hasta coordinar el trabajo en equipo.

“La investigación es muy útil para distintos fines: crear nuevos sistemas y productos; revolver problemas económicos y sociales; ubicar mercados, diseñar soluciones y hasta evaluar si hemos hecho algo correctamente o no. Incluso, para abrir un pequeño negocio familiar es conveniente usarla.” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

Un elemento fundamental de la metodología de investigación es la hipótesis ya que con esta podemos dar explicaciones del elemento investigado.

4.1 HIPÓTESIS

La necesidad de la ejecución del proyecto se debe a los requerimientos que el cliente solicita, en los cuáles se implanta la necesidad de un control en la dispensación de los diversos químicos que utilizan las máquinas de teñido, exprimido y suavizantes, este sistema permite cuantificar la dispensación de químicos y saber la persona que los solicitó debido a que se conecta a la red de Gildan, esto con el fin de hacer un uso óptimo de los recursos y un mayor control con la compra de estos a los diferentes proveedores.

Este sistema está anclado a la red general de Gildan la cual está conectada a la mayoría de plantas, en este caso las plantas que son de más importancia que estén enlazadas en red son las plantas de distribución de químicos ya que la dispensación depende también de la lectura de un sistema que ya estaba implementado para llevar un control de niveles de químicos en los tanques maxicubos.

La activación de la apertura y cierre de las válvulas de asiento inclinado por medio del bloque de electroválvulas dependerá de la lectura de peso que nos proporcione nuestro sensor, ya que este será la señal de referencia del PLC para que indique cuando cerrar la válvula una vez alcanzado el peso solicitado (para dispensación) por el operario.

Con la integración de este proyecto nos lleva a enunciar la consiguiente hipótesis:

En la zona de dispensación de químicos en un gran porcentaje de operarios ya han interactuado con sistemas semiautomáticos que consten del uso e interacción con pantallas HMI para el control y monitoreo de diferentes procesos, lo cual esto es un buen indicador para poder migrar de un sistema mecánico a un sistema semiautomático siendo así alta la expectativa con respecto a la adaptación del nuevo sistema.

También podemos mencionar que: Los valores cargados al programa el cual lo ejecutará el PLC responderán exitosamente a sus entradas y salidas respectivamente, hablamos de valores de peso (Kg) que se determinaron a prueba y error lo cual representa nada más un tiempo de respuesta de 1kg, por ejemplo: si se solicita 10kg la programación se adaptó a 9kg y de esta forma sucesivamente, sin embargo la interfaz gráfica mostrará los 10kg y en efecto se dispensa esa cantidad con lo cual se obtiene un sistema preciso.

4.1.1 VARIABLES DEPENDIENTES

La correcta dispensación de químicos desde los tanques maxicubos hasta las cubetas para el traslado de los químicos hacia las diversas máquinas que hacen uso de estos con una alta precisión podemos instaurar que la exactitud o el llenado correcto será la variable dependiente.

4.1.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

La variable controlada en nuestro sistema y de la cual depende que el sistema funcione precisamente es el peso, siendo así la entrada principal del programa y con la cuál dependerán las salidas del mismo.

4.2 MÉTODO Y ENFOQUE

Dando una resolución a un problema basándonos en la investigación se debe respaldar por un método, en este caso se opta por el método científico en el cual podemos hacer observaciones previas a una hipótesis y luego con los datos recopilados se efectúan una serie de experimentaciones o pruebas.

“Los enfoques más comunes en la M.I son el enfoque cualitativo y el enfoque cuantitativo, ambos desde su surgimiento han tenido diversidad de opiniones encontradas, diferencias sustanciales, críticas del uno al otro, etc., pero si se puede establecer en forma general algunos puntos de contacto entre ambos:

- ❖ Se basan en observaciones y evaluaciones del fenómeno.
- ❖ Se llegan a conclusiones como resultados de esas observaciones y evaluaciones.
- ❖ De alguna forma, más o menos fundamentada, demuestran el grado de realidad de las conclusiones arribadas.
- ❖ Comprueban las conclusiones arribadas y hasta son capaces de generar nuevas fundamentaciones, basándose en las tendencias encontradas.”

Cortés, León, & Universidad Autónoma del Carmen (2005)

En los métodos de investigación coexisten diversos enfoques, en este caso podemos resaltar dos enfoques de los cuales son los más utilizados o habituales, (Canaan, 2017) asevera que:

El enfoque cuantitativo el propósito de este método o enfoque es presentar y encontrar un conocimiento amplio mediante datos a detalle y principios teóricos,

cuando se recolectan datos suelen figurar pruebas objetivas, instrumentos estadísticos, instrumentos de medición.

En el enfoque cualitativo la intención es el estudio de los valores y fenómenos cuantitativos para fortalecer la teoría que hemos planteado basándose en una configuración humanística por medio de observaciones, interpretación personal hasta relatos.

4.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la elaboración de una tesis de investigación o para la creación de un proyecto que busque solventar un problema en una sociedad o institución es necesario recurrir a numerosas fuentes de información, existiendo fuentes primarias como ser libros físicos o electrónicos y fuentes secundarias como artículos de revistas, tesis, manuales, etc. Para el desarrollo de la presente se recurre a los dos tipos de fuentes de información.

4.4 CRONOGRAMA

Tabla 3. Cronograma de actividades.

No	Actividades	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
1	Visita de campo Gildan	■									
2	Levantamiento de datos	■									
3	Análisis de datos obtenidos en visita		■								
4	Interacción con PLC Unistream	■	■								
5	Lectura de manuales de Unistream		■								
6	Interacción con Software				■	■					
7	Visita RN3 y RN6 colorservice		■			■			■	■	
8	Elaboración de listado de materiales					■					
9	Diseño de gabinete						■				
10	Vista Gildan RN3, pruebas de red					■			■		
11	Desarrollo de software			■	■		■	■	■		
12	Programación de variadores de frecuencia					■	■		■		
13	Visita a plástica Vanguardia	■	■	■							
14	Visita microenvases				■			■			
15	Programación e instalación de variador 40hp Vanguardia							■			
16	Cotizaciones de materiales para gabinete						■				
17	Compra de materiales para gabinete							■			
18	Elaboración de panel de control							■	■		
19	Instalación de panel sist. Pesaje									■	
20	Pruebas de anclaje a red			■						■	
21	Reunion Gildan Regional						■	■			
22	Pruebas Red, HMI, Programa y corrección de fallas en software									■	
23	Puesta en marcha del sistema										■

Fuente: Propia

V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS

Para el análisis de datos se toman diferentes mediciones y se realizan algunos cálculos que nos ayudan a analizar nuestros datos para la implementación de un sistema preciso.

5.1.1 LINEALIZACIÓN

En un entorno industrial húmedo, corrosivo es necesario el uso de un sensor con un grado de protección alto, se opta por una celda de carga de acero inoxidable IP68, IP69K herméticamente sellada.



Ilustración 10. Sensor celda de carga.

Fuente: (PBA428_Sales_Brochure.)

Para determinar los valores precisos de lectura para el peso es necesario el uso de la celda de carga o célula de carga el cual es un sensor de tipo de señal de salida análoga, hace la lectura y sus valores de salida son de 0 a 80mV para ello es necesario hacer una linealización para que pueda ser interpretado de manera correcta por el PLC en unidades digitales que en el caso de Unitronics con su módulo para celdas de carga van desde 0 hasta 16,384 unidades digitales.

Para la precisa lectura del PLC e interpretación por medio de la HMI es necesario hacer este tipo de cálculos para obtener la relación segura entre unidades digitales y unidades de peso.

Las unidades digitales que interpretará el PLC varían de 0 a 16,384 unidades digitales y serán proporcionales a los valores de salida de la celda de carga que son de 0-80mV. Esta celda de carga tiene una lectura de 0 a 150Kg, apoyados de estos datos se puede realizar el cálculo matemático.

Teniendo en cuenta lo anterior podemos hacer uso de la ecuación de la recta para realizar la respectiva conversión y la lectura de peso.

X=Unidades digitales

Y=Peso

Calculando la pendiente con su fórmula:

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

Ecuación 9. Pendiente de una recta.

Fuente: Propia

$$m = \frac{150 - 0}{16,384 - 0}$$

$$m = 9.15 \times 10^{-3}$$

Proseguimos a evaluar el punto (0,0) siendo 0 unidades digitales y 0 Kg respectivamente para realizar el siguiente calculo y culminar la linealización con la ecuación de una recta.

$$y = mx + b$$

Ecuación 10. Ecuación de la recta.

Fuente: Propia

$$y - y_0 = m(x - x_0)$$

$$y - 0 = 9.15 \times 10^{-3}(x - 0)$$

$$y = 9.15x10^{-3}x$$

El resultado de la linealización es de suma importancia para poder obtener las lecturas de peso exactas teniendo en cuenta que "Y" es peso y "X" las unidades digitales interpretadas por el PLC.

5.1.2 TIEMPO DE RESPUESTA

El accionamiento de las válvulas será controlado por un bloque de electroválvulas, esto conlleva a un tiempo de respuesta a la hora de dispensar cualquier químico que se desea utilizar. Este tiempo fue medido en base a un estimado en peso para que la programación del PLC quedara lo más precisa posible es por esto que se hizo un promedio y se llegó a la conclusión que el tiempo de respuesta es de 1kg.

El procedimiento que se sigue para calcular el tiempo de respuesta es con pruebas de campo, por ejemplo se programa para dispensar 10kg pero al cortar la señal a los 10kg por el tiempo de respuesta del actuador se pasaba un poco más de lo solicitado. Para llegar al promedio se realizan varias pruebas.

5.1.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Existiendo variedad de controladores lógicos programables en el mercado, se analizan varios modelos de diferentes marcas para optar por uno que tenga la capacidad para esta aplicación y que sea lo más conveniente para la empresa hablando económicamente siempre con gama alta y para estar en un entorno industrial.

Para esto analizamos diferentes modelos con la siguiente tabla:

Tabla 1. Comparativa precios plc

Marca	Modelo	Precio
Siemens	S7-1200 + Pantalla HMI SIMATIC KTP700	34,515.27Lps.
VIPA	VIPA 013C + Pantalla HMI 62H-MGC0	43,072.55Lps.
Unitronics	USP-070 +HMI + CPU USC-P	26,088.59Lps.
Schneider	M241 + HMI 781-5978	28,700Lps.
Mitsubishi	PLC FX3s + HMI GT1455	38,962.86Lps.

Fuente: Propia

5.2 RESULTADOS

El resultado del proyecto se concluye con la demostración de las pantallas que se diseñaron para el sistema de pesaje semi automático y con la ejemplificación de la programación y conexión a modbus. Las pantallas son diseñadas con el software Unilogic de Unitronics cada pantalla se explica a detalle.

La programación de igual forma se realiza con el software Unilogic.

5.2.1 DESARROLLO HMI

Una interfaz sencilla y amigable de operar se toma como objetivo para el desarrollo de las pantallas que a continuación se muestran y explican a detalle una a una. El objetivo de desarrollar una interfaz amigable se hace con el propósito de facilitar la manipulación por parte de operarios, de esta manera existe una adaptación en menor tiempo al migrar a un sistema automático.

5.2.1.1 PANTALLA DE INICIO



Ilustración 11. Pantalla principal.

Fuente: Propia

La pantalla de inicio o pantalla principal es donde el operario inicia sesión con sus credenciales (esto para el siguiente paso elegir el químico a dispensar) ingresando su usuario y contraseña. Cuenta con un reloj digital y un símbolo de red debido a que en Gildan la mayoría de sistemas están anclados a red. Sus botones de LOGIN y RESET en caso de equivocarse y no querer borrar uno a uno. El símbolo de riesgo biológico es en alusión a la zona donde está instalado este sistema.

5.2.1.2 PANTALLA SELECCIÓN DE QUÍMICO

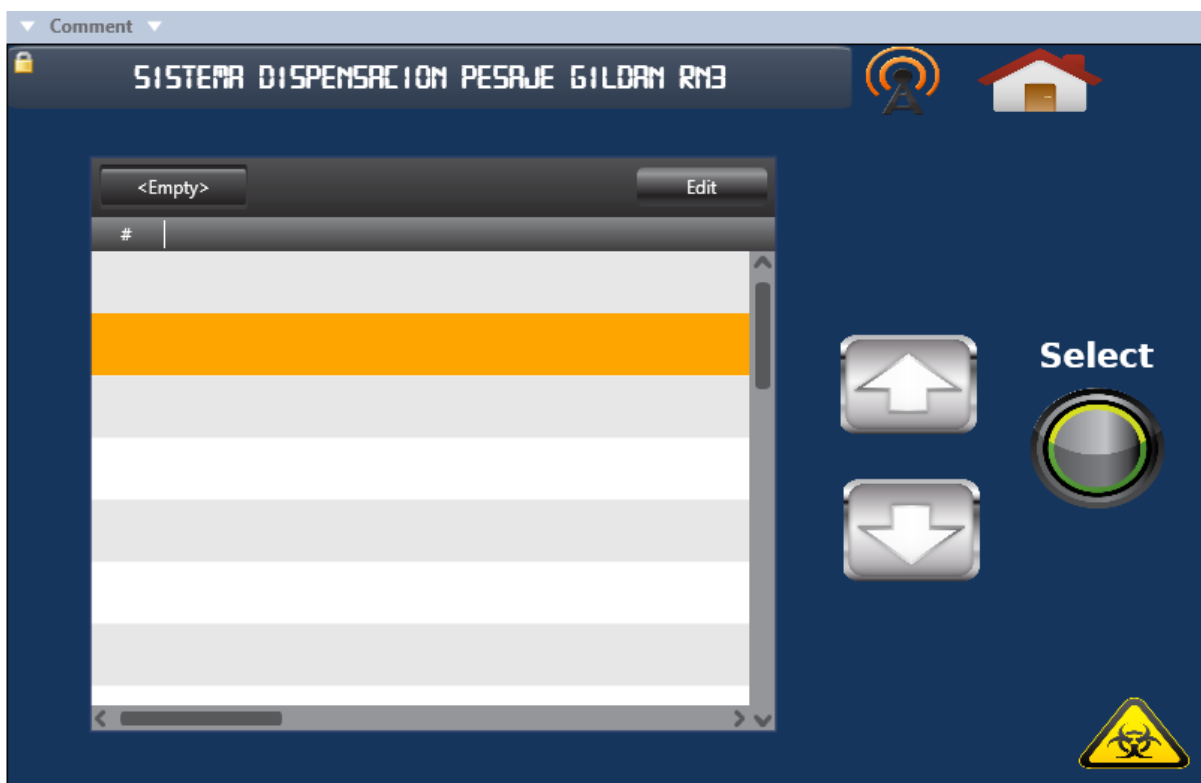


Ilustración 12. Pantalla selección de químico.

Fuente: Propia

En esta pantalla el operario podrá seleccionar el químico que desee dispensar; la pantalla muestra una lista con los químicos con los cuenta Gildan RN3, los botones de desplazamiento arriba y abajo, botón de anclaje a red que funciona como un refresh en caso de que la red se caiga y no muestre información en la lista, botón Home y select para proseguir a la siguiente pantalla.

5.2.1.3 PANTALLA DISPENSADO



Ilustración 13. Pantalla dispensado.

Fuente: Propia

En esta parte el operario selecciona la cantidad de químico a dispensar por medio de un keypad, una vez seleccionada la cantidad pulsa el botón de select, una vez presionado el botón select se llevará a cabo la activación de las válvulas para el dispensaje y se encenderá el led verde como indicador de operación y el rojo una vez haya terminado el dispensaje. Esta pantalla lleva un reloj que nos indica la hora local, botón de regresar para seleccionar otro químico de la lista, botón home y en la esquina inferior derecha muestra las alarmas del sistema y su historial. El indicador de alarma estará intermitente cuando se emita alguna por cualquier motivo como ser la no activación de alguna válvula o el nivel del tanque.

5.2.1.4 PANTALLA ALARMAS

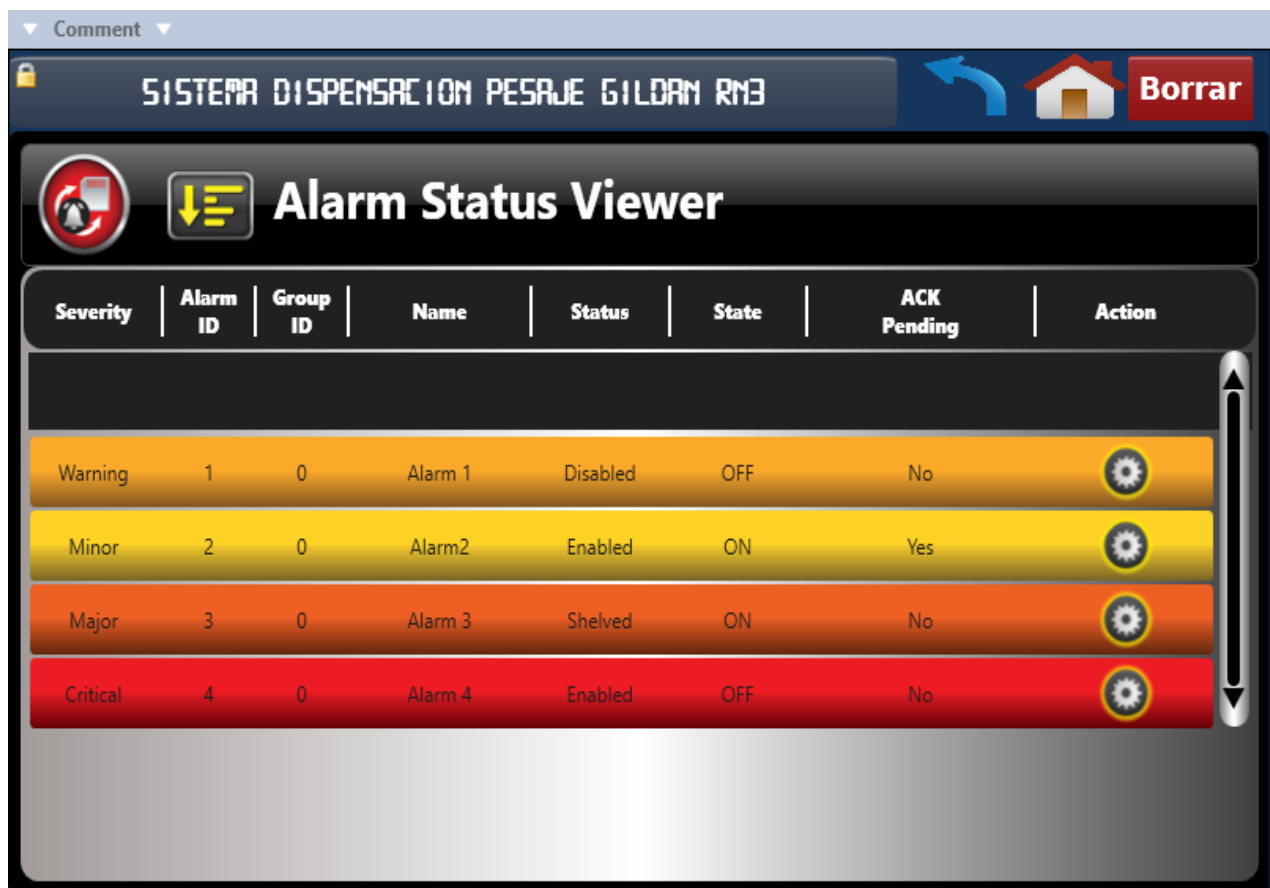


Ilustración 14. Pantalla de alarmas.

Fuente: Propia

Visor de estado de alarma, esta pantalla muestra las alarmas que se hayan activado mientras se dispensaba o se intentaba dispensar algún químico. El programa trae definidos los niveles de alarma como ser alertas, alarma menores, mayores y críticas, esta pantalla cuenta con un botón de borrado de alarma sin embargo estas quedan almacenadas en el historial de alarmas, la función del botón borrar es para que una vez activada y visualizada la alarma el icono de alarma no siga intermitente. Revisada y borradas las alarmas se puede regresar a la pantalla de dispensado para proseguir con el proceso de selección de cantidad de químico que se solicite.

5.2.1.5 PANTALLA HISTORIAL DE ALARMAS



Ilustración 15. Historial de alarmas.

Fuente: Propia

Pantalla de historial de alarmas, en esta se pueden visualizar las diferentes alarmas que se hayan activado durante un periodo de tiempo. Lleva un registro como tal con diferente información como ser el grado de alarma, fecha y hora en la que se activó, numeración. En esta pantalla no se podrán borrar las alarmas ni manipular nada de datos solo visualizar, este registro queda guardado. Cuenta con un botón para salir del sistema y regresar a inicio.

5.2.2 CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO

La configuración del equipo al PLC en este caso se realiza con los programas Visilogic, U90 Ladder y UniLogic estos tienen la utilidad para configurar módulo de celda de carga, módulos de entradas y salidas, el protocolo de comunicación que se utiliza, etcétera. La programación como tal no puede ser mostrada debido a políticas de privacidad de la empresa.

5.2.2.1 CONFIGURACIÓN DE UNA CELDA DE CARGA

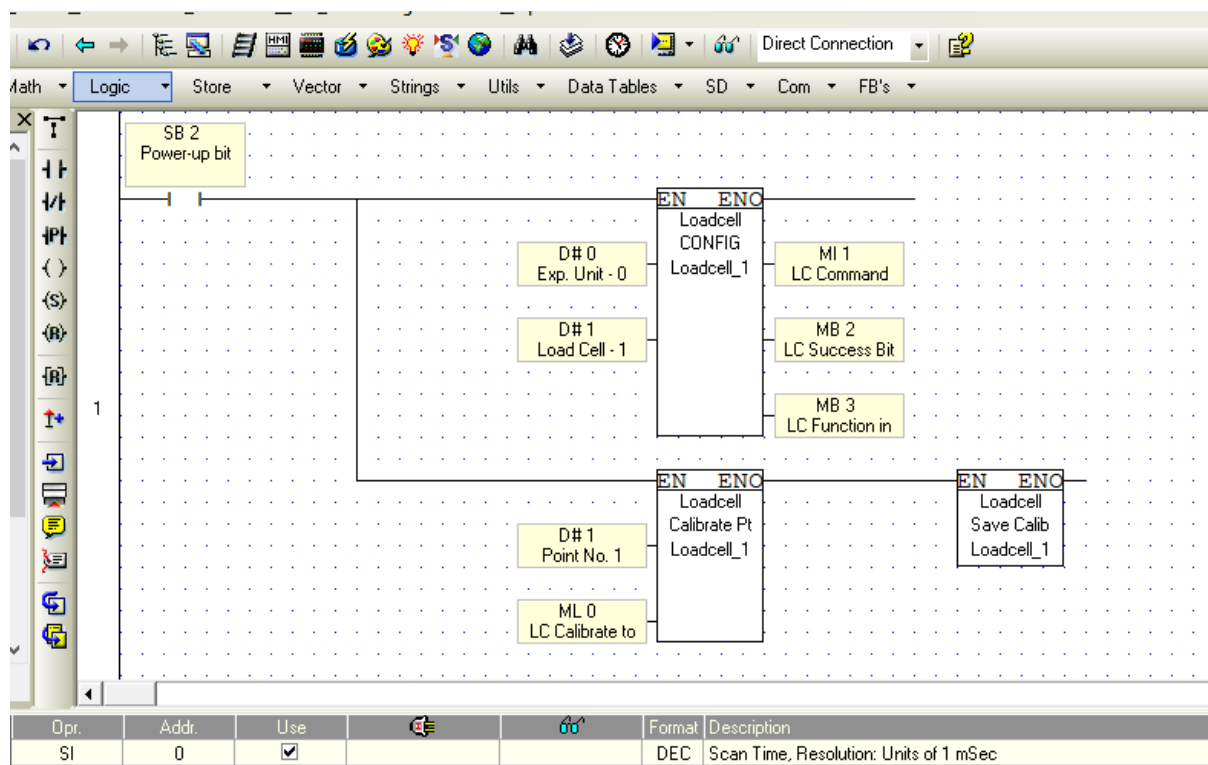


Ilustración 16 Configuración celda de carga

Fuente: Propia

La ilustración 16 nos muestra la configuración en Ladder para una celda de carga dicha configuración se debe realizar haciendo uso de unas funciones que trae el programa, como se observa hay tres bloques de funciones uno para la configuración de la celda de carga, el siguiente bloque es para la calibración de la celda (linealización) y el último bloque se programa para guardar los datos de la calibración.

5.2.2.2 CONFIGURACIÓN ENTRADAS Y SALIDAS

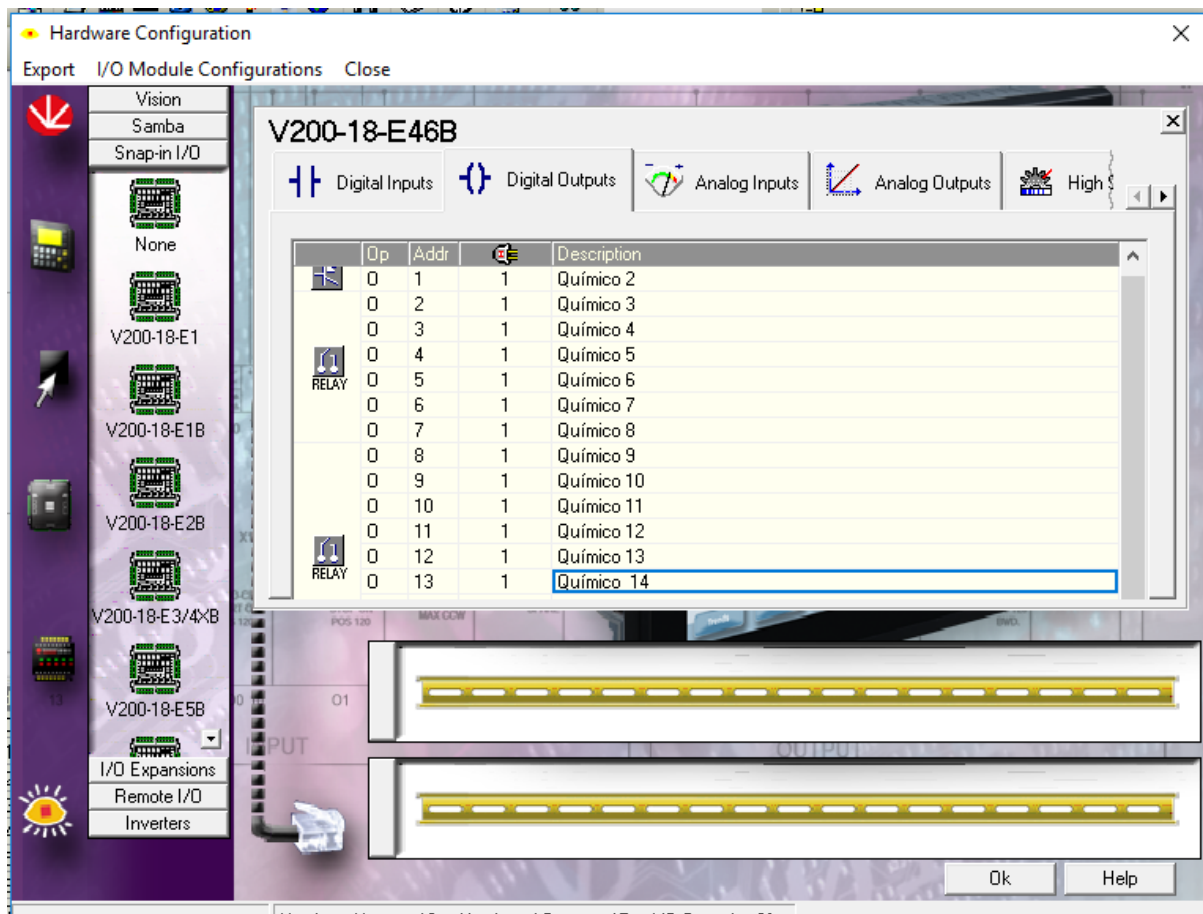


Ilustración 17 Entradas y salidas.

Fuente: Propia

De acuerdo al modelo a utilizar de I/O tendremos la cantidad de entradas y salidas, las cuales pueden ser analógicas, digitales, salidas de alta velocidad, entradas de alta velocidad. Como lo muestra la ilustración 17 se les asigna una dirección, un estado y una descripción para que se facilite al momento de conectar.

5.2.2.3 CONFIGURACIÓN RED

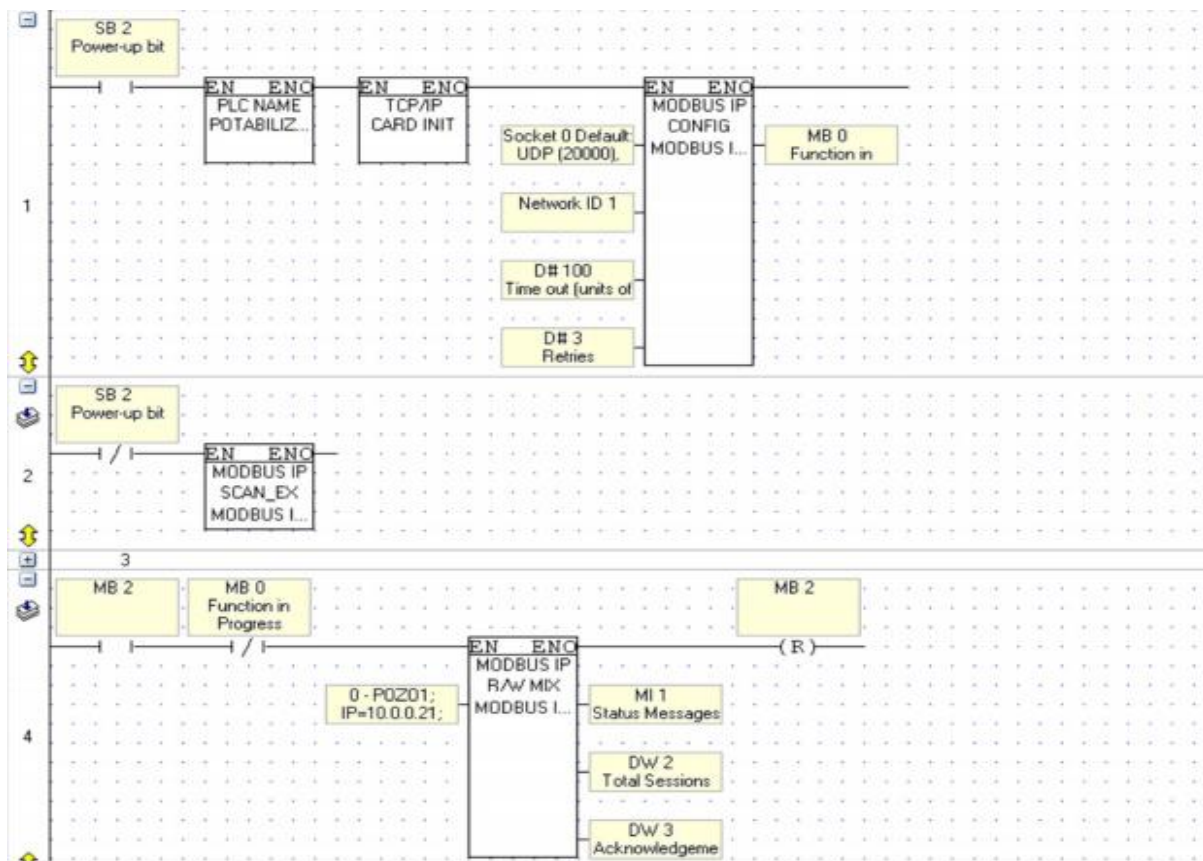


Ilustración 18 Ejemplo configuración de red.

Fuente: Propia

La ilustración 18 nos muestra como luce la configuración de un protocolo de comunicación, en este caso ejemplifica lo que es un protocolo modbus tcp/ip para comunicación.

Se puede configurar otro protocolo de comunicación sin embargo esto dependerá del que se ajuste más a la aplicación o el que sea de preferencia del usuario o integrador de proyectos.

VI. CONCLUSIONES

“Las conclusiones son el lugar para que le digas al lector que sucedió, pero además son tus hallazgos más importantes de la investigación, puedes acomodarlos por orden de importancia o relatarlos por capítulo al momento de exponer tus resultados. Las conclusiones refuerzan los descubrimientos de la investigación, son una exposición coherente no una enumeración de proposiciones.” (Baena Paz, 2014)

El presente proyecto de mejora conlleva a la reducción del desperdicio de químicos utilizados para el teñido y otros procesos de las prendas, que como fue abordado en la sección de análisis y resultados, el descuido del personal eleva los costos de operación en la planta.

- Con la linealización se pudo obtener el resultado para escalar correctamente los valores en la programación.
- Se utilizó un controlador lógico programable de la marca Unitronics ya que por la relación precio-calidad fue la mejor evaluada dentro de las opciones en el mercado local.
- Previo a la realización al diseño de las pantallas se consultó con las personas que manipularán este sistema como se les facilitaría la adaptación a este nuevo cambio.

VII. RECOMENDACIONES

Hacia la empresa

1. Se recomienda a CILASA empresa contratista donde se realizó el proyecto de graduación fase 1, dar mayor prioridad al departamento de ingeniería para evitar contratiempos en los proyectos debido a la falta de logística y una mejor coordinación de personal.
2. También se recomienda mejorar el proceso de compra cuando los ingenieros solicitan material o equipo para desarrollar un proyecto.

Hacia la universidad

1. Se recomienda a la universidad potenciar las áreas de PLC y redes industriales debido a que en la industria es de vital importancia para el campo de la automatización, diseño e implementación de sistemas.
2. Otra recomendación sumamente importante es la apertura de la clase de instalaciones eléctricas para la carrera de ingeniería mecatrónica, con un temario amplio y centrándose más en lo práctico. A la vez implementar el uso de AutoCad Electrical y de programas para sistemas SCADA.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

812 Termodinámica de la Tintura.pdf. (s. f.). Recuperado 18 de noviembre de 2018, de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxpbmRyb3RlY25vdGV4dGlzGd4OjQyM2E2ZmQwOTEyZGRiYmE>

Acedo Zambrana, M. Á. (2012). *Mantenimiento de sistemas de climatización (MF0628_2)*. Málaga, SPAIN: IC Editorial. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3211243>

Antonio Creus Solé. (2007). *Neumática e Hidráulica*. Barcelona: Marcombo. Recuperado de [file:///C:/Users/Jorge/Downloads/NeumaticaeHidraulica-Creus%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Jorge/Downloads/NeumaticaeHidraulica-Creus%20(1).pdf)

Antonio López Peláez. (2003). Mejoras en la seguridad y en la salud a través de la aplicación de estrategias de automatización avanzada. *Sección técnica*, 9.

Baena Paz, G. M. E. (2014). *Metodología de la investigación*. México, D.F., MEXICO: Grupo Editorial Patria. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3228423>

Brown, S., & Vranesic, Z. (2007). *Fundamentos de lógica digital con diseño VHDL (2a. ed.)*. Distrito Federal, MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=4498998>

Bruno Bellini. (2009, abril 28). Sensores de presión utilizados en las plataformas de fuerza aplicadas al estudio de la postgrafía.

Canaan, R. (2017, julio 31). Los 9 Tipos de Métodos de Investigación Más Habituales. Recuperado 26 de noviembre de 2018, de <https://www.lifeder.com/tipos-metodos-de-investigacion/>

Cembranos Nistal, F. J. (2002). *Automatismos electricos, neumaticos e hidraulicos*. Madrid: Thomson.

Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2006). *Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones*. Madrid, SPAIN: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3195878>

Chang, R., Colledge, W., Ramírez Medeles, M. del C., & Zugazagoitia Herranz, R. (2005). *Química*. México: McGraw-Hill.

Cortés Cortés, M. E., Iglesias León, M., & Universidad Autónoma del Carmen (Campeche). (2005). *Generalidades sobre metodología de la investigación*. Ciudad del Carmen, Camp.: Universidad Autónoma del Carmen.

Creus Solé, A. (2008). *Neumática e hidráulica*. Barcelona: Marcombo. Recuperado de <http://site.ebrary.com/id/10212428>

El 49% de la maquila textil hondureña está certificada. (s. f.). Recuperado 17 de noviembre de 2018, de <https://www.laprensa.hn/honduras/1214322-410/maquila-textil-honduras-certificada-alta-calidad>

FEELREVISTA. (s. f.). señal-digital. Recuperado 21 de noviembre de 2018, de <http://revistafeel.com.mx/feel-listen/diferencia-entre-senal-analogica-y-senal-digital/attachment/ejercicio-digital/>

Figura 4.1: Tensión de celda vs. densidad de corriente de celda con 1 y... (s. f.). Recuperado 21 de noviembre de 2018, de https://www.researchgate.net/figure/Figura-41-Tension-de-celda-vs-densidad-de-corriente-de-celda-con-1-y-2-membranas_fig14_308723609

Galga extensiométrica. (s. f.). Recuperado 18 de noviembre de 2018, de https://www.ecured.cu/Galga_extensiom%C3%A9trica

Germán Corona Ramírez, L., Abarca Jiménez, G. S., Mares Carreño, J., & e-libro, C. (2014). *Sensores y actuadores aplicaciones con Arduino*. México: Larousse - Grupo Editorial Patria.

Gildan | Página de inicio de la historia. (s. f.). Recuperado 17 de noviembre de 2018, de <http://www.gildancorp.com/story-landing-page>

Gildan lanza Informe de RSC Genuine Gildan® 2015 - FUNDAHRSE, Fundación Hondureña de Responsabilidad Social Empresarial. (s. f.). Recuperado 17 de noviembre de 2018, de <http://fundahrse.org/boletines/gildan-lanza-informe-de-rsc-genuine-gildan-2015/>

Gómez, M. M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Editorial Brujas.

González Santander Martínez, J. L., & Castellano Estornell, G. (2014). *Fundamentos de mecánica de fluidos*. Alicante, SPAIN: ECU. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3224903>

Guillén Salvador, A. (1993). *Introducción a la neumática*. Barcelona, SPAIN: Marcombo. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3185258>

Hallberg, B. (2007). *Fundamentos de redes (4a. ed.)*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3191925>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación (5a ed)*. México, D.F: McGraw-Hill.

Miron, J. (2015, septiembre 28). Mecatronica Industrial: Que es Profibus? Recuperado 21 de noviembre de 2018, de <http://josemiron.blogspot.com/2015/09/que-es-profibus.html>

PBA428_Sales_Brochure.pdf. (s. f.). Recuperado de https://www.mt.com/hk/en/home/library/product-brochures/industrial-scales/PBA428_broch/_jcr_content/mainpar/download/file/file.res/PBA428_Sales_Brochure.pdf

Pérez, C. (s. f.). Controladores Lógicos Programables (PLCs), 22.

Pérez Montiel, H. (2016). *Física 2 (2a. ed.)*. Distrito Federal, UNKNOWN: Grupo Editorial Patria. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=4849837>

Powerful PLC controller with HMI- Unistream 7". (s. f.). Recuperado 20 de noviembre de 2018, de <https://unitronicsplc.com/unistream-series-unistream7/>

Ramírez, D. R., & Alba, C. B. (s. f.). APUNTES DE INGENIERÍA DE CONTROL, 174.

Stanek, W. R. (2007). *SQL Server® 2005: manual del administrador*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3191891>

Textil. (s. f.). Recuperado 17 de noviembre de 2018, de <http://www.prohonduras.hn/index.php/espanol/por-que-honduras/perfil-de-pais>

Topologia Bus - Topologias de Red 708. (s. f.). Recuperado 4 de diciembre de 2018, de <https://sites.google.com/site/topologiasdered708/home/topologia-bus>

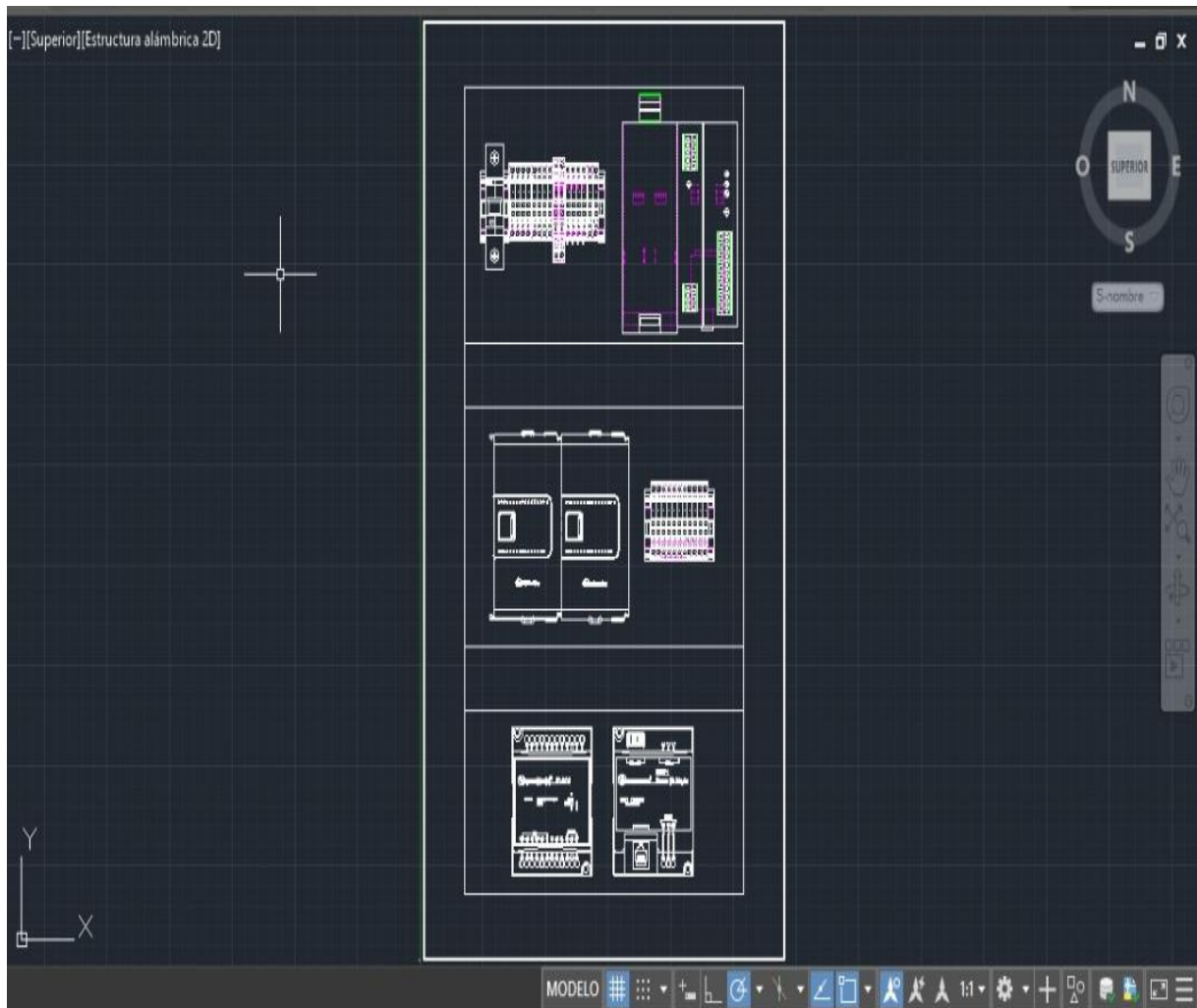
White, F. M. (2004). *Mecánica de fluidos (5a. ed.)*. Madrid, SPAIN: McGraw-Hill España. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3194842>

Young, H. D., Freedman, R. A., Ford, A. L., Flores Flores, V. A., & Rubio Ponce, A. (2009). *Sears-Zemansky, Física universitaria, decimosegunda edición, volumen 1*. Naucalpan de Juárez: Addison-Wesley.

Zacarías Santiago, A., González López, J., & Granados Manzo, A. (2017). *Mecánica de fluidos: teoría con aplicaciones y modelado*. Ciudad de México, MEXICO: Grupo Editorial Patria. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=5213536>

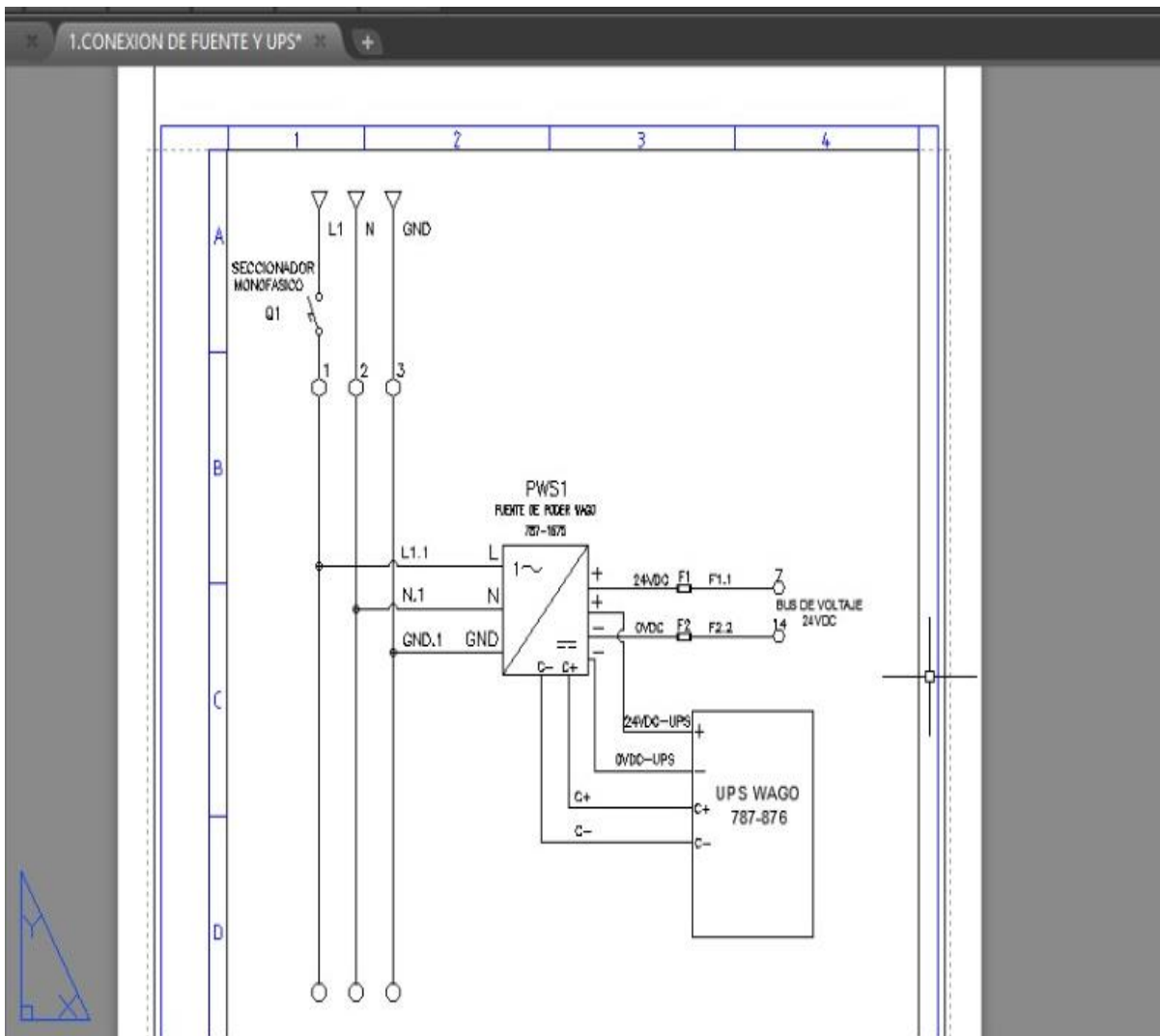
IX. ANEXOS

Anexo 1. Diseño de gabinete



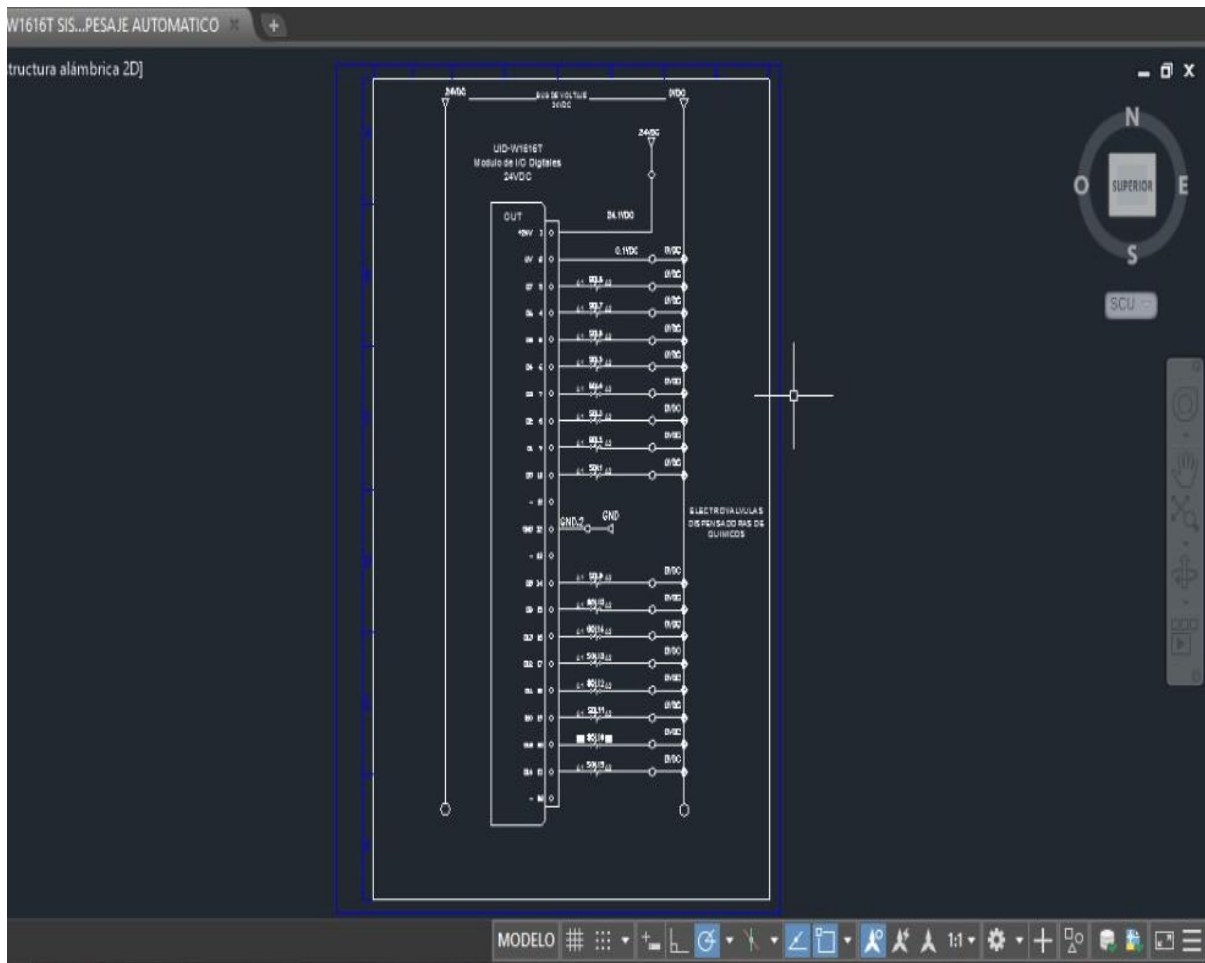
Fuente: Propia

Anexo 2. Alimentación de sistema



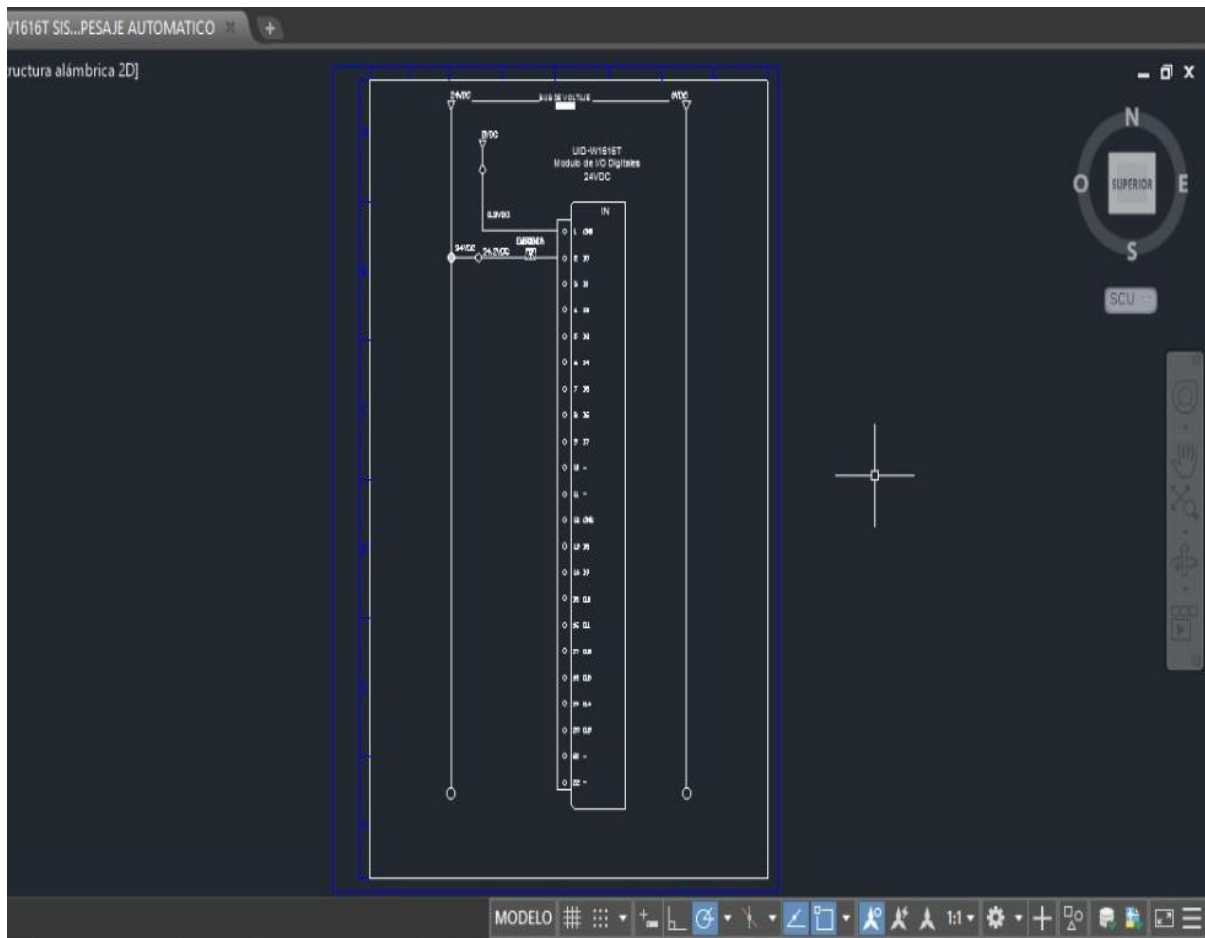
Fuente: Propia

Anexo 3. Conexiones módulo de salidas



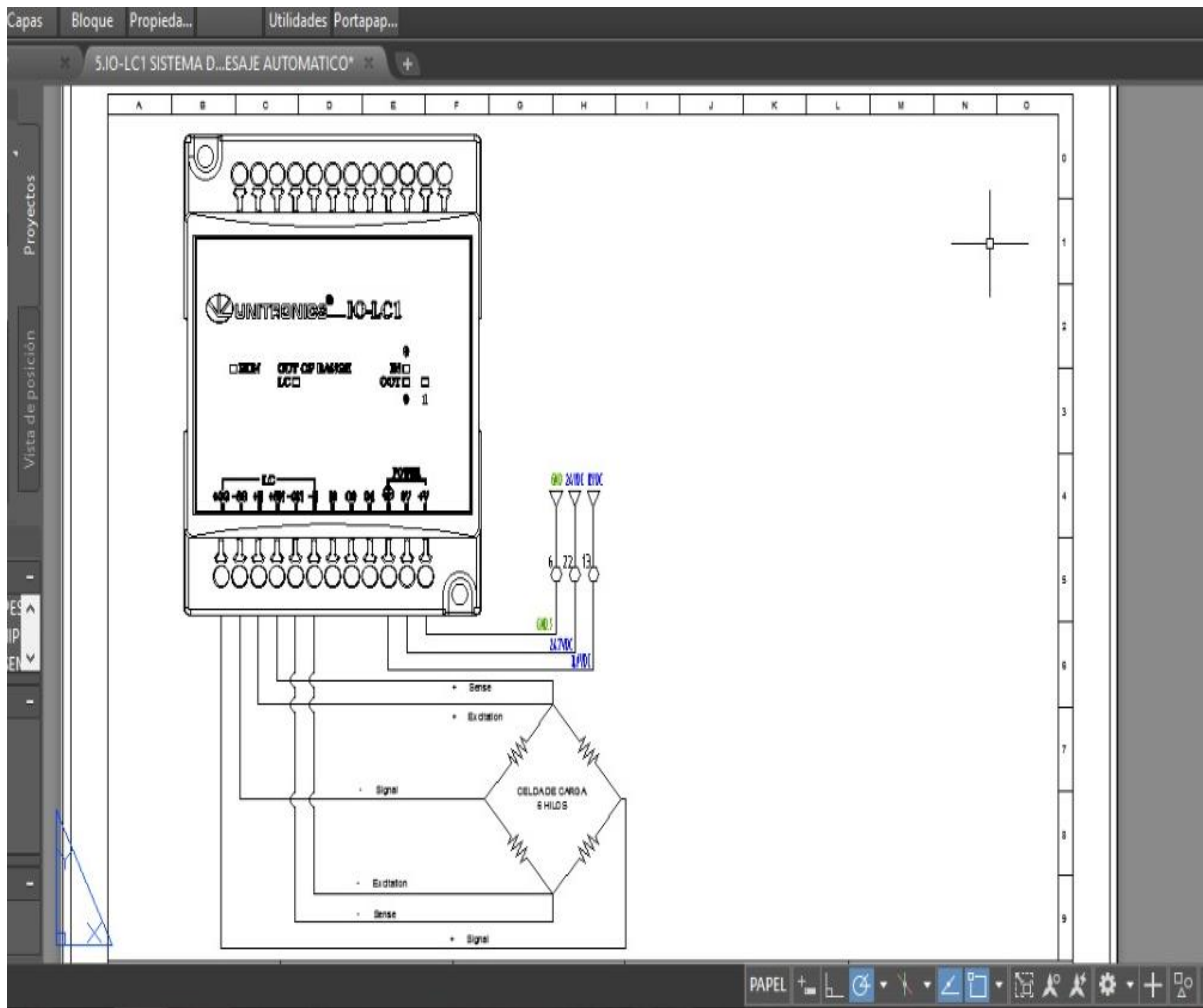
Fuente: Propia

Anexo 4. Conexiones módulo de entradas



Fuente: Propia

Anexo 5. Conexión módulo para celda de carga



Fuente: Propia