



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA
SCADA PARA LA MEJORA EN EL CONTROL DE
VARIABLES DE PROCESO**

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERIA MECATRÓNICA**

PRESENTA:

NASRUDDIN LOPEZ LEAL

JOSEPH IRVING VELÁZQUEZ NOYA

**NOMBRE DEL ASESOR:
DR. JOSÉ MANUEL CERVANTES VÁZQUEZ**



APIZACO, TLAX., (MAYO 2024)

Apizaco, Tlaxcala, 18/abril/2024.

Oficio No. MM/319/2024.

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DEL DEPTO. DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	NASRUDDIN LÓPEZ LEAL
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	18371286
Nombre del Proyecto:	IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA SCADA PARA LA MEJORA EN EL CONTROL DE VARIABLES DE PROCESO.
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
*Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar*



ENRIQUE ACOLTZI BAUTISTA
JEFE DEL DEPTO. METAL MECÁNICA
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

JOSÉ MANUEL CERVANTES VÁZQUEZ
ASESOR

c.p.- Expediente
Archivo.

EAB*petry.





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
Metal-Mecánica

Apizaco, Tlaxcala, 14/marzo/2024.

Oficio No. MM/243/2024.

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DEL DEPTO. DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	JOSEPH IRVING VELAZQUEZ NOYA
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	18371353
Nombre del Proyecto:	"IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA SCADA PARA LA MEJORA EN EL CONTROL DE VARIABLES DE PROCESO"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

ENRIQUE ACOLTZI BAUTISTA
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA

JOSÉ MANUEL CERVANTES VÁZQUEZ
ASESOR

c.p.- Expediente
Archivo.

EAB*petry.



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 124, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



2024
Felipe Carrillo
PUERTO
GOBIERNO DEL ESTADO DE GUERRERO
REVOLUCIONANDO Y DESARROLLANDO
EL MUNDO



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Apizaco, Tlax., **30/abril/2024**
No. OFICIO: DEP-CT//2024

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

NASRUDDIN LOPEZ LEAL
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL: 18371286
P R E S E N T E

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **"IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA SCADA PARA LA MEJORA EN EL CONTROL DE VARIABLES DE PROCESO"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESION

Debiendo entregar **3** empastados del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su acto de recepción profesional.

Sin otro particular por el momento, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

c.p. archivo



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304, e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx



2024
Felipe Carrillo
PUERTO
GOBERNADOR DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE GUERRERO
1900-1901



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Apizaco, Tlax., **24/abril/2024**
No. OFICIO: DEP-CT/453/2024

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

JOSEPH IRVING VELAZQUEZ NOYA
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL: 18371353
P R E S E N T E

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **"IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA SCADA PARA LA MEJORA EN EL CONTROL DE VARIABLES DE PROCESO"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESION

Debiendo entregar **3** empastados del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su acto de recepción profesional.

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®*


MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

c.p. archivo



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304, e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx



2024
Felipe Carrillo
PUERTO
GOBIERNO DEL ESTADO DE GUERRERO

Agradecimientos

En este apartado expresare mis más sinceros agradecimientos hacia las personas e instituciones que me brindaron el apoyo e inspiración necesaria para llegar a este trayecto de mi vida en la cual estoy viviendo actualmente.

Demuestro mi gratitud hacia las Industrias Novaceramic de S.A de C.V que me acepto y me permitió laborar mis residencias profesionales las cuales aprendí mucho sobre el método empírico dentro de la industria y el valor del trabajo.

Quiero mencionar a los ingenieros Leonardo Hernández Pozos y Josué Martin Lozano Cortes por orientarme en las actividades que realice dentro de la empresa, enseñarme como se hacen las tareas encomendadas y principalmente por ser un apoyo que cuento como compañeros experimentados de la industria, los considero como colegas y quienes puedo admirar.

Mi aprecio hacia al Instituto tecnológico de Apizaco es muy grande ya que formo parte de un periodo muy importante en mi vida, gracias al ITApizaco me brindo el conocimiento necesario y las herramientas teóricas como ingeniero Mecatrónico para usarlo e implementarlo dentro de la industria.

El asesor Dr. José Manuel Cervantes Vázquez que ha desempeñado el puesto de asesor académico y así mismo ha sido un guía que me ha orientado en este proceso y de igual forma los maestros que he tenido en toda mi formación académica, pienso que a lo largo me han brindado muchos consejos dentro y fuera de la escuela.

Mi familia López Leal que sin ellos no habría llegado a este punto de mi existencia, mi mamá Natalia Leal Rivera por apoyarme en todo lo general que necesito, la valoro, la estimo mucho, la amo y como ella no tendré ninguna, mis hermanas que han demostrado ser más que hermanas, también las amigas y confidentes más honestas que podría tener.

Mis abuelos, Concepción Tapia Lobato, Silviano Leal Pozos y Ana Rivera Márquez, fueron una etapa base para mí a pesar de que ya no los tengo conmigo les quiero expresar mi agradecimiento por enseñarme muchos valores que siempre intento implementar en cada entorno que me encuentro.

A mi Sr. Papá, José Medardo López Tapia que con el arduo trabajo ha logrado formado una familia correcta, él ha hecho muchos sacrificios por sus hijos y se amerita reconocerlo, podría decir que él es mi definición de lo que significa ser un hombre y jefe de casa.

Menciono a Dios por cuidarme y permitirme vivir todo el ciclo de vida que he experimentado, gozar de buena salud y para valorar las cosas buenas y cosas malas, pero he aprendido que las cosas siempre pasan por algo.

No porque sea el ultimo tenga poco reconocimiento sino todo lo contrario porque el inventor Nikola Tesla me inspiro a estudiar una ingeniería y seguir su ejemplo, contribuyendo con el progreso y desarrollo de la tecnología, demostró que el conocimiento tiene la capacidad de cambiar el mundo.

Nasruddin López Leal

Me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a Dios por permitirme vivir todas las etapas de mi vida hasta este momento.

Al Instituto Tecnológico de Apizaco por la formación académica e intelectual durante mi carrera.

A Industrias Novaceramic por la oportunidad de realizar mi periodo de residencias profesionales y el apoyo brindado durante la realización del proyecto.

Al Ing. Josué Martin Lozano Cortes y al Ing. Leonardo Hernández Pozos por la entrega, compromiso, paciencia y tiempo dedicado en la guía y enseñanza durante la realización del proyecto.

Al Dr. José Manuel Cervantes Vázquez por ser la guía en esta recta final y el apoyo hasta la culminación de este proyecto.

A mi actual pareja por brindarme la motivación y apoyo suficiente para la culminación de mis proyectos personales y profesionales.

Y a mi familia por brindarme las herramientas necesarias para llevar a cabo mi formación académica.

Sin ánimos de olvidar a nadie en especial, que de una u otra manera han compartido una parte de mi vida en estos últimos años mi más sincero agradecimiento a su comprensión, paciencia y apoyo ya que todos son parte de este pequeño éxito en mi desarrollo profesional.

Joseph Irving Velazquez Noya

Resumen

Los sistemas scada emplean las innovaciones tecnológicas y de comunicación para automatizar un proceso industrial a través del monitoreo y control. Estos sistemas son partes integrales de la mayoría de los ambientes industriales complejos o muy geográficamente dispersos, ya que recogen la información de una gran cantidad de fuentes rápidamente, y la presentan a un operador de forma amigable. Un sistema scada mejora la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas.

Para la implementación o actualización de un sistema scada, se deben poseer algunos conocimientos previos de algunos softwares o el hardware requerido para establecer un sistema eficiente, sencillo pero completo para que no resulte compleja la familiarización con los operadores.

En la realización de este proyecto se emplearon los controladores lógicos programables es una computadora industrial pequeña que substituyó originalmente la lógica de los relays. Contenía un programa que se ejecutaba un bucle, explorando las entradas de información y tomando las acciones basadas en estas entradas de información. Los plc harán uso de protocolos de comunicación y de tarjetas analógicas para registrar las lecturas de los parámetros requeridos.

Se explorarán los ámbitos de instalación, programación, y medición de diferentes dispositivos y en diferentes softwares como pueden ser vijeo citect, y concept.

Abstract

Scada systems employ technological and communication innovations to automate an industrial process through monitoring and control. These systems are integral parts of most complex or geographically dispersed industrial environments, as they quickly gather information from a variety of sources and present it in a user-friendly manner to an operator. A SCADA system enhances the efficiency of the monitoring and control process by providing timely information for making appropriate operational decisions.

For the implementation or upgrade of a scada system, some prior knowledge of certain software or the hardware required to establish an efficient, simple yet comprehensive system is necessary to ensure that operators can easily familiarize themselves with it.

In the execution of this project, programmable logic controllers (plc) were used. plc are small industrial computers that originally replaced relay logic. They contain a program that runs in a loop, scanning input information and taking actions based on these inputs. plc will utilize communication protocols and analog cards to record readings of the required parameters.

The project involved exploring areas such as installation, programming, and measurement of different devices using various software applications like vijeo citect and concept.

Índice

Agradecimientos	II
Resumen.....	V
Abstract	VI
Capítulo I Generalidades del proyecto.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Empresa u organización	3
1.3 Problemas que resolver	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 General	5
1.4.2 Específicos	5
1.4.3 Objetivos de calidad:.....	5
1.5 Justificación	6
Capitulo II Marco Teórico	7
2.1 Antecedentes de la Investigación.	7
2.1.1 Internacionales.....	9
2.1.2 Nacionales.	10
2.1.3 Locales.	12
2.2 Automatización	13
2.3 Control.....	14
2.3.1 Definiciones.....	15
2.3.2 Control de lazo abierto.....	18
2.3.3 Control de lazo cerrado.....	20
2.3.4 Tipos de sistemas de control.....	22
2.4 Sistemas scada.	26

2.4.1 Características de un sistema scada.....	26
2.4.2 Prestaciones de un scada	28
2.4.3 Ventajas de un scada.....	29
2.4.4 Requisitos de un scada	30
2.4.5 Partes de un scada	30
2.4.6 Comunicaciones	33
2.5 Controlador lógico programable	37
2.5.1 Etapas de un automatismo	37
2.5.2 Componentes de un automatismo.....	39
2.5.3 Clasificación de las señales.....	40
2.5.4 Estructura de los plc.....	42
2.5.5 Ventajas de los plc.....	45
2.5.6 Desventajas	47
2.5.7 Tipos de plc.....	47
2.5.8 Partes de un plc.....	48
2.5.9 Protocolos de comunicación	58
2.5.10 Tipos de datos	61
2.5.11 Ladder escalera	64
2.5.12 Lenguajes de programación bloque de funciones	67
2.6 Variadores	69
2.7 Direcciones oid	71
2.7.1 ¿Para qué sirven los oid?.....	71
2.7.2 ¿Qué son los identificadores únicos de objetos (oid)?	71
2.7.3 Ejemplo oid en el sistema nacional de salud (SNS)	72
Capitulo III Desarrollo.....	73

3.1 Cronograma de actividades.....	73
3.2 Desarrollo de actividades	73
3.2.1 Curso de inducción	73
3.2.2 Planteamiento proyecto scada	74
3.2.3 Requisición de material.....	75
3.2.4 Instalación de tubería y cableado	76
3.2.5 Instalación de tarjetas analógicas y dispositivos de lectura	78
3.2.6 Diseño básico (2D).....	91
Capitulo IV Resultados	97
4.1 Análisis de resultados obtenidos.....	97
4.2 Manual software concept	101
4.3 Manual software vijeo citect scada.....	101
4.4 Manual de sensor de presión.....	102
4.5 Manual variadores	103
Conclusiones	104
Fuentes de información	105

Capítulo I Generalidades del proyecto

En el primer capítulo se resumen las características generales dando una breve inducción y descripción del proyecto donde se mencionará a industrias novaceramic solamente como novaceramic.

1.1 Introducción

Novaceramic es la empresa líder en fabricación y comercialización de productos de cerámica estructural para la construcción; organización que cuenta con un prestigio y experiencia de más de 30 años en el mercado, ofreciendo soluciones constructivas para todo tipo de edificación, producidos de manera totalmente amigable con el medio ambiente, con procesos de primer mundo, innovadores y pensando siempre en el beneficio del usuario final.¹

Fundada en 1993, cuenta con la fábrica más grande y moderna de todo el Continente Americano para la fabricación de ladrillos de arcilla industrializada. Con tres plantas industriales ubicadas en el estado de Tlaxcala (Tetla de la solidaridad), totalmente automatizadas, con modernos sistemas de manufactura que han revolucionado la industria de la construcción, lo que lo sitúa como el más importante productor de cerámica estructural en América Latina.¹ En la figura 1 se muestra la distribución de novaceramic en la ciudad industrial I en Tetla.



Figura 1 Vista aérea de novaceramic.

¹ Novaceramic. (s. f.). Consultado 19 septiembre 2023

Novaceramic incursiona y avanza en el mercado mediante un enfoque de calidad y servicio que supera a los materiales convencionales, ofreciendo sistemas constructivos que mejoran la calidad de vida del usuario, armonizan con el medio ambiente y economizan los costos de obra para el constructor.¹

En la actualidad, novaceramic sigue desarrollando mejoras en los productos y sistemas, rebasando las normativas de construcción y pensando en el beneficio del usuario final. En México novaceramic cuenta con una amplia red comercial que incluye 10 centros de distribución (CEDIS). un equipo profesional de asesores comerciales en toda nuestra zona de influencia y un gran número de distribuidores donde puede adquirir sus productos directamente.¹ En la figura 2 se muestra un mapa de la república mexicana, se señalan los estados donde novaceramic tiene su red comercial.



Figura 2 Red comercial de novaceramic, estados donde existen centros de distribución.

Desarrollando la mejora continua del proceso a través del grupo resnova se generó la necesidad de controlar aún más sus variables de proceso implementando las lecturas del consumo de corriente (AMP), lecturas de frecuencia (Hertz), lecturas de consumo de gas (quantometro de gas) etc. Poniendo en marcha el presente proyecto implementación y puesta en marcha de sistema scada para la mejora en el control de variables de proceso. Haciendo uso de las instalaciones actuales en las tres plantas e implementando nuevas redes de comunicación y equipos de lectura.

1.2 Empresa u organización

EMPRESA: INDUSTRIAS NOVACERAMIC S.A DE C.V

GIRO: INDUSTRIAL

DIRECCION: BOULEVARD EMILIO SANCHEZ PIEDRAS NO. 1000 CD. INDUSTRIAL XICOHTENCATL, TETLA, TLAXCALA.

C.P: 90434

RFC: INO141203SN3

Misión de la empresa

Fabricamos productos cerámicos y desarrollamos sistemas constructivos para la edificación segura y confortable en armonía con el medio ambiente, promoviendo el cambio cultural en el mercado.¹

Visión de la empresa

Para el 2025 lograremos posicionar la marca novaceramic como sinónimo de cerámica estructural e innovación constante, generando una expansión de nuestra capacidad instalada hacia otras regiones y utilizando como pilares un capital humano integral y procesos eficientes.¹

Política de calidad

El compromiso de calidad por parte de novaceramic es el de cumplir con todos los requisitos aplicables, así como el aseguramiento de la satisfacción y mejora continua, involucrando y comprometiendo a la organización para contribuir a la eficacia de nuestro sistema de gestión de la calidad.¹

El lugar desde donde se llevará a cabo el proyecto es en el departamento de producción estando a disposición del departamento de mantenimiento, como bien sabemos ambos departamentos dentro de las empresas mantienen una estrecha relación, ya que dependen de ellos entre sí para llevar a cabo sus tareas diarias.¹

1.3 Problemas que resolver

- Uno de los primeros problemas a resolver es el alcance de la adaptación a la hora de realizar la implementación del scada al proceso actual.
- Cuantificación del material requerido para la instalación de los diversos dispositivos de control y monitoreo.
- Diseño de área de preparación (2D).
- Problemas de comunicación en plc.
- Identificación de variables oid.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Monitoreo y control de variables involucradas en el proceso.

1.4.2 Específicos

- Entregar el proyecto en la fecha acordada.
- Cumplir con las necesidades que requiere la empresa.
- Implementar un entorno amigable desde donde se pueda visualizar los datos recabados del proyecto.

1.4.3 Objetivos de calidad:

- Mejorar rendimiento del proceso productivo.
- Mejorar el nivel de satisfacción del personal.
- Mejorar el cumplimiento de entrega.
- Disminuir el número de queja de los clientes.
- Mejorar el sistema de calidad.

1.5 Justificación

El proceso de fabricación de un producto dentro de una empresa puede componerse de diversas áreas en las cuales se llevan a cabo diferentes actividades según la necesidad de fabricación del producto. Actualmente Existen áreas de la empresa que no cuentan con un sistema de control y monitoreo tan rígido y preciso. Viéndose afectada la calidad del producto final al no poder monitorear estos parámetros.

Grupo resnova tiene su sede principal en España hecho por el cual la implementación del sistema scada nos brinda una oportuna y práctica solución a la hora de llevar un monitoreo más estricto para llevar a cabo un mejor control, dichos sistemas nos otorgan la facilidad de ser monitoreados remotamente.

Haciendo uso de las instalaciones y dispositivos que se encuentran actualmente formando parte del proceso se busca la implementación del sistema scada, en áreas de oportunidad llevándose a cabo los ajustes o modificaciones mínimas necesarias para poner en marcha el proyecto.

Capítulo II Marco Teórico

En esta sección se definen conceptos y fundamentos teóricos relacionados con el proyecto, como los apartados de control, protocolos de comunicación y tipos de lenguajes de programación entre otros.

2.1 Antecedentes de la Investigación.

Los primeros scada solo eran sistemas de telemetría, que proporcionaban reportes periódicos de las condiciones de campo de un entorno remoto. Ofrecían capacidades demasiado simples de monitoreo y control. No ofrecían funciones de aplicación alguna. En esas alturas la visión del operador en el proceso se basaba en los contadores y lámparas indicadores ubicadas en tableros. Conforme la tecnología se desarrolló, los ordenadores asumieron un papel más protagonista recolectando los datos, otorgando comandos de control, y presentando la información sobre un monitor. A su vez los computadores poseen la capacidad de programar y modificar el sistema para realizar funciones de Control más complejas.² En la figura 3 se muestra una sala de supervisión remota de un sistema scada.



Figura 3 Modelo de sistema scada.

Los primeros sistemas automatizados scada fueron altamente modificados con programas de aplicación específicos para atender a requisitos de algún proyecto particular. Ingenieros de diversas industrias asistieron al diseño de estos sistemas, y así su percepción de scada adquirió las características de su propia industria. Proveedores de sistema de software scada,

² Montero, D., Barrantes, D., & Quiroz, J. (2004). *Introducción a los sistemas de control supervisor y de adquisición de datos (SCADA)*. Universidad de Costa Rica. Pag.2-3.

deseando reutilizar su trabajo previo sobre los nuevos proyectos, perpetuaron esta imagen de industria específicos por su propia visión de los ambientes de control con los cuales tenían experiencia. Solamente cuando nuevos proyectos requirieron funciones y aplicaciones adicionales, hizo que los desarrolladores de sistemas scada tuvieran la oportunidad de desarrollar experiencia en otras industrias.²

Hoy, los proveedores de scada están diseñando sistemas que son pensados para resolver las necesidades de muchas industrias, con módulos de software industrial específicos disponible para proporcionar las capacidades requeridas comúnmente. No es inusual encontrar software scada comercialmente disponible adaptado para procesamiento de papel y celulosa, industrias de aceite y gas, hidroeléctrica a, gerenciamiento y provisión de agua, control de fluidos etc. Puesto que los proveedores de scada aún tienen tendencia en favor de algunas industrias sobre otras, los compradores de estos sistemas a menudo dependen del proveedor para una comprensiva resolución a su requisito, y generalmente procuran seleccionar un vendedor que pueda ofrecer una completa solución con un producto estando que este apuntado hacia las necesidades específicas del usuario final. Si selecciona a un vendedor con experiencia limitada en la industria del comprador, este debe estar preparado para asistir al esfuerzo de ingeniería necesario para desarrollar el conocimiento adicional de la industria requerido por el vendedor para poner con éxito el sistema en ejecución.²

Para alcanzar un nivel aceptable de tolerancia de fallas con estos sistemas, es común tener ordenadores scada redundante operando en paralelo en el centro primario de control, y un sistema de reserva del mismo situado en un área geográficamente distante. Esta arquitectura proporciona la transferencia automática de la responsabilidad del control de cualquier ordenador que pueda llegar a ser inasequible por cualquier razón a una computadora de reserva en línea sin interrupción significativa de las operaciones.¹ Los sistemas scada desde sus orígenes se han encontrado en constante adaptación aprovechando los avances tecnológicos para tener un mejor monitoreo y control de diversos procesos, según las necesidades que la industria pueda requerir en su momento.²

2.1.1 Internacionales.

En la tesis diseño e implementación de un sistema scada para monitoreo de flujo y temperatura del sistema de llenado aséptico de jugo de maracuyá en la agroindustria frutas de la pasión c. Ltda; desarrollado por Salazar Velarde Daniel y Villacreses Pita Alfonso; en la universidad politécnica salesiana, de Ecuador.³ El objetivo general es diseñar e implementar un sistema de control, supervisión y de reporte de datos para el proceso de llenado aséptico con jugo de maracuyá que permita la recopilación de evidencias objetivas que son necesarias para poder validar el proceso de producción y de esta manera se pueda cumplir con los estándares de calidad dentro de la empresa.³ En la figura 4 se muestra la interfaz HMI que se desarrolló para la llenadora aséptica



Figura 4 Interfaz desarrollada dentro de la tesis para la llenadora aséptica.

Como conclusiones resaltan la eficiencia de los sistemas scada mejorando los registros de Control de calidad en el llenado de los tanques, la eficacia en la visualización del proceso en tiempo real y la optimización en el uso de herramientas para adquirir los datos. De igual manera se cercioran de un ahorro efectivo de producto a la hora de realizar el llenado de los tanques, ocasionado por el control diseñado e implementado en el proyecto superaba el método anterior de llenado por tiempos preestablecidos.³

³ Salazar, D., & Villacreses, A. (2015). *Diseño e implementación de un sistema SCADA para monitoreo de flujo y temperatura del sistema de llenado aséptico de jugo de maracuyá en la agroindustria frutas de la pasión C.LTDA*. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

2.1.2 Nacionales.

La tesis desarrollada en México; en el estado de Chihuahua dentro de Instituto Tecnológico de Chihuahua por Portillo Ogaz Tomás Daniel con el nombre de implementación de software scada para monitoreo y control de edificio inteligente. El objetivo general es la implementación del sistema scada capaz de controlar una red de sensores y actuadores para aumentar la seguridad y comodidad de los usuarios, hacer uso más eficiente de los recursos, además de brindar información histórica y/o en tiempo real. El control total del edificio nos permitirá reducir el consumo de electricidad gracias al monitoreo. Un scada nos facilitará, crear una base de datos para tener información confiable con respecto al uso de los recursos del edificio.⁴ En la figura 5 visualización, control y monitorización del edificio a través de la web.

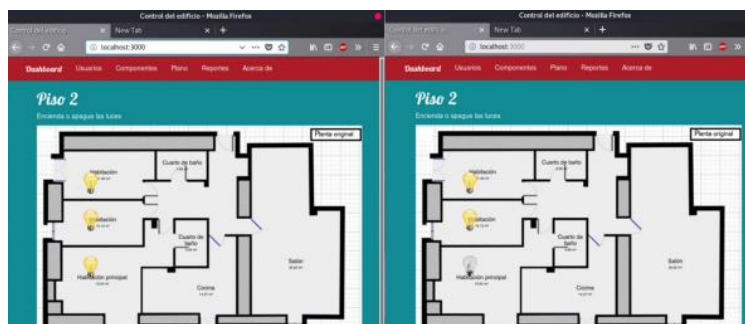


Figura 5 Interfaz web del control de iluminación del edificio (cambio de estado).

En la culminación del proyecto se encontraron los siguientes resultados. Aun con la basta existencia de las diversas tecnologías en el área de la domótica, surge una problemática la cual es la compatibilidad de dichas herramientas entre sí. La aplicación desarrollada en el proyecto es una aplicación multiplataforma que brinda el acceso a los usuarios desde diferentes dispositivos digitales; teléfono, computadora, tablet, etc. La aplicación es capaz de conectarse a gran cantidad de sensores gracias al uso de Protocolos de comunicación abierto. El desarrollo de un código JavaScript que permita el control de diversos sensores y actuadores.⁴

⁴ Portillo, T. (2019). *Implementación de software SCADA para monitoreo y control de edificio inteligente*. Instituto Tecnológico de Chihuahua II.

En la figura 6 se muestran los códigos desarrollados para la visualización y el control de los elementos dentro del edificio.

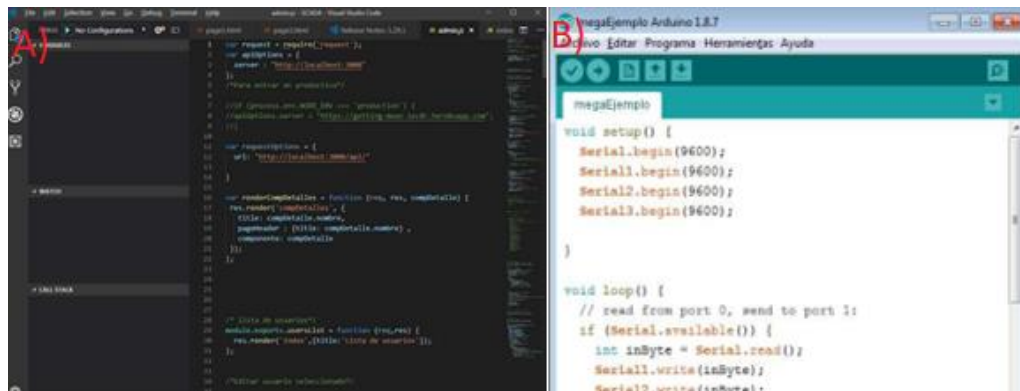


Figura 6 A) Código fuente de la web de monitorización y control. B) Código para el control del sistema de iluminación en arduino.

2.1.3 Locales.

Si bien es cierto que la tesis de configuración de un sistema scada para la supervisión de una subestación eléctrica de CFE. Se desarrollo en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla el alcance topográfico de la tesis abarca tanto el estado de Puebla como el de Tlaxcala. "La subestación eléctrica Puebla dos es una de las cinco instalaciones eléctricas que conforman la subárea de transmisión Puebla, proporciona la capacidad de transmisión y transformación requerida para satisfacer la demanda de energía actual en la región correspondiente a la subárea Puebla-Tlaxcala (SPT), brindando así al sistema eléctrico confiabilidad y continuidad en su operación.⁵

El objetivo general de la tesis es la configuración un sistema scada para adquisición de datos de Bahía a través de procesadores de comunicación en protocolo DNP 3.0 LAN/WAN y envío de los mismos hacia nivel superior e inferior para supervisión y control de una subestación eléctrica de CFE.⁵ Se muestra la interfaz de consultas de alarmas en la figura 7.

Comisión Federal de Electricidad Área de Control Oriental Departamento de Sistemas de Control de Energía									
CONSULTA DE ALARMAS EN MAESTRA ACOR									
Dia Mes Año									
Fecha Inicial 22 May 2013 FSD - Puebla Dos									
Fecha Final 22 May 2013 Consultas									
Inicio									
Alarmas									
Base de Datos									
Puntos SCADA									
Histórico									
22/may/2013 14:12:02.02	FBD	AL-73000	FCD	PR	67/N	NORMAL	RTN		
22/may/2013 14:11:57.02	FBD	AL-73000	FCD	PR	67/N	OPERIO			
22/may/2013 14:11:50.02	FBD	AL-73000	FCD	PR	23/N	NORMAL	RTN		
22/may/2013 14:11:43.02	FBD	AL-73000	FCD	PR	23/N	OPERIO			
22/may/2013 14:11:25.02	FBD	AL-73000	FCD	CTO	D3SP 2	NORMAL	RTN		
22/may/2013 14:10:22.02	FBD	AL-73000	FCD	CTO	D3SP 2	OPERIO			
22/may/2013 14:10:17.02	FBD	PR-86FI	73000	ECN		NORMAL	RTN		
22/may/2013 14:10:12.02	FBD	PR-86FI	73000	ECN		OPERIO			
22/may/2013 14:10:03.02	FBD	PR-51/SOFI	73000	ECN		NORMAL	RTN		
22/may/2013 14:10:01.02	FBD	PR-51/SOFI	73000	ECN		NORMAL	Tiempo SDE: 22 MAY '13 14:10:01.614		

Figura 7 Interfaz de monitorización y reporte de alarmas operadas en UTM de la subestación Puebla dos.

El sistema configurado, cumple con una característica importante de los controladores supervisores que es la visualización en tiempo real por lo que la información de carácter operativo siempre está disponible para el usuario de manera óptima. Se cumple con el objetivo general al configurar un sistema scada que sea capaz de adquirir datos de Bahía a través de procesadores de comunicación en protocolo DNP 3.0 LAN/WAN y enviarlos a nivel superior e inferior para supervisión y control a distancia de la subestación eléctrica Puebla dos.⁵

⁵ Licona, J. (2014). *Configuración de un sistema SCADA para la supervisión de una subestación eléctrica de CFE*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

2.2 Automatización

El término automatización proviene del griego auto que significa "por sí mismo" y maiomai que significa "lanzar". Su significado capaz de lanzar por sí mismo. Interpretándolo hace referencia a un objeto o sistema capaz de realizar acciones simples o complejas por su propia cuenta. Característica que la industria busca en sus sistemas, para esto deberán utilizar diferentes tecnologías que monitoreen y controlen; herramientas, dispositivos o máquinas con o sin intervención humana, según lo que se requiera en los procesos de producción.⁶

Todas las industrias poseen máquinas; algunas sencillas, otras complejas. Luego de un proceso y una transformación secuencial, consiguen transformar las materias primas en un producto final. A manera de mejora estos productos, se realizaron esfuerzos para automatizar las configuraciones industriales. En un principio, las actividades eran completamente manuales, pero con el pasar del tiempo se reemplazan ojos, manos, cerebro de los trabajadores con alternativas eléctricas y electrónicas, tales como sensores, actuadores y cpu. Las operaciones automáticas se basan en estos tres elementos: a través de los sensores, se obtienen señales y medidas necesarias recopiladas del proceso controlado; posteriormente, esta información será analizada por el cpu, y ejecuta una acción a través de los actuadores.⁶

Así, la evolución de múltiples tecnologías ha permitido mejorar los procesos, siendo capaz de descentralizar la industria y sincronizar múltiples procesos industriales.⁶ En la figura 8 se muestra una línea de producción donde se implementan brazos robóticos que llevan a cabo la automatización-



Figura 8 Automatización en una línea de proceso.

⁶ Zapata, M., Topón, L., & Tipán E. (2021). *Fundamentos De Automatización Y Redes Industriales*. Universidad Tecnológica Indoamericana.

2.3 Control

Un problema de control consiste en seleccionar, de un conjunto específico o arbitrario de elementos (o parámetros, configuraciones, etc.), que aplicados a un sistema fijo hagan que este se comporte de una manera predeterminada un problema de control es seleccionar el punto de apoyo de la palanca de un regulador de nivel como se ve en la figura 9, para que la altura del líquido se mantenga constante a pesar de las variaciones del caudal de salida.⁷

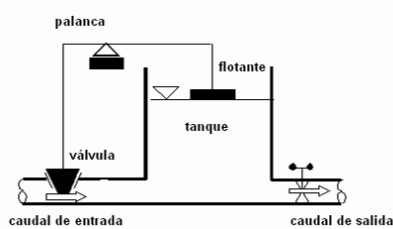


Figura 9 Regulador de nivel.

Otro problema de control: un inversionista posee cierta cantidad de dinero al principio de año y desea colocarla en el mercado de valores. Suponiendo que él no puede solicitar préstamos y su única fuente de información son cotizaciones que se publican en la sección financiera del periódico ¿Cuál debe ser su política de inversión para tener mayor capital posible financiero al acabar el año?⁷

Un tercer problema de control: la constitución del torrente de salida de un reactor químico depende de la temperatura y la composición del flujo de entrada ¿Como debe variar se dicha temperatura para obtener una máxima conversión a cierto producto de salida que presente una condición óptima?⁷

A pesar de que los problemas anteriores son diferentes, muestran tres elementos en común:

- Uno que se puede modificar: se denomina entrada.
- Otro llamado salida que se desea que tenga ciertas características.
- Un tercero denominado planta, que relaciona la entrada con la salida y que no puede ser modificado.

⁷ Perez, M., Perez-Hidalgo, A., & Perez-Berenguer, E. (2007). *Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo*. Universidad Nacional de San Juan.

PROBLEMA	ENTRADADA	SALIDA	PLANTA
Control de nivel	Localización del punto de apoyo	Variaciones en el nivel de líquido	Relaciones mecánicas del sistema
Inversionista	Cantidad de acciones a comprar y vender cierta fecha	Cantidad de efectivo al finalizar el año	Mecanismo de la bolsa de valores
Reactor químico	Temperatura de Flujo de alimentación	Composición química del torrente de salida	Relaciones de balance y cinética del reactor

Tabla 1 Entradas y salidas de diferentes problemas de control.

Entonces podemos decir que el problema de control consiste en seleccionar, para un sistema dado, una entrada que haga responder a la planta de una manera deseada, esto es, que se obtenga una salida con cierta característica en la tabla 1 se visualizan los diferentes problemas de control. En el primer ejemplo será mantener invariable el nivel del líquido, en el segundo, será obtener el máximo capital para finalizar el año y en el tercer ejemplo, se pretende obtener la máxima inversión a un producto determinado.⁷ A continuación en la figura 10 se muestran los elementos que engloban un sistema.



Figura 10 Representación esquemática de un sistema.

2.3.1 Definiciones

Se definirá la terminología necesaria para introducirnos en la teoría de control automático. Estas definiciones están basadas, en parte, en las propuestas de normas de IEEE.

Planta: Cualquier objeto físico que pueda ser controlado. Puede ser un equipo, quizás simplemente un juego de piezas de una máquina funcionando juntas, cuyo objetivo es realizar una operación determinada. Por ejemplo; hornos de calentamiento, reactor químico etc.

Proceso: Se definirá como una operación o conjuntos de pasos con una secuencia determinada, que producen una serie de cambio de estados graduales que llevan de un estado a otro, y que tienden a un determinado resultado final. Se denominará proceso a cualquier operación que se vaya a controlar. Por ejemplo; químico, económicos, biológicos, etc.

Sistema: De forma más general, podemos definir a un sistema como un arreglo, conjunto o combinación de cosas conectadas o relacionadas de manera que constituyen un todo en otras

palabras. Un sistema es una combinación de componentes que actúan conjuntamente, con un determinado objetivo a cumplir. La planta junto con el proceso, conforman un sistema.

Control: Se usa para designar regulación, dirección o comando.

Sistema de control: es un arreglo de componentes físicos conectados de tal manera que el arreglo pueda comandar, dirigir o regular, así mismo o a otro sistema.

Entrada de un sistema: Variable del sistema elegida de tal manera que se la utiliza como excitación de este.

Salida de un sistema: Variable del sistema elegida de tal modo que se la utiliza para analizar los efectos que produjo una excitación en la entrada de este.

Entrada de un sistema de control: Variable del sistema controlado que se elige de modo tal que mediante su manipulación se logra que el sistema cumpla un objetivo determinado. Las variables de entrada son variables que ingresan al sistema y no dependen de ninguna otra variable interna del mismo.

No solo la señal de referencia (valor deseado de la salida del sistema) conforma una variable de entrada, también hay ciertas señales indeseadas, como son algunas perturbaciones externas, que se generan fuera del sistema y actúan sobre la planta, afectando desfavorablemente la salida del sistema.

Salida de un sistema de control: Variable del sistema controlado que se elige de modo tal que mediante su estudio se analiza si el sistema cumple o no con los objetivos propuestos. Se verá más adelante que en los sistemas realimentados esta señal de salida contribuye a realizar el control propuesto.

Realimentación: Propiedad de los sistemas que permiten que la salida del sistema o cualquier variable de este sea comparada con la entrada al sistema o con cualquier componente del sistema, de tal manera que pueda establecerse la acción de control apropiada entre la entrada y la salida. Se dice que la realimentación existe en un sistema cuando hay una secuencia cerrada de relaciones causa-efecto entre las variables de un sistema. Este concepto de realimentación juega un papel muy importante en la ingeniería de control.

Existen dos tipos de realimentación, la forma de cómo se comparan las dos variables que dan lugar a la misma, permite que se pueda hablar de realimentación positiva o negativa.

Realimentación positiva: Cuando ambas variables comparadas son de igual signo.

Realimentación negativa: Cuando ambas variables comparadas son de signo contrario.

En control se usa y aplica la **realimentación negativa**. Un sistema realimentado negativamente modifica las propiedades y características del sistema sin realimentar

Los rasgos más importantes que la realimentación negativa impone a un sistema son:

- Aumento de la exactitud.
- Se reduce los efectos de no linealidad y distorsión.
- Aumenta el ancho de banda del sistema.
- Disminuye la ganancia del sistema.
- El sistema tiende a ser menos estable.

Perturbaciones: Es una señal que tiende a afectar adversamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se la denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema. Las perturbaciones actúan sobre un sistema modificando, su funcionamiento por lo que su presencia implica la necesidad de control.

Control de Realimentación: En presencia de perturbaciones, tiende a reducir las diferencias entre la salida y la entrada del sistema-, y lo hace sobre la base de esta diferencia, la cual se denomina señal de error. Cuando se utiliza control de realimentación se considera perturbación a aquellas que tienen carácter aleatorio (no previsible), porque las perturbaciones que pueden ser predichas siempre se puede incluir una compensación dentro del sistema de modo que sea innecesario el control.

Sistema de control realimentado: Es aquel que tiende, a mantener una relación preestablecida entre la salida y la entrada de referencia, comparando ambas y utilizando la diferencia como variable de control. Es de notar que los sistemas de control realimentado no están limitados al campo de la ingeniería, sino que se los puede encontrar en áreas ajenas a la misma, como la economía y la psicología.

Por ejemplo, el organismo humano, en un aspecto es análogo a una planta química compleja con una enorme variedad de operaciones unitarias. El control de procesos de esta red de transporte y reacciones químicas involucra una variedad de lazos de control. De hecho, el organismo humano es un sistema de control realimentado extremadamente complejo.⁷

2.3.2 Control de lazo abierto

En un sistema de control de lazo abierto la salida ni se mide ni se realimenta para compararla con la entrada. Los sistemas de control de lazo abierto son sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la señal o acción de control. La figura 11 muestra la forma de cómo se implementa un sistema de control de este tipo.



Figura 11 Sistema de control de lazo abierto.

Los elementos de un sistema de control en lazo abierto se pueden dividir en dos partes: el controlador, y el proceso controlado. Una señal de entrada o comando se aplica al controlador, cuya salida actúa como una señal de control o señal actuante, la cual regula el proceso controlado, de tal forma que la variable de salida o variable controlada se desempeñe de acuerdo con ciertas especificaciones o estándares establecidos. En los casos simples, el controlador puede ser un amplificador, filtro, unión mecánica u otro elemento de control. En los casos más complejos puede ser una computadora tal como un microprocesador.⁷

En los sistemas de control de lazo abierto, no se compara la salida con la entrada de referencia. Por lo tanto, para cada entrada de referencia corresponde una condición de operación fijada. Así la exactitud del sistema depende de la calibración. Calibrar significa establecer una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada. Así la exactitud del sistema depende de la calibración. Hay que hacer notar que cualquier sistema de control que actúa sobre una base de control de tiempo (temporizador), es un sistema de lazo abierto.⁷

Los sistemas de lazo abierto son económicos, pero normalmente inexactos. Un sistema de control de lazo abierto es insensible a las perturbaciones; por consiguiente, un sistema de control de este tipo es útil cuando se tiene la seguridad que no existen perturbaciones actuando sobre el mismo. En la práctica solo se puede usar el control de lazo abierto si la relación entre la entrada y la salida es conocida, y si no hay perturbaciones internas ni externas importantes.⁷

De lo dicho anteriormente no deberá concluirse que los sistemas de control de lazo abierto sean ineficaces. Debido a la simplicidad y economía se los utiliza en muchas aplicaciones no críticas. Existen muchos sistemas de lazo abierto que cumplen una función útil. Las máquinas automáticas para lavado de ropa son un ejemplo conveniente de un dispositivo con controles de lazo abierto.⁷

Las variables de entrada y salida son el grado de suciedad con que entra la ropa y el grado de limpieza con que sale respectivamente. Para efectuar el lavado se programan una serie de operaciones de tiempo fijo (lavado, enjuague, centrifugado, etc.) que son la calibración de la máquina. Una vez transcurridas todas las operaciones, la lavadora automática entrega la ropa con un cierto grado de limpieza, sin comparar esta variable de salida con la variable de entrada. Sin embargo, si un operador maneja la máquina de modo, que repite las operaciones de lavado hasta conseguir un grado de limpieza de la ropa prefijado, el sistema ya no es más de lazo abierto.⁷

2.3.3 Control de lazo cerrado

En los sistemas de control de lazo cerrado, la salida o señal controlada, debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, y se debe enviar una señal actuante o acción de control, proporcional a la diferencia entre la entrada y la salida a través del sistema, para disminuir el error y corregir la salida.⁷

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control. Esto es, los sistemas de control de lazo cerrado son sistemas de control realimentados. La diferencia entre la señal de entrada y la señal de salida se la denomina señal de error del sistema, esta señal es la que actúa sobre el sistema de modo de llevar la salida a un valor deseado. En otras palabras, el término lazo cerrado implica el uso de acción de realimentación negativa para reducir el error del sistema. La Fig. 12 muestra la relación entrada-salida de un sistema de control de lazo cerrado.⁷

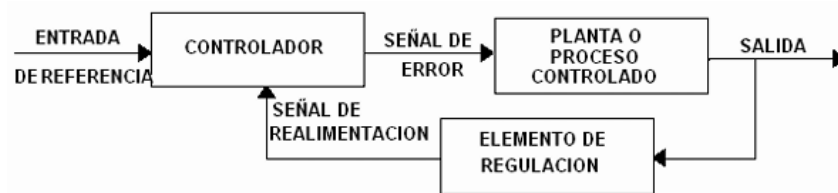


Figura 12 Sistema de control de lazo cerrado.

2.3.3.1 Ejemplo 1. Alumbrado Público.

El objetivo del alumbrado público es mantener un nivel mínimo de iluminación en las calles, al menor costo. Para lograrse pueden proponer dos soluciones: la primera consiste en encender los focos del alumbrado a la hora en que comúnmente se oscurece y apagarlos al amanecer. El sistema puede encenderse a las 20 horas y apagarlo a las 6:30 horas. En este sistema, la entrada (cambio de posición del interruptor) es independiente de la salida (cantidad de luz en la calle). Este mecanismo, simple y económico de llevar a cabo, puede acarrear dificultades, ya que la hora en que empieza a aclarar, varían de acuerdo con las estaciones del año, además, en días nublados se puede tener una oscuridad indeseable.⁷

La otra solución, más efectiva, consiste en instalar un dispositivo (fotocelda, fototransistor, etc.) para detectar la cantidad de iluminación y de acuerdo con esto, encender o apagar el alumbrado público. En este caso, la entrada (cantidad óptima de luz en las calles) se comparan con la salida (cantidad de luz real en las calles) a los efectos de que la señal de error generada accione o no el interruptor de luz.⁷

En la Fig. 13 se muestran ambas soluciones. Y la figura 14 ilustra el diagrama de bloques para el sistema de control.

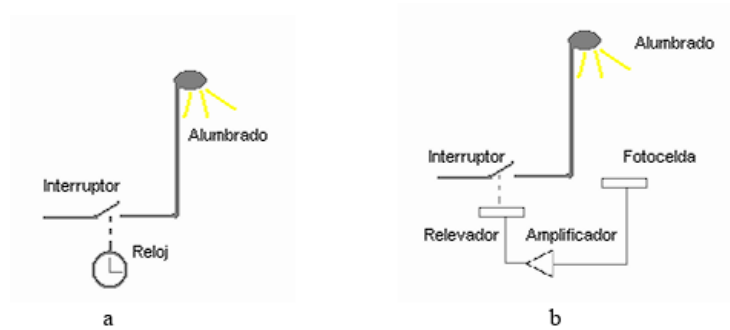


Figura 13 Alumbrado público a) Primera solución b) Segunda solución.

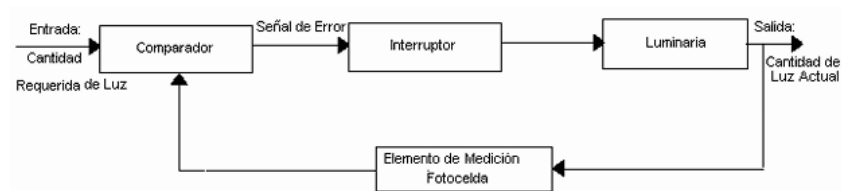


Figura 14 Diagrama en bloques de alumbrado público (Control realimentado de lazo cerrado).

2.3.4 Tipos de sistemas de control

Hay diferentes clases de sistemas de control, estas clases de control optimizan el error en la respuesta transitoria y en estado estable. El modelo de cualquiera de los sistemas que se escoja necesita de modelos matemáticos que pueden ser muy difícil de analizar y además resultar ser demasiado complejos.⁸

- Control de dos posiciones (ON-OFF).
- Control PID.

2.3.4.1 Control de Dos Posiciones.

El actuador final tiene dos posiciones fijas que son, en muchas situaciones, apagado o encendido. Esta clase de control es relativamente barata y simple, por ende, su uso es muy amplio en sistemas de control a nivel industrial como doméstico. En el control de dos posiciones, se tiene la señal de salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$, la señal de entrada $u(t)$ permanece de manera constante en un valor ya sea mínimo o máximo, depende si la señal de error es negativa o positiva. El diagrama de bloques de un controlador Encendido-Apagado se muestra en la Figura 15.⁸

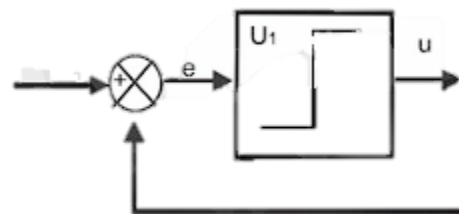


Figura 15 Diagrama de encendido y apagado.

Donde:

$$u(t) = u_1, \quad \text{para } e(t) > 0$$

$$u(t) = u_2, \quad \text{para } e(t) < 0$$

Donde u_1 y u_2 son constantes. Generalmente, el mínimo valor de u_2 es cero o es menor que u_1 .

⁸ Tito, C., & Pari, J. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de supervisión y control de una planta piloto envasadora de jugos tetra pak empleado control P.I.D.* Universidad Andina "Néstor Cáseres Velasquéz".

2.3.4.2 Control PID.

La gama de controladores PID, que resultaron ser robustos en una amplia gama de aplicaciones y por ende son tipos de control que más se usan en la industria. La configuración de un controlador PID es simple, pero su estructura simple es también su punto débil, por que limita el rango de plantas o sistemas que pueden controlar de manera satisfactoria (existe una familia de plantas y sistemas que son inestables y no pueden ser controladas con ningún tipo de control PID). Los tipos de controladores PID, incluyen las tres acciones básicas inherentes a esta familia de controladores: proporcional(P), integral (I) y derivativa (D). Los controladores son llamados: P, I, PI, PD y PID. La configuración de esta familia de controladores tiene de un bucle de retroalimentación y un controlador PID, tal como se observa en la Figura 16.⁸

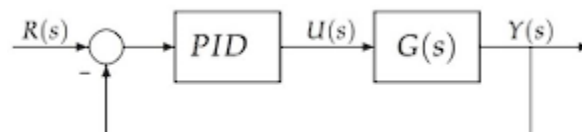


Figura 16 Diagrama de bloques del control PID.

2.3.4.3 P: Acción de Control Proporcional:

La salida del controlador es proporcional al error, es decir:

$$U(t) = K_p * e(t)$$

La función transferencia resulta:

$$C_p(s) = K_p$$

Dónde: K_p es la ganancia proporcional que puede controlar cualquier sistema estable, pero tiene una respuesta limitada y error en régimen estable.

2.3.4.4 I: Acción de Control Integral:

La salida del controlador proporcional es igual al error acumulado, lo que significa que es una forma de un controlador lento.

$$U_t = \int_0^t e(\tau) d\tau$$

$$C_i = \frac{K_i}{s}$$

La señal de control $u(t)$ posee un valor distinto de 0 cuando la señal de error $e(t)$ es igual a 0. Por lo que se determina que, si tenemos un set point constante, o alteraciones, el error en régimen estable es cero.

2.3.4.5 PI: Acción de Control Proporcional Integral.

Se define mediante:

$$u(t) = k_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau$$

Donde T_i es llamado tiempo integral y se encarga de ajustar la acción integral. Por lo cual la función de transferencia de la planta resulta:

$$C_{PI}(s) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

Usando el control proporcional, se requiere que exista el error para obtener una acción de control diferente de cero. La acción de control integral, pequeño un error positivo siempre nos proporcionará una acción de control que aumenta, si el error fuese negativo la señal de control disminuye. Este argumento sencillo nos da entender que el error en régimen estable siempre será 0. Varios controladores industriales contienen solo acción de control Pl. Se puede probar que el control Pl es idóneo para todos los procesos donde la función de transferencia es primordialmente de primer orden. Lo anteriormente expresado puede ser probado de una forma sencilla, por ejemplo, con la respuesta de la planta a la señal de control del escalón.⁸

2.3.4.6 PD: Acción de Control Proporcional Derivativa

Es definido como:

$$u(t) = k_p e(t) + K_p T_d \frac{d e(t)}{dt}$$

Donde T_d es llamada constante de tiempo derivativo. Esta acción tiene por finalidad la de previsión, la respuesta de acción de control es muy rápida, pero tiene una importante desventaja: Que es la de amplificar las señales de ruido, los cuales pueden provocar

saturación en el actuador. La acción de control derivativa jamás se usa por sí sola, porque es eficiente durante los periodos transitorios. La FT de un controlador PD es:

$$C_{PD}(s) = k_p + sK_pT_d$$

Cuando una acción de control derivativa se asocia a un controlador proporcional, se puede conseguir el cambio del error y brindar una acción de corrección relevante, antes de que la dimensión del error se convierta muy grande. No obstante, el control derivativo no modifica de manera directa al error en estado estable, agrega amortiguamiento a la planta, por lo tanto, concede un valor más alto que la ganancia K, lo cual genera una mejora en la precisión en estado estacionario. Es un controlador de alta susceptibilidad a los errores, es decir que responde a una rapidez elevada.⁸

2.3.6.7 PID: Acción de Control Proporcional Integral Derivativa.

Este tipo de control combinado fusiona las principales virtudes de cada una de las tres acciones de control individual. La ecuación del controlador PID puede ser obtenido mediante:

$$C_{PID}(s) = k_p(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s)$$

2.4 Sistemas scada.

El acrónimo scada proviene de las siglas "Supervisory Control And Data Acquisition" en español se conoce como control supervisor y adquisición de datos, dicho sistema permite la monitorización, gestión y control de cualquier sistema local o remoto gracias a una interfaz gráfica que comunica al usuario con el sistema.^{9,10}

Un sistema scada consiste en una aplicación o conjunto de aplicaciones de software especialmente diseñadas para funcionar sobre ordenadores de control de producción, con acceso a la planta mediante la comunicación digital con instrumentos y actuadores, e interfaz gráfica de alto nivel para el operador (pantallas táctiles, ratones o cursores, lápices ópticos, etc.). Inicialmente solo era un programa que permitía la supervisión y adquisición de datos en procesos de control, en los últimos tiempos ha surgido una serie de productos de hardware y buses especialmente diseñados o adaptados para este tipo de sistemas. La interconexión de los sistemas scada también es propia, y se realiza mediante una interfaz del pc a la planta centralizada, cerrando el lazo sobre el ordenador principal de supervisión.¹⁰

El sistema permite comunicarse con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, sistemas de dosificación, etc.) para controlar el proceso en forma automática desde la pantalla del ordenador, que es configurada por el usuario y puede ser modificada con facilidad. Además, provee a diversos usuarios de toda la información que se genera en el proceso productivo.¹⁰

2.4.1 Características de un sistema scada

Un scada engloba la recolección de información y transferencia de datos al sitio central, a través del análisis y control necesario, para presentar la información sobre una serie de pantallas asequibles a los operadores y que de esta manera permita interactuar, cuando los parámetros involucrados en el proceso lo requieran.¹⁰

Estos sistemas ofrecen una nueva característica de automatización, la de supervisión. Lo que hace que los sistemas sean una herramienta diferenciada es su control supervisado. La parte

⁹ Aguirre, D. (2013). *Desarrollo de un sistema SCADA para su uso en pequeñas medianas empresas*. Universidad de Piura.

¹⁰ Pérez-López, E. (2015). *Los sistemas SCADA en la automatización industrial*. Tecnología en Marcha. Vol. 28, N° 4, Pág. 3-14

de control está definida y supeditada por el proceso que se desea controlar y, en última instancia, por el hardware e instrumental de control (plc, controladores lógicos, armarios de control) o los algoritmos lógicos de control aplicados sobre la planta, que pueden existir previamente a la implantación del scada, que se instalará sobre y en función de estos sistemas de control.¹⁰

El operador se encarga de supervisar el control de la planta y no solo monitorea las variables que en un momento determinado están actuando sobre la planta; si no que puede actuar y modificar las variables de control en tiempo real. Por lo tanto, la toma de decisiones sobre las acciones de control está en manos del supervisor, que en el caso de scada es el operario. Esto diferencia notablemente a scada de los sistemas clásicos de automatización, en los que las variables de control están distribuidas sobre los controladores electrónicos de la planta. Eso dificulta mucho las variaciones en el proceso, ya que una vez implementados, estos sistemas no permiten un control óptimo en tiempo real.¹⁰

El monitoreo se realiza sobre un ordenador, que nos ofrece una visión de los parámetros de control sobre la pantalla de ordenador, lo que se denomina un HMI (Human Machine Interface). Otros sistemas de automatización gráfica tipo HMI básicos ofrecen una gestión de alarmas básica, por lo que la única opción que ofrecen al operador es llevar a cabo una parada de emergencia para reparar o compensar el error y hacer un reset. Un sistema SCADA bien implementado y desarrollado presenta un HMI interactivo que otorga la posibilidad de detectar alarmas y solucionar el problema mediante las acciones adecuadas en tiempo real en la pantalla del ordenador. Lo que otorga una gran flexibilidad.¹⁰

Las palabras scada y HMI pueden producir una confusión, pero lo cierto es que todos los sistemas scada nos ofrecen una interfaz gráfica HMI, y no todos los sistemas de automatización convencional que tienen HMI podrán ser scada. Su distinción radica en la función de supervisión y control que pueden realizar estos últimos a través del HMI.

Las características principales de un scada son:

- Adquisición de datos para procesar y almacenar la información recibida en forma continua y confiable.

- Representación gráfica y animada de variables de proceso y su monitorización por medio de alarmas.
- Ejecutar acciones de control para modificar las variables del proceso, actuando ya sea sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) o directamente mediante las salidas conectadas al proceso.
- Arquitectura abierta y flexible con la opción de ampliar y adaptar el software y hardware a una línea de proceso.
- Conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación.
- Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- Transmisión de información con dispositivos de campo y otros pc.
- Base de datos, gestión de datos con bajos tiempos de acceso.
- Presentación, representación gráfica de los datos. interfaz del operador o HMI.
- Explotación de los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.
- Alertar al operador sobre cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como los que se produzcan en su operación diaria (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.¹⁰

2.4.2 Prestaciones de un scada

Las prestaciones de un scada eran impensables hace una década entre las cuales pueden ser las siguientes:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del ordenador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de datos históricos de señal de planta, que pueden ser incorporados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Creación de informes, avisos y documentación en general.

- Ejecución de programas que modifican la ley de control o incluso el programa total sobre el autómata (bajo ciertas condiciones).
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la cpu del ordenador y no sobre la del autómata, menos especializado, etc.
- Con ellas, se pueden desarrollar aplicaciones basadas en el pc, con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco o impresora, control de actuadores, etc.¹⁰

2.4.3 Ventajas de un scada

Entre las principales ventajas de un sistema scada podemos destacar:

- Economía: Es más fácil ver qué ocurre en la instalación desde la oficina que enviar a un operario a realizar la tarea de supervisión. Ciertas revisiones se convertirán en innecesarias y con eso se estaría ahorrando un monto económico importante en mano de obra.
- Accesibilidad: Tener toda la información al alcance de un clic, podemos modificar el nivel de funcionamientos de los dispositivos de planta, apagar y encender máquinas, consultar el estado de estas en el tiempo y tomar una decisión en tiempo real o incluso antes de un suceso, todo eso de manera remota y a cualquier hora.
- Mantenimiento: La adquisición de datos y su supervisión da la posibilidad de presentarlos de manera inteligible para usuarios no especializados y de avisar cuando se aproximen las fechas de revisión o cuando una máquina tenga más fallos de los considerados normales.
- Ergonomía: La relación entre el usuario y el proceso es menos tediosa. Los modernos ordenadores, con sus prestaciones gráficas, sustituyen a los grandes paneles, repletos de cables, pilotos y del excesivo papeleo informativo.
- Gestión: Todos los datos recopilados pueden ser valorados de múltiples maneras mediante herramientas estadísticas, gráficas, valores tabulados, etc., que permitan explotar el sistema con el mejor rendimiento posible.

- Flexibilidad: Cualquier modificación de alguna de las características del sistema de visualización no significa un gasto en tiempo y medios, pues no hay modificaciones físicas que requieran la instalación de un cableado o del contador.
- Conectividad: Se buscan sistemas abiertos, es decir, sin secretos ni sorpresas para el integrador. La documentación de los protocolos de comunicación actuales permite la interconexión de sistemas de diferentes proveedores y evita la existencia de lagunas informativas que puedan causar fallos en el funcionamiento o en la seguridad.⁹

2.4.4 Requisitos de un scada

Estos son algunos de los requisitos que debe tener un sistema scada para sacarle el máximo provecho:

- Deben ser sistemas de arquitecturas abiertas, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente para el usuario con el equipo de planta (drivers) y con el resto de la empresa (acceso a redes locales y de gestión).
- Los programas deben ser sencillos de instalar, sin excesivas exigencias, y fáciles de utilizar, con interfaces amables con el usuario (sonido, imágenes, pantallas táctiles, etc.).
- Los programas deben ser sencillos de instalar, sin excesivas exigencias, y fáciles de utilizar, con interfaces amables con el usuario (sonido, imágenes, pantallas táctiles, etc.).¹⁰

2.4.5 Partes de un scada

Un sistema scada ha sido creado para monitorear desde una sola central, los distintos procesos de una o varias plantas, como aplicación de software industrial específica, necesita ciertos componentes inherentes de hardware en su sistema para poder tratar y gestionar la información captada, que se describen a continuación. Consta de una Unidad Terminal

Maestra (MTU), de Unidades Terminales Remotas (RTU) y los medios físicos de comunicación, tal y como se muestra en la Figura 17.⁹

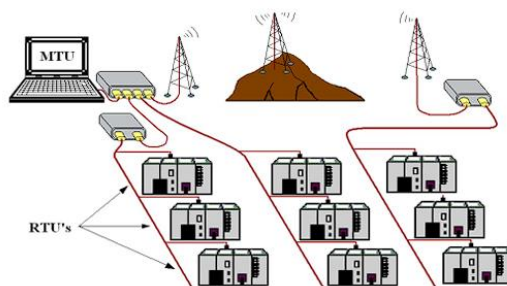


Figura 17 Componentes del sistema scada.

2.4.5.1 Ordenador central o MTU

Se trata del ordenador principal del sistema, el cual supervisa y recoge la información del resto de las subestaciones, ya sean otros ordenadores conectados (en sistemas complejos) a los instrumentos de campo o directamente sobre dichos instrumentos. Este ordenador suele ser un pc que soporta el HMI.¹⁰

De esto se deriva que el sistema scada más sencillo es el compuesto por un único ordenador, que es el MTU que supervisa toda la estación.

Las funciones principales del MTU son las siguientes:

- Interroga en forma periódica a las RTU y les transmite consignas; siguiendo usualmente un esquema maestro-esclavo.
- Actúa como interfaz del operador, incluyendo la presentación de información de variables en tiempo real, la administración de alarmas y la recolección y presentación de información "historizada".
- Puede ejecutar software especializado que cumple funciones específicas asociadas al proceso supervisado por el scada. Por ejemplo, software para detección de pérdidas en un oleoducto.¹⁰

2.4.5.2 Ordenadores Remotos o RTU

Estos ordenadores están situados en los nodos estratégicos del sistema gestionando y controlando las subestaciones; reciben las señales de los sensores de campo y comandan los elementos finales de control ejecutando el software de la aplicación scada.¹⁰

Se encuentran en el nivel intermedio o de automatización; a un nivel superior está el MTU ya un nivel inferior los distintos instrumentos de campo que son los que ejercen la automatización física del sistema, control y adquisición de datos.¹⁰

Estos ordenadores no tienen que ser pc, ya que la necesidad de soportar un HMI no es tan grande a este nivel, por lo tanto, suelen ser ordenadores industriales tipo armarios de control, aunque en sistemas muy complejos puede haber subestaciones intermedias en formato HMI.¹⁰

Una tendencia actual es dotar a los controladores lógicos programables (plc) con la capacidad de funcionar como RTU gracias a un nivel de integración mayor y cpu con mayor potencia de cálculo. Esta solución minimiza costos en sistemas en los que las subestaciones no sean muy complejas, sustituyendo el ordenador industrial mucho más costoso. Un ejemplo de esto son los nuevos plc (adaptables a su sistema scada Experion PKS o Power Knowledge System) de Honeywell o los de Motorola MOSCAD, de implementación mucho más genérica.¹⁰

2.4.5.3 Instrumentos de Campo:

Son todos aquellos que permiten realizar tanto la automatización o control del sistema (controladores de procesos industriales y actuadores en general) como los que se encargan de la captación de información del sistema (sensores y alarmas).¹⁰

Una característica de los scada es que sus componentes son diseñados por distintos proveedores, sin coordinación entre sí. De manera que se tienen diferentes proveedores para las RTU (incluso es posible que un sistema utilice RTU de más de un proveedor), módems, radios, minicomputadores, software de supervisión e interfaz con el operador, de detección de pérdidas, etc.¹⁰

2.4.6 Comunicaciones

En el apartado de comunicaciones mencionaremos los protocolos de comunicación a tomar en cuenta para establecer la conexión entre los dispositivos.

2.4.6.1 Red de comunicación:

Este es el nivel que gestiona la información que los instrumentos de campo envían a la red de ordenadores desde el sistema. El tipo de bus utilizado en las comunicaciones puede ser muy variado según las necesidades del sistema y del software escogido para implementar el sistema scada, ya que no todos los softwares (ni los instrumentos de campo como plc) pueden trabajar con todos los tipos de bus.

Hoy en día, gracias a la estandarización de las comunicaciones con los dispositivos de campo, se puede implementar un sistema scada sobre prácticamente cualquier tipo de bus. Se encuentran scada sobre formatos estándares como los RS-232, RS-422 y RS-485 a partir de los cuales, y mediante un protocolo TCP/IP, se puede conectar el sistema sobre un bus en configuración DMS ya existente; pasando por todo tipo de buses de campo industriales hasta formas más modernas de comunicación como Bluetooth (Bus de Radio), microondas, satélite, cable.

A parte del tipo de bus, existen interfaces de comunicación especiales para la comunicación en un sistema scada, como pueden ser módems para estos sistemas que soportan los protocolos de comunicación scada y facilitan la implementación de la aplicación.¹⁰

Otra característica de scada es que la mayoría se implementa sobre sistemas WAN de comunicaciones, es decir, los distintos terminales RTU pueden estar deslocalizados geográficamente.¹⁰

Los protocolos de comunicación que se implementaron en el sistema scada son; ethernet, serial y OPC (Object Linking and embedding for process Control).⁹

2.4.6.2 Protocolo Ethernet

Es un protocolo estándar de redes de computadoras de área local. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.⁹

La Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3 Usualmente se toman Ethernet e IEEE 802.3 como sinónimos. Ambas se diferencian en uno de los campos de la trama de datos. Las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.⁹

Los elementos de una red Ethernet son: tarjeta de red (Figura 18), repetidora, concentradora, puentes, los conmutadores, los nodos de red y el medio de interconexión. Para configurar esta comunicación solo se necesita establecer el puerto del servidor y la dirección IP del servidor.⁹



Figura 18 Tarjeta de red.

La figura numero 19 muestra la configuración del protocolo TCP/IP y la conexión del cable ethernet RJ-45

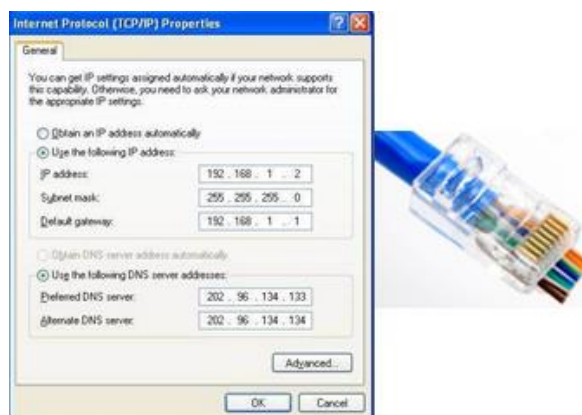


Figura 19 Propiedades Protocolo TCP/IP y cable ethernet RJ-45

2.4.6.3 Protocolo serial:

Un puerto serie o puerto serial (Figura 20), es una interfaz de comunicaciones de datos digitales, frecuentemente utilizado por computadoras y periféricos, donde la información es transmitida bit a bit enviando un solo bit a la vez, en contraste con el puerto paralelo que envía varios bits simultáneamente. La comparación entre la transmisión en serie y en paralelo se puede explicar usando una analogía con las carreteras. Una carretera tradicional de un sólo carril por sentido sería como la transmisión en serie y una autopista con varios carriles por sentido sería la transmisión en paralelo, siendo los vehículos los bits que circulan por el cable.⁹



Figura 20 Puerto serie COM y su configuración.

2.4.6.4 Comunicación opc

Actualmente los sistemas scada disponen de un tipo de comunicación que se ha convertido en un estándar a nivel internacional para transferir datos independientemente de la aplicación y del lenguaje de comunicación. Dicho estándar es el denominado opc. Es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos. Este estándar permite que diferentes fuentes envíen datos a un mismo servidor opc, al que a su vez podrán conectarse diferentes programas compatibles con dicho estándar. De este modo se elimina la necesidad de que todos los programas cuenten con drivers para dialogar con múltiples fuentes de datos, basta que tengan un controlador opc.

Tiene como propósito cubrir las necesidades de acceso en forma estándar de las distintas aplicaciones hacia los dispositivos o base de datos. Es decir, una aplicación X y una Y se podrían comunicar con distintos servidores A, B, C de diferentes protocolos de comunicación, siempre y cuando estos tengan interfaces opc las cuales se les puede aprovechar para conectarlas con las aplicaciones (Figura 21).

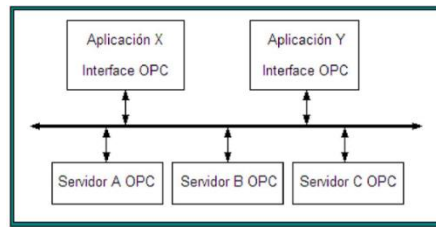


Figura 21 Funcionamiento de comunicación opc.

En la actualidad la mayoría de los dispositivos controladores contienen drivers opc, por tanto, no es necesario adaptar los drivers ante nuevos dispositivos de otras marcas. La arquitectura opc es de entorno heterogéneo, es decir integra equipos de distintos fabricantes y simplifica las comunicaciones. Un cliente opc se puede conectar a múltiples servidores opc, tan solo direccionándolos. El siguiente ejemplo establece el sistema scada como cliente opc y a los dispositivos como los servidores opc, ambos se pueden conectar aun teniendo diferentes protocolos de comunicación gracias a la comunicación opc (Figura 22).⁹

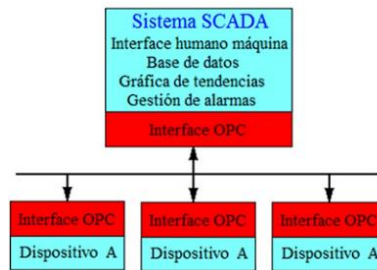


Figura 22 Comunicación opc en scada.

Elementos de la comunicación opc:

El servidor

- Mantiene información sobre el servidor.
- Sirve como contenedor para objetos del grupo opc.

El grupo

- Mantiene información sobre sí mismo.
- Provee mecanismos para contener/organizar lógicamente ítems.

El elemento

- Representan conexiones a fuentes de datos dentro de un servidor.

2.5 Controlador lógico programable

Para lograr entender el funcionamiento, uso y estructura de un controlador lógico programable es necesario recapitular temas previos al plc, como conceptos esenciales.

2.5.1 Etapas de un automatismo

A continuación, se describe y muestra un diagrama de cada una de las etapas a llevar a cabo en el proceso de implementación o desarrollo de un automatismo.

2.5.1.1 Etapa 1 el diseño y la funcionalidad

Un automatismo es el desarrollo de un proceso o funcionamiento de un mecanismo por sí solo. En esta etapa (figura 23), debemos concretar con precisión el comportamiento del automatismo y clarificar con nitidez todas y cada una de las operaciones que este debe solventar.¹¹



Figura 23 Etapa 1.

2.5.1.2 Etapa 2 dimensionamiento de los dispositivos

La segunda etapa (figura 24), debe servirnos para elegir el conjunto de dispositivos apropiados para realizar el automatismo.

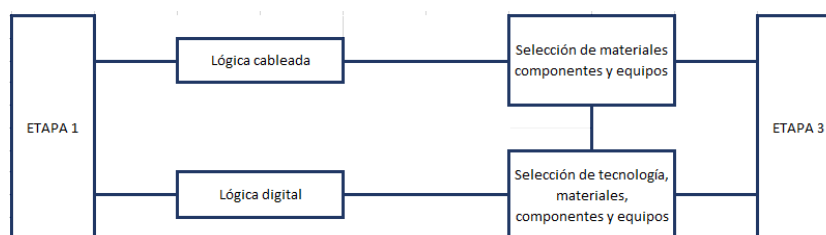


Figura 24 Etapa 2.

¹¹ Velázquez, J. (2022). *Controladores Lógicos Programables*. Instituto Tecnológico de Apizaco.

2.5.1.3 Etapa 3 esquema eléctrico

El objetivo principal de la tercera etapa (figura 25), es la confección del esquema eléctrico del automatismo. Debe ser completo y hemos de confeccionarlo con una notación clara y comprensible, en la que estén representados los componentes perfectamente conectados y referenciados.

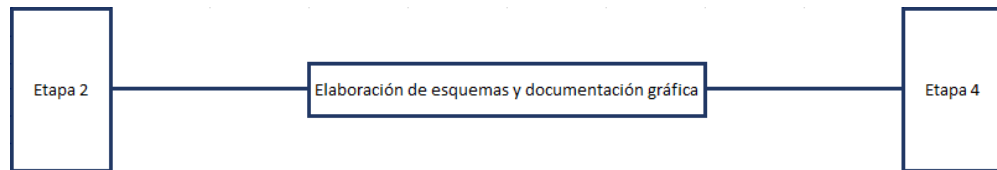


Figura 25 Etapa 3.

2.5.1.4 Etapa 4 ensayo y prueba

Una vez realizada la instalación del automatismo se realizará su ensayo y prueba. En esta cuarta etapa (figura 26), será conveniente actuar con un plan de trabajo previamente establecido. Cada parte deberá ser probada de forma aislada y en las condiciones de trabajo más realistas antes de interactuar simultáneamente con el resto.

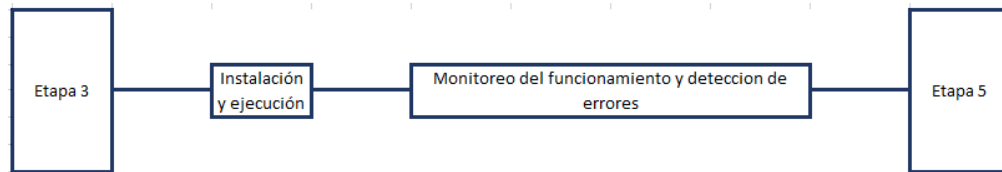


Figura 26 Etapa 4.

2.5.1.5 Etapa 5 La puesta en servicio

Solo si el automatismo funciona de forma satisfactoria en la fase de prueba. Podremos abordar la fase de puesta en servicio (figura 27).

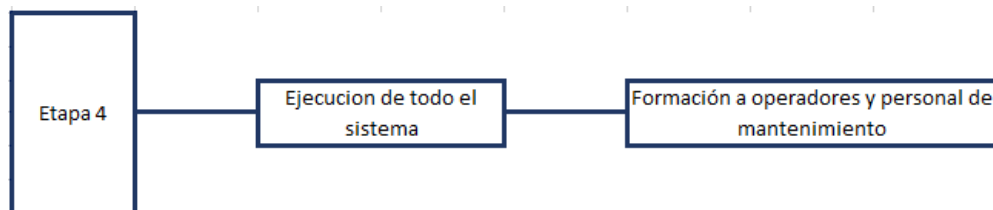


Figura 27 Etapa 5.

2.5.2 Componentes de un automatismo

La siguiente ilustración (figura 28), nos muestra la estructura y los componentes de las instalaciones de automatismos.

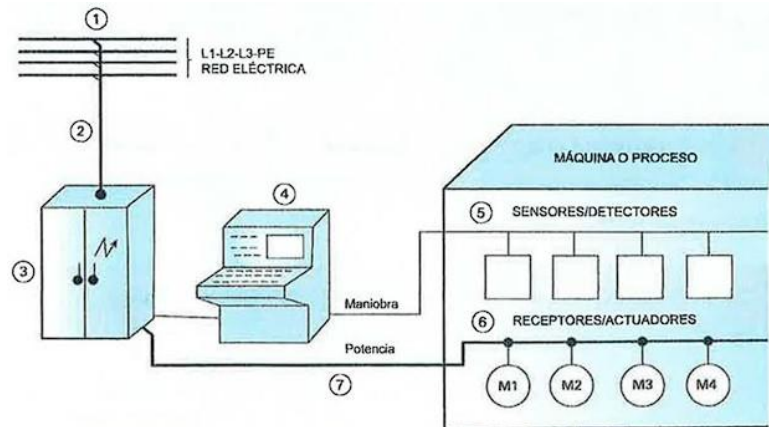


Figura 28 Estructura de un sistema automático.

1. Red eléctrica: Suministró de energía que puede proceder de:

- Un centro de transformación de compañía e industrias muy pequeñas.
- Uno o varios transformadores propios (como ocurre en la mayoría de las industrias actuales).

2. Línea de entrada a la instalación eléctrica: Si procede de un transformador de compañía se denominará derivación individual.

3. Cuadro general de baja tensión (CGBT), cuadros y armarios secundarios: Contiene los dispositivos de protección, maniobra y gestión del sistema automatizado. En algunas instalaciones eléctricas industriales todos los dispositivos se encuentran alojados bajo una misma envolvente, pero lo más común es disponer de armario o cuadros independientes para los circuitos que alimentan a los receptores y para los circuitos de gestión y control.

4. Zona de mando y control: Aquí es donde los operarios interactúan con el sistema automatizado, a partir de mandos, pupitres o salas de operaciones. También es posible llevar a cabo una monitorización de los procesos.

5. Sensores y detectores: Son las entradas del sistema automatizado que se encargan de medir variables externas y enviar información captada en forma de señales eléctricas. Existen números tipos de sensores dependiendo del tipo de variable que son capaces de medir.

Algunos ejemplos de sensores y detectores son; capacitivos, inductivos, magnéticos, de temperatura, de presión, de velocidad, de nivel, de posición etc.

6. Receptores y actuadores: Son las salidas del sistema eléctrico. Los más comunes en instalaciones de automatismos industriales son los motores, resistencias, baterías de condensadores, electroválvulas, lámparas de señalización, células robotizadas, etc.

7. Conductores eléctricos: Encargados de transmitir la energía eléctrica o las señales de información entre los diversos componentes de sistema automatizado.¹¹

2.5.3 Clasificación de las señales.

¿Qué es una señal? Una señal es un signo, un gesto, una acción u otra cosa que tiene como finalidad informar o avisar algo, las señales sustituyen en gran parte a la palabra escrita o al lenguaje ya que éstas son un más fáciles de entender.¹¹

Señal: Es una función o conjunto de datos que representa una variable o cantidad física. Las señales contienen información sobre el comportamiento de un fenómeno físico, como, por ejemplo, la corriente eléctrica cuando pasa por una resistencia, la propagación de las ondas acústicas del sonar bajo el agua o los terremotos. Desde un punto de vista matemático, una señal se representa como una función de una variable independiente y, que suele indicar el tiempo. Así, una señal se denota de la siguiente manera; $x(t)$.¹¹

Existen diferentes formas de clasificar a las señales, pero una de las más usadas es la siguiente:

- Señal analógica
- Señal digital
- Señal eléctrica
- Señal óptica

Señal analógica

Es un tipo de señal generada por un tipo de fenómeno electromagnético que es responsable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas, como; la intensidad, la

tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión, térmicas como la temperatura, mecánicas, etc.¹¹

Señal digital

La señal digital es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético en que cada signo que codifica el contenido de esta puede ser analizado en término de algunas magnitudes que representan valores discretos, en lugar de valores dentro de un cierto rango. Por ejemplo, el interruptor de la luz solo puede tomar dos valores o estados: abierto o cerrado a la misma lámpara: encendida o apagada. Los sistemas digitales, como por ejemplo el ordenador, usan lógica de dos estados representados por dos niveles de tensión eléctrica, uno alto "H" (high) y otro bajo "L" (low).¹¹

Referido a un aparato o instrumento de medida, se dice que el aparato es digital cuando el resultado de la medida se representa en un visualizado mediante números (dígitos) en lugar de hacerlo mediante la posición de una aguja, o cualquier otro indicador en una escala.¹¹

Señal eléctrica

Una señal eléctrica es un tipo de señal generada por algún fenómeno electromagnético. Estas señales pueden ser analógicas, si varían de forma continua en el tiempo, a digitales si varían de forma discreta (con valores dados como 0 y 1). Entenderemos por señal eléctrica a una magnitud eléctrica cuyo valor o intensidad depende del tiempo. Así, $v(t)$ es una tensión cuya amplitud depende del tiempo v ; $i(t)$ es una corriente cuya intensidad depende del tiempo.¹¹

Señal óptica

La comunicación óptica es cualquier forma de comunicación que utiliza la luz como medio de transmisión. Un sistema óptico de comunicación consiste en un transmisor que codifica el mensaje dentro de una señal óptica, un canal que transporta la señal a su destino, y un receptor, que reproduce el mensaje desde la señal óptica recibida.

Hay muchas formas de comunicaciones ópticas que utilizan las tecnologías incluyendo el lenguaje corporal y el lenguaje de señas. Técnicas como el telégrafo óptico, las banderas de señales, señales de humo y hogueras fueron las primeras formas de comunicación óptica tecnologías. La fibra óptica es el medio moderno más común para la comunicación óptica digital. Los sistemas de comunicación óptica de espacio libre también son utilizados en una gran variedad de aplicaciones.¹¹

2.5.4 Estructura de los plc

Sera necesario definir el significado del PLC, ventajas, desventajas y campos de aplicación que nos puede otorgar este dispositivo antes de abordar cada uno de los elementos de los cuales este compuesto.

2.5.4.1 Definición

Conocido por sus siglas en inglés plc (programmable logic controler, controlador lógico programable), se trata de una computadora, utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos. Según la NEMA (Asociación Nacional de fabricantes Eléctricos) qué dice que un plc es: "Instrumento electrónico qué utiliza memoria Programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicas o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y procesos. Según lo define la asociación nacional de fabricantes eléctricos de los Estados Unidos en plc es: "Un dispositivo digital electrónico con una memoria Programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de control de máquinas y procesos".¹¹

A diferencia de un computador tradicional, un plc no tiene teclado, pantalla ni ratón, tampoco tiene disco duro ni windows. Pero internamente si es un computador, con su hardware (procesadores, memoria, puertos de comunicación), software (sistema operativo qué le llaman firmware) y una programación específica.¹¹

2.5.4.2 Campos de aplicación de los plc

El PLC es un dispositivo demasiado flexible que según las necesidades requeridas en la industria podemos elegir entre los diferentes modelos en base a sus características algunos de los campos de aplicación donde podemos encontrar un PLC son los que se muestran en la figura 29.

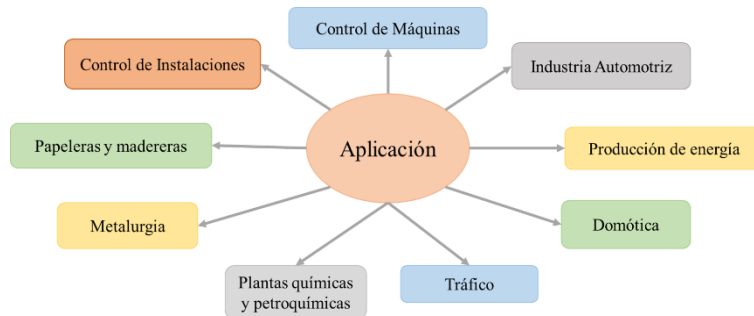


Figura 29 Mapa de campos de aplicación del plc.

Control de maquinas

- Maquinaria en proceso de grava, arena y cemento.
- Maquinaria en la industria de plástico.
- Maquinas-herramientas complejas.
- Máquinas de ensamblaje.

Industria automotriz

- Cadenas de montaje.
- Cadenas de soldadura.
- Cabina de pintura.

Control de instalaciones

- Instalaciones de aire acondicionado.
- Instalaciones de calefacción.
- Instalaciones de seguridad.
- Instalaciones de almacenamiento.
- Instalaciones de plantas embotelladoras.
- Instalaciones en la industria automotriz.

Plantas químicas y petroquímicas

- Control de procesos (dosificación, mezcla, pasaje, etc.).
- Baños electrolíticos.
- Oleoductos.
- Refinado.
- Tratamiento de aguas residuales.

Metalurgia

- Control de hornos, laminado, fundición soldadura, forja y grúas.

Papeleras y madereras

- Control de procesos, serradoras, producción de conglomerados y de laminados, etc.

Producción de energía

- Centrales eléctricas, turbinas, transporte de combustible, energía solar, etc.

Tráfico

- Regulación y control de tráfico, ferrocarriles, etc.

Domótica

- Iluminación, temperatura ambiente, sistemas antirrobo, etc.

2.5.5 Ventajas de los plc

- **Menor costo:** Las razones que justifican una mayor economía a la alternativa del uso de plc, especialmente en aplicaciones complejas, se da porque prescinde del uso de dispositivos electromecánicos y electrónicos, tales como: relés auxiliares, temporizadores, algunos controladores, contadores, etc., ya que estos dispositivos simplemente deben ser programados en el plc sin realizar una inversión inicial.
- **Menor espacio:** Un tablero de control que gobierna un sistema automático mediante un PLC, es mucho más compacto que un sistema controlado con dispositivos convencionales (relés, temporizadores, contadores, controladores, etc.) esto se debe a que el PLC está en capacidad de asumir todas las funciones de control.
La diferencia de espacio se hace muy notable, cuando por medios convencionales se cuenta con varios tableros de control.
- **Confiabilidad:** La probabilidad para que un plc pueda fallar por razones constructivas es insignificante, exceptuando errores humanos que pueden surgir en algunas partes vulnerables, (módulos de salida). Esto se debe a que el fabricante realiza un riguroso control de calidad, llegando al cliente un equipo en las mejores condiciones; además, sus componentes son de estado sólido, con pocas partes mecánicas móviles, haciendo que el equipo tenga una elevada confiabilidad.
- **Versatilidad:** La versatilidad de estos equipos radica en la posibilidad de realizar grandes modificaciones en el funcionamiento de un sistema automático, con solo realizar un nuevo programa y mínimos cambios de cableado. Además, es importante resaltar, que el tiempo empleado en realizar modificaciones, comparado con la técnica por lógica cableada, es insignificante.
- **Mantenimiento:** Estos equipos por su constitución de ser muy compactos, respecto a la cantidad de trabajo que pueden realizar y, además, porque cuentan con muy pocos componentes electromecánicos, no requieren un mantenimiento periódico, si no lo necesario para mantenerlo limpio y con sus terminales ajustados a los bornes y puesta a tierra.
- **Fácil instalación:** Debido a que el cableado de los dispositivos, y tanto de entrada como de salida, se realiza de la misma forma y de la manera más simple, además que

no es necesario mucho cableado, su instalación resulta sumamente sencilla en comparación a la lógica convencional, que si se requiere de conocimientos avanzados.

- **Compatibilidad en dispositivos sensores y actuadores:** Actualmente las normas establecen que los sistemas y equipos sean diseñados bajo un modelo abierto, de tal manera que para el caso de los plc estos puedan fácilmente conectarse con cualquier equipo sin importar la marca ni procedencia. Hoy en día, casi todas las marcas de plc están diseñadas bajo este modelo.
- **Integración de redes industriales:** El avance acelerado de las comunicaciones obliga a que estos equipos tengan capacidad de comunicarse a través de una red y de este modo trabajar en sistemas jerarquizado o distribuidos, permitiendo un mejor trabajo en los niveles técnicos y administrativos de la planta.
- **Detección de fallas:** La detección de una falla resulta sencilla porque dispone de leds indicadores de diagnóstico tales como: estado de la cpu, batería, terminales de E/S, etc. Además, mediante el módulo de programación se puede acceder al programa en el modo de funcionamiento y recurrir a la memoria de errores ubicada en la cpu.
- **Fácil programación:** Programar los plc resulta fácil por la sencilla razón que no es necesario conocimientos avanzados en el manejo de ordenadores, solamente es suficiente conocer conceptos básicos. Por otro lado, existen diversas representaciones de programación donde fácilmente el usuario se adapta a la representación que mejor se familiariza. Sus instrucciones y comandos son transparente y entendibles, requiriendo de poco tiempo para lograr ser un experto.
- **Meno consumo de energía:** Como todos sabemos, cualquier equipo electromecánico y electrónico requiere un consumo de energía para su funcionamiento, siendo dicho consumo representativo cuando se tiene una gran cantidad de ellos; sin embargo, el consumo del plc es muy inferior, lo que se traduce en un ahorro sustancial.¹¹

2.5.6 Desventajas

- **Escalabilidad:** Según el modelo se manejan un cierto número de E/S.
- **Redundancia:** En un plc la redundancia es limitada.
- **Complejidad:** En un plc el grado de complejidad es limitado.
- **Aspectos técnicos:** Cada plc trabaja con sus datos.
- **Sincronización:** Los plc se sincronizan de forma independiente.

2.5.7 Tipos de plc

2.5.7.1 Plc compactos

Utilizan poco espacio debido a su construcción que reúne en una sola estructura (figura 30), todas las etapas necesarias:

- Fuente de alimentación
- Cpu
- Memoria
- Interfaces E/S¹¹



Figura 30 Un plc compacto marca siemens modelo logo.

2.5.7.2 Plc modulares

Son aquellos que pueden ser configurados de acuerdo con las necesidades que la aplicación requiera (figura 31).

También podemos clasificarlos según el alcance de entradas, salidas y operaciones que puede realizar un plc.¹¹

Gama media: E/S analógica fuerte, operaciones

aritméticas, transferencia y comparación de datos. conversión de sistema digital, E/S remotas.

Gama alta: Matrices, bit lógicas, tabulación, red de comunicación más salida utilizarse para el control de procesos o gran escala.



Figura 31 Un plc Modular.

- E/S; Pequeño: Menos de 256 E/S, memoria 4 KB, cpu de 8 a 16 bits.
- Mediano: E/S>256 y 2048, cpu dobles, capacidad usuario 2 a 8 KB.
- Grande: E/S>2048, varios cpu, procesadores 16 bits a 32 bits, capacidad de memoria de 8 a 16 KB.

2.5.8 Partes de un plc

2.5.8.1 Fuente de alimentación (PS)

La fuente proporciona el voltaje de alimentación interno (figura 32). Convierte el voltaje de línea de 120/230 VAC a 24 VDC. La capacidad de amperaje varía entre 2, 5, 10 A dependiendo del modelo del módulo.



Figura 32 Fuente de alimentación.

Procedimiento para ajustar la fuente de alimentación a la tensión de red (figura 33).

- La fuente de alimentación de un S7300 funciona con 120 VCA – 230 VCA.
- Esta ajustada (de fabrica) a 230V.
- Tiene un switch selector para seleccionar el voltaje de entrada.
- Conexión e indicadores

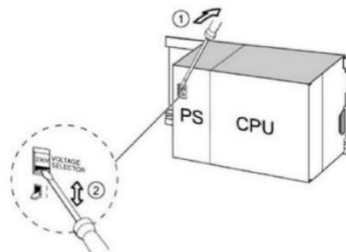


Figura 33 Ilustración de ajuste de alimentación.

2.5.8.2 Unidades cpu

Unidad de procesamiento o cpu (central procesing unit) es la etapa encargada de interpretar señales e instrucciones (figura 34).



Figura 34 Un cpu de la marca siemens.

2.5.8.3 Significado de la serie en la cpu

Físicamente por norma los plc contienen un código de serie que nos muestra características generales y específicas del dispositivo a manera de resumen en la figura 35 se indica cada uno de los apartados y su significado.



Figura 35 Descripción de la serie en la cpu.

2.5.8.4 Cableado de cpu a fuente de alimentación

La fuente de alimentación provee 24V de corriente directa para energizar al cpu, así como al resto de módulos. A continuación, se describe el proceso para cablear la unidad de procesamiento a la fuente de alimentación en la figura 36 se ilustra un ejemplo.

1. Abrazadera de alivio de tracción de la fuente de alimentación
2. Cables de conexión entre la fuente y la cpu
3. Toma de alimentación extraíble¹¹

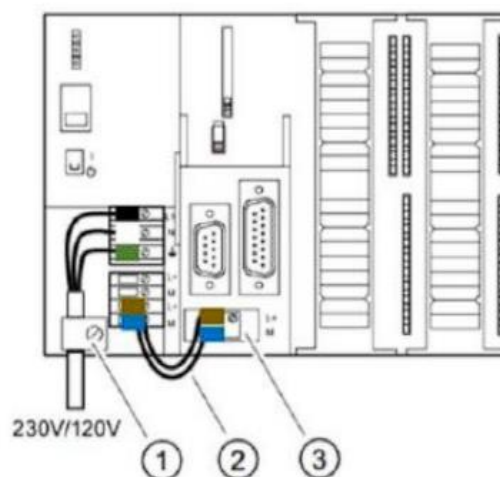


Figura 36 Ilustrativo cableado de cpu a fuente de alimentación.

2.5.8.5 Módulo de señales (SM)

Un módulo de señales es un aditamento (figura 37) que puede ser agregado al plc a través de su protocolo de comunicación según el modelo y la configuración interna de la tarjeta

- Entradas digitales.
- Salidas digitales.
- Entradas analógicas.
- Salidas analógicas.



Figura 37 Modulo de señales S7-300.

La tabla 2 muestra las referencias de los módulos de señales.

Número	Función	Ejemplo (Referencia)
321	Entradas Digitales	321-1BH02-0AA0
331	Entradas Analógicas	331-7KF02-0AB0
322	Salidas Digitales	322-1BH01-0AA0
332	Salidas Analógicas	332-1BH01-0AA0
333	Entradas/Salidas Analógicas	333-1BH01-0AA0
323	Entradas y Salidas Digitales	323-1BL00-0AA0

Tabla 2 Referencia de los módulos de señales.

Módulos de entrada discreto

Estas tarjetas electrónicas se usan como enlace o interfaz entre los dispositivos externos, como sensores, botones, etc., con la cpu del plc. Están diseñadas para leer señales en alto o bajo, 0 y 1 (figura 38).¹¹

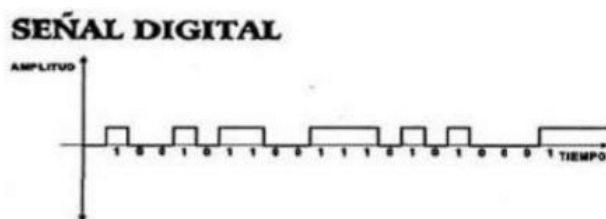


Figura 38 Comportamiento de la señal digital.

Entradas de tipo source

Son aquellas que reciben un pulso en alto. En ellos se conectan sensores del tipo PNP (figura 39).

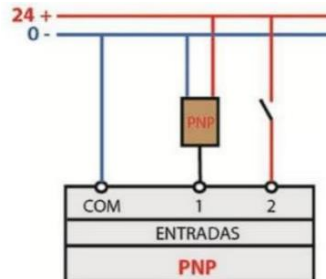


Figura 39 Diagrama de conexión sensor PNP.

Entradas de tipo sink

Son aquellas que reciben un pulso en bajo. En ellas se conectan sensores NPN (figura 40).

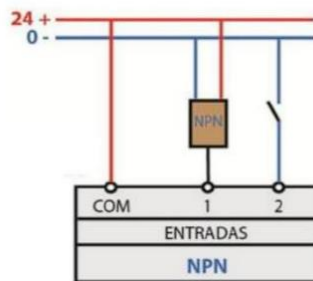


Figura 40 Diagrama de conexión sensor NPN.

Módulos de salida discreta

Están diseñados para transmitir estados lógicos activando o desactivando (0 y 1).

Ejemplos de equipos que se pueden conectar a estas interfaces:

- Contactores
- Relés
- Lámparas indicadoras
- Electroválvulas

Módulos de salida discreta tipo transistor

Con características para trabajar en corriente continua (DC) y una larga vida útil para corriente, el símbolo del transistor se muestra en la figura 41.

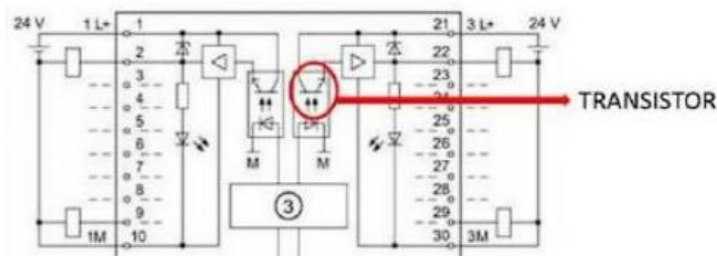


Figura 41 Diagrama de conexión de un módulo de salida tipo transistor.

Módulos de salida discreta tipo triac.

Estas interfaces funcionan mediante la conmutación de un triac. Son igualmente en estado sólido y se usan para manejar señales en corriente alterna la simbología para un triac se ilustra en la figura 42.

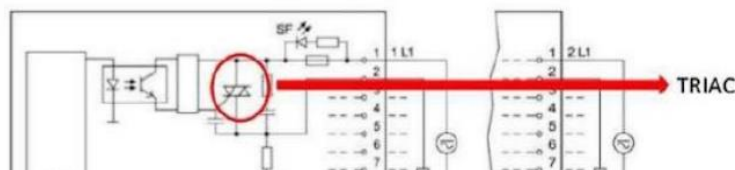


Figura 42 Diagrama de conexión de un módulo de salida tipo triac.

Módulos de salida discreta tipo relé

Estos módulos, además de dispositivos electrónicos, incorporan relevadores electromagnéticos de conmutación. Su campo de acción le permite trabajar en AC y DC, con diferentes niveles de tensión el símbolo de un relé se representa en la figura 43.

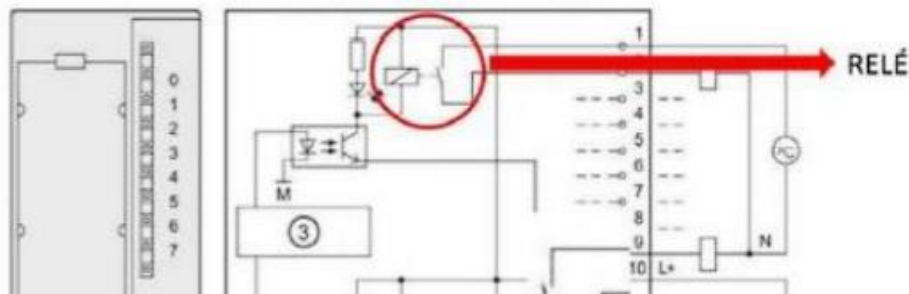


Figura 43 Diagrama de conexión de un módulo de salida tipo relé.

Módulos de entrada analógica

Los módulos de entrada analógica tienen como función discretizar las señales continuas para que puedan ser procesadas por la cpu, las señales analógicas tienen un comportamiento errático pues se encargan de medir fenómenos físicos (figura 44).

Estas señales analógicas pueden ser magnitudes de:

- Temperatura
- Presión
- Tensión
- Corriente

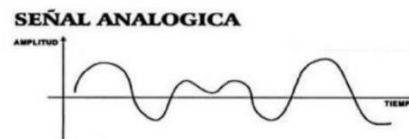


Figura 44 Comportamiento de señal analógica.

Existen tarjetas de 4, 8, 16 y 32 canales de entrada analógica.

Ejemplos de entrada analógica

- Temperatura – (PT100).
- Transmisor de presión diferencial.
- Corriente – (Transformadores tipo dona).

Módulos de salida analógica

Las señales analógicas de salida son de dos tipos: señales de corriente y señales de tensión.

Dentro de los valores estandarizados se encuentran los siguientes en la tabla 3:

Señal de corriente	Señal de tensión
0-20mA	0-10V
4-20mA	$\pm 10V$
$\pm 20mA$	

Tabla 3 Tipos de señales analógicas.

2.5.8.6 Módulos permitidos

Para norma, se tiene permitido colocar 8 módulos de señal (figura 45).

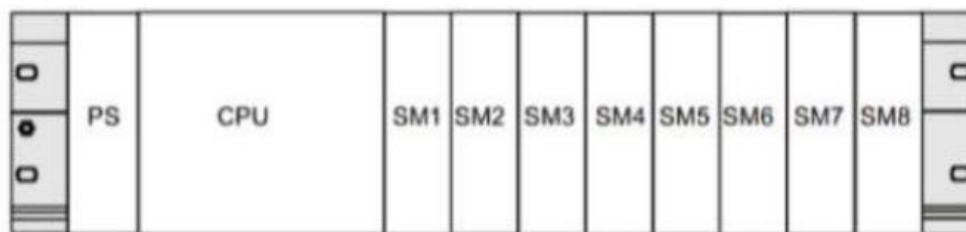


Figura 45 Ejemplo de cantidad máxima de módulos permitidos.

2.5.8.7 Módulo de interfaz (IM)

- Si el S7-300 (figura 46) es equipado con más de 8 módulos, el plc se debe expandir con un módulo de interfaz.
- El plc puede incorporar de 2 a 4 racks, utilizando módulos de interfaz.
- La distancia entre el primer y segundo nivel no debe exceder 1m y solo módulos de señales pueden ser insertados en el rack de expansión.



Figura 46 Módulo de interfaz S7-300.

2.5.8.8 Configuración máxima con cuatro bastidores

La configuración de plc modelo S7-300 con cuatro bastidores sería la siguiente (figura 47):

- (1) Bastidor 0 (dispositivo central).
- (2) Bastidor 1 (dispositivo de ampliación).
- (3) Bastidor 2 (dispositivo de ampliación).
- (4) Bastidor 3 (dispositivo de ampliación).
- (5) Cable de conexión 368.

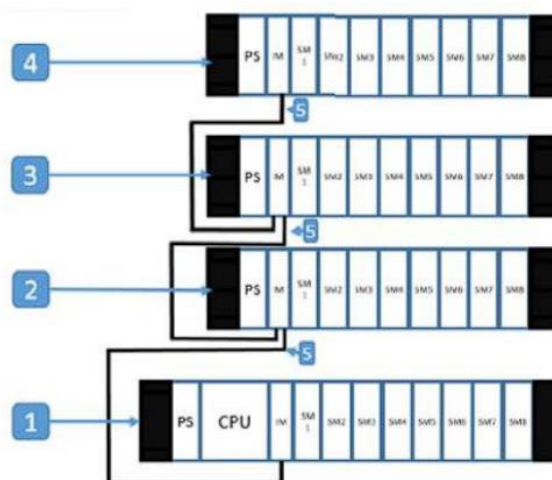


Figura 47 Configuración máxima de bastidores.

2.5.8.9 Leds de estado

Están diseñados para ayudar al usuario a realizar un diagnóstico (figura 48), es decir, identificar posibles fallas en la tabla 4 se muestra el significado de los posibles estados de un plc.



Figura 48 Referencia de la ubicación de los leds de estado.

SF(rojo)	BUSF(rojo)	RUN(verde)	STOP(amarillo)	Estado operativo del CP
○	○	✱	●	Arrancando (STOP...>RUN)
○	○	●	○	Funcionando (RUN)
○	○	●	✱	Parado (RUN...>STOP)
○	○	○	✱	Listo para comenzar carga del firmware (modo activo 10 seg)
○	○	✱	○	Firmware cargándose
●	●	○	○	Se ha cargado firmware no valido
●	●	○	✱	Esperando actualización del FW (el CP tiene actualmente una versión de FW incompleta)
○	○	○	●	Parado (STOP)
○	○	○	✱	Parado (STOP) con error
○	●	●	○	Funcionando (RUN) con fallos en PROFIBUS
○	✱	●	○	Funcionando (RUN) con error en esclavo(s) DP
✱	✱	✱	✱	Error de modulo/error del sistema

✱ Intermitente
○ Apagado
● Encendido

Tabla 4 Descripción de leds de estado.

2.5.8.10 Procesador de comunicaciones (CP)

Los CP (figura 49) alivian al cpu de las tareas de comunicación, haciendo posible la conexión de redes tales como:

- AS-I
- Profibus (DP)
- Ethernet (PROFINET)
- Conexiones punto a punto (MPI)



Figura 49 Procesador de comunicaciones S7-300.

2.5.8.11 Módulo de funciones (FM)

Los FM (figura 50) alivian al cpu de tareas que requieren recursos de forma intensiva, como son:

- Contadores
- Control de lazo cerrado
- Tareas de medición
- Motores
- Servos



Figura 50 Módulo de funciones S7-300.

2.5.8.12 Micro Memory Card (MMC)

El proceso para Insertar/Sustituir la micro memory card (figura 51).

- (1) Primero conmutar la cpu al estado operativo stop.
- (2) Asegúrese de que no se esté ejecutando ninguna operación de escritura desde la PG.
- (3) Accione el botón expulsor y retire la MMC.
- (4) Para extraer la MMC, utilice un destornillador pequeño a un bolígrafo.
- (5) Inserte la (“nueva”) MMC en el compartimento de modo que el lado biselado de la MMC apunte hacia el expulsor.
- (6) Inserte la MMC con una ligera presión en la cpu hasta que se encaje.
- (7) Realice un borrado total.

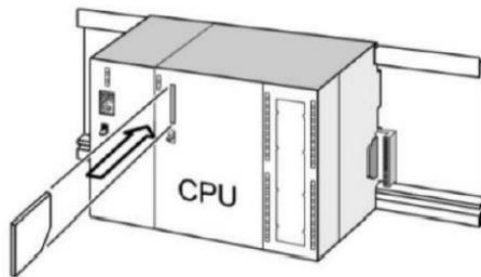


Figura 51 Guía de referencia para memory card.

¿Cómo se utiliza el borrado total?

A continuación, se describe una guía para el borrado total y en la figura 52 una referencia del proceso de borrado.

- (1) Mueva el selector hasta la posición de stop. Se enciende el indicador “stop”.
- (2) Mueva y sostenga el selector hasta la posición MRES hasta que el led stop se apague y encienda por segunda vez y permanezca iluminado (después de 3 segundos), libere el selector.
- (3) En un espacio de 3 segundos, deberá volver a pulsar el selector hasta la posición MRES y mantenerlo pulsado hasta que parpadee el led stop (a una frecuencia de 2Hz). Entonces podrá soltar el selector.
- (4) Cuando la cpu haya completado el borrado total, el led stop dejará de parpadear y se encenderá. La cpu habrá terminado el proceso de borrado total.

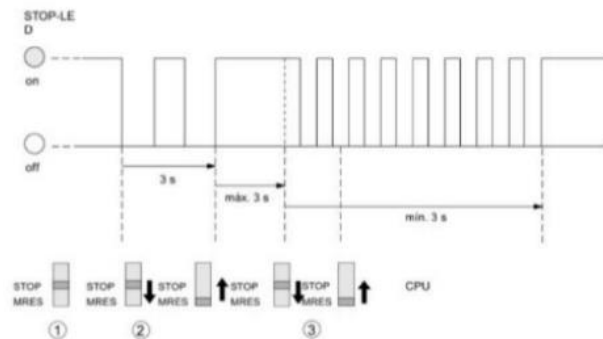


Figura 52 Guía de borrado total.

2.5.8.13 Montaje del perfil soporte

Dimensionamiento para el montaje de un bastidor de plc S7-300 (figura 53).

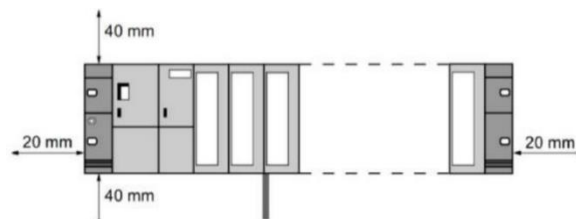


Figura 53 Guía para el montaje del S7-300.

2.5.8.14 Conexión

La conexión de los módulos es muy parecida, sin embargo, es necesario consultar el manual de usuario de los módulos y el dispositivo del que se tomara la lectura, para evitar algún corto circuito. La figura 54 muestra el diagrama de conexión de un módulo de entradas de digitales de 32x DC 24V.¹¹

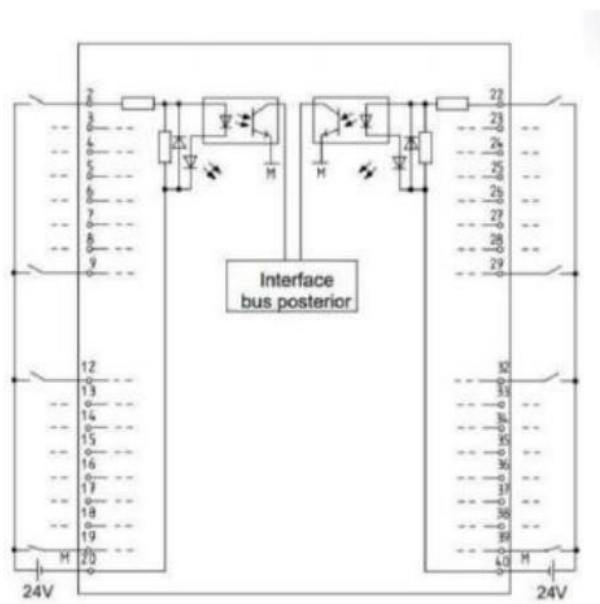


Figura 54 Diagrama de módulos de entradas.

2.5.9 Protocolos de comunicación

De acuerdo con el modelo de cpu, será la disponibilidad de protocolos de comunicación habilitados (figura 55).



Figura 55 Protocolos de comunicación del S7-300.

2.5.9.1 Características de los protocolos de comunicación implementados en plc

Cada protocolo de comunicación tiene características propias y según sea requerido podemos utilizar uno u otro en la tabla 5 se engloban algunas características principales de 3 protocolos de comunicación.

Protocolo	Velocidad	Distancia	Esclavos en red activos	Esclavos en red inactivos
X1-MPI	187.5 Kbits/hasta 12 Mbit/s	50m	8	32
X2-PROFIBUS	9.6kbits/s a 12 Mbit/s	Dependiendo de la velocidad deseada	32	127
X3-PROFINET	100 Mbit/s	100m	Dependiendo de la configuración del usuario	Depende de la configuración del usuario

Tabla 5 Características de los protocolos de comunicación.

2.5.9.2 Conector de bus

Enchufar los conectores de bus en la cpu y en los módulos de señales de función, procesadores de comunicación y en los módulos interfaz.

Todos los módulos (a excepción de la cpu) incluyen un conector de bus (figura 56).

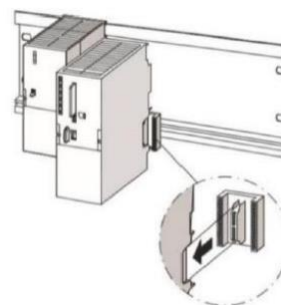


Figura 56 Guía de conexión de bus para S7-300.

2.5.9.3 Conectar la pg a la interfaz MPI integrada de la cpu.

- Conectar la pg a través de un cable de pg con la interfaz MPI de la cpu (figura 57).

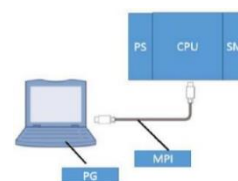


Figura 57 Conexión multipunto.

2.5.9.4 Conectar la pg o el pc a la interfaz profinet integrada de la cpu 31X-2PN.

- Conectar la pg o el pc a un switch.
- Conectar el switch a la interfaz profinet integrada de la cpu (figura 58).

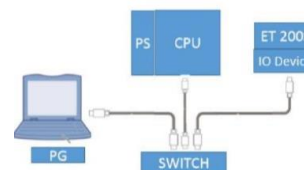


Figura 58 Conexión de profinet.

¿Qué es la dirección ip?

Las direcciones ip que es un acrónimo para Internet Protocol son un número único e irrepetible con el cual se identifica una computadora conectada a una red que corree el protocolo ip. Existen 5 clases de dirección IP (figura 59), las cuales son:

Clase A: 1-126 Redes muy grandes.

Clase B: 128-191 Redes de tamaño mediano.

Clase C: 192-223 Redes pequeñas.

Clase D: 224-239, 240-255 O 228 identificación de computadoras.

Clase E: 240-255, 256 o 228 se utilizan para propósitos experimentales.

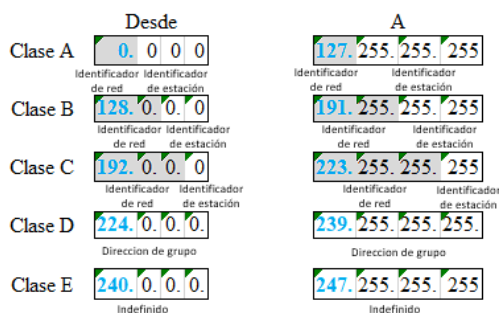


Figura 59 Clases de dirección ip.

2.5.10 Tipos de datos

Existen diferentes tipos de datos para trabajar en la programación, los cuales son:

- Booleanos (bool)
- Bytes
- Enteros (int)
- Doble entero (dint)
- Palabra (word)
- Doble palabra (dword)
- Reales
- String

2.5.10.1 Booleanos

Es aquel que puede representar valores de lógica binaria, esto es 2 valores que normalmente representa falso o verdadero (figura 60), ocupan un bit de memoria.



Figura 60 Comportamiento de dato booleano.

2.5.10.2 Diferencia entre bit y bool

Un bit es un espacio de memoria y un bool es un tipo de dato que trabaja con 0 y 1 el cual ocupa un bit de memoria para almacenar la información.

2.5.10.3 Bit y Byte

- El bit es la unidad mínima de información empleada en informática.
- El byte es la unidad de capacidad de almacenamiento estándar. Está formado por 8 bits en la tabla 6 se muestra el valor del byte.

Sistema	128	64	32	16	8	4	2	1	=255
Binario	1	1	1	1	1	1	1	1	

Tabla 6 Valor binario.

2.5.10.4 Direccionamiento

Una dirección a nivel bit se identifica de la siguiente manera (figura 61):

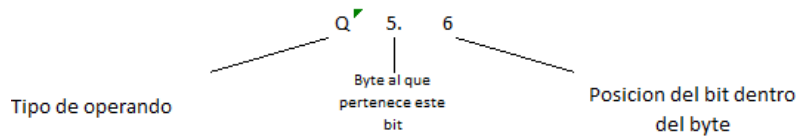


Figura 61 Direccionamiento de un bit.

Una dirección a nivel byte se identifica de la siguiente manera (figura 62):

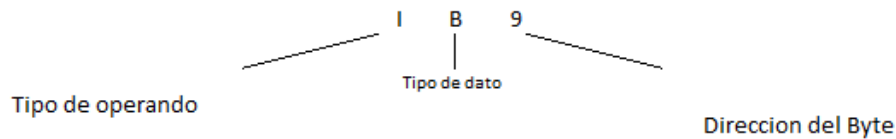


Figura 62 Direccionamiento de un byte.

2.5.10.5 Entero (int)

Es un tipo de dato que puede representar un valor dentro de un subconjunto finito de números enteros con signo. El cual está definido de -32,768 a 32,767. Su almacenamiento ocupa 2 lotes de memoria (figura 63).

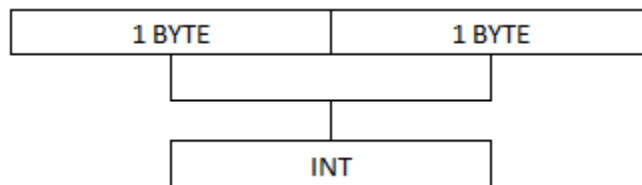


Figura 63 Almacenamiento de un dato tipo int o entero.

2.5.10.6 Palabra (word)

Es un tipo de dato que puede representar un valor dentro de un subconjunto finito de números enteros sin signo. El cual está definido de 0 a 65,535. Su almacenamiento ocupa 2 bytes de memoria (figura 64).

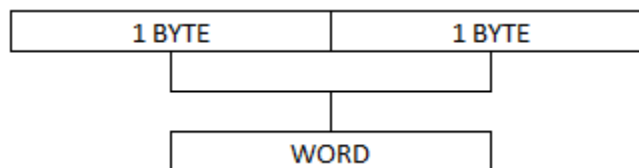


Figura 64 Almacenamiento de un dato tipo word o palabra.

2.5.10.7 Doble entero (dint)

Es un tipo de dato que puede representar un valor dentro de un subconjunto finito de números enteros con signo. El cual está definido de -2,147,483,648 a 2,147,483,647. Utiliza 4 bytes de memoria para su almacenamiento (figura 65).

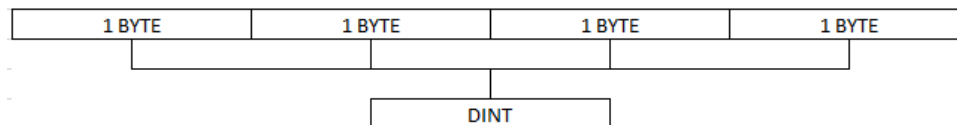


Figura 65 Almacenamiento de un dato tipo double int o doble entero.

2.5.10.8 Doble palabra (dword)

Es un tipo de dato que puede representar un valor dentro de un subconjunto finito de números enteros sin signo. El cual está definido de 0 a 4,294,967,295. Utiliza 4 bytes de memoria para su almacenamiento (figura 66).

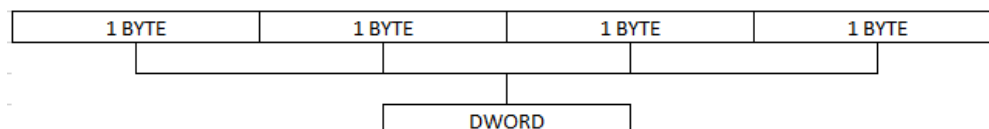


Figura 66 Almacenamiento de un dato tipo double word o doble palabra.

2.5.11.3 Contacto normalmente cerrado.

Esta instrucción debe ser direccionada a una variable de tipo booleana. Toma el estado inverso de la señal. Cuando la variable toma el valor de “0”, la instrucción está habilitada. Con el valor “1”, la instrucción esta deshabilitada en la figura 69 tenemos la representación gráfica de la simbología de un contacto normalmente cerrado.

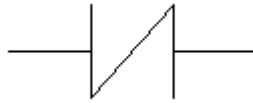


Figura 69 Simbología de un contacto NC.

2.5.11.4 Bobina

Esta instrucción debe ser direccionada a una variable de tipo booleana. Solamente es posible direccionarla a una salida o marca. La activación de la bobina depende del estado de las instrucciones a los que este previamente asocia. En la figura 70 se representa una bobina

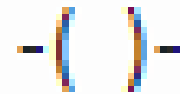


Figura 70 Símbolo de una bobina.

2.5.11.5 Bobina set

La bobina set se activa cuando se habilita la rama en la que se encuentra, el bit permanecerá activado, aunque posteriormente cambie dicha condición. En la figura 71 se representa una bobina tipo set.



Figura 71 Símbolo de una bobina set.

2.5.11.6 Bobina reset

Para desactivar el bit, hará falta habilitar un segmento con la bobina reset. De igual manera, una vez desactivada la variable, permanece en el mismo estado, aunque la bobina reset ya no está habilitada. En la figura 72 se representa una bobina



Figura 72 Símbolo de una bobina reset.

2.5.11.7 Flancos

La programación de autómatas utilizando flancos es muy útil en determinadas circunstancias.

Existen dos tipos de flanco; positivo y negativo

Positivo

Al pasar de OFF a ON se habilita durante un solo ciclo de scan (figura 73).

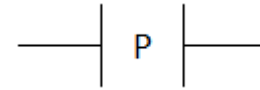


Figura 73 Símbolo del flanco positivo.

Negativo

Al pasar de ON a OFF se habilita durante un solo ciclo de scan (figura 74).

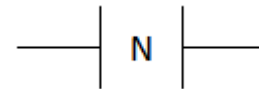


Figura 74 Símbolo del flanco negativo.

El diagrama KOP Ladder es un lenguaje gráfico que expresa las relaciones entre las señales binarias que intervienen en el algoritmo (figura 75), como una sucesión de contactos en serie y paralelo.

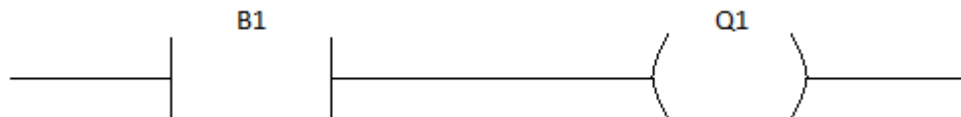


Figura 75 Ejemplo de una línea de programación en lenguaje escalera.

Cada una de las señales binarias que se han de manejar, se representa gráficamente mediante un contacto o una bobina.

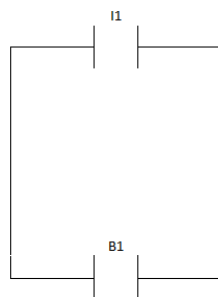


Figura 76 Ejemplo de diagrama escalera

2.5.12 Lenguajes de programación bloque de funciones

Los bloques de función son bloques programables “con memoria”. Dispone un bloque de datos asignado como memoria (bloque de datos). Los parámetros que se transfieren al FB, así como las variables estáticas, se memorizan en dicho DB de instancia, mientras que las variables temporales se memorizan en la pila de datos locales, en los datos memorizados en el DB de instancia no se pierden al concluir el tratamiento del FB. Un FB contiene un programa que se ejecuta siempre cuando el FB es llamado por otro bloque lógico, los bloques de función simplifican la programación de funciones complejas de uso frecuente.¹¹

2.5.12.1 FB y DB de instancia

A cada llamado de un bloque de función que transfiere parámetros está asignado un bloque de datos de instancia. Mediante la llamada de varias instancias de un FB es posible controlar varios equipos con un FB. Un FB para un tipo de motor puede controlar, por ejemplo, diferentes motores, utilizando datos de instancia diferentes para los diferentes motores. Los datos para cada motor (tales como número de revoluciones, rampas, tiempo de funcionamiento acumulado, etc.), se puede memorizar en uno o varios DB de instancia. Los parámetros formales están memorizados en el DB de instancia.¹¹

Si el programa de usuario está estructurado de tal manera que en un FB se pueden llamar bloques de función, ya existentes, los FB a llamar se pueden incluir como variables estáticas del tipo de datos FB en la tabla de declaración de variables del FB invocante. Esto permite anidar las variables y concentrar los datos en un bloque de datos de instancia.

Asignación de parámetros actuales a parámetros formales

En general en STEP 7 no es necesario asignar parámetros actuales al parámetro formal de un FB. No obstante, hay ciertas excepciones. Los parámetros actuales se han de asignar.

- A los parámetros de entrada/salida de un tipo de datos compuestos.
- A todos los tipos de parámetros (por ejemplo; Timer, counter o pointer) step 7 asigna los parámetros actuales en la instrucción de llamada; las operaciones del FB utilizan los parámetros actuales suministrados, y si en la instrucción de llamada no se indica ningún parámetro actual, las operaciones del FB se utilizan los valores memorizados en el DB de instancia.¹¹

2.5.12.2 Asignación de valores iniciales a parámetros formales

En el área de declaración del FB se pueden asignar valores iniciales a los parámetros formales. Estos datos se incluyen en el DB de instancia asignado al FB. Si en la instrucción de llamada no se asignan parámetros actuales a los parámetros formales, entonces STEP 7 utiliza los valores memorizados en el DB de instancia. Estos datos pueden ser valores iniciales, la declaración de variables de un FB la tabla 7 muestra que variables se pueden asignar un valor inicial. Como los datos temporales no se memorizan tras el tratamiento del bloque entonces no se les puede asignar valores.¹¹

Variables	Tipo de datos simples	Tipo de datos compuesto
Entrada	Valor inicial admisible	Valor inicial admisible
Salida	Valor inicial admisible	Valor inicial admisible
Entrada/Salida	Valor inicial admisible	N/A
Estaticas	Valor inicial admisible	Valor inicial admisible
Temporales		N/A

Tabla 7 Variables y tipos de datos de un FB.

2.5.12.3 Diagrama de bloques de funciones (FDB)

Este segundo lenguaje de programación es también de tipo gráfico y permite al usuario programar rápidamente, tantas expresiones de lógica booleana. FDB proviene del campo del procesamiento de la señal y su utilización es conveniente cuando no hay ciclos, pero existen, sin embargo, varias ramas en el programa a crear. Se trata de un lenguaje de alto nivel que permite resumir funciones básicas en bloques de modo, es ideal para usuarios que no tengan habilidades avanzadas en programación funcional de su rutina. De este modo es ideal para usuarios que no tengan habilidades avanzadas en programación y para aquellos procesos de baja complejidad. Actualmente es un lenguaje muy popular y común en aplicaciones que implican flujo de información o datos entre componentes de control. La figura 78 muestra una programación tipo FDB.¹¹

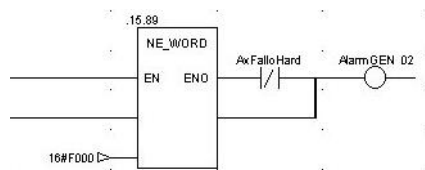


Figura 77 Ejemplo de un diagrama de escalera con un bloque FDB.

2.5.12.4 Aritmética

Instrucciones es decir las variables pueden ser almacenadas en tipo de datos Word. Int, real o colocar una constante, recordando que no debe de sobrepasar el valor máximo, de acuerdo con el tipo de dato.

- ADD(Suma)
- SUB(Resta)
- MUL(Multiplicación)
- DIV(División)
- Etc. (Entre otras)

2.6 Variadores

El variador de frecuencia es la solución eficaz para mejorar la eficiencia energética, reducir el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono. En esta página hablaremos de las características, las ventajas y el funcionamiento de los variadores de frecuencia. Los motores eléctricos juegan un papel muy importante en nuestros negocios y vidas ya que controlan básicamente todo lo que necesitamos para nuestro trabajo y actividades de ocio. Todos estos motores funcionan con electricidad y necesitan una cantidad determinada de energía eléctrica para poder realizar su trabajo de proporcionar par y velocidad. La velocidad de un motor debería coincidir exactamente con la que exige el proceso en cuestión, y usar solo la energía necesaria.¹²

El variador de frecuencia regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor entre un 20 y un 70%.¹²

Un variador de frecuencia por definición es un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación energética y el motor. La energía de la red pasa por el variador y regula la energía antes de que ésta llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento.¹²

¹² ABB. (2023). *Qué es un variador de frecuencia: Definición, cómo funciona, características y ventajas*.

Los variadores reducen la potencia de salida de una aplicación, como una bomba o un ventilador, mediante el control de la velocidad del motor, garantizando que no funcione a una velocidad superior a la necesaria.¹²

El uso de variadores de frecuencia para el control inteligente de los motores tiene muchas ventajas financieras, operativas y medioambientales ya que supone una mejora de la productividad, incrementa la eficiencia energética y a la vez alarga la vida útil de los equipos, previniendo el deterioro y evitando paradas inesperadas que provocan tiempos de improductividad.¹²

El variador de frecuencia también es conocido como convertidor de frecuencia de corriente alterna, convertidor de velocidad variable, variador de velocidad, VSD, VFC o VFD por sus siglas en inglés o simplemente variador o convertidor. A menudo hay confusiones sobre la diferencia entre variador de velocidad y variador de frecuencia o convertidor de frecuencia. Si tomamos como referencia las siglas más ampliamente usadas a nivel internacional (“VFD” del inglés “Variable Frequency Drive”), y lo traducimos literalmente, nos conduciría a “Accionamiento de Frecuencia Variable”. Sin embargo, los términos más utilizados actualmente en nuestro país son convertidor de frecuencia y variador de frecuencia.¹²

Los variadores funcionan mediante la conversión de alimentación de CA de frecuencia fija en frecuencia variable, variable de tensión de alimentación de CA.¹²

La figura 79 muestra el funcionamiento del variador de frecuencia.

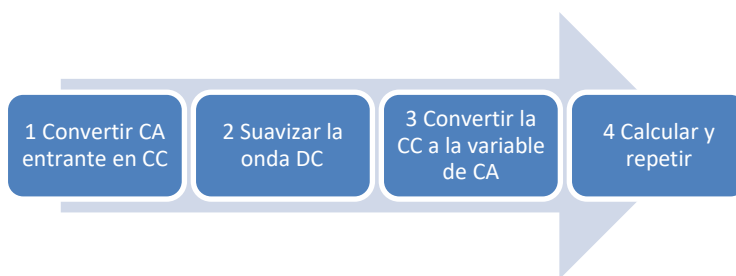


Figura 78 Etapas de funcionamiento de un variador.

2.7 Direcciones oid

El término oid es el acrónimo de “Object Identifier” o identificador de objeto por su traducción al español. Los oid son un estándar de identificación ISO con el propósito de definir un esquema que identifica a los objetos de manera única a nivel global. Este esquema es muy conocido y utilizado a nivel internacional y es utilizado por múltiples estándares de información como HL7, DICOM y X590 (para encriptación). Asociaciones como Health Level Seven International identifica de manera unívoca los objetos participantes en un escenario de intercambio de información, que posteriormente organiza en artefactos orientados a resolver las necesidades de intercambio de información en estos escenarios (mensajes v3 – documentos clínicos CDA, etc.). Un artefacto de interoperabilidad puede usar oid procedentes de varias fuentes (autoridades de asignación).¹³

2.7.1 ¿Para qué sirven los oid?

Según definición de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) un oid es un valor único global asociado con un objeto que lo identifica sin ambigüedades. Esta definición formal procede de un estándar de la UIT y de la Organización Internacional para la Normalización (ISO). Estos oid se representan mediante una cadena de caracteres formada por números y puntos, como, por ejemplo: 1.3.6.1 que se corresponde con el oid asignado a Internet.¹³

2.7.2 ¿Qué son los identificadores únicos de objetos (oid)?

Los oid son utilizados por múltiples protocolos para identificar autoridades de asignación y registros. Una autoridad de asignación, definida por un oid, es un sistema capaz de nombrar objetos. Un ejemplo de su uso en información clínica podría ser en las comunicaciones entre varios agentes por medio de mensajería electrónica. En los mensajes suele hallarse información clínica codificada y no saber con exactitud de qué catálogo, clasificación o terminología proceden los códigos. Los oid nos ayudan a identificar la fuente de información a la que pertenecen esos códigos de forma inequívoca.¹³

¹³ Compuexpediente. (2020). OID.

2.7.3 Ejemplo oid en el sistema nacional de salud (SNS)

Para que exista interoperabilidad semántica entre diferentes sistemas de información, tanto en el SNS como en el ámbito internacional, es necesario que cada una de las organizaciones sanitarias disponga de una raíz de oid normalizada (tabla 8). En este sentido, el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, en propuesta acordada por el Consejo Interterritorial, solicitó un oid raíz para el conjunto del SNS. Este oid para el conjunto del SNS, administrado por el Dirección General de Información en Salud.¹³

Oid de compuexpediente

Nombre	OID	Descripción
COMPUEXPEDIENTE	2.16.840.1.113883.3.215.5.47	OID raíz para los intercambios de información del software de COMPUEXPEDIENTE cuyo propósito es el mantenimiento e integración del expediente clínico electrónico.
Identificador único del paciente	2.16.840.1.113883.3.215.5.47.1	OID para referirse al folio, número de expediente, número de seguridad social, etc.
Identificador único del capturista del documento	2.16.840.1.113883.3.215.5.47.2	OID del mecanismo utilizado por la organización para identificar a la persona que captura el documento electrónico.

Tabla 8 Ejemplo de oid de una base de datos.

Capítulo III Desarrollo

En este capítulo se enlistan y describen las actividades realizadas para llevar a cabo el proyecto.

3.1 Cronograma de actividades

En la figura 80 se muestra el cronograma de actividades realizado (siendo una gráfica de Gantt), generado a través del anexo (cronograma) en la página del tecnológico de Apizaco.

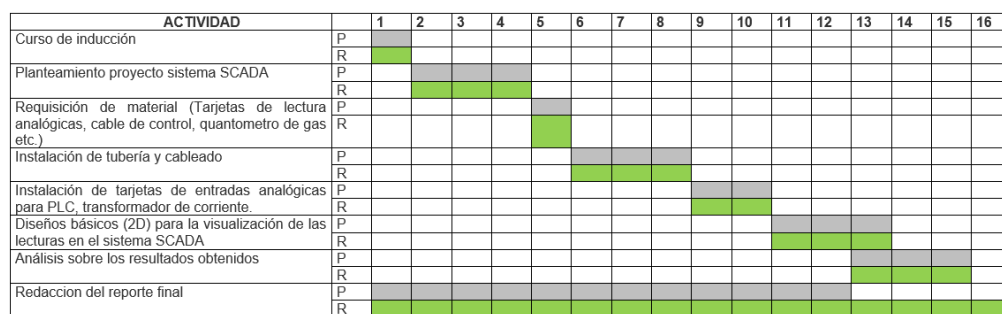


Figura 79 Cronograma de actividades (Gráfica de Gantt).

3.2 Desarrollo de actividades

A continuación, se describen el desarrollo de cada una de las actividades enlistadas en la figura 80 a manera de resumen descriptivo.

3.2.1 Curso de inducción

Después de la aceptación para la realización de las residencias profesionales y realizar los trámites correspondientes de documentación, se nos integró en el taller de mantenimiento dentro del departamento de eléctrico. Se realizó un recorrido por las plantas y diversas áreas que conforman novaceramic, describiendo el proceso para la fabricación del tabique cerámicos, actividades recurrentes y puntos de interés dentro de los cuales se podrían desarrollar o proponer proyectos para nuestro periodo de residencias profesionales.

Se nos detallaron algunas de las actividades más recurrentes en el área del taller eléctrico que es chequeo de motores, revisión de conexiones eléctricas, limpieza de tableros eléctricos y mantenimientos de rutina en las diferentes áreas de la empresa, por semana se debe llenar un formato individual de trabajo y entregarlo a los encargados del taller que supervisan nuestras tareas diarias (figura 81).

Figura 80 Imagen de formato semanal.

Dentro de los proyectos que se nos presentaron para llevar a cabo en nuestro periodo de residencias fueron por mencionar algunos:

- Movimientación de vagonetas
- Monitoreo y control de temperatura en máquinas involucradas en el proceso de fabricación del producto final a través de Arduino.
- **Proyecto elliot (implementación de sistema scada para lectura de consumos en áreas de oportunidad).**

El proyecto en negritas y subrayado fue el seleccionado para llevar a cabo por que, dentro de la carga académica de la carrera en ingeniería mecatrónica, se nos familiarizo con estos sistemas para el monitoreo, adquisición y control de datos de un sistema (figura 82).



Figura 81 Modelo scada.

3.2.2 Planteamiento proyecto scada

En esta actividad nos enfrentamos a la primera problemática a resolver teniendo que delimitar el alcance del proyecto el proceso de fabricación de ladrillo en novaceramic se lleva acabo de la misma manera en las 3 plantas aunque a diferente escala, asi que consistiendo de un área de tierras, preparación de tierras, extrusión, corte, secadero, apilado, pre-horno, horno y desapilado descritas de manera ordenada, el presente proyecto buscara tomar lecturas del consumo de amperaje de los diferentes dispositivos ubicados en las áreas involucradas del proceso, el consumo del gas en las áreas como el secadero, prehorno y horno entre otras lecturas de variables como el vacío de las maquinas extrusoras, asi que en cuestión se centró en que el tiempo de residencias se pudiera habilitar todas estas modificaciones en una sola

planta como planta modelo para después luego poder trasladar esas características a las demás plantas.

Las primeras semanas se llevó a cabo una exhaustiva investigación de los sistemas scada dentro de la industria e información relacionada a los sistemas scada (implementación y programación de un sistema scada), con la guía de los asesores se identificó en qué áreas se debía y podía aplicar la lectura de los consumos. Así que dentro de los datos que se buscan monitorear en el proyecto tenemos: consumo de amperaje de la maquinaria involucrada en el proceso de fabricación, consumo de gas involucrado; en el secado precalentamiento y cocción del material cerámico para la creación del tabique.

A través de esta investigación se identificaron los temas de importancia para la realización del proyecto (figura 83) en cuestión como los temas de control, automatización redes e interfaces industriales y controladores lógicos programables de los cuales se estructuraron para poder desarrollar el marco teórico para la redacción del documento presente.

Capítulo II Marco Teórico
2.1 Antecedentes de la Investigación.
2.2 Internacionales.
2.3 Nacionales.
2.4 Locales.
2.5 Automatización
2.6 Control
2.6.1 Definiciones
2.6.2 Control de lazo abierto
2.6.3 Control de lazo cerrado
Ejemplo 1. Alumbrado Público.
2.6.4 Tipos de sistemas de control
2.6.4.1 Control de Dos Posiciones.
2.6.4.2 Control PID.
2.5 Sistemas SCADA.
2.5.1 Características de un Sistema SCADA
2.5.2 Prestaciones de un SCADA

Figura 82 Algunos temas del marco teórico.

3.2.3 Requisición de material

Después de plantearse el alcance del proyecto y las áreas que se verán involucradas para la implementación del sistema scada se realizó una lista del material que deberá ser requerido para la realización y culminación del proyecto, entre los cuales se toman en cuenta cableado y tuberías para la instalación de los elementos de lectura de consumos así como tarjetas de lecturas analógicas para la obtención de las lecturas a través de los plc con la ayuda de la paquetería de office se presentó una requisición del material previa según lo que se fuera a requerir para llevar a cabo la implementación del sistema scada. Por lo que algunos de los materiales requeridos para llevar a cabo el proyecto fueron los que se muestran en la tabla 9.

Cableado		Tuberia		Dispositivos	
Descripcion	Metros	Descripcion	Metros	Descripcion	Cantidad
Variadores	100	Quantometro	300	Quantometros	3
Quantometro	300	Tarjetas analogicas	300	Donas (Amp)	20
Tarjetas analogicas	300			Tarjetas analogicas	20
				Sensores de presion	2

Tabla 9 Requisición de algunos materiales en formato de tabla en excel.

El segundo problema que encontramos en la realización del proyecto fue tomar en cuenta todos los aspectos del material a necesitar para llevar a cabo la instalación de los dispositivos, con la guía del asesor interno y los asesores externos se previó una lista de lo que podía ser necesitado en el desarrollo del proyecto, con dicha lista se creó la requisición de materiales, quedando a la espera de las autorizaciones correspondientes para llevar a cabo la instalación del material.

3.2.4 Instalación de tubería y cableado

Una vez autorizado el pedido y esperado el tiempo necesario para la entrega de estos materiales procedieron a instalarse dichos elementos

Desde la primera recepción de material se comenzaron a realizar las primeras instalaciones de tubería con tubo Conduit de 1 pulgada (figura 84) de diámetro de igual manera se solicitaron, niples abrazadera y otros elementos para la colocación de la tubería.



Figura 83 Tubería colocada en una de las áreas para los dispositivos de lectura.

En el caso del cableado no todos los dispositivos que tomaran las lecturas de los parámetros tienen la misma cantidad de pines y su protocolo de comunicación es diferente, por lo que se necesitó cableado de diferente calibre, de manera general se usó cable de control que sirve para las comunicaciones ya que cuenta con una malla que evita la intromisión de ruido de algunos otros dispositivos o cables de potencia (figura 85).



Figura 84 Carretes de cable de control.

En dos áreas se debió de instalar suficiente tubería para colocar dos tarjetas de entradas analógicas una en el área de preparación y la otra en el área de extrusión, esto porque los plc con los cuales tienen configuradas su maquinaria no era compatible, la única manera de realizar la lectura con el plc de dichas áreas era con un módulo extra llamado modulo Adam pero por temas de tiempo y practicidad, se procedió a instalar tubería para esas dos tarjetas analógicas, aunque no estaban tan lejos físicamente se tuvo que seguir por la estructura de la planta para realizar la conexión (figura 86).

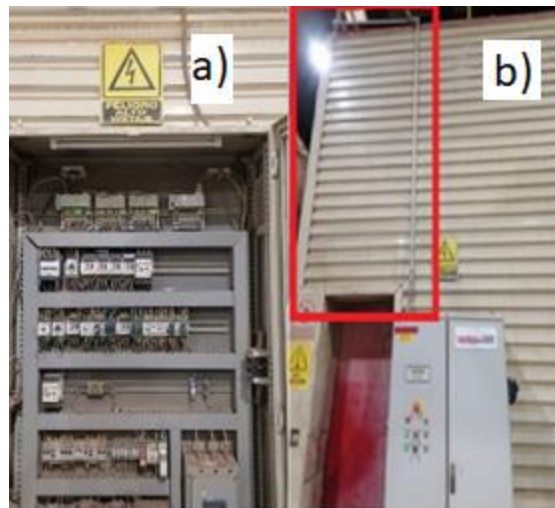


Figura 85 a) antes de la colocación de tubería.
b) después de la colocación.

3.2.5 Instalación de tarjetas analógicas y dispositivos de lectura

En las semanas posteriores se realizó un recorrido en compañía del personal encargado del proyecto para verificar las zonas donde se instalarían los dispositivos de lectura y las tarjetas de entrada analógica para el plc. El modelo del plc con el que se trabajó en la mayoría de las áreas fue el TSX-MOMENTUM-171CCS76000 (figura87) por lo que las tarjetas analógicas instaladas fueron de la misma familia para comunicar la tarjeta con el plc.



Figura 86 Imagen referencial de un plc momentum.

Los primeros elementos en colocarse fueron las tarjetas de entradas analógicas (figura 87) los pines que sirven para alimentarlas son los encerrados en rojo.



Figura 87 Imagen referencial de esclavos de la familia momentum 171.

Para identificar los tipos de tarjetas podemos hacer uso de las siglas que se encuentran en la parte derecha media de la tarjeta, las ultimas letras hacen referencia las señales que pueden recibir o entregar (por ejemplo, AAI: Analog Input, ADO: Digital Output) en la imagen anterior se subrayan las siglas. Posteriormente se coloca un adaptador de comunicación modbus plus para la familia TSX-MOMENTUM (figura 88).



Figura 88 Adaptador de comunicaciones TSX MOMENTUM.

Y se monta el adaptador sobre la tarjeta como se muestra en la figura 89.

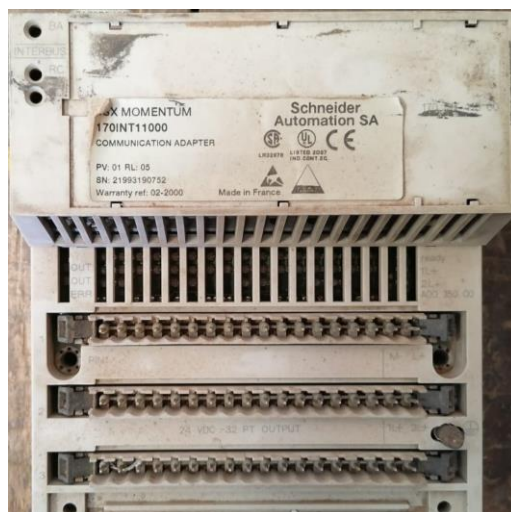


Figura 89 Tarjeta lista para ser montada en el bus de esclavos del plc.

Para poder comunicar los esclavos entre sí y el plc se debe de realizar la conexión del RS232 con ayuda de un conector DB9M macho y hembra según se requiera.



Figura 90 Vista alzada de la tarjeta con el adaptador de comunicaciones.

El procesador TSX MOMENTUM CON un conector DB9M hembra como el de la imagen 90 en la parte derecha derecha es decir que a partir de ese puerto podemos empezar la comunicación de las tarjetas para el plc, el puerto izquierdo sirve de entrada y el derecho para la señal de salida, la última tarjeta conectada al bus no debe de emitir señal a otro dispositivo es decir ser el fin de la comunicación.

Antes de añadir la tarjeta al bus de esclavos del plc debemos preparar nuestro software para la configuración de la tarjeta ya que si se conecta automáticamente detectará el dispositivo, pero interrumpirá la comunicación del plc, ya que el dispositivo recién agregado no está conectado por lo que en concept se realiza la configuración, este proceso se debe de realizar con la línea de producción en completo stop para evitar daños en el material o el equipo por el conflicto de comunicaciones.

En primera instancia debemos identificar el programa actual que está ejecutando el plc y conectarnos con dicho dispositivo (figura 91).

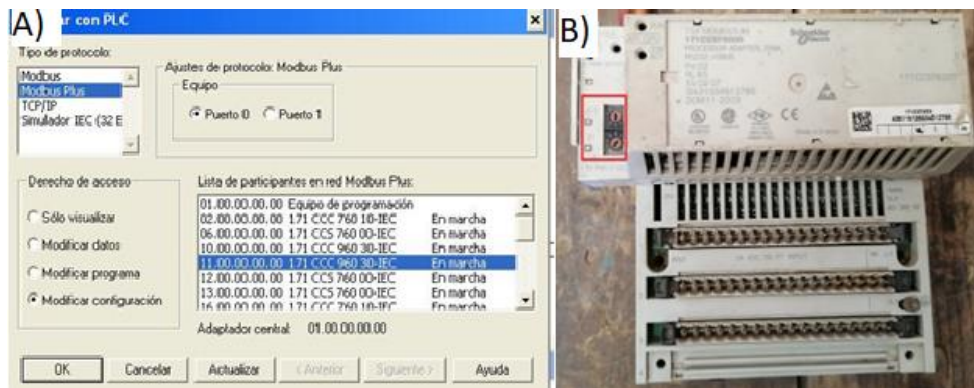


Figura 91 A) Ventana emergente de concept. B) El recuadro rojo muestra la ubicación de la dirección del plc.

En este apartado observamos el tipo de protocolo de comunicación por el cual se establece la conexión, en derechos de acceso seleccionaremos el apartado de modificar configuración y en la lista de participantes en la red tendremos que identificar el plc en el que debemos dar de alta la tarjeta de entrada analógicas, automáticamente el programa detecta el plc al que nos queremos conectar y lo selecciona según el proyecto que se encuentre abierto pero para confirmar que la conexión sea correcta debemos ir físicamente, en la mayoría de los plc la dirección se encuentra en la parte izquierda del cpu en el caso del MOMENTUM 171 es similar, el reloj superior indica las decenas en la dirección y el reloj inferior las unidades por lo que en la siguiente figura corresponde a la dirección número 01.

Una vez establecida la conexión en el plc podremos dar de alta la tarjeta analógica en el apartado de proyecto de la barra de tareas seleccionando la configuración del plc (figura 92).

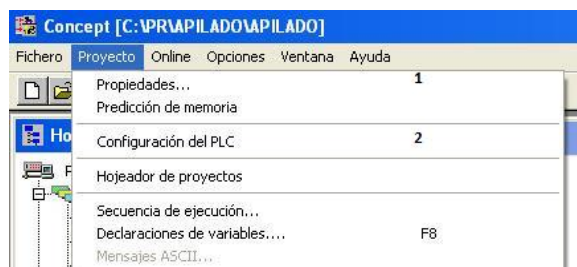


Figura 92 Menú de proyectos de la barra de tareas.

Al seleccionar la opción de configuración del plc se nos mostrará una ventana emergente que nos permitirá modificar la configuración del dispositivo (figura 93).

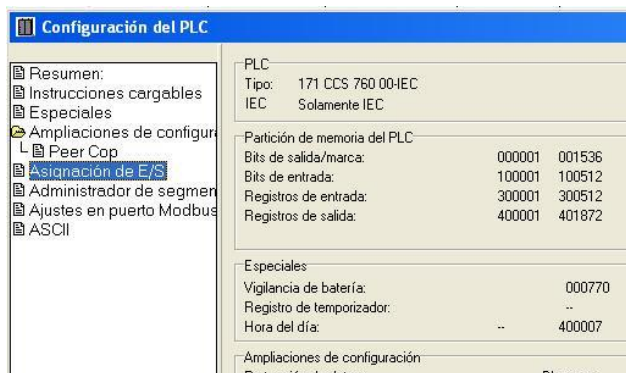


Figura 93 Ventana emergente de la configuración del plc.

En este apartado seleccionaremos la sección de asignación de E/S para poder ver la configuración del plc respecto a sus tarjetas. En esta parte seleccionaremos la última columna en la segunda fila ya que la primera hace descripción de las entradas y salidas del plc y la segunda fila es la que corresponde al bus de esclavos añadidos al plc (figura 94).

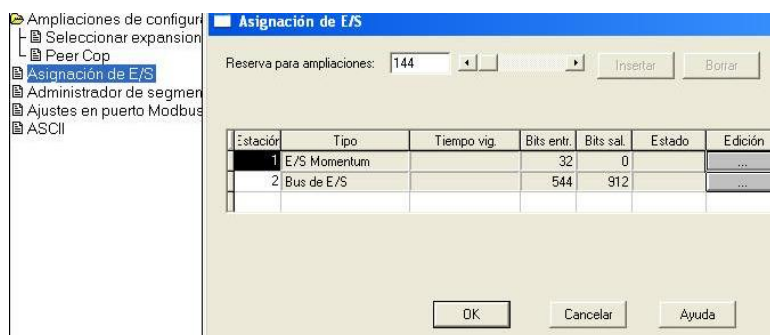


Figura 94 Configuración de las entradas del momentum y sus esclavos.

Habiendo hecho lo anterior se nos muestra el apartado de la configuración de las entradas y para dar de alta una tarjeta de entradas analógicas debemos seleccionar la segunda columna en un apartado donde no se encuentre ya conectado un módulo, es muy importante que la tarjeta colocada físicamente sea dada de alta en la misma posición es decir que si la tarjeta se agregó en la posición 6 por temas de espacio en la instalación a la hora de darla de alta se coloque en esa misma secuencia, si no el plc entrara en conflicto y no podrá funcionar correctamente. En la figura 95 se muestra la configuración de una red de esclavos de un plc.

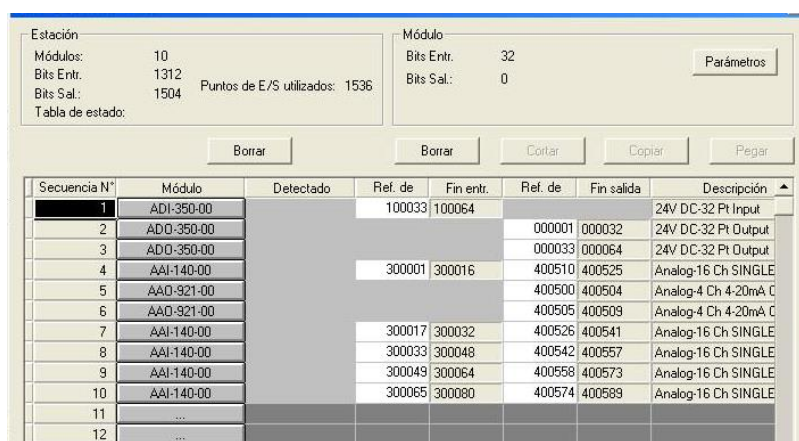


Figura 95 Lista de tarjetas ya configuradas en el plc.

En la figura 96 se despliega al seleccionar una fila podremos agregar otra tarjeta la que se usara y los modelos disponibles en el software en nuestro caso como serán lecturas analógicas la categoría corresponde a analog in y el modelo a colocar de la tarjeta es el 170-AAI-140-00 que corresponde a una tarjeta de entradas analógicas de 16 canales.

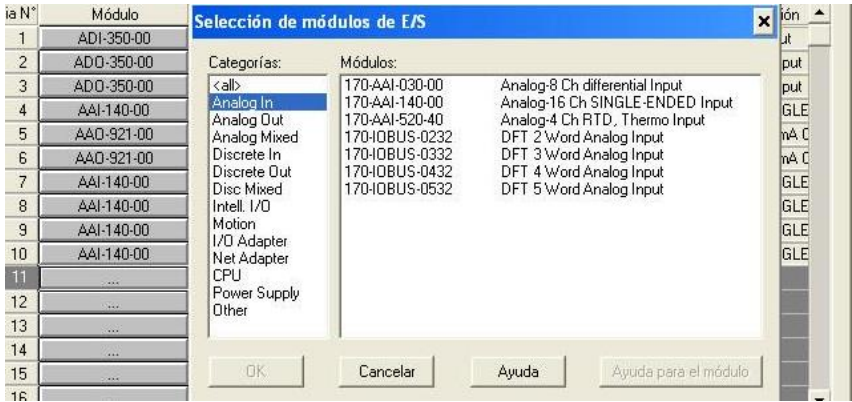


Figura 96 Lista de categorías y modelos de entradas analógicas.

Una vez hecho lo anterior cada canal puede ser configurado con una señal de entrada diferente puede recibir una señal de 4 a 20mA o de -10V a +10V (figura 97) en este proyecto la mayoría de los dispositivos funcionan emitiendo una señal de 4 a 20 mA.

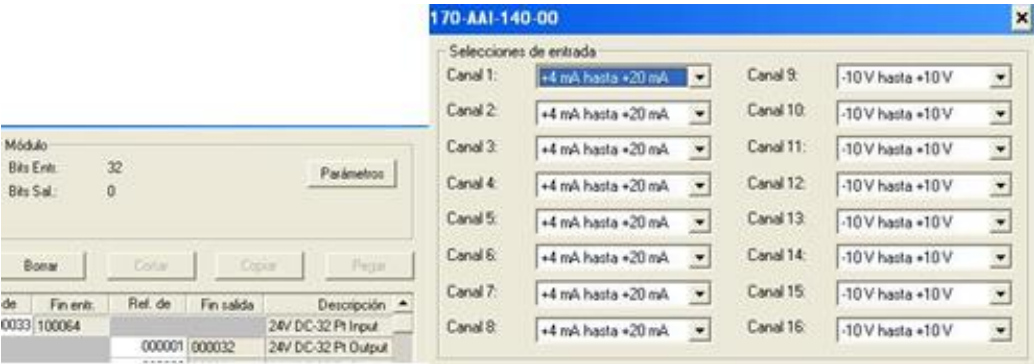


Figura 97 En un menú anterior entramos en los parámetros de cada canal para configurarlos.

Realizando lo anterior y corroborando que todo estuviera bien configurado procedemos a cargar el programa por que se modificó la configuración del plc, este proceso demora algo de tiempo, pero una vez cargado el programa la línea de producción se pone en marcha de nuevo y se verifica que funcione correctamente. En varias áreas se dieron de alta las tarjetas, y en algunas se presentó una problemática en la comunicación al dar de alta una tarjeta y poner en marcha el proyecto ya que el led indicador de estado del adaptador del plc y los esclavos parpadeaba en rojo (figura 98).

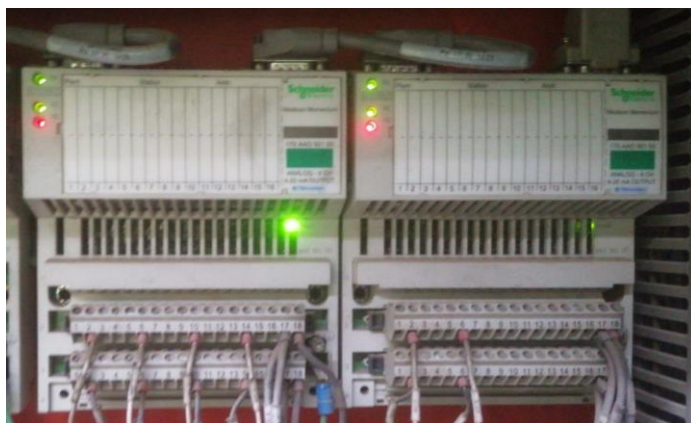


Figura 98 Led indicador de estado parpadeando en rojo.

Específicamente en esta área se tuvo que realizar un cableado algo extenso para colocar la tarjeta analógica cerca de los dispositivos de los cuales se querían tomar lectura, se concluyó que el cable generaba o recibía ruido por cables de potencia u otros dispositivos que interferían las señales por lo que se concluyó que se debía eliminar el ruido y/o estabilizar la señal de lectura, esto se logra aterrizando a tierra un hilo del cable de control por norma debe ser un cable color verde como aparece en la figura 99 .



Figura 99 Conexión a tierra temporal para el plc.

En caso de encontrar con el mismo problema se estableció lo anterior como solución.

Teniendo conectadas las tarjetas analógicas se procedió a realizar las conexiones de los dispositivos de lectura. Comenzando por el sensor de presión donde el modelo en cuestión es el PN2299 del IFM electronic siendo el manual con el que se realizó su instalación y programación: Instrucciones de uso Sensor electrónico de presión PN2xxx (figura 100), que es la familia de sensores de presión a la que pertenece.

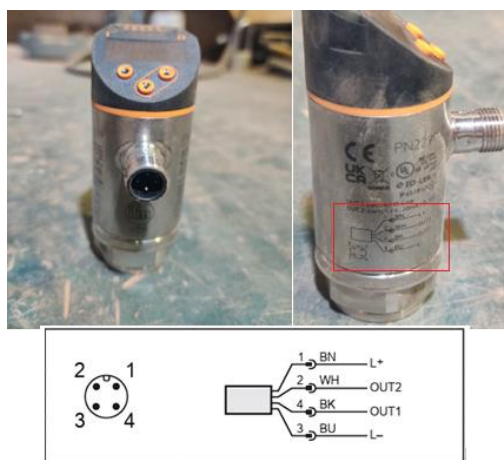


Figura 100 Sensor instalado y diagrama de conexión.

En la anterior figura se muestra la conexión por lo que el primer pin se manda a una alimentación de 24VDC la salida dos se debe conectar a la entrada deseada donde queramos recibir la lectura, lo que lo hace diferente de la salida 1 es que la primera (pin 2) manda una señal de 4 a 20mA y la señal uno (pin 4) manda una señal de -10 a 10V, para habilitar dichas señales debemos programar el sensor. De igual manera con ayuda del manual y una exhaustiva lectura reflexiva se configuro el dispositivo, la unidad con las cuales iba a medir el vacío, la salida a la cual se iba a configurar el dispositivo y los rangos de lectura a los cuales se iba a configurar (figura 101).

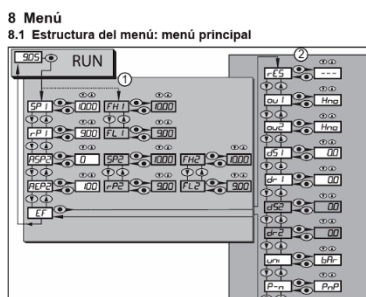


Figura 101 Manual para la programación del sensor.

Una vez realizada la conexión en el software concept se debe configurar un diagrama de bloques o FDB para registrar la lectura (figura 102).

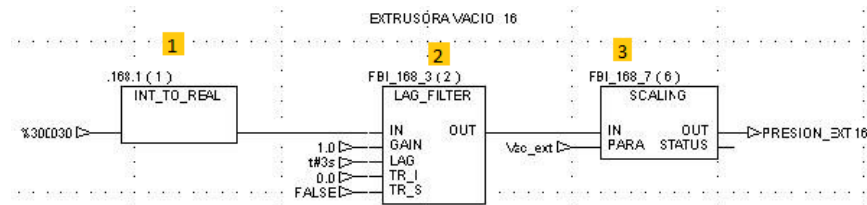


Figura 102 Diagrama de bloques para la lectura de vacío.

Para registrar la lectura es necesario identificar el tipo de dato que nos está entregando el dispositivo en el caso del transformador y la mayoría de los dispositivos instalados nos entregan una señal tipo enteros para poder leerlo es necesario insertar un bloque o FFB que transforme la señal a valores reales a este bloque anexaremos en la entrada la dirección de la tarjeta analógica que colocada, posteriormente anexaremos un filtro de retardo para reducir el ruido de la lectura y un escalar que nos entregara la lectura real del dispositivo configurando los parámetros de entrada y salida, mínimos y máximos (figura 103).

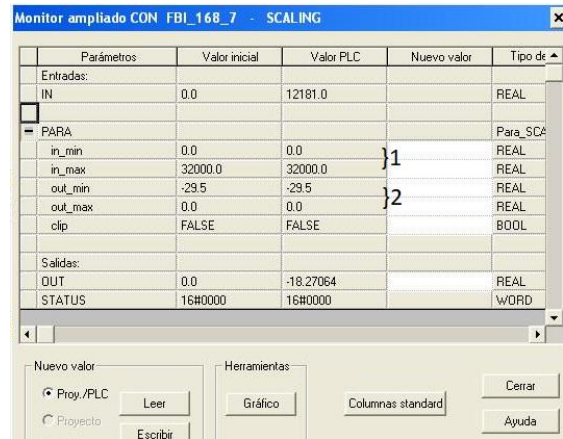


Figura 103 Configuración del escalador.

Debe programarse el escalador para poder tener la lectura correcta abriendo el bloque scaling podemos desplegar unas filas ocultas donde asignaremos los valores mínimos y máximos primer las dos primeras filas marcadas en el corchete se refieren a la lectura que registra el PLC es decir cómo interpreta la señal siendo 0 la entrada mínima y 32000 la entrada máxima del PLC, las siguientes dos filas hacen referencia al dispositivo de lectura los rangos que este registra el valor de salida minimo que manda un sensor 2299 es -29.5 y el rango máximo de salida es 30, aunque lo configuramos en 0 para que coincida con la lectura del vacuómetro

analógico que se encuentra en la extrusora, las unidades que registran ambos dispositivos de lectura de vacío son in/hg que son pulgadas sobre mercurio, aunque el vacuómetro digital tubo que programarse en esas unidades ya maneja diferentes unidades (figura 104).

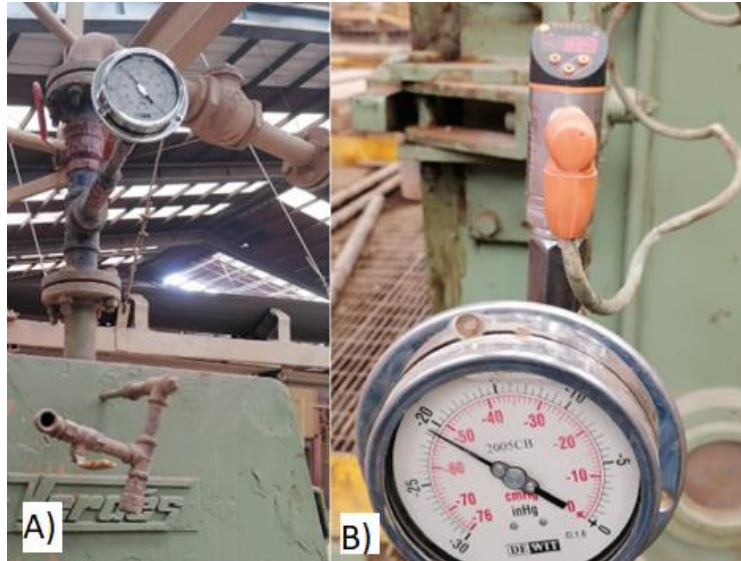


Figura 104 A) Antes de colocar el sensor de presión en extrusora.
B) Sensor ya instalado y programado mostrando en la lectura.

Para observar que las lecturas en el concept es necesario seleccionar todos los bloques y seleccionar el cuadro de animación para observar el funcionamiento de los bloques (figura 105), de esta manera podemos corroborar si la lectura de los dos dispositivos es próxima en caso contrario en el FFB lag filter podemos ajustar la lectura del sensor modificando la ganancia.

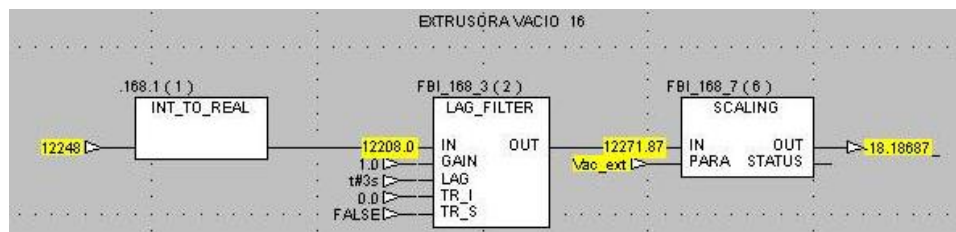


Figura 105 Bloque de funciones mostrando la lectura actual.

Para el consumo de motores grandes en algunas áreas se consideró necesario observar las lecturas de amperaje o en su defecto la velocidad a la que trabajaran, como actualmente en la industria la mayoría de los motores trabajan con variadores los cuales permiten configurar el giro del motor la velocidad, el voltaje etc. se identificó el modelo del variador (figura 106) y se conectó el pin correspondiente que otorga una señal de 4 a 20mA para poder monitorear el consumo de los actuadores.

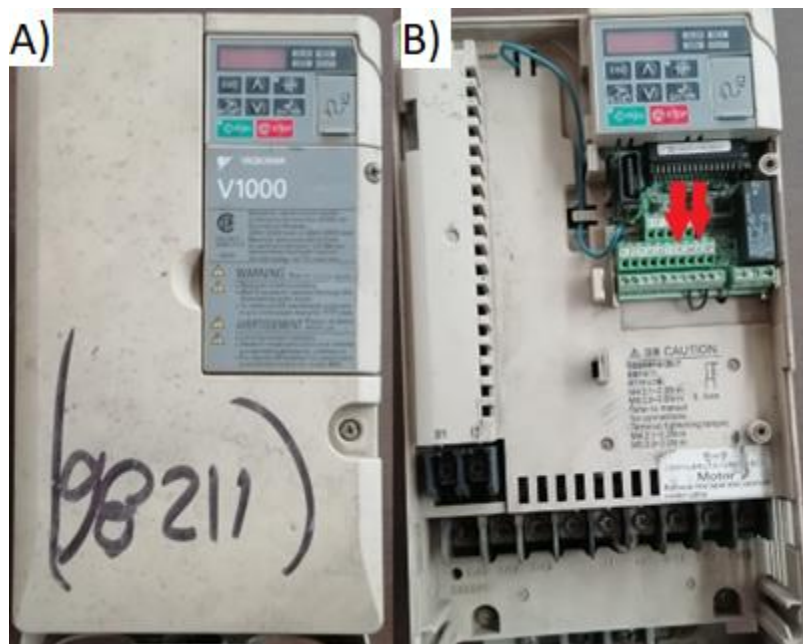


Figura 106 A) YASKAWA V1000 B) Pines AC consumo de amperaje.

La mayoría de los variadores en la empresa son de la marca yaskawa, el modelo puede variar, pero verificando el manual se puede identificar en que pin corresponde la señal de salida de 4 a 20mA e incluso en algunos modelos nos permite modificar esta señal de salida para enviar un pulso de -10V a +10V en la anterior imagen el pin que se debe conectar para obtener la lectura es cualquiera de los dos AC. De igual manera se realizó su diagrama de bloques para visualizar el consumo de amperaje ajustando el escalar según el rango de lectura que tienen los PLC (figura 107).

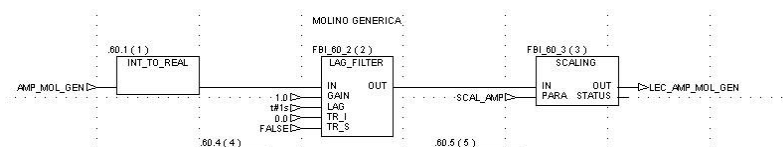


Figura 107 Diagrama de bloques de consumo de amperaje de un variador.

Como la mayoría de las lecturas que se quieren monitorear son señales de entradas analógicas requieren los mismos bloques para poder presentar la lectura y en el caso de los transformadores tipo dona (figura 108) es bastante similar la conexión de este dispositivo. Cabe mencionar que el rango de lectura de las donas puede variar, con este equipo se quiere medir el consumo total de las diferentes áreas de la empresa por lo que algunos transformadores eran más grandes según la cantidad de AMP máximo que pueden medir.



Figura 108 A) Especificaciones del transformador tipo dona. B) Diagrama de conexión del transformador.

Se alimenta la dona del terminal positivo y el cable negativo se manda a la entrada del plc que recibe la señal, el común de la entrada que recibe la señal se manda a positivo, claro cómo se trabaja con potencia, es necesario usar un fusible para proteger la tarjeta de entradas analógicas y evitar algún daño a nuestro plc.

Se anexaron los bloques de función en el software concept (figura 109), el escalar de cada dona se debe colocar el rango de lectura máxima y luego calibrarlo con un amperímetro para ajustar la lectura del dispositivo, si el área consumo 750 AMP y la dona colocada es de 600 AMP de manera evidente no se monitorea correctamente el consumo de amperaje, ya que la lectura mostrará el máximo permitido de su rango.

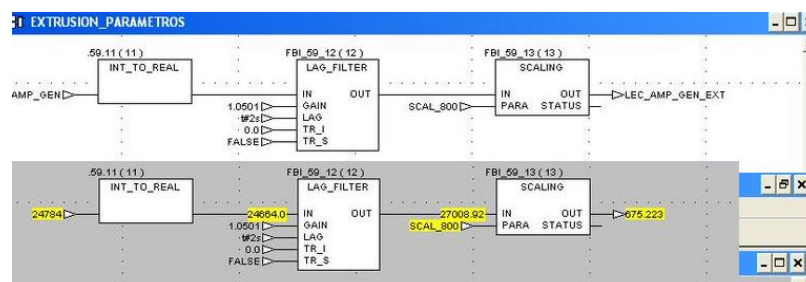


Figura 109 Diagrama de bloques y animación para monitoreo de lectura.

En el caso del quantometro de gas en la imagen 110 observamos el dispositivo encargado de tomar la lectura analógica ocupa otro cable de control con más hilos para enviar los pulsos que aumentaran el conteo del consumo de materia prima.



Figura 110 Quantometro de gas.

En el caso de este dispositivo de lectura el diagrama de bloques (figura 111) es completamente diferente ya que lo que medimos es el volumen del gas consumido y este valor depende de factores como la temperatura y la presión por lo que se emplearon fórmulas para obtener el resultado deseado y hacer coincidir el dispositivo análogo con el pulso digital.

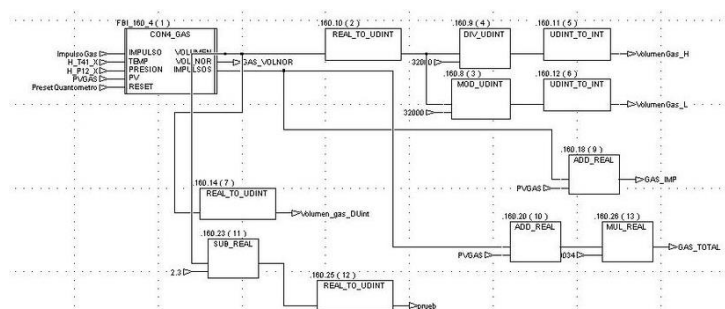


Figura 111 Programación de bloques FFB.

Dentro de las pruebas realizadas en la figura 112 el marcado es el valor tomado para la visualización del scada que nos permite ajustar la ganancia del anterior y controlar el desfase entre la lectura y el dispositivo analógico (quantometro de gas).

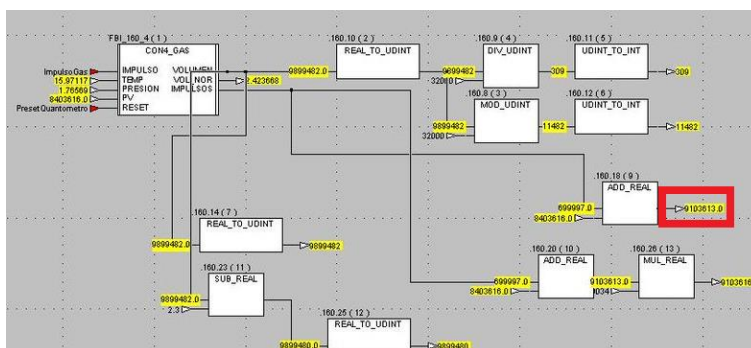


Figura 112 Lecturas de programación de bloques.

3.2.6 Diseño básico (2D)

Una vez instalados los dispositivos de lectura en las áreas correspondiente, se comenzó a trabajar en el diseño de los elementos de visualización en vijeo citect en este apartado se debió realizar un diseño del área de preparación del que no se tenía ningún registro, en los ordenadores de monitoreo y. En primera instancia se diseñó un modelado 3D en solidworks (figura 113) para despues transformarlo a mapa de bits y anexarlo al software vijeo citect scada.

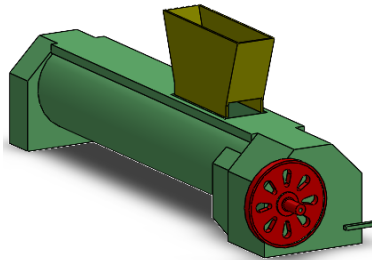


Figura 113 Modelado 3D en solidworks

Para esto primero se debe destinar una nueva página para el diseño del área en el software citect (figura 114).

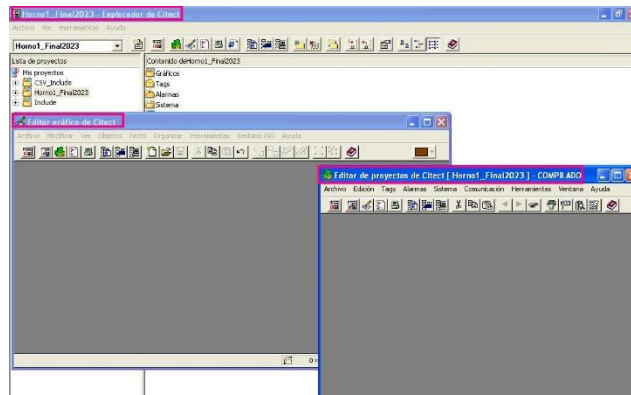


Figura 114 Entorno de trabajo vijeo citect.

Al abrir el entorno tenemos 3 ventanas que emergen:

- El explorador de citect.
- El editor grafico de citect.
- El editor de proyectos de citect.

En el explorador podemos traer a llamar las otras dos ventanas emergentes e interactuar con ellas, contiene los elementos que conforman el proyecto como se muestra en la figura 115.

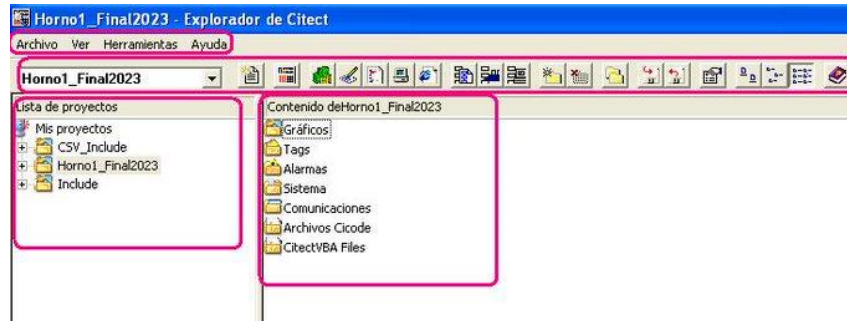


Figura 115 Entorno de explorador citect.

Como en las demás aplicaciones tenemos barras de herramientas y accesos rápidos con los que podemos interactuar, en la parte izquierda tenemos la lista de proyectos que se han cargado y vinculado en el ordenador y en el área de trabajo se encuentra todo el contenido del proyecto.

- Gráficos
- Tags
- Comunicaciones

Los puntos mencionados anteriormente son los cuales se utilizaron para llevar a cabo el proyecto. En el apartado de comunicaciones, que al seleccionar se despliega la ventana de editor de proyectos tenemos una serie de opciones para establecer conexión entre el dispositivo de monitoreo y los dispositivos de procesos.

En la opción de servidor de E/S es el servidor principal del ordenador donde se direccionará toda la información (figura 116).

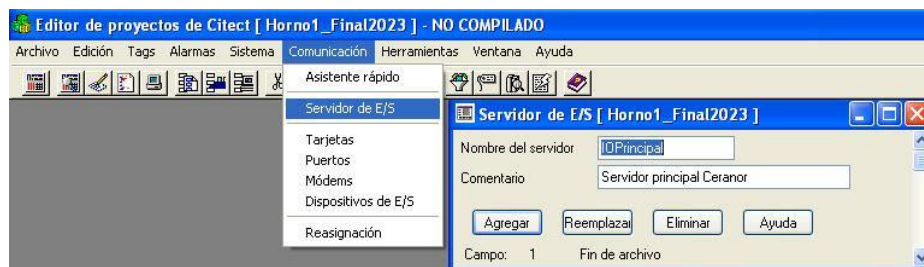


Figura 116 Venta emergente del servidor de E/S.

En la figura 117 se configura la tarjeta, entonces en este apartado podemos configurar el nombre de la tarjeta y el tipo de comunicación así mismo como la dirección del puerto al que corresponde la tarjeta conectada en el ordenador.



Figura 117 Configuración de tarjetas de red.

Los dispositivos de E/S se refiere a cada plc ubicado en un área entonces en este apartado se configuran sus atributos como el nombre, un número de dispositivo, la dirección del plc, de preferencia los datos anteriores mencionados no se deben repetir si no el programa no compilara y no ejecutara el proyecto, también podemos seleccionar el protocolo con el cual se comunica los plc el nombre del puerto configurado anteriormente y un comentario como en las demás opciones para poder identificar cada dispositivo con una breve descripción (figura 118).

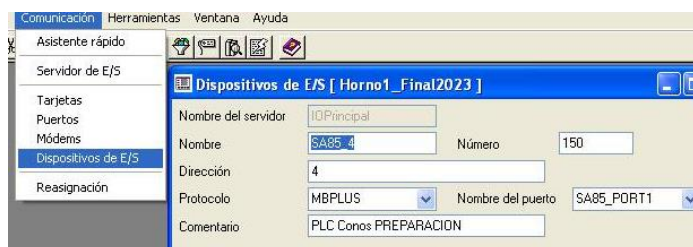


Figura 118 plc configurado para el área de preparación.

Volviendo al explorador observamos un menú con diferentes elementos con los que podemos desarrollar los elementos visuales para la monitorización (figura 119).

- Páginas
- Plantillas
- Símbolo
- Super genios

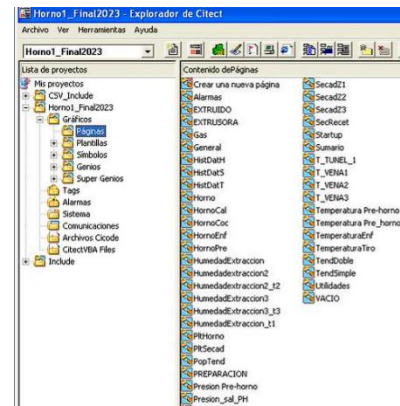


Figura 119 Elementos gráficos.

Empezando por los símbolos cualquier cosa que se vaya a desarrollar necesita de estos elementos, en este apartado se agregaron los diseños desarrollados en SOLIDWORKS (figura 120).

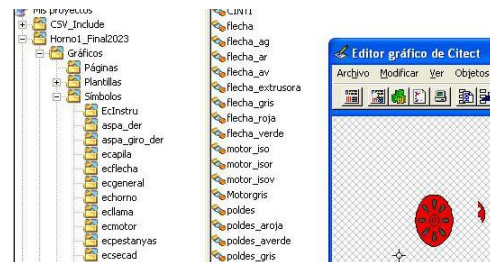


Figura 120 Símbolos generados

Una vez creados todos los símbolos para llevar a cabo el diseño se debió crear una nueva página y a la hora de la creación se solicita especificar qué tipo de archivo se añadirá al proyecto, al crear una página se nos pedirá establecer una plantilla en este caso usaremos una plantilla ya configurada con el fondo gris.

La creación de la página se puede generar desde el explorador de citect o en editor de grafico de citect al seleccionar el apartado de nueva página se abre el editor de grafico de citect con las opciones de generar la página mostradas en la figura 121.

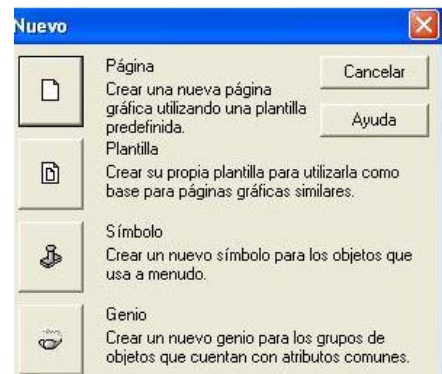


Figura 121 Opciones de creación de elementos.

Para diseñar el área fue necesario agregar los elementos diseñados en solidworks. Una vez diseñados los elementos del proceso como los laminadores, amasadoras etc. Se convirtieron a mapa de bits para poder darles detalle a los diseños generados en el mapa de bits (figura 122).

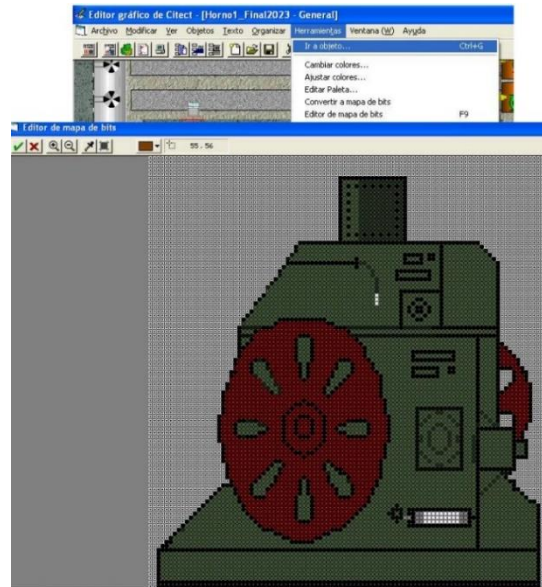


Figura 122 Opción para convertir a mapa de bits y editor de mapa de bits.

A continuación, en la imagen 123 se muestran la mayoría de los dispositivos diseñados ya convertidos en mapa de bits.

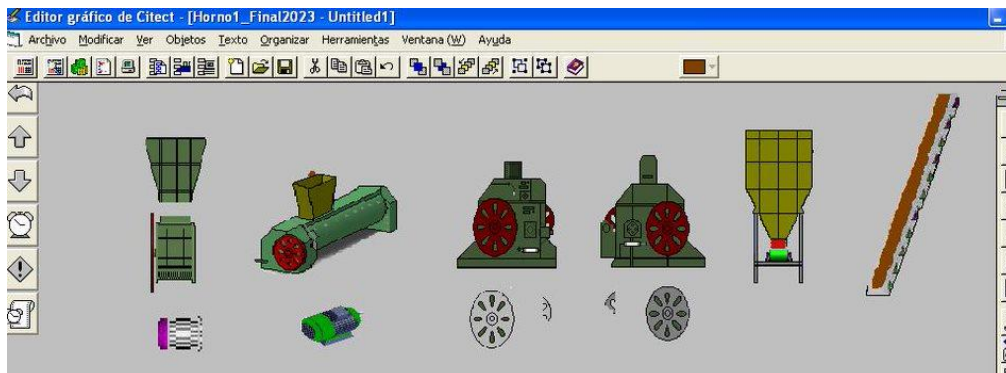


Figura 123 Diseños convertidos a mapa de bits creados en solidworks.

Al terminar de desarrollar la página se deben guardar los cambios o actualizar las páginas que guardaran los cambios para posteriormente continuar con la integración de las lecturas en el software (figura 124).

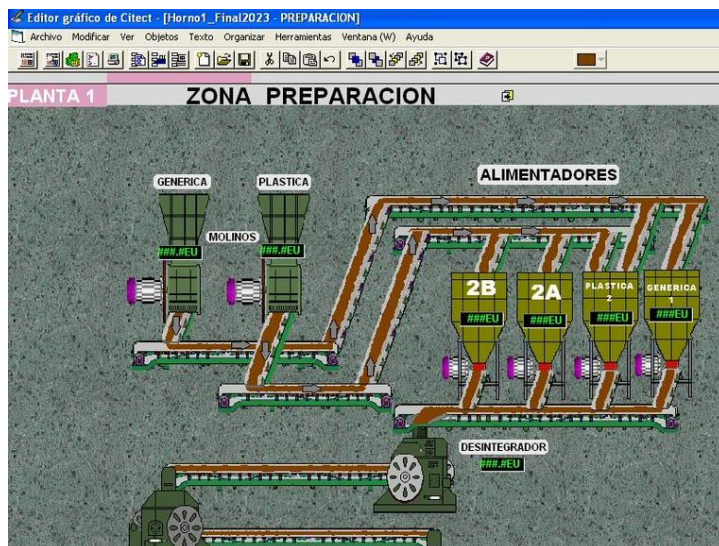


Figura 124 Zona de preparación diseñada desde cero.

Al terminar los diseños de las páginas correspondientes podemos compilar para después ejecutar el proyecto (figura 125) y observar los cambios generados. Aunque antes de poder observar los cambios tenemos que diseñar una forma de acceder a la página creada, por lo que se agregó un botón con el nombre de preparación que al pulsarlo nos muestra el área diseñada.

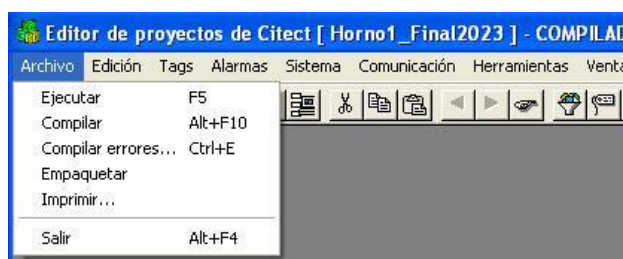


Figura 125 Opción de ejecución del programa.

Capítulo IV Resultados

En esta sección se anexan los manuales usados para poder configurar los dispositivos o manejar los softwares de programación para el desarrollo del proyecto.

4.1 Análisis de resultados obtenidos

Después de terminar con el diseño de planta se anexaron las medidas de las lecturas analógicas. Para esto en el programa de vijeo citect scada se nos permite añadir las direcciones que se configuraron anteriormente en el concept, ya sea desde el editor de proyectos o el explorador, de cualquiera de las dos maneras debemos dirigirnos a las etiquetas de variables (figura 126).

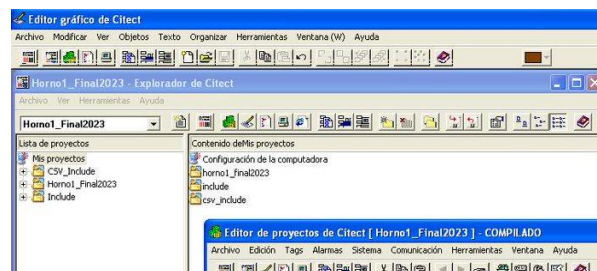


Figura 126 Explorador de CITECT y editor donde podemos configurar las direcciones de lectura.

En la ventana podemos agregar el nombre de la variable el tipo de datos que se configuro en concept, el nombre del dispositivo que es el plc al cual pertenece el dispositivo de lectura y en donde esta direccionada el diagrama de bloques, la dirección de salida que nos entrega el valor de lectura. Las unidades que manejan y el formato en que entregaran los datos siendo cada # un digito de espacio en la visualización y un comentario en el cual podemos describir el dispositivo para identificar que es lo que realiza la variable como se muestra un ejemplo en la figura 127.

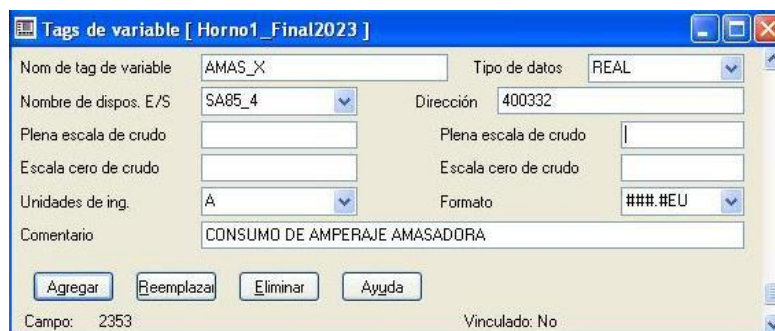


Figura 127 Atributos de variables.

Una vez realizado la anterior podemos anexar un genio (figura 128) que nos permite anexar las variables, para que nos muestre las variables de lectura es necesario en el nombre agregar un “_X” que funciona de filtro para que el programa identifique las lecturas.

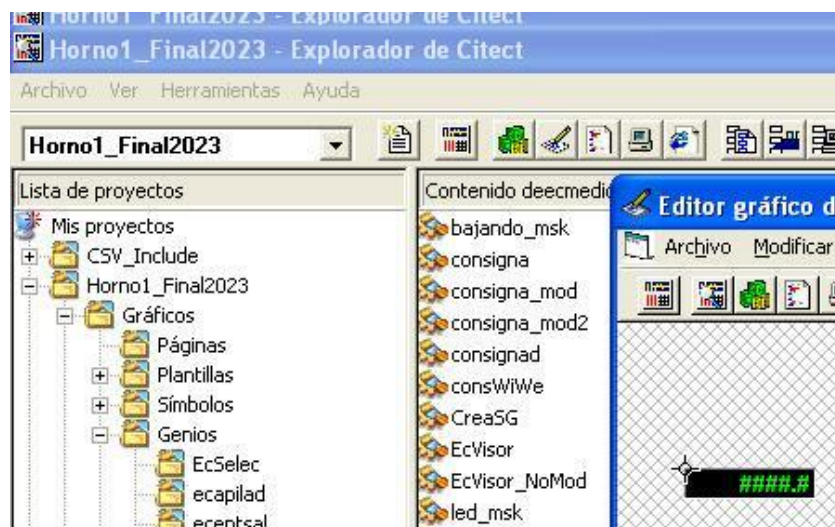


Figura 128 Minimizada para la asignación de lecturas.

A pesar de que el software scada en novaceramic no es tan novedoso facilita bastantes funciones interesantes como las animaciones de los elementos por lo que con una programación de multi-estado relacionando las alarmas de los dispositivos ya configuradas en vijeo (figura 129) y en algunos casos una programación de bloques una presentación del scada más amigable hacia los operadores y supervisores (figura 130).

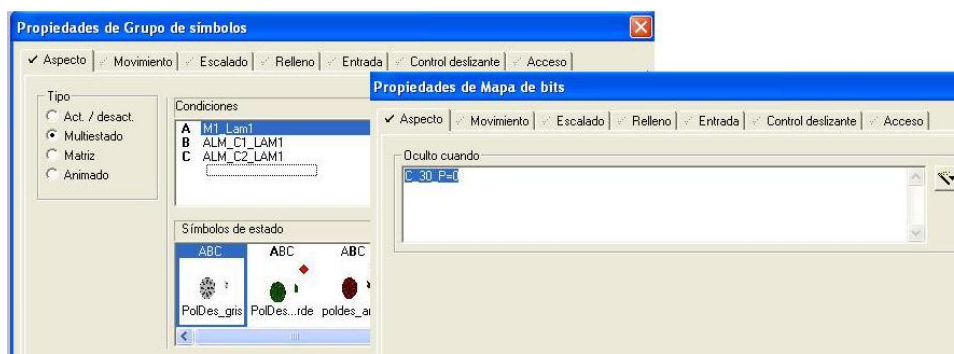


Figura 129 Programación de animación de giro de poleas y bandas.



Figura 130 Evidencia de antes y despues de la asignación de las lecturas de consumo de amperaje.

Si bien se trabajó en la presentación de las lecturas en el scada para los ordenadores localizados en la planta, como las oficinas centrales de novaceramic se encuentran en España (grupo resnova) se nos solicitó con tiempo extraer las oid de algunas de las lecturas de interés para la monitorización dichas oid sirven para evitar los complejos protocolos de comunicación y que entreguen de manera rápida facilitando la identificación de dichas variables, despues de una investigación se encontró en la carpeta raíz del proyecto un excel con las variables oid, asi que solo se tuvo que extraer la información de dicho Excel dándole un formato para su presentación como se muestra en la figura 131.

Hoy (4)

variable 07/01/2024 11:13 p. m. Archivo DBF 803 KB

A1	NAME	TYPE	UNIT	ADDR	RAW_ZERO	RAW_FULL	ENG_ZERO	ENG_FULL	ENG_UNI	FORMAT	COMMENT	EDITCODE	OID
1	NAME	TYPE	UNIT	ADDR	RAW_ZERO	RAW_FULL	ENG_ZERO	ENG_FULL	ENG_UNI	FORMAT	COMMENT	EDITCODE	OID
2	CAP_MATACT	LONG	API_D	L1							Material actual (Current)		0x04000001
3	CAP_PISOS	LONG	API_D	L2(27)	0	5	0	5			Array de pisos actual (Current)		0x04000002
4	CAP_NUMPISOS	LONG	API_D	L30	1	27	1	27			Número de pisos por vagoneta actual (Current)		0x04000003
5	A_NOMBRE	STRING	API_D	51							Nombre de la receta del automata		0x04000004
6	ENVIANDO_LICOM_H	DIGITAL	BUF_AP	D0							Enviando receta a equipo LINZE - Huecos		0x04000005
7	BAP_ENTREGAS	INT	BUF_AP	1100(4)	1	54	1	54			Número de posicionados por capa		0x04000006
8	BAPA_CONRET	INT	BUF_AP	1115							Funcionamiento con retenedores		0x04000007
9	BAP_NUMPISOS	INT	BUF_AP	1125	1	40	1	40			Número de pisos por vagoneta		0x04000008
10	BAP_PISOS	INT	BUF_AP	1150(26)	0	5	0	5			Array de pisos		0x04000009
11	BAPS_FISOGIRADO	INT	BUF_AP	1190(28)	0	5	0	5			Array de pisos girados		0x0400000A
12	AB_FE_PP	INT	BUF_AP	1200(100)	0	1	0	1	pp	#####EU	Buffer apilado parám. de encoders (pp)		0x0400000B
13	AB_FE_MM	INT	BUF_AP	1210(100)					mm	#####EU	Buffer apilado parám. de encoders (mm)		0x0400000C
14	AB_FE_INT	INT	BUF_AP	1220(100)						#####EU	Buffer apilado parám. de encoders (int)		0x0400000D
15	AB_FE_SEG	INT	BUF_AP	1230(100)					seg	#####EU	Buffer apilado parám. de encoders (seg)		0x0400000E

Figura 131 Archivo con oid raíz.

Así que solo se tuvo que otorgar un formato ordenado por área para facilitar la identificación de dichos parámetros y variables. Entonces en un archivo de Excel se agregaron diferentes hojas de cálculo refiriéndose a las áreas que podemos encontrar en el proceso de fabricación, luego se extrajeron los datos como el nombre de la variable el tipo de dato en que otorgan la lectura el dispositivo al que están conectados su dirección en el plc, un comentario que describe que es lo que está leyendo y la oid correspondiente con la que pueden localizar la lectura en la red. En la figura 132 se muestra el ejemplo del diseño para la presentación de las oid.

75		NAME	TYPE	DEVICE	ADDR	COMMENT	OID
76	S E C O N D A R 4	Estado de los ventiladores de zona 4 en secadero					
77		S_EV9	DIGITAL	SA85_11	001008	Estado Ventilador impulsión zona 4	0x01401c20
78		Grupo de recirculación zona 4 en secadero del grupo 12 al 13					
79		S_G12_CM	DIGITAL	SA85_10	001010	Estado grupo de conos 12	0x01400ff0
80		S_G13_CM	DIGITAL	SA85_10	001011	Estado grupo de conos 13	0x01401000
81		Temperatura de zona 4 en secadero					
82		S_T25_X	INT	ERO_HG18	400001	Medida temperatura Grupo 18	0x01400450
83		S_T26_X	REAL	SA85_11	401122	Temperatura zona 4 dcha.	0x01401fe8
84		S_T27_X	REAL	SA85_11	401124	Temperatura zona 4 centro dcha.	0x01401fe9
85		S_T29_X	REAL	SA85_11	401126	Temperatura zona 4 centro izda	0x01401fea
86		S_T30_X	REAL	SA85_11	401128	Temperatura zona 4 izda	0x01401feb
87		S_T28_X	REAL	SA85_11	401298	Temperatura impulsión zona 4	0x01402036
88		Humedad de zona 4 en secadero					
89		S_H12_X	REAL	SA85_11	401224	Humedad zona 4 centro	0x01402015

Figura 132 Oid en presentadas ordenadamente en excel.

Conforme se presentaron los avances del proyecto, se analizaron los resultados obtenidos, y como es que se llegaron a estos resultados una vez que todo funcione en óptimas condiciones, describiendo las actividades realizadas para aterrizar en los resultados, se verifica los objetivos establecidos y como es que se resolvieron las problemáticas encontradas en el desarrollo del proyecto al momento de empezar y al terminar las actividades involucradas.



Figura 133 Diseño final del área de preparación en funcionamiento.

Como en la figura 133 se muestra el diseño del área de preparación.

4.2 Manual software concept

Se desarrollo un manual sobre el uso del software concept para reafirmar los conocimientos adquiridos durante el periodo de residencias con las funciones más utilizadas para el desarrollo del proyecto (figura 134).¹⁴

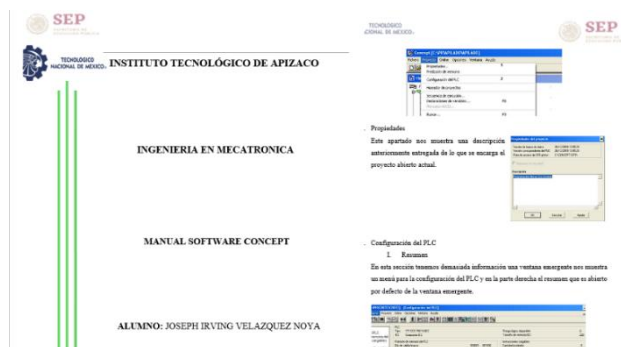


Figura 134 Manual desarrollado para uso de concept.

4.3 Manual software vijeo citect scada

Se desarrollo un manual sobre el uso de vijeo citect scada para reafirmar los conocimientos adquiridos durante el periodo de residencias con las funciones más utilizadas para el desarrollo del proyecto (figura 135).¹⁵

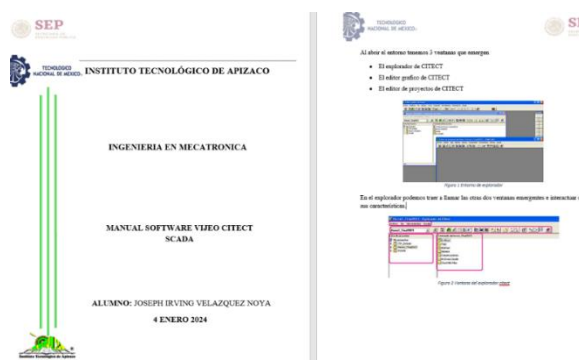


Figura 135 Manual para uso de vijeo citect.

¹⁴ Velázquez, J. (2024). *Manual Software CONCEPT*. Instituto Tecnológico de Apizaco.

¹⁵ Velázquez, J. (2024). *Manual Software VIJEIO CITECT SCADA*. Instituto Tecnológico de Apizaco.

4.4 Manual de sensor de presión

El manual usado fue el de la familia de sensores de presión PN2XXX familia a la que pertenece el sensor colocado para la medición del vacío en la figura 136 se muestran un apartado que fue consultado en el manual.¹⁶

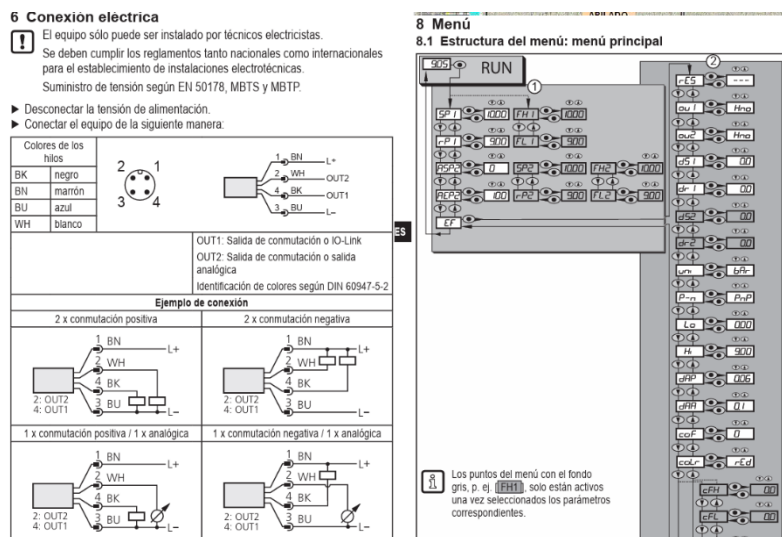


Figura 136 Páginas del manual PN2XXX

¹⁶ Ifm Electronic. (2015). *Instrucciones de uso Sensor electrónico de presión PN2xxx*.

4.5 Manual variadores

Existe gran diversidad de variadores en novaceramic, pero mayoritariamente encontramos variadores de la marca yaskawa (figura 137).¹⁷



Figura 137 Manual yaskawa para instalación y configuración del dispositivo.

¹⁷ YASKAWA. (2009). *Inversor de CA YASKAWA-V1000 Manual Técnico*.

Conclusiones

Al concluir este proyecto, se comprobó la eficiencia de un sistema scada que logra mejorar los diferentes registros que se encuentran en el proceso de fabricación del ladrillo, desde el consumo de amperaje de las diferentes áreas involucradas en el proceso, como la presión del vacío para la extrusión del material y los consumos de gas de áreas como el prehorno y horno, todo esto a través de la visualización en tiempo real para poder monitorear los datos.

La importancia de las tecnologías empleadas para el desarrollo del proyecto facilita la monitorización y control de los sistemas que se encuentran dentro de la industria, los protocolos de comunicación facilitan la interconexión de dispositivos que servirán para la automatización, en este proyecto se utilizó el protocolo Ethernet y modbus plus el protocolo ethernet nos permite la identificación de las direcciones oid en la red, y el segundo protocolo la comunicación entre los dispositivos de control como el plc y el bus de esclavos.

Los conocimientos previos de los lenguajes de programación permitieron desarrollar animaciones de los elementos diseñados en las páginas creadas y los registros de lectura deseados mediante la programación de bloques, así como el direccionamiento de las entradas analógicas y las salidas de las lecturas.

La implementación de un scada se considera demasiado valioso dentro de la industria permitiendo mejorar el proceso de fabricación actual pudiendo visualizar, monitorear o controlar una diversa cantidad de variables desde un centro de control. De este modo otorgan una gran flexibilidad durante el diseño, implementación y programación, en el desarrollo del sistema de supervisión y control de adquisición de datos según el nivel de rigidez que se requiera y el fin para el que se ha desarrollado.

Fuentes de información

- ABB. (2023). *Qué es un variador de frecuencia: Definición, cómo funciona, características y ventajas*. Recuperado de: <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>
- Aguirre, D. (2013). *Desarrollo de un sistema SCADA para su uso en pequeñas medianas empresas*. Tesis de pregrado en Ingeniería y de Sistemas. Universidad de Piura, Perú.
- Compuexpediente. (2020). OID. Recuperado de: <https://www.compuexpediente.com/oid.php/>
- Ifm Electronic. (2015). *Instrucciones de uso Sensor electrónico de presión PN2xxx*. Ifm Electronic. Recuperado de: <https://www.ifm.com/mounting/80227599ES.pdf>
- Licon, J. (2014). *Configuración de un sistema SCADA para la supervisión de una subestación eléctrica de CFE*. Tesis de Titulo en: Licenciado en Electrónica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Montero, D., Barrantes, D., & Quiroz, J. (2004). *Introducción a los sistemas de control supervisor y de adquisición de datos (SCADA)*. IE-431 Sistemas de Control, MONOGRAFIA. Universidad de Costa Rica. Pag.2-3.
- Novaceramic. (s. f.). Recuperado de: https://novaceramic.com.mx/01_nosotros.html
Consultado 19 septiembre 2023.
- Perez, M., Perez-Hidalgo, A., & Perez-Berenguer, E. (2007). *Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo*. Universidad Nacional de San Juan. Departamento de Electrónica y Automática.
- Pérez-López, E. (2015). *Los sistemas SCADA en la automatización industrial*. Tecnología en Marcha. Vol. 28, N° 4, Pág. 3-14
- Portillo, T. (2019). *Implementación de software SCADA para monitoreo y control de edificio inteligente*. Tesis de Maestría en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico de Chihuahua II.

- Salazar, D., & Villacreses, A. (2015). *Diseño e implementación de un sistema SCADA para monitoreo de flujo y temperatura del sistema de llenado aséptico de jugo de maracuyá en la agroindustria frutas de la pasión C.LTDA*. Tesis de Titulo de: Ingeniero Electrónico. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.
- Tito, C., & Pari, J. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de supervisión y control de una planta piloto envasadora de jugos tetra pak empleando control P.I.D*. Trabajo de Tesis para Titulo de: Ingeniero Electrónico. Universidad Andina “Néstor Cáseres Velasquéz”.
- Velázquez, J. (2022). *Controladores Lógicos Programables*. Instituto Tecnológico de Apizaco. Recuperado de: https://apizacotecnm-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/l18371353_apizaco_tecnm_mx/Efl9vcYGoG5Bok5F7n8lZ_QBIapan302EaKgiZGSxUkRMg?e=PIWynJ
- Velázquez, J. (2024). *Manual Software CONCEPT*. Instituto Tecnológico de Apizaco. Recuperado de: https://apizacotecnm-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/l18371353_apizaco_tecnm_mx/Ef101o7-petOozqWc7bmePUBt4LaeNXPgJH-1h0SSrMUkw?e=whkCxR
- Velázquez, J. (2024). *Manual Software VIJEO CITECT SCADA*. Instituto Tecnológico de Apizaco. Recuperado de: https://apizacotecnm-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/l18371353_apizaco_tecnm_mx/ETInx5LTuHRAoa_djnK9Nm7kBibpNuIzQlf1nLPkeVXhl8A?e=Jwdcd1
- YASKAWA. (2009). *Inversor de CA YASKAWA-V100*. Manual Técnico. Recuperado de: <https://www.yaskawa.com/downloads/search-index/details?showType=details&docnum=TOSPC71060622>
- Zapata, M., Topón, L., & Tipán E. (2021). *Fundamentos De Automatización Y Redes Industriales*. Editorial de la Universidad Tecnológica Indoamérica. Quito, Ecuador. ISBN: 978-9942-821-21-8