

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Automatización de llenado de materia prima para el proceso de refinado de pinturas alquídicas, en una fábrica de pintura ubicada en costa sur

**Trabajo de graduación presentado por Roberto Antonio Rodas Castillo para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología Industrial**

**Guatemala,**

**2023**



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería




Automatización de llenado de materia prima para el proceso de refinado de pinturas alquídicas, en una fábrica de pintura ubicada en costa sur

**Trabajo de graduación presentado por Roberto Antonio Rodas Castillo para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología Industrial**

**Guatemala,**


**2023**

Vo.Bo. :

(f)   
Ing. Henry Armando Olcot Ejealon  
Asesor

Tribunal Examinador:

(f)   
Ing. Henry Armando Olcot Ejealon  
Asesor

(f)   
Ing. David Humberto Mejicanos Arana  
Examinador

(f)   
Ing. Mario Adolfo San Quisque  
Director

Fecha de aprobación: Guatemala, 16 de junio de 2023

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1 General.....	2
2.2 Específicos.....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV. MARCO TEÓRICO .....	5
4.3 Generalidades .....	5
4.3.1 Antecedentes automatización .....	5
4.3.2 Orígenes de la automatización.....	6
4.3.3 Primeros autómatas.....	6
4.4 Autómata programable .....	7
4.4.1 Definición de autómata programable.....	7
4.5 Diagrama eléctrico.....	8
4.5.1 Definición de diagrama eléctrico.....	8
4.5.2 Tipos de diagrama eléctricos .....	8
4.5.3 Diagramas P&ID.....	9
4.6 Pesaje.....	10
4.6.1 Celdas de carga .....	10

4.6.2	Principio de funcionamiento.....	10
4.6.3	Caja suma de celdas.....	11
V.	METODOLOGÍA.....	12
	ETAPA 1.....	12
	Identificar el problema.....	12
	Encuesta.....	12
	ETAPA 2.....	14
	Realizar diagramas eléctricos para tablero de automatización.....	14
	Realizar diagrama P&ID de tuberías de bombas.....	15
	ETAPA 3.....	16
	Cotización de materiales eléctricos y tuberías.....	16
	Aprobación de presupuesto para proyecto de automatización.....	16
	Solicitud de compra de materiales.....	16
	Ingreso de materiales eléctricos y tuberías.....	16
	ETAPA 4.....	17
	Instalación de bombas hidráulicas.....	17
	Instalación de tubería de bombas hacia tanques de refinado.....	17
	Instalación de actuadores neumáticos.....	18
	Fabricación de tablero eléctrico de control automatizado.....	18
	Instalación de celdas de carga en tanques de refinado.....	19

ETAPA 5 .....	19
Montaje de tablero eléctrico de control .....	19
Instalación de tuberías eléctricas hacia tablero eléctrico de control.....	20
Instalación de cableado eléctrico.....	20
ETAPA 6 .....	21
Programación de autómeta programable PLC.....	21
Programación de interfaz de pantalla HMI .....	22
ETAPA 7 .....	23
Calibración de celdas de carga .....	23
Pruebas y ajustes.....	23
ETAPA 8 .....	24
Finalización y entrega de proyecto.....	24
VI. RESULTADOS.....	25
6.1 Tabla – Encuesta.....	25
6.2 Área de refinado .....	25
VII. CONCLUSIONES.....	27
VIII. RECOMENDACIONES .....	28
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	29
X. E - GRAFÍA .....	30
XI. ANEXOS.....	31

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Encuesta .....	25
Tabla 2 - Formato cotización.....	31

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Letras identificadoras.....	9
Ilustración 2 - Encuesta .....	12
Ilustración 3 - Gráfica de pareto .....	13
Ilustración 4 - Diagrama eléctrico .....	14
Ilustración 5 - Diagrama P&ID .....	15
Ilustración 6 - Bomba hidráulica .....	17
Ilustración 7 - Tubería bombas a tanques.....	17
Ilustración 8 - Actuador neumático .....	18
Ilustración 9 - Tablero de mando presentación .....	18
Ilustración 10 - Tanque con celdas de carga .....	19
Ilustración 11 - Tablero de mando montaje.....	19
Ilustración 12 - Tablero de pantalla.....	19
Ilustración 13 - Tuberías eléctricas.....	20
Ilustración 14 - Tablero de mando.....	20
Ilustración 15 - ISPSOFT .....	21
Ilustración 16 - Interfaz gráfica .....	22
Ilustración 17 - Tablero con pantalla HMI .....	23

## RESUMEN

Para realizar el proceso adecuado de llenado de materia prima en tanques de pinturas para resinas alquídicas se usa el factor humano y equipos de transporte, dando como inicio el despacho de recipiente con producto que es adecuadamente cargado en toneles y totes pesados en básculas, estos son trasladados y ubicados por un montacargas hacia el lugar designado de los tanques para el refinado de pintura. Ya ubicados los recipientes de producto se procede con el despacho en el tanque mediante un equipo neumático que se encarga de abrazar los toneles y volcarlos sobre el tanque para así de manera manual iniciar con el llenado de materias primas, este mismo proceso se lleva con los totes de producto hasta terminar cada recipiente en el tanque de refinado

La automatización para el proceso de llenado de materia prima consiste en el uso bombas hidráulicas las cuales transportan el producto en tuberías conectadas hacia los tanques de refinado, donde cada tubería tendrá a disposición un actuador neumático que limita el paso de las materias primas, este tendrá apertura y cierre según sea la orden de despacho. Los tanques de refinado estarán montados sobre equipos de pesaje, donde se indica el valor de peso y enviará información a los equipos computarizados para un control adecuado, por ello estos equipos tendrá como indicador de señales un autómatas programable con una pantalla HMI para su uso práctico de llenado.

## I. INTRODUCCIÓN

En la fabricación de pinturas a base de resinas alquídicas se llevan a cabo varios procesos para llegar al producto terminado. Entre este proceso se encuentra la etapa de refinado, que tiene a ser elaborado de forma manual y muy artesanal, volviéndolo un proceso con largos tiempos de producción.

Para ello se implementó un proceso automatizado que facilita el traslado del producto hacia los tanques de almacenamiento de refinado por medio de un sistema de bombeo con lo cual se logra mejorar los tiempos en el proceso, cuenta con el funcionamiento para cargar las materias primas de forma automática desde una pantalla y con ello tener el control de cada tanque del área, este proceso es controlado únicamente por un operador desde donde se ubica el tablero de la pantalla. El operador se encarga de ingresar los datos de producción por tanque según la fórmula de producción indique, para que se suministre la materia prima en estos y con ello ejecutar el proceso de refinado.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Automatizar el llenado de materia prima en los tanques de refinado de pinturas alquídicas con el uso bombas hidráulicas, actuadores neumáticos y celdas de carga, controlado por un autómeta programable con una pantalla HMI, para el control exacto del producto despachado

### **2.2 Específicos**

- Mejorar el rendimiento del lote de pintura con un llenado exacto de materias primas para tener un proceso uniforme del producto, reducir el factor humano y disminuir los tiempos de producción.
- Reducir los costos de producción en el proceso de refinado con el control exacto de las materias primas para aportar a la empresa ventajas competitivas en la industria.
- Reducir mermas del producto despachado por medio del proceso automatizado para la reducción de costos y optimización del proceso de producción

### III. JUSTIFICACIÓN

La automatización industrial es el uso de equipos computarizados para un control y monitoreo para fines de mejora en los procesos de producción.

Automatizar lleva a las empresas a ser altamente competitivas entre la industria, esto se da por la razón de que al tener los procesos lo más automatizados se logra realizar un proceso uniforme, esto otorga tiempos de producción menores y constantes, reduce el uso de factor humano, el sobre esfuerzo de trabajo y con ello la reducción de los costos de producción.

Por lo cual, al implementar la automatización en el proceso de llenado de tanques trae como beneficios:

- Se reducen los tiempos de producción al ser un despacho de materias primas automático, porque se evita el llenado de toneles y totes con el traslado por montacargas, en cambio el operador tendrá acceso para un uso práctico en una pantalla HMI donde indicará cuanto requiere de materia en prima.
- Los costos de producción se reducen por tener un proceso de llenado exacto, como es un proceso automatizado, es un proceso cíclico siendo siempre la misma cantidad de producto despachado reduciendo las cantidades de merma que se dan.
- El factor humano se reduce, el sistema computarizado tiene como uso la mínima cantidad de operadores, por lo que los procesos que requieren de varios colaboradores se reduce por las cantidades más óptimas.
- Los niveles de riesgos humano se reducen al no encontrarse expuesto el personal a procesos que indican sobre esfuerzos, fatiga y uso de equipos industriales los cuales deben tener una capacitación para el uso adecuado

Por ello es beneficioso el implemento del equipo de llenado de materia prima automático, trae como fin la mejora en la productividad y la optimización del mismo proceso.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.3 Generalidades

#### 4.3.1 *Antecedentes automatización*

La automatización es un concepto que suele utilizarse en el ámbito de la industria con referencia al sistema que permite que una máquina desarrolle ciertos procesos o realice tareas sin intervención del ser humano. Es empleada con frecuencia por su capacidad de ahorrar tiempo y dinero. (Agudelo, Tano, & Vargas)

Los orígenes de la automatización se encuentran en la Prehistoria, con el desarrollo de las máquinas simples que minimizaban la fuerza que debían hacer las personas. La energía animal o humana, con el tiempo, comenzó a reemplazarse por energías renovables (como la energía eólica o la energía hidráulica). (Agudelo, Tano, & Vargas)

La siguiente etapa en el desarrollo de la automatización consistió en el uso de mecanismos de relojería para la repetición de acciones. (Agudelo, Tano, & Vargas)

A través de la historia el hombre ha recurrido a diferentes técnicas con las cuales reducir los tiempos y mejorar la calidad de los procesos, pero es desde principios del siglo XX en donde se comienza a implementar la automatización para procesos complejos utilizando elementos mecánicos y electromecánicos (motores, relés, temporizadores, contadores, etc.), desde entonces se ha generado una carrera por la mejora de la automatización en todo el mundo, de lo cual en la actualidad se cuenta con tecnologías avanzadas de control y comunicación con redes de producción autómatas de gran variedad e inclusive la implantación de estos fuera de la industria, como aplicaciones domésticas, quirúrgicas, de exploración, sociales, de vigilancia, etc. (Agudelo, Tano, & Vargas)

### **4.3.2 Orígenes de la automatización**

A través de los siglos el ser humano ha construido máquinas que imitan las partes del cuerpo humano. Los antiguos egipcios unieron brazos mecánicos a las estatuas de sus dioses. Estos brazos fueron operados por sacerdotes, quienes clamaban que el movimiento de estos era inspiración de sus dioses. Los griegos construyeron estatuas que operaban con sistemas hidráulicos, los cuales se utilizaban para fascinar a los adoradores de los templos. (Agudelo, Tano, & Vargas)

En Europa en los siglos XVII y XVIII se construyeron muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de robots. (Agudelo, Tano, & Vargas)

### **4.3.3 Primeros autómatas.**

Jacques de Vaucansos construyó varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII. Se trataba de robots mecánicos diseñados para un propósito específico: la diversión. El suizo Henri Maillardet construyó en 1805 una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos. Una serie de levas se utilizaban como el programa para el dispositivo en el proceso de escribir y dibujar. Estos inventos mecánicos de forma humana deben considerarse como inversiones que reflejaron el genio de hombres que se anticiparon a su época. (Agudelo, Tano, & Vargas)

La fabricación automatizada surgió de la íntima relación entre fuerzas económicas e innovaciones técnicas como la división del trabajo, la transferencia de energía y la mecanización de las fábricas, y el desarrollo de las máquinas de transferencia y sistemas de alimentación (McLuhan, 1996).

## **4.4 Autómata programable**

### ***4.4.1 Definición de autómata programable***

El Autómata Programable Industrial es un equipo electrónico destinado para automatizar las operaciones secuenciales propias de un proceso productivo. Es por ello una herramienta valiosísima para automatizar muchos de los procesos de todo tipo de industrias: mecánicas, electrónicas, confección, del papel, químicas, etc. Su carácter programable le confiere una gran flexibilidad de uso, adaptándose a los cambios de métodos, medios de producción, e incluso a los cambios de productos. Y dado que los lenguajes de programación de los Autómatas son mucho más sencillos que los lenguajes informáticos convencionales, su empleo está al alcance de muchos técnicos sin necesidad de tener que recurrir a especialistas en Informática que son los lenguajes de programación (Badía, 1998)

## **4.5 Diagrama eléctrico**

### **4.5.1 Definición de diagrama eléctrico**

Un diagrama eléctrico es la representación ilustrada (pictórica) de un circuito eléctrico. También se le conoce con el nombre de esquema eléctrico y tiene la finalidad de presentar los componentes de un circuito eléctrico de manera sencilla, siguiendo las normas establecidas. (GSL, 2022)

### **4.5.2 Tipos de diagrama eléctricos**

- Diagrama eléctrico de escalera lineal: Como lo indica su nombre, la representación gráfica está basada en líneas, aunque los símbolos se encuentran presentes, estos se muestran en menor grado. Es utilizado en la mayoría de los casos para mostrar el lugar donde se encuentra un circuito.
- Diagrama eléctrico para cableado: Esta tipología tiene acción en empresas o industrias dedicadas a la construcción, en la elaboración de equipos electrónicos y eléctricos, así como en la ingeniería. Se caracteriza por representar pictóricamente las conexiones del cableado de acuerdo a su ubicación.
- Diagrama eléctrico de una línea: Su implementación se utiliza cuando se quiere mostrar gráficamente las principales etapas de la línea eléctrica.
- Diagrama eléctrico para conexiones: Es un dibujo que simboliza el estudio de la conexión a realizar.
- Diagrama eléctrico de montaje: Representa las distintas instalaciones en un circuito y su uso es uno de los más frecuentes en cualquier empresa

- Diagrama eléctrico de bloque: En este tipo de esquema se observan triángulos con su respectiva explicación, que busca orientar la circulación de la corriente y su fuerza

### 4.5.3 Diagramas P&ID

La abreviatura P&ID, es un diagrama de tuberías e instrumentación que es un dibujo articulado de un plan de procesamiento que conlleva las tuberías y el equipo de proceso con su instrumentación y maquinaria de control. Muestra las tuberías y las partes asociadas de un flujo de proceso físico. (Wondershare, 2022)

	PRIMERA LETRA		LETRAS SIGUIENTES		
	VARIABLE MEDIDA O INDICADA	MODIFICADOR	FUNCIÓN DE LECTURA O PASIVA	FUNCIÓN DE SALIDA	MODIFICADOR
A	Análisis		Alarma		
B	Quemador, combustión		Elección del Usuario	Elección del Usuario	Elección del Usuario
C	Elección del Usuario			Control	
D	Elección del Usuario	Diferencial			
E	Voltaje		Sensor (Elemento Primario)		
F	Flujo	Relación (Fracción)			
G	Elección del Usuario		Vidrio, Dispositivo para observar		
H	Manual				Alto
I	Corriente (Eléctrica)		Indicación		
J	Potencia	Barrido			
K	Tiempo, Programación de Tiempo	Velocidad de cambio de tiempo		Estación de control	
L	Nivel		Luz		Bajo
M	Elección del Usuario	Momentáneo			Medio, Intermedio
N	Elección del Usuario		Elección del Usuario	Elección del Usuario	Elección del Usuario
O	Elección del Usuario		Orificio, Restricción		
P	Presión, Vacío		Punto de conexión (prueba)		
Q	Cantidad	Integración, Totalizador			
R	Radiación		Registro		
S	Velocidad, Frecuencia	Seguridad		Interruptor	
T	Temperatura			Transmisión	
U	Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
V	Análisis Mecánico, Vibración			Válvula, Dámper, Persiana	
W	Peso, fuerza		Pozo		
X	No clasificado	X Axis	No clasificado	No clasificado	No clasificado
Y	Evento, estado or Presencia	Y Axis		Relay, Compute, Convert	
Z	Posición, Dimensión	Z Axis		Driver, Actuador, Elemento final control no clasificado	

Ilustración 1 - Letras identificadoras

Fuente: (Real, 2022)

## **4.6 Pesaje**

### **4.6.1 Celdas de carga**

Una célula de carga (o celda de carga) es un transductor que convierte la fuerza aplicada sobre ella en una señal eléctrica medible. A pesar de existir varios tipos de sensores, las células de carga son el sensor de fuerza más común del mercado. (OMEGA, s.f.)

Los diseños de células de carga se pueden distinguir de acuerdo con el tipo de señal de salida generada (neumático, hidráulico, eléctrico) o de acuerdo con la forma en que detectan el peso (flexión, cizalladura, compresión, tensión, etc). (OMEGA, s.f.)

### **4.6.2 Principio de funcionamiento**

Célula de carga son dispositivos de equilibrio de fuerza que miden el peso como un cambio en la presión del fluido de llenado interno. En una célula de carga hidráulica de tipo diafragma, una carga o fuerza actúa sobre una cabeza de carga que se transfiere a un pistón el cual a su vez comprime un fluido de llenado confinado dentro de una cámara de diafragma elastomérico. A medida que aumenta la fuerza, la presión del fluido hidráulico se eleva. Esta presión puede ser indicada o transmitida a nivel local para una indicación o control remoto. La salida es lineal y relativamente no afectada por la cantidad del fluido de llenado o por su temperatura. Si las células de carga han sido correctamente instaladas y calibradas, la precisión puede ser de 0,25% a escala completa o mejor, lo que resulta aceptable para la mayoría de las aplicaciones de pesaje de proceso. Debido a que este sensor no tiene componentes eléctricos, es ideal para uso en áreas peligrosas. (OMEGA, s.f.)

### **4.6.3 Caja suma de celdas**

La caja suma o caja de interconexión de células de carga es el elemento de interconexión que une las células de carga, sumando las señales analógicas de cada célula y enviando esta señal al indicador de peso. (S.A, 2014)

El circuito es muy sencillo, básicamente coloca una resistencia en serie con cada célula de carga, habitualmente una resistencia variable. Las cajas sumas (Badía, 1998) incorporan además unos descargadores de gas que protegen todos los elementos de la báscula (células e indicador) tanto de sobretensiones como del efecto destructivo de las descargas atmosféricas. (S.A, 2014)

## V. METODOLOGÍA

### ETAPA 1

#### *Identificar el problema*

Para el conocimiento adecuado de la automatización del proceso de llenado, se llevó a cabo la elaboración de una encuesta con el objetivo de determinar cuáles son los factores que más afectan la producción, la merma del producto, los tiempos de trabajo y el sobre esfuerzo, donde se realizaron las siguientes preguntas:

#### *Encuesta*

##### **Preguntas de encuesta:**

**Encuesta de factores que afectan la producción**

Subraye cuál de las siguientes opciones considera que afectan considerablemente en el proceso de producción de refinado

- A. Adición manual de materia prima
- B. Falta de materia prima
- C. Servicios de mantenimiento en los equipos
- D. Cambios en orden de producción
- E. Retraso de entrega de materia prima en bodega

*Ilustración 2 - Encuesta*

## Análisis estadístico

Con los datos recolectados se realizó una gráfica estadística para el análisis de los datos, en la cual se utilizó como herramienta Microsoft Excel y la herramienta estadística denominada como diagrama de Pareto para determinar cuáles son los procesos que deben ser automatizados y como mejorar el proceso de refinado de resina alquídica.

### Gráfica de Pareto

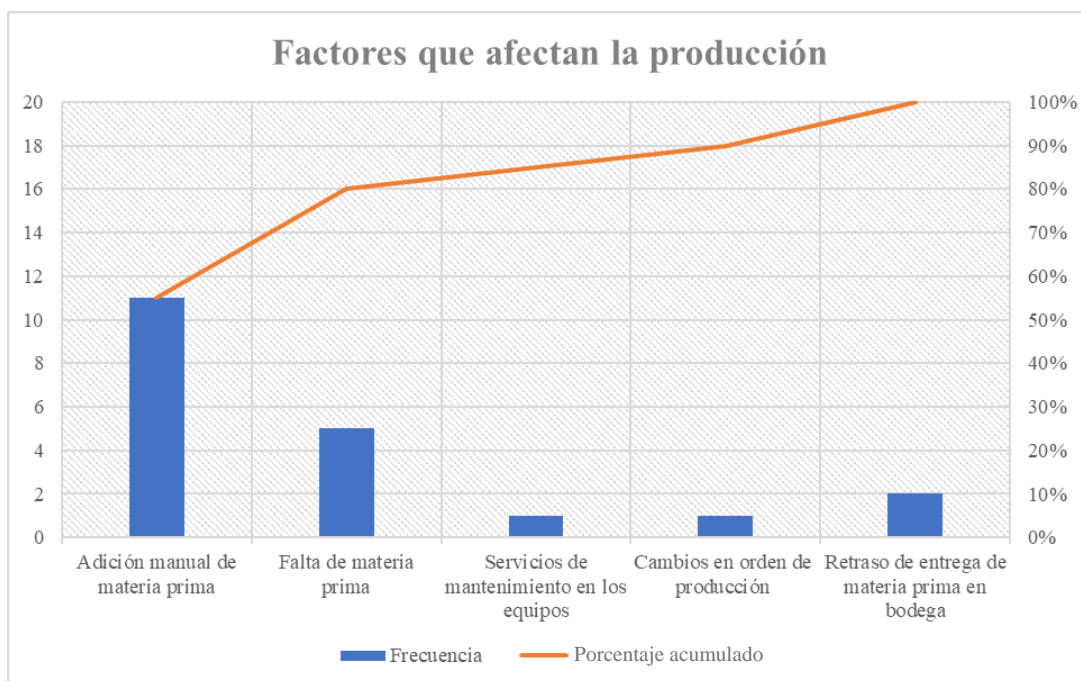


Ilustración 3 - Gráfica de Pareto

Con los resultados obtenidos por medio de las respuestas de la herramienta estadística, se determinó que el causante de afectar el proceso de producción de refinado es:

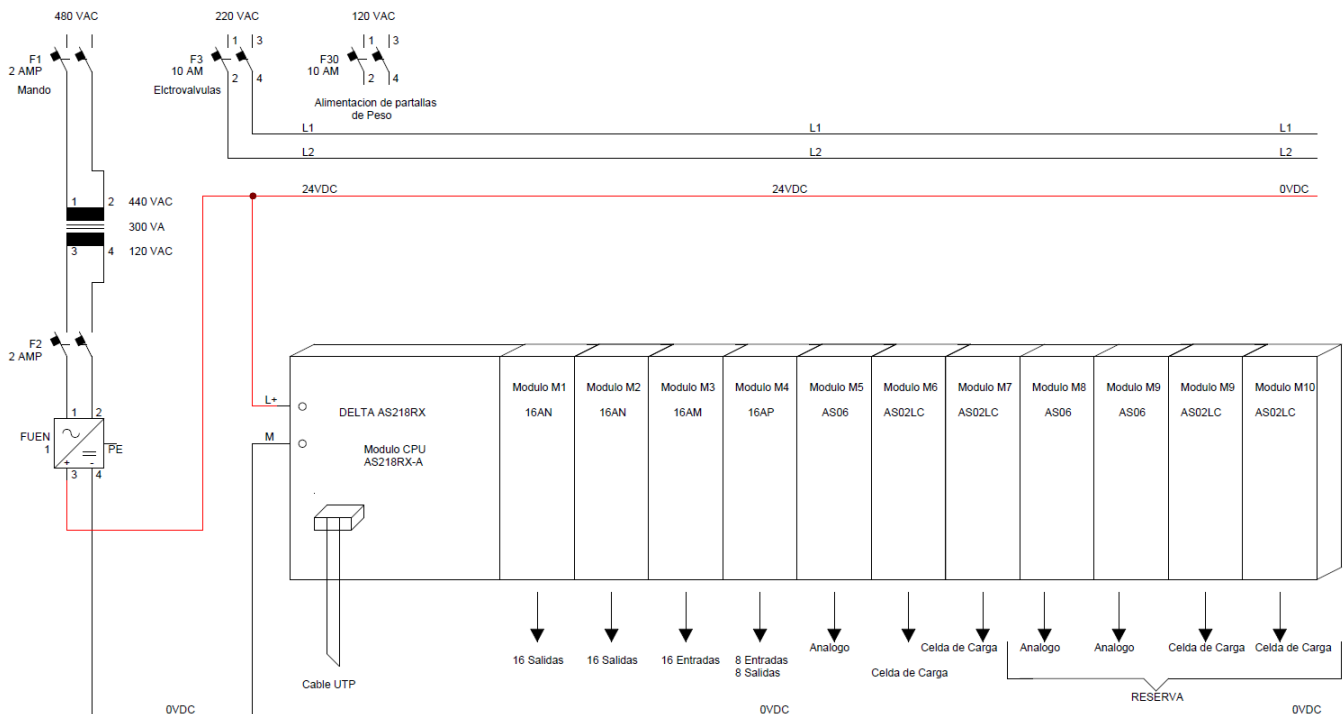
- 80% Adición manual de materia prima y falta de materia prima
- 20% Servicios de mantenimiento en los equipos, cambios en orden de producción y retraso de entrega de materia prima en bodega

Por lo cual, en un grupo conformado por el gerente de proyectos, el gerente de producción y el supervisor de área, se concluyó que se debía reducir el tiempo de carga de productos con un proceso de llenado automático.

## ETAPA 2

### *Realizar diagramas eléctricos para tablero de automatización*

Para presentar y determinar los componentes eléctricos que se necesitan para automatizar el proceso de refinado, se procedió a realizar los diagramas o esquemas eléctricos detallados en los cuales se indica cada componente y como debe ser conectado. Para realizar los diagramas eléctricos se utilizó el software CadeSimu, programa especializado para diagramar circuitos eléctricos.



*Ilustración 4 - Diagrama eléctrico*

*Fuente: Elaboración propia*

**Realizar diagrama P&ID de tuberías de bombas**

Para identificar y establecer como realizar el proceso de conexión de tuberías e instrumentos industriales, se realizó el diagrama P&ID (Diagrama de tuberías e instrumentos) Mediante la herramienta Microsoft Visio, Ilustración 2. Con este diagrama se identifica las conexiones de tuberías e instrumentos para el proceso de refinado.

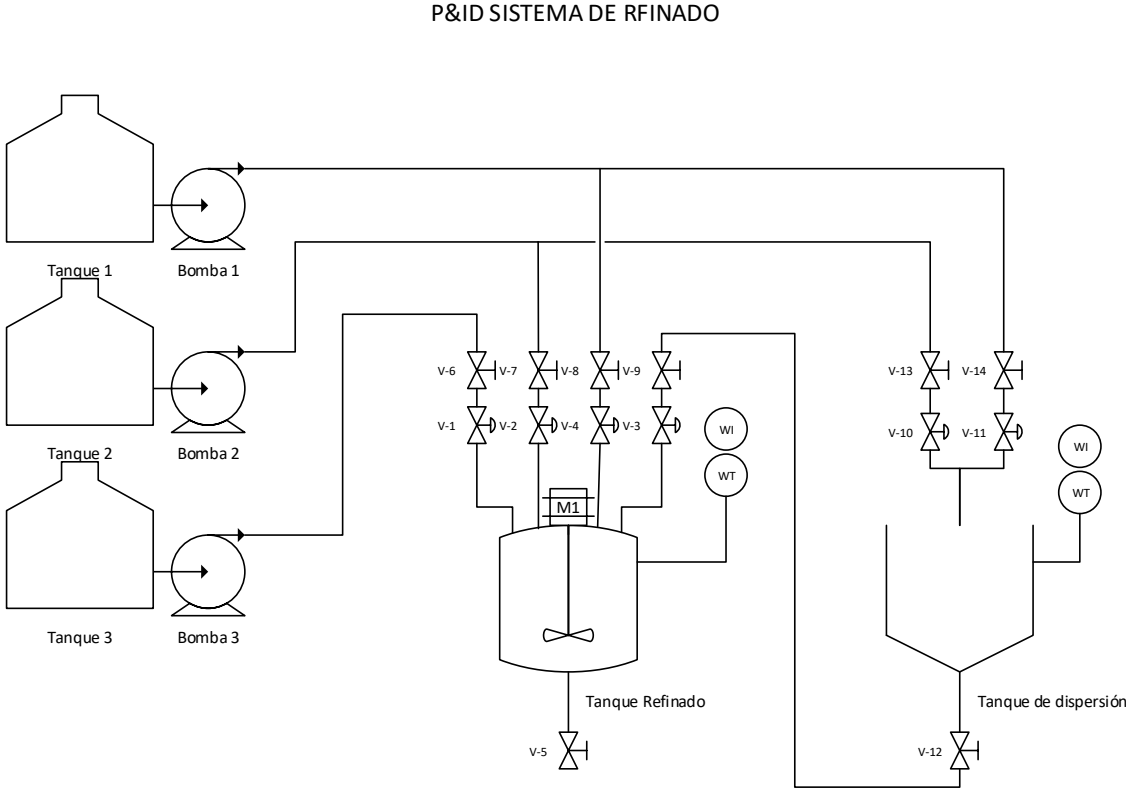


Ilustración 5 - Diagrama P&ID

Fuente: Elaboración propia

### **ETAPA 3**

#### ***Cotización de materiales eléctricos y tuberías***

Se realizó la cotización de los materiales eléctricos, como de tuberías industriales, por lo cual se hizo una tabla comparativa con distintos proveedores para determinar el mejor costo y realizar propuesta para la aprobación y financiamiento del proyecto, formato de presupuesta en anexo 1 Tabla 2.

#### ***Aprobación de presupuesto para proyecto de automatización***

Previo a realizar el presupuesto se presentó el documento el cual contenía las cotizaciones realizadas a el director de la planta de pinturas para la aprobación de la compra de materiales. El cual determino por medio de los datos estadísticos de la encuesta y con base en el presupuesto con la cotización más económica y con materiales de calidad la aprobación del proyecto.

#### ***Solicitud de compra de materiales***

Seguido de la aprobación de la propuesta y el presupuesto por medio del director de planta, se procedió a realizar la solicitud de compra (Solped) de manera formal de los materiales para el proyecto de refinado de resina alquídica al departamento encargado de realizar el proceso de compras.

#### ***Ingreso de materiales eléctricos y tuberías***

Seguido de realizar la solicitud compras (Solped) al departamento correspondiente de compras, se estimó la fecha de entrada de los materiales eléctricos y de tubería, a lo cual se le dio ingreso para empezar con el proceso de inicio del proyecto de automatizar el proceso de refinado

## **ETAPA 4**

### ***Instalación de bombas hidráulicas***

Para distribuir de los tanques de almacenamiento de materia prima hacia los tanques del proceso de refinado se realizó la instalación de bombas hidráulicas para transportar los solventes ligeros y se instalaron bombas de lóbulo de engranajes para el movimiento de la resina por ser un producto de alta viscosidad, con el fin de desplazar las materias primas adecuadamente.



*Ilustración 6 - Bomba hidráulica*

*Fuente: Elaboración propia*

### ***Instalación de tubería de bombas hacia tanques de refinado***

Se realizó la instalación de las tuberías para desplazar la materia prima del área de tanques de almacenamiento hacia el área de producción donde se ubican los tanques para el proceso de refinado, los cuales son los encargados de recibir el producto.



*Ilustración 7 - Tubería bombas a tanques*

*Fuente: Elaboración propia*

### ***Instalación de actuadores neumáticos***

Para el control del acceso de la materia prima hacia los tanques de refinado se procedió a instalar actuadores neumáticos de 2 vías con válvulas de globo, controlados por electroválvulas 5/2 accionadas desde el tablero de PLC.



*Ilustración 8 - Actuador neumático*

*Fuente: Elaboración propia*

### ***Fabricación de tablero eléctrico de control automatizado***

Se procedió con la fabricación del tablero de mando de control de PLC Delta con el fin de integrar los equipos de entrada tales como señales digitales y manipular las señales de salida digital y analógica como corresponda el proceso.



*Ilustración 9 - Tablero de mando presentación*

*Fuente: Elaboración propia*

### ***Instalación de celdas de carga en tanques de refinado***

Para el control de producto de en los tanques de refinado, se instalaron celdas de carga, las cuales se encargan de medir e indicar por medio de un transmisor la cantidad de peso que contiene el tanque. Al tanque se le instalan cuatro celdas de carga para distribuir el peso en cada uno y hacer una sumatoria de pesos en la caja unión que corresponda al indicado que contenga.



*Ilustración 10 - Tanque con celdas de carga*

*Fuente: Elaboración propia*

## **ETAPA 5**

### ***Montaje de tablero eléctrico de control***

Se realizó el montaje del gabinete eléctrico donde debe estar ubicado el control de proceso de PLC y el gabinete donde se encuentra ubicada la pantalla HMI que permite el control, manipulación y visualización del proceso automático de refinado



*Ilustración 11 - Tablero de mando montaje*

*Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 12 - Tablero de pantalla*

*Fuente: Elaboración propia*

### ***Instalación de tuberías eléctricas hacia tablero eléctrico de control***

Para la distribución de cableado eléctrico de las señales de los equipos, se procedió con instalar tubería eléctrica EMT de los puntos correspondientes hacia el tablero de PLC. Separando las señales de mando de las señales de potencia para no generar interferencias o campos magnéticos que puedan alterar las señales de comunicación.

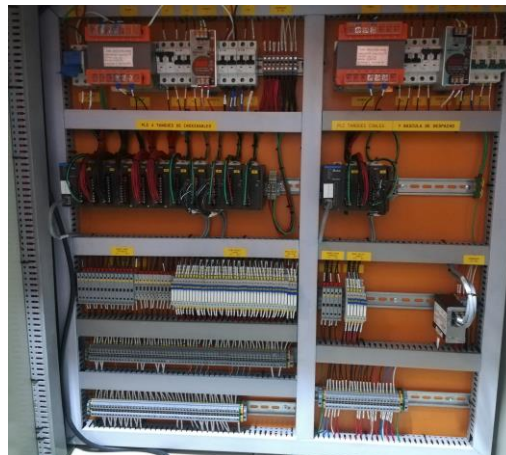


*Ilustración 13 - Tuberías eléctricas*

*Fuente: Elaboración propia*

### ***Instalación de cableado eléctrico***

Se realizó la conexión del cableado eléctrico de las electroválvulas para los actuadores neumáticos, la señales receptoras de los transmisores de peso, el control de la velocidad los agitadores y las señales de comunicación para la interfaz humano – máquina (HMI) con el tablero de control para el proceso integración de control automatizado



*Ilustración 14 - Tablero de mando*

*Fuente: Elaboración propia*

## ETAPA 6

### *Programación de autómatas programable PLC*

Se realizó el programa por medio del lenguaje de programación KOP o escalera para autómatas programables, donde se utilizó el PLC Delta AS218 - RX – A, con el cual se integraron todas las señales digitales de entradas, señales digitales de salidas y señales analógicas de salida del equipo conectado para su control y manejo automático por medio del programa IPSOFT Delta.

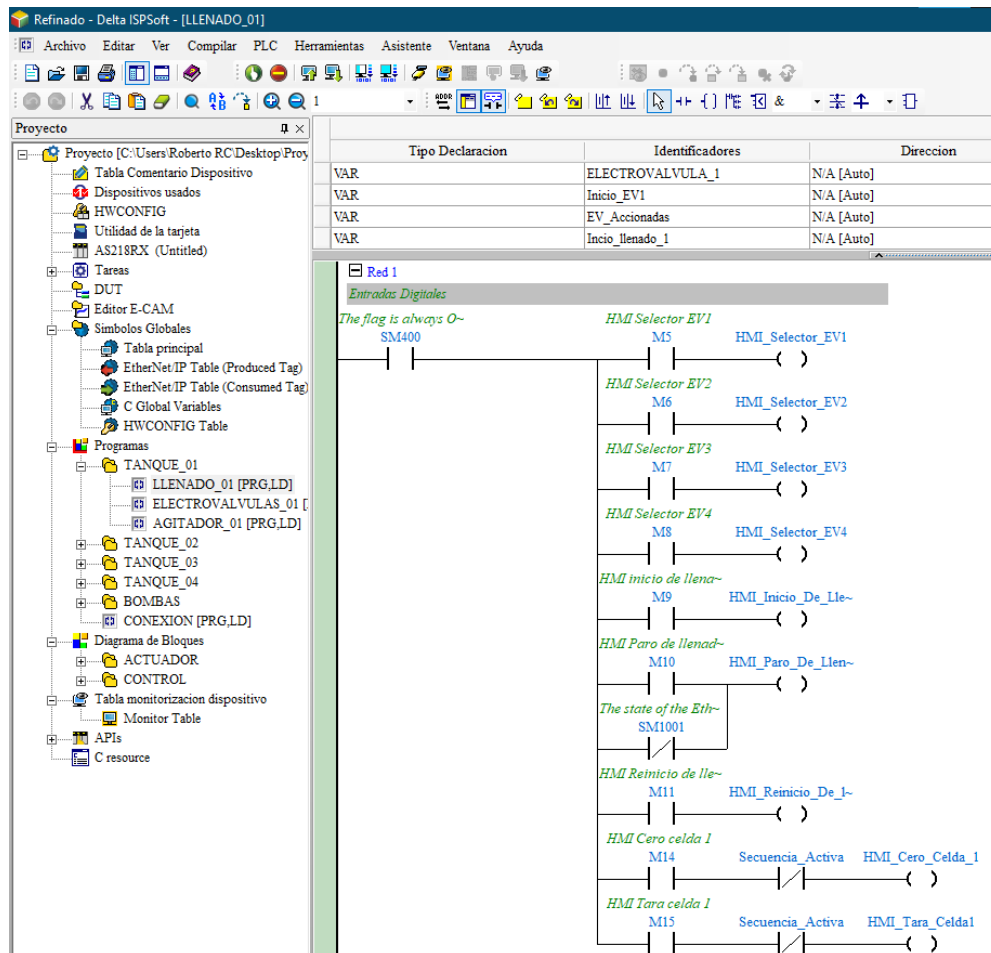


Ilustración 15 - IPSOFT

Fuente: Elaboración personal

## Programación de interfaz de pantalla HMI

Para el control, manejo y visualización del proceso se utilizó el software para pantallas HMI de siemens WINCC de TIA PORTAL V13, con el cual se realizó la interfaz humano – maquina, donde se indica y controla el estado del proceso, los instrumentos activos y los indicadores de señales.

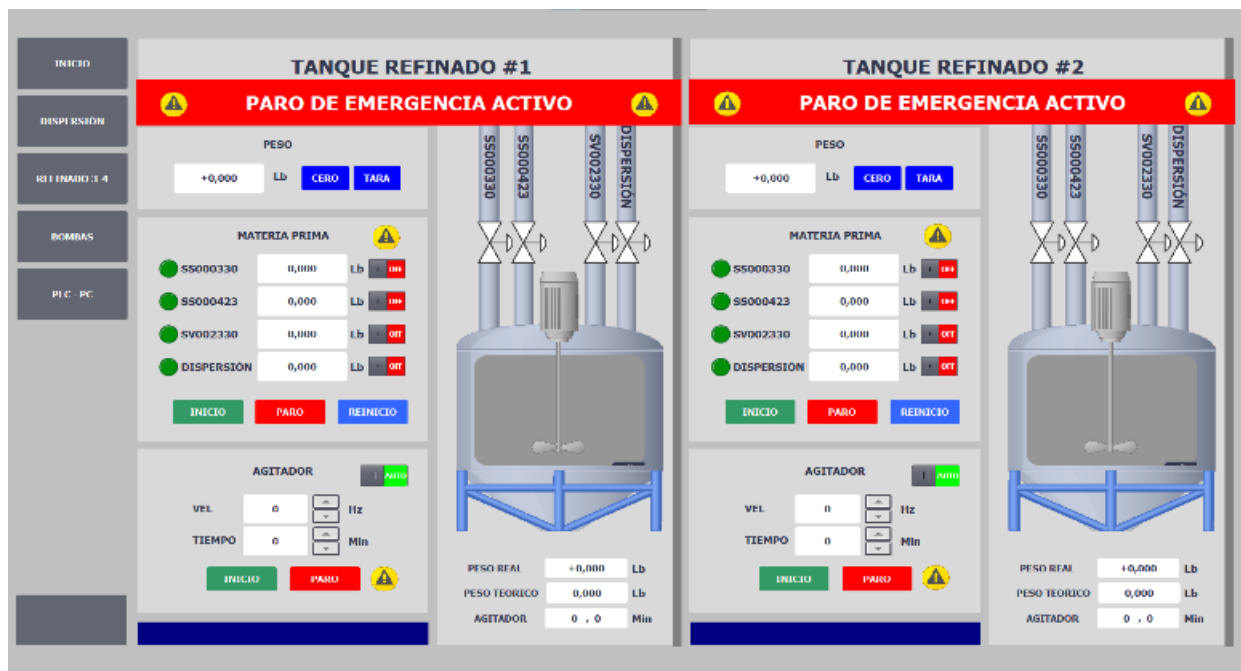


Ilustración 16 - Interfaz gráfica

Fuente: Elaboración propia

## ETAPA 7

### *Calibración de celdas de carga*

Para hacer uso de los tanques de refinado se procedió con el proceso de calibración de las celdas de carga por medio de una empresa dedicada a la metrología por lo cual certifica el peso de los tanques, la capacidad y su precisión al momento de indicar la medición de las variables correspondiente

### *Pruebas y ajustes*

Se realizó el procedimiento de pruebas en el proceso de refinado de resinas alquídicas, con el despacho de las materias primas en los tanques por medio de bombas hidráulicas, de lóbulo y con actuadores neumáticos para permitir la entrada a los tanques, esto controlado por la variable de peso que transmiten las celdas de carga y el control de los agitadores para mezclar el producto almacenado en el tanque.



*Ilustración 17 - Tablero con pantalla HMI*

*Fuente: Elaboración propia*

## **ETAPA 8**

### ***Finalización y entrega de proyecto***

Con los ajustes y pruebas correspondientes elaboradas se procedió con finalizar el proyecto y la realización del instructivo de uso, para la capacitación y divulgación hacia los colaboradores de la planta. Con esto el personal de producción se encuentra capacitado y listo para el uso del proyecto de refinado de resina alquídica.

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Tabla – Encuesta

<b>Resultados de encuesta</b>			
Pregunta	Frecuencia	Suma acumulada	Porcentaje acumulado
Adición manual de materia prima	11	11	55%
Falta de materia prima	5	16	80%
Servicios de mantenimiento en los equipos	1	17	85%
Cambios en orden de producción	1	18	90%
Retraso de entrega de materia prima en bodega	2	20	100%

*Tabla 1 - Encuesta*

*Fuente: Elaboración propia*

### 6.2 Área de refinado

- Se aumentó la capacidad volumétrica de los tanques de almacenamiento de 500 galones a 2000 galones, debido a que en la elaboración de cantidades grandes de producto se utilizaban 4 tanques de 500 galones por lo cual se hizo el cambio donde esto dio como resultado la disminución de las horas de trabajo y el consumo de fuentes de energía.
- Para la etapa de refinado de pintura con base en resina alquídica se programaba un tiempo de 10 horas y el uso de 4 colaboradores destinados al llenado de los tanques, con el proceso automatizado se redujo el tiempo de refinado de 10 horas a 2.5 horas, esto se debe a que al despachar las materias primas en toneles o totes y vaciar los recipiente en los tanques, se generaba un gran consumo de tiempo y

esfuerzo humano, ahora con el uso de un operador el despacho se realiza directo por bombas hidráulicas y de lóbulo que se controlan automáticamente por medio del PLC donde únicamente se indica desde la pantalla HMI la cantidad que se requiere del producto.

- Al llenar los tanques de refinado con control de peso de manera automática con bombas hidráulicas, se reduce la merma del producto, esto se debe a que los recipientes se miden de manera volumétrica con un instrumento de medición manual como una varilla certificada, lo cual lo hace muy poco exacto o se pesa el recipiente al llenarse, pero en la etapa de vaciar el producto a los tanques se genera evaporación al entrar en contacto con el aire. Por lo cual el producto al ser ingresado al tanque sellado por el método automático se controla mediante el peso, variable que se define mediante la fórmula que solicita el producto. Con el tanque sellado el producto ingresado evita el contacto con el aire y se mide de manera másica (libras) por lo que no existe la evaporación y es exacto el llenado.

## VII. CONCLUSIONES

1. Se automatizó el llenado de materia prima en los tanques de refinado de pinturas alquídicas con el uso bombas hidráulicas, actuadores neumáticos y celdas de carga, controlado por un sistema de autómeta programable y con el diseño de una pantalla HMI instalada en una computadora
2. Se mejoró el rendimiento del lote de pintura al efectuar un proceso de llenado automático, esto se debe a que el equipo está encargado de detenerse a la cantidad indicada por producto, al tener el proceso controlado desde una computadora se redujo el personal operativo a una persona y con el sistema de bombeo se redujo el tiempo de producción del proceso de 8 horas a 2.5 horas
3. Al implementar el proceso de carga automático se buscó que las materias primas tuvieran la menor desviación al introducirse al tanque, por ello se redujo la merma que se producía al ingresar los productos por medio de envases externos, donde el producto se quedaba impregnado en las paredes del recipiente transportador

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Capacitar al personal encargado del uso del equipo, indicarle adecuadamente el funcionamiento de cada instrumento para que pueda tener un manejo correcto al momento de estar en proceso o al presentar algún inconveniente y con ello tener un rendimiento adecuado del equipo
2. Elaboración de instructivos de uso del sistema de llenado automático para estandarizar el proceso de capacitación de los operadores, con ello se busca tener al personal apto para el control y funcionamiento total del equipo programado
3. Brindarle servicio de mantenimiento a los instrumentos del equipo para su correcto funcionamiento, tomando en cuenta los desgastes físicos a los que son sometidos
4. Llevar a cabo la calibración de los instrumentos para tener un proceso certificado que nos indique que los valores son los esperados y que es apto para el uso, evitando desviaciones en las mediciones

## IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Agudelo, N., Tano, G., & Vargas, C. A. (s.f.). *Historia de la Autoamtización*.
2. Badía, A. M. (1998). *Autómatas Programables*. Barcelona: MARCOMBO BOIXAREU EDITORES.
3. Escaño González, J. M., García Caballero, J., & Nuevo García, A. (2019). *Integración de sistemas de automatización industrial*.
4. Giudice, C. A., & Pereyra, A. M. (2009). *TECNOLOGÍA DE PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.
5. Miyara, F. (2004). *Conversores D/A y A/D*.

## X. E - GRAFÍA

1. GSL, I. (10 de marzo de 2022). *Industrial GSL*. Obtenido de <https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/diagrama-electrico>
2. OMEGA. (s.f.). *OMEGA*. Obtenido de <https://es.omega.com/prodinfo/celulas-de-carga.html>
3. Real, C. (2022). *Control Real Español*. Obtenido de <https://controlreal.com/es/diagramas-de-tuberias-e-instrumentacion-pid/>
4. S.A, S. T. (16 de Enero de 2014). *Blogger*. Obtenido de <http://celdasdecarga.blogspot.com/2014/01/funcionamiento-de-la-caja-suma.html>
5. Wondershare. (2022). *Wondershare*. Obtenido de <https://www.edrawsoft.com/es/pid/>

## XI. ANEXOS

Anexo 1

MATERIAL			Proveedor 1		Proveedor 2		Proveedor 3		TOTAL
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	TOTAL	Precio Unitario	TOTAL	Precio Unitario	TOTAL	
									<b>Q -</b>

*Tabla 2 - Formato cotización*

*Fuente: Elaboración propia*