



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



**APOYO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN PARA EL
CONTROL DE PÉRDIDAS DE AGUA EN LAS REDES DE DISTRIBUCION DE LA
EAAV-ESP, DESDE EL CENTRO DE CONTROL Y MONITOREO(CCM)**

Autor

JOSIMAR STICK HURTADO RINCÓN

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
PAMPLONA, COLOMBIA

2022



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



**APOYO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN PARA EL
CONTROL DE PÉRDIDAS DE AGUA EN LAS REDES DE DISTRIBUCION DE LA
EAAV-ESP, DESDE EL CENTRO DE CONTROL Y MONITOREO(CCM)**

Autor

JOSIMAR STICK HURTADO RINCÓN

Director

Ing. Luis Ernesto Neira Ropera

Ingeniero Mecatrónico

Magister (c) en Controles Industriales

Doctorado (c) en Automática.

Universidad de pamplona

Facultad de ingenierías y arquitectura

Programa de Ingeniería mecatrónica

Pamplona. Colombia

2022



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Dedicatoria

Al universo por permitirme compartir la vida con esta linda profesión como lo es la ingeniería mecatrónica y poderla haber cursado en la universidad de pamplona, un gran claustro educativo, la cual me nutrió de compañerismo, sabiduría, trabajo en equipo, disciplina, fortaleza y compromiso, durante esta bonita y tan importante etapa.

A mi padre por haberme brindado la oportunidad de ingresar a la academia, guiarme en la vida, apoyarme en todos los proyectos y sueños, aconsejarme y nunca dejar de creer en mí, ya que, a pesar de las adversidades, momentos de felicidad y tristeza, días largos y cortos, personas que llegaron y se fueron e instantes que nunca se olvidaran, hoy puedo decir que soy ingeniero.

Dedicado también, a todos los familiares, amigos, y compañeros que de algún modo aportaron en este camino de vida.

Agradecimientos

A mi asesor de pasantías el ingeniero William Santiago, por el apoyo incondicional que me brindo durante este tiempo, sus enseñanzas, por haberme compartido la experiencia que a lo largo de los años ha adquirido y por brindarme un sentimiento de fraternidad y amistad.

A mi director de tesis por servir de su tiempo, su conocimiento compartido y todo el saber que tuve la oportunidad de aprender.

A todo el cuerpo de docentes de la Universidad de Pamplona que de una u otra manera contribuyeron en mi desarrollo como profesional y persona.

Resumen

Partiendo de la importancia de tener controladas las pérdidas de agua en sistemas de acueductos y uso eficiente de agua, nace la preocupación de muchas empresas tanto nacionales



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



como internacionales, en buscar la solución a esta problemática, muchas de las empresas existentes entraron a hacer uso de las tecnologías como lo es en este caso la automatización y control estadístico de variables ajustables.

La empresa de acueducto de alcantarillado de Villavicencio, opta por automatizar sus sistemas de distribución de agua y control de perdidas, en conjunción con la PTAP (Planta de tratamiento de agua potable) la esmeralda, gracias a esta tecnología se creó un centro de control y monitoreo CCM, lugar el cual donde se llevan a cabo el envío de datos para su previa visualización en el sistema SCADA, desde allí se pueden conocer variables importantes a la hora de la distribución del agua como lo son la presión, el caudal, el volumen y lograr desde allí mismo, en función de estas variables y un buen funcionamiento, hacer los cierres respectivos de las válvulas, logrando así una prestación eficiente del servicio, disminución en la perdidas y medición del agua distribuida con el agua facturada para llevar un control optimo tanto técnicamente como financieramente.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Tabla de contenido

Dedicatoria.....	4
Agradecimientos.....	4
Resumen.....	4
Tabla de contenido	6
Lista de figuras	9
Introducción.....	13
Justificación.....	14
Objetivos.....	14
Reseña histórica de la empresa.....	15
1 Marco teórico.....	17
1.1 Controlador Compact Logix 5330.....	17
1.2 Contactores	20
1.2.1 ¿Para qué sirve un contactor?.....	21
1.2.2 Constitución de un Contactor Electromagnético.....	21
1.2.3 Contactores neumáticos.....	22
1.2.4 Contactores hidráulicos	23
1.3 Algunas plantas representativas.....	24
1.3.1 PTAP Alur de Uruguay	24
1.3.2 PTAP-FFRP 120 en São Paulo, Brasil.....	25
1.3.3 PTAP Aquagreen.....	26



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



1.4	Centro de monitorio CCM.....	30
1.5	Elementos técnicos del centro de control y monitoreo.....	37
1.5.1	HPE ProLiant DL360 Gen10 Server.....	37
1.5.2	Enrutadores RB3011UiAS-RM.....	38
1.5.3	Fuente de alimentación conmutada TRIO-PS-2G-1AC-24DC/10.....	39
1.5.4	Monitores HP N246v 23.8-inch Monitor	40
1.5.5	RackStation RS816	40
1.5.6	Protección LAN.....	41
1.5.7	Rack GF-2398	42
2	Caudalímetros electromagnéticos SITRANS MAG 8000 marca SIEMENS.....	44
2.1	Instalación del macro en la tubería de abastecimiento	45
2.2	Programación y puesta en marcha	48
3	Asistencia técnica a elementos.....	54
3.1	Georradar	54
3.1.1	Problemas de comunicación.....	55
3.1.2	Baterías de alimentación para el georadar Shallow easy locator malâ.....	56
3.1.3	Georradar en funcionamiento.....	58
4	Nemos N200+ Datalogger GSM autónomo.....	60
4.1	Introducción al mundo NEMOS 200+	61
4.2	Instalación del software Microcom	65
4.3	Configuración General.....	67



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4.4	Nombre del equipo y coordenadas geográficas	69
4.5	Red móvil	69
4.6	Configuración con el servidor ZEUS	70
4.7	Configuración a caudalímetro.....	70
Recomendaciones		76
Conclusiones.....		76
Referencias... ..		78



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Lista de figuras

Figura 1	<i>Controlador lógico programable Compact Logix 5380.</i>	19
Figura 2	<i>Montaje PCL 5380 con el microcontrolador Micro820.</i>	19
Figura 3	<i>Centro de procesamiento de datos.</i>	20
Figura 4	<i>Contactora.</i>	22
Figura 5	<i>Contactora neumática.</i>	23
Figura 6	<i>Contactores hidráulicos.</i>	24
Figura 7	<i>PTAP Alur, Uruguay.</i>	25
Figura 8	<i>PTAP-FFRP 120 en São Paulo, Brasil.</i>	26
Figura 9	<i>PTAP Aquagreen.</i>	27
Figura 10	<i>SCADA del centro de control y monitoreo.</i>	28
Figura 11	<i>Mapa sectorización hidráulica de Villavicencio.</i>	29
Figura 12	<i>Diagrama P&iD sector hidráulico.</i>	29
Figura 13	<i>PTAP de Villavicencio, La Esmeralda. Toma aérea satélite.</i>	30
Figura 14	<i>Pantallas de información en tiempo real CCM.</i>	31
Figura 15	<i>Forma en la cual se extraen los datos.</i>	31
Figura 16	<i>Mapa dividido en los 15 sectores y diagrama P&ID tiempo real.</i>	32
Figura 17	<i>Monitor que muestra el diagrama P&ID.</i>	33
Figura 18	<i>Pantallazo de la sección de alarmas.</i>	34
Figura 19	<i>Arquitectura del CCM.</i>	36
Figura 20	<i>Distribución espacial del CCM.</i>	36



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 21	<i>Diagrama P&iD con totalizadores.</i>	37
Figura 22	<i>servidor DL360 Gen10 de HPE ProLiant.</i>	38
Figura 23	<i>Enrutador.</i>	39
Figura 24	<i>Fuente de alimentación conmutada.</i>	39
Figura 25	<i>Monitores hp N246v.</i>	40
Figura 26	<i>NAS RackStation RS816.</i>	41
Figura 27	<i>Surge protección device - DT-LAN-CAT.5.</i>	42
Figura 28	<i>Gabinete de piso para servidores y cableado estructurado GF-2398.</i>	44
Figura 29	<i>Caudalímetro electromagnético SITRANS MAG 8000.</i>	45
Figura 30	<i>Partes para la instalación del Macromedidor SITRANS MAG 8000.</i>	45
Figura 31	<i>Unión bridada de un lado.</i>	46
Figura 32	<i>Unión bridada de los dos lados.</i>	46
Figura 33	<i>Unión dresser y reducción de 6 a 8 pulgadas.</i>	47
Figura 34	<i>Caudalímetro instalado en la línea de agua.</i>	48
Figura 35	<i>Puesta en servicio inicial.</i>	49
Figura 36	<i>Seleccionamos la referencia de nuestro macromedidor.</i>	49
Figura 37	<i>Asignación de nuevo proyecto para comenzar.</i>	50
Figura 38	<i>Insertamos un nuevo objeto y escogemos comunicación 'MODBUS net'.</i>	51
Figura 39	<i>Ajustamos la propiedad del (Modbus Net).</i>	51
Figura 40	<i>Insertamos un nuevo objeto (Modbus Device).</i>	52
Figura 41	<i>Insertamos el SIMATIC PDM MODBUS.</i>	53



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 42	<i>Panel inicial con su primera variable configurada.</i>	53
Figura 43	<i>Georradar Mala easy locator malâ.</i>	54
Figura 44	<i>Cableado de comunicación en mal funcionamiento del georradar.</i>	55
Figura 45	<i>Procesador Malâ.</i>	56
Figura 46	<i>Rj-45 y sus combinaciones standard posibles.</i>	56
Figura 47	<i>Baterías de abastecimiento electrónico.</i>	57
Figura 48	<i>Cargador de bateras Malâ.</i>	57
Figura 49	<i>Grafica al hacer un sondeo electromagnético sobre una superficie.</i>	58
Figura 50	<i>Simulación de un operario y su respectiva visualización en pantalla.</i>	59
Figura 51	<i>Acompañamiento uso del Georradar.</i>	59
Figura 52	<i>Nemos N200 GPRS Datalogger.</i>	60
Figura 53	<i>Nemos N200 GPRS Datalogger sin tapa.</i>	61
Figura 54	<i>Esquema general del sistema.</i>	61
Figura 55	<i>Explicación de estructuras y herramientas.</i>	62
Figura 56	<i>Server Zeus Web.</i>	63
Figura 57	<i>Ubicación de los Datalogger visto desde Google maps.</i>	63
Figura 58	<i>Ficha técnica Datalogger el TRIUNFO.</i>	64
Figura 59	<i>Ficha técnica del Datalogger de la GRAMA.</i>	65
Figura 60	<i>Descargar el driver en la página web.</i>	66
Figura 61	<i>Pantalla final del proceso de instalación del programa.</i>	66
Figura 62	<i>Interfaz de usuario Microconfig Software.</i>	67



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 63	<i>Enlace bluetooth Datalogger con el portátil.</i>	68
Figura 64	<i>Ejemplo de configuración nombre de equipo y coordenadas.</i>	69
Figura 66	<i>Configuración de la red móvil para habilitar el uso de datos.</i>	69
Figura 67	<i>Configuración conexión por GPRS.</i>	70
Figura 68	<i>Menú para la configuración de entradas digitales de caudalímetros</i>	71
Figura 69	<i>Selección de la entrada digital número 0 en el cuadro de caudalímetros.</i>	71
Figura 70	<i>Detalle interfaz de configuración de caudalímetros.</i>	72
Figura 71	<i>Detalles de interfaz de configuración de equivalencia de pulsos</i>	75
Figura 72	<i>Pantalla emergente para inicializar el totalizador.</i>	73
Figura 73	<i>Interfaz del software Microconfig.</i>	74
Figura 74	<i>Posicionamiento en zona para el enlace con el macromedidor.</i>	74
Figura 75	<i>Ubicación del macromedidor en la estación.</i>	75
Figura 76	<i>Enlace del Datalogger con el macromedidor y conexión de la onda de comunicación.</i>	75



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Introducción

Contextualizando la información brindada, lo que se pretende hacer con este documento es generar un apoyo a la EAAV(Empresa de acueducto y alcantarillado de Villavicencio), y compartir el conocimiento aprendido en temas mecánicos, para acompañar en la instalación de equipo personalizados, tales como macromedidores, dispositivos encargados de medir el flujo de agua (caudal) o el total de agua acumulada que ha fluido durante un periodo de tiempo, elementos registradores de datos, enlazados vía GSM(Sistema Global de Comunicaciones Móviles), para mantener una comunicación continua entre el centro de monitoreo y control, con los elementos instalados en campo.

Dentro de la estadía en la EAAV (Empresa de acueducto y alcantarillado de Villavicencio) se apoyó en el tema de mantenimiento y capacitación de elementos que por su desconocimiento o algún daño que impedía su buen funcionamiento, eran almacenados y olvidados por el personal a cargo, ya que no se tenía previo conocimiento en el tema y algún plan de mantenimiento preventivo para mantener los elementos tecnológicos de ayuda operaria en buen estado. Dentro de los cuales se encontró un georradar, el cual es un elemento utilizado y de gran importancia para las empresas prestadoras de servicios de agua, ya que con esta herramienta se puede localizar tuberías ubicadas bajo la superficie de la tierra, imperceptibles al ojo humano, de mismo modo, se encontró un equipo de geófono, con el cual el operario podría saber en sus visitas domiciliarias, si en la vivienda en la cual se encontraba haciendo el monitoreo técnico, contaba con fugas imperceptibles, que hacían que elevaran el consumo del usuario de forma involuntaria. Esta es la temática que encontraras en el desarrollo del contenido de este trabajo argumentando los procesos y la forma correcta de hacerlo para que funcionen, además de ello, se compartirá archivos multimedia en el que evidencia la información transmitida.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Justificación

Las empresas prestadoras de servicio de agua no tienen como único objetivo la captación de agua, sino también trabajar en su óptima distribución, teniendo en cuenta que esta es otra de las problemáticas que se presentan, debido a la gran cantidad de pérdidas que hay por no tener una medición en tiempo real de lo que está sucediendo, y pues como tenemos entendido, lo que no se mide no se controla, y al hacerlo manual e intuitivamente se generan muchas fallas y pérdidas imposibles de solucionar como de encontrar.

por tal motivo, su respectiva automatización, se convierte en una solución imprescindible para la PTAP (Planta de tratamiento de agua potable) de Villavicencio y el centro de CCM (Centro de control y monitoreo), para adelantar proyectos en la sectorización automatizada para la disminución rápida del índice de pérdidas de la Empresa de acueducto y alcantarillado de Villavicencio (EAAV), aprovechando el auge social y empresarial de estas tecnologías emergentes que nos ayudan a solucionar problemáticas de una forma más efectiva que antes no teníamos o pensábamos que podíamos realizar, requiriendo así el apoyo de profesionales en el tema, que ayuden a implementar, controlar, y mantener en disponibilidad el sistema automatizado en su totalidad.

Objetivos

Objetivo general

Apoyar en la implementación de la automatización para el control de pérdidas de agua en las redes de distribución de la EAAV-ESP, desde el centro de control y monitoreo (CCM).

Objetivos específicos

- Efectuar el seguimiento al centro de monitoreo sobre la activación de alarmas del sistema de control SCADA y apoya en la asistencia técnica en todas las estaciones de macromedición pertenecientes a la sectorización hidráulica de la EAAV-ESP.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



- Apoyar en la instalación y configuración de los caudalímetros electromagnéticos SITRANS MAG 8000 marca SIEMENS.
- Prestar la asistencia técnica requerida para el mantenimiento preventivo o correctivo a la instrumentación de las estaciones de macromedición (caudalímetros, sensores de presión, etc.) junto a las estaciones pertenecientes a la sectorización hidráulica de la EAAV-ESP.
- Apoyar en la instalación y configuración de los Datalogger GSM autónomo NEMOS N200+ marca MICROCOM.

Reseña histórica de la empresa

Las Empresas Públicas de Villavicencio se crean mediante Acuerdo No. 028 de 1963 como establecimiento público y autónomo, encargado de la dirección, administración y prestación de los servicios Municipales de Energía Eléctrica, Teléfono, Acueducto, Alcantarillado, Plazas de Mercado, Matadero y Aseo.

Paulatinamente se fueron retirando actividades hasta llegar actualmente a prestar los servicios de Acueducto y Alcantarillado.

Mediante Acuerdo número 032 de 21 de mayo de 1995, de fecha 21 de mayo expedido por el Honorable Consejo Municipal de Villavicencio, se transformó el establecimiento público denominado Empresas Públicas de Villavicencio E.P.V, en una Empresa Industrial y Comercial del Estado, denominada Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV, 2019)

Desde aquel momento la E.A.A.V E.S. P tiene como objeto básico la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto alcantarillado, y lo desarrolla de acuerdo con los postulados establecidos por la ley 142 de 1994, ley que rige todos los actos de la empresa. (EAAV, 1995)

Villavicencio es la capital del Departamento del Meta. Su localización es estratégica en la geopolítica nacional. Como puerto terrestre y aéreo, la ciudad comunica a los Llanos Orientales y



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE

¡Seguimos avanzando!



la Orinoquía con la capital Bogotá y el resto de la nación. En esta ciudad convergen la carretera marginal de la selva y la autopista a Bogotá, esta última en construcción desde 1995. Estas vías conectan, por una parte, a Venezuela con el Ecuador, desde la ciudad de Arauca, a través de una vasta región del piedemonte llanero de la cordillera oriental y, por otra, a Villavicencio y los Llanos con la capital del país.

La localización estratégica del municipio en el piedemonte, con acceso privilegiado a los recursos naturales y económicos de la región de los Llanos Orientales y simultáneamente a las facilidades que brinda la capital del país, además de una fuerte interacción con los municipios cercanos ha estimulado un proceso significativo de crecimiento y aumento de su primacía regional y nacional.

Esta empresa abastece con agua potable a gran parte de los villavicensenses, abarcando aproximadamente 144.200 usuarios. La empresa presta los servicios de acueducto y alcantarillado desde ya hace más de 45 años (1972), en el transcurso de este tiempo ha ido adquiriendo experiencia y preocupándose siempre por mejorar la calidad de prestación del servicio, por lo cual se han hecho concurridas inversiones, a lo largo de su creación como empresa de servicios públicos, la cual sigue en crecimiento, y preocupándose por mejorar en los ámbitos sociales, empresariales con el fin de prestar un servicio óptimo a la comunidad. Gran parte del dinero invertido durante todos estos años ha sido dirigido hacia la planta de tratamiento de agua potable y alcantarillado LA ESMERALDA, en la cual ocurre todo el proceso a la cual es sometida el agua cruda o natural, antes de su previa distribución a los usuarios beneficiados del servicio y sistema hidráulico creado para llevarla a cualquier lugar donde sea solicitada. debido a su crecimiento poblacional y su demanda de agua se ha llevado a la planta de tratamiento de agua a aumentar su capacidad de agua tratada por segundo y la disminución de pérdidas del agua suministrada a la población, por tal motivo, se inició el proceso de automatización y modernización de la planta de agua de tratamiento de agua potable (PTAP), por tal motivo se adecuaron más puntos estratégicos de la obtención de esta sustancia tan preciada como lo es el agua. (Semana, 2019).



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



1 Marco teórico

El agua es una fuente natural de vida, que en muchas ocasiones tendemos a contaminarla, por tal motivo, de esa misma manera, debemos por obligación volverla a su estado inicial y no alterar los procesos lógicos de un ecosistema, tener un buen elemento de vida y de buena calidad como lo debe ser el agua.

Dado que la principal área de un sistema de acueducto es su planta de tratamiento de agua potable (PTAP), al papel tan importante que cumple que es pasar el agua por un proceso electrónico mecánico y químico, con el cual se logra reestablecer el agua a su estado de paz, donde se convierte saludable y una sustancia que no va alterar el funcionamiento del medio ambiente, pero no podemos dejar a un lado, esta tan importante área, como lo es la oficina de pérdidas, la cual se encarga de mantener un óptimo flujo del agua, teniendo la relación salida entrada de agua en el mejor punto, manteniendo los elementos que conforman este sistema, en perfecto estado para que no haya perdida por funcionamiento o físicas, y del mismo modo, ayudar con la parte comercial, ya que si se encuentra descalibración o en mal funcionamiento los equipos que se encargan de medir, no existiría una concordancia efectiva con lo real y existirían pérdidas económicas para la empresa.

Para poder acoplar nuestras plantas de tratamiento en nuestras áreas locales a la actualidad, es decir, crear un sistema de automatización y articularlo, necesitaremos personal profesional, y varios elementos tecnológicos, tales como controladores lógicos programables (PLC), variadores de frecuencia, sensores programables, paneles de control, contactores, motores.

1.1 Controlador Compact Logix 5330

El controlador Compact Logix 5380, el cual se muestra en la Figura 1; este elemento cumple con todos los requerimientos que se necesitan para el desarrollo del proyecto, ya que cuenta con características tales como:



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



- Los puertos Ethernet integrados de doble Gb permiten E / S de alto rendimiento y control de movimiento.
- Movimiento integrado en Ethernet / IP TM hasta 32 ejes.
- El puerto configurable dual admite anillo de nivel de dispositivo / lineal, topologías o múltiples direcciones IP.
- Admite hasta 31 módulos de E / S Compact 5000 locales.
- El firmware del controlador firmado digitalmente proporciona una capa adicional de seguridad.
- Detección y registro de cambios basados en el controlador, habilitar seguridad adicional.
- Control de acceso basado en roles a rutinas e instrucciones complementarias.
- Capacidad para habilitar y deshabilitar todos los puertos integrados.
- La pantalla proporciona diagnósticos mejorados y resolución de problemas.
- El puerto USB admite programación local, resolución de problemas y actualizaciones.
- Aproveche el mismo código de grande a pequeño, sistemas con Studio 5000.

Todas estas cualidades hacen perfectas estas herramientas para utilizarlas en el centro de control de la automatización del área de distribución hidráulica de la planta. En el tablero de control se hizo un montaje de dos PLC 5380 funcionando en paralelo y supervisados por un controlador lógico programable Micro820 el cual lo podemos ver en la Figura 2, es decir, que si el PLC principal de control falla, el mismo PLC micro820 se encarga de hacer cambio respectivo para que la disponibilidad sea continua y no haya paros por fallas en el sistema de control. (Allen Bradley , 2013).



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Figura 1

Controlador lógico programable Compact Logix 5380.



Fuente: Por INFOPLC,2022 tomada de página web

https://www.infoplcn.net/media/k2/items/cache/96dff0f474abf61f046f7c2aa340e737_XL.jpg

Figura 2

Montaje PCL 5380 con el microcontrolador Micro820.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, Montaje realizado en el tablero de control, programación del controlador 5380 como maestro, actuando en paralelo con el microcontrolador micro820, el cual funciona como swicheo en caso de falla.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Una de las formas de generar esa conexión humano-máquina, es a través de la interfaz de usuario o de las computadoras, con la cual podemos controlar los diferentes dispositivos programables que tengamos a nuestra disposición, manejo de controles ON-OFF e inteligentes, por decirlo mejor, es parte importante en nuestro proceso de automatización.

En la Figura 3, vemos los controladores lógicos programables ubicados en la parte izquierda del cubículo de organización, con sus respectivos contactores y cableado, por otro lado, en la parte derecha se observan los servidores ubicados debidamente para su funcionamiento, este elemento se ubica en el centro de control y monitoreo (CCM), y desde allí se mantiene en continua observación.

Figura 3

Centro de procesamiento de datos.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, en estos cubículos van ubicados los elementos como lo son los servidores y controladores lógicos programables y se encuentra en el CCM de la EAAV.

1.2 Contactores

En forma sencilla, un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia. La utilización



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



de este elemento es alta y es de suma importancia para cualquier proceso industrial automatizado que necesitemos.

1.2.1 ¿Para qué sirve un contactor?

Sus principales aplicaciones están en el arranque y control de motores eléctricos, la energización de cargas resistivas, banco de capacitores, sistemas de iluminación, entre otras.

El contactor es el elemento más utilizado en la maniobra de motores y otros aparatos de potencia. En el mercado encontramos varios tipos de contactores, entre los cuales podemos nombrar algunos (Electricasas, s.f.):

- Contactores electromagnéticos. Su accionamiento se realiza a través de un electroimán.
- Contactores neumáticos. Se accionan mediante la presión de un gas.
- Contactores hidráulicos. Se accionan por la presión de un líquido.

1.2.2 Constitución de un Contactor Electromagnético

Un contactor electromagnético está constituido de las siguientes partes:

- Contactos principales. Son los destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia. Están abiertos en reposo.
- Contactos auxiliares. Son los encargados de abrir y cerrar el circuito de mando. Están acoplados mecánicamente a los contactos principales y pueden ser abiertos o cerrados.
- Bobina. Elemento que produce una fuerza de atracción (FA) al ser atravesado por una corriente eléctrica. Su tensión de alimentación puede ser de 12, 24 y 220V de corriente alterna, siendo la de 220V la más usual.
- Armadura. Parte móvil del contactor. Desplaza los contactos principales y auxiliares por la acción (FA) de la bobina.
- Núcleo. Parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

- Resorte. Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez cesa la fuerza FA. (Electricasas, 2020).

Figura 4
Contactor.



Fuente: Autor Juan Porras Medina, 2013, automatismo e introducción al contactor.

1.2.3 Contactores neumáticos

El contactor neumático se compone de:

- Cámara de conexiones (parte eléctrica)
- Cilindro de simple efecto (parte neumática)
- Embolo de mando

Las señales que se producen provienen de mandos neumáticos que puedes usarse para accionar directamente el contactor. Estos elementos se pueden utilizar directamente al mando neumático.

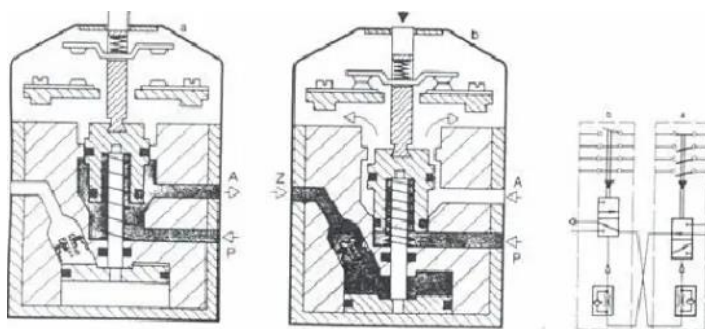
Estos elementos se utilizan principalmente para el accionamiento de elementos eléctricos (electro válvulas, acoplamientos electromagnéticos), vigilar neumáticamente pieza en la fabricación, desconectar motores de accionamiento (detector de paso y detector de aproximación).

Funcionamiento:

- Cuando la entrada Z aparece una presión de mando (150-800 KPa/1.5-8bar), de aire comprimido actúa sobre el cilindro de simple efecto.
- En la cámara de conexiones se cierran los contactos. Para el bloqueo del otro contacto, el embolo se desplaza para cerrar el paso de aire del punto P al punto A.
- Al disminuir la presión en el punto Z, el cilindro de simple efecto abre sus contactores y los dispone otra vez de paso de P hacia A (SCRIBD, 2018).

Figura 5

Contactor neumático.



Fuente: Sapiensman, 2018, figura tomada de la página web sapiensman.com.

1.2.4 Contactores hidráulicos

Son equivalentes a interruptores controlados a distancia por señales que proporciona un autómata, estos suelen considerar los diferentes estados comúnmente utilizados como lo son, abiertos o cerrados (según sea la necesidad que tenemos que resolver), a menos que el autómata envíe una orden diferente (Maquez, 2018).

Figura 6

Contadores hidráulicos.



Fuente: Autor Sapiensman, 2018, figura tomada de la página web sapiensman.com.

1.3 Algunas plantas representativas

Las plantas de tratamiento en el mundo han optado por dar un siguiente paso y pasar al mundo de la automatización industrial, un ejemplo de estas empresas que han optado por volver sus plantas completamente automáticas es la empresa uruguaya Seinco, donde desarrollan diseños, construcción, operación y optimización de sistemas de agua potable. Quienes han desarrollado proyectos con varias PTAPS automatizadas, como, por ejemplo:

1.3.1 PTAP Alur de Uruguay

la PTAP – FFRP 100, planta potabilizadora para ANCAP Paysandú, Paysandú Uruguay. Se trata de una planta por floto-filtración, realizada con placas PRFV (poliéster reforzado con fibra de vidrio) y con accesorios en acero inoxidable. El suministro incluyó el kit de saturación y lavado, el kit de dosificación de productos químicos, el kit de dosificación de alcalinizante, elementos de interconexión y válvulas, medidor de turbiedad y el sistema de tratamiento de lodos.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 7

PTAP Alur, Uruguay.



Fuente: Autor Alur, 2020, toma aérea de la PTAP Alur de Uruguay.

1.3.2 PTAP-FFRP 120 en São Paulo, Brasil

Otra planta instalada por ellos fue la PTAP-FFRP 120 en São Paulo, Brasil. Con la diferencia de la anterior que esta es modular, cabe resaltar que una planta de tratamiento modular, es la que implica procesos de coagulación, floculación, centrifugación, ultrafiltración y sorción. Esta estación de tratamiento de agua fue instalada a partir de módulos con capacidad de 120 m³/h instalándose en una primera etapa 3 módulos, logrando una capacidad de producción de 360 m³/h. Dos años después, la incorporación de un 4º módulo permitió la ampliación a la capacidad de producción actual (480 m³/h) logrando abastecer a toda la localidad.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 8

PTAP-FFRP 120 en São Paulo, Brasil.



Fuente: Autor FFRP, 2020, toma de la PTAP FFRP de Sao Pablo, Brasil.

1.3.3 PTAP Aquagreen

Aquagreen, una empresa colombiana, también cuenta con plantas de tratamiento de agua potable, totalmente automatizadas, que están basadas en procesos biológicos y/o fisicoquímicos comprobados, operados según el nivel de automatización electrónica requerido por el cliente y cumpliendo con la normatividad específica según el sector. Estas incluyen procesos y operaciones unitarias de desarenado, oxidación de metales pesados y sustancias de interés sanitario, coagulación, floculación, sedimentación, filtración fina (lechos mixtos), desinfección (ozonización–ultravioleta–hipoclorito sodio).



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 9
PTAP Aquagreen.



Fuente: Autor Aquagreen, 2020, toma de la PTAP Aquagreen.

Transcurridos 42 años de construida, la Planta de Tratamiento de Agua Potable de La Esmeralda (PTAP) está siendo modernizada. En diciembre de 2018 se iniciaron las obras que la convertirán en una de las plantas más modernas de América Latina. La inversión destinada a este proyecto fue de 44.300 millones de pesos distribuidos así, 30.000 millones aportados por el Ministerio de Vivienda y 14.300 millones por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV) (Semana,2019).

Con la modernización de la PTAP la capacidad de tratamiento pasará de 1.600 a 2.000 litros por segundo. Además, se están instalando equipos para optimizar y automatizar el tratamiento de agua que llega con altos niveles de turbiedad e ir mejorando las redes de captación de agua de la quebrada La Honda y de las estaciones de bombeo de Bavaria y Puente Abadía, que se abastecen del río Guatiquía (Semana, 2019). De la misma manera, con la implementación del sistema de



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



distribución de agua automatizado, se espera disminuir pérdidas de aguas, lograr abastecer de una forma uniforme y equitativa a todas las personas de la ciudad, previamente clasificadas por sectores y poder proteger los recursos tanto naturales como monetarios en la empresa, ya que todo se podrá medir y controlar. A continuación, en la Figura 10 se mostrará el sistema SCADA para supervisión de todo el proceso, es decir, se tiene la medición en tiempo real de variables tales como, presión, caudal, altura sobre el nivel del mar, y warnings o fallas que se presenten en campo, aquí observamos el centro de control, lugar al cual llegan toda la información concerniente a lo que está sucediendo en campo en tiempo real.

Figura 10

SCADA del centro de control y monitoreo.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, CCM EAAV.

Para lograr hacer el control adecuado y respectiva supervisión, se dividió a Villavicencio en 15 sectores, esto con el fin de organizar la información y solucionar problemas de una forma más enfocada y rápida.



SC-CER96940

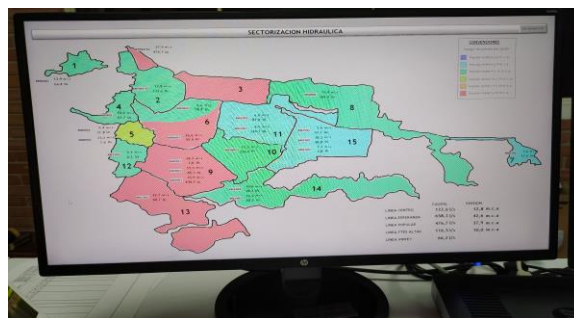


“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Figura 11

Mapa sectorización hidráulica de Villavicencio.

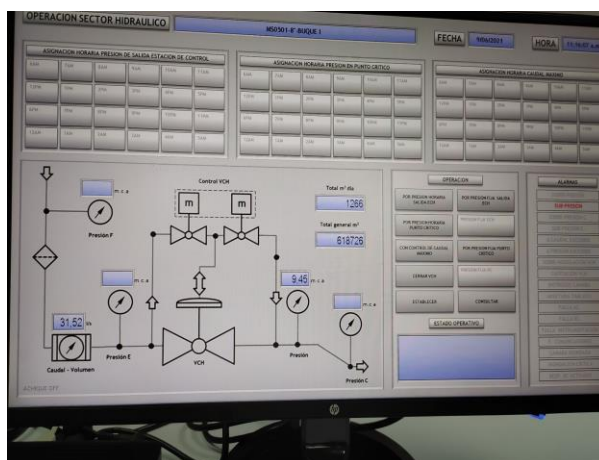


Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, sectorización hidráulica de Villavicencio en 15 sectores.

Ya luego por sectores, tenemos el plano concerniente a cada lugar, es decir, su respectivo diagrama P & IDs correspondientes.

Figura 12

Diagrama P&iD sector hidráulico.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, Diagrama P&iD utilizado en cada una de las estaciones subsectorizadas.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Aquí en la Figura 13, tenemos la planta de tratamiento de Villavicencio vista desde el cielo, se observa su amplio territorio y toda su funcionalidad.

Figura 13

PTAP de Villavicencio, La Esmeralda. Toma aérea satélite.



Fuente: Autor revista Semana, 2008, foto área de la PTAP localizada en Villavicencio.

1.4 Centro de monitoreo CCM

El centro de monitoreo es un área ubicada en la empresa de acueducto y alcantarillado de Villavicencio, lugar en el cual se centra la vigilancia del buen funcionamiento de los datos.

Allí se cuenta con el SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) (Control de supervisión y Adquisición de Datos) el cual cuenta con 4 pantallas led interconectadas en las cuales dos de ellas nos muestran los datos en tiempo real y van almacenando la información, para luego ser mostradas de forma ordenada en tablas de Excel preprogramadas como macros, allí podemos ver datos tales como, presión, volumen, caudal; aquellas pantallas las podemos ver en la figura 14.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

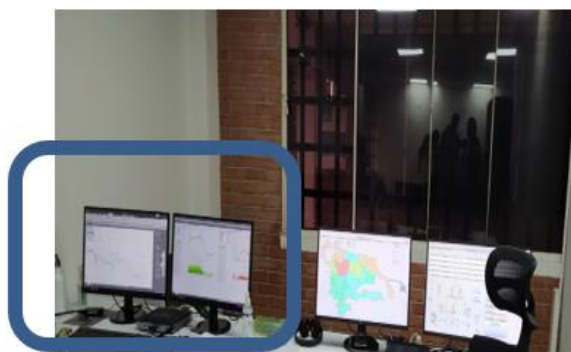


ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 14

Pantallas de información en tiempo real CCM.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, ubicada en el CCM del EAAV.

De allí se tomaban los datos en tiempo real de lo que estaba sucediendo en la ciudad, y se tomaba un reporte diario de los valores de presión y caudal por sector y por estación, para luego subirlos a una base de datos en un DRIVE, esto con el fin de mantener la información actualizada para todo el personal y tener soporte de las variables a la hora de hacer análisis de mejoramiento técnico o comercial.

Figura 15

Forma en la cual se extraen los datos.

SECTOR	
Esperanza II	Selección del sector del cual desea obtener información
Esperanza III	
El estero I	
El estero II	
Olimpico I	
Olimpico II	
Guayuriba	
FECHA INICIO	
2019-11-24	Fecha de inicio del periodo de interes
FECHA CORTE	
2019-11-29	Fecha de corte del periodo de interes
VARIABLE	
CAUDAL	
CONSULTAR	
Boton para iniciar la consulta	

Fuente: Autor EAAV, 2002, Captura de pantalla tomada del informe automatización.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
 www.unipamplona.edu.co



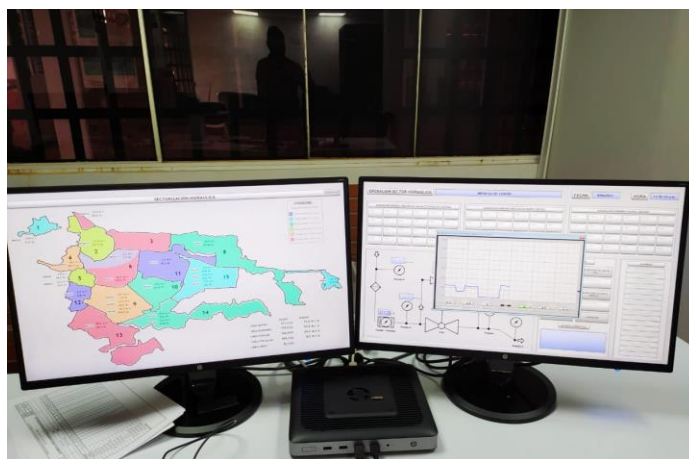
ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



A la derecha se encuentran los otros dos monitores en el cual se ve de primera mano lo que está sucediendo de forma gráfica; como se mostrara a continuación en la Figura 16.

Figura 16

Mapa dividido en los 15 sectores y diagrama P&ID tiempo real.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, monitores del sistema SCADA del CCM.

Como vemos en la figura 17 se muestra en el monitor de la parte izquierda, el mapa de la ciudad de Villavicencio, dividido por sectores, cada sector cumpliendo con el tamaño por norma y abarcando el número de usuarios que solicita la ley, motivo por el cual algunos se ven más grandes que otros; el color, otro factor diferenciador, nos indica, ópticamente como se encuentra el sector de presión, cabe aclarar que cada sector no necesita de la misma influencia física, por tal motivo los valores eran diferentes, de tal manera que cada sector está programado para que cuando su funcionamiento sea optimo, tome una coloración como verdosa indicando que todo está bien , como por el ejemplo, el sector 2 (popular) necesitaba un valor entre 64 y 98 m.c.a , por tal motivo cuando se encontrara en este rango el sector 2 (popular) se pintaría de verde.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



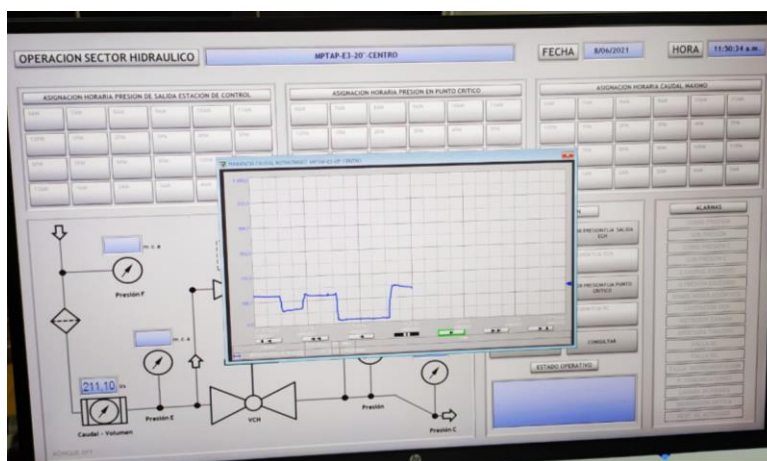
ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



A la derecha tenemos nuestro último monitor, el cual se encarga demostrarnos el diagrama P&ID que tenemos configurado en cada estación, en la pantalla tocaremos en algún manómetro y haremos un zoom para se vea de la mejor manera.

Figura 17

Monitor que muestra el diagrama P&ID.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, monitor con curvas de sector hidráulico, ubicado en el CCM de la EAAV.

Como vemos en la figura 17, tenemos abierto uno de los sensores por lo cual se abre una ventana en el escritorio y nos muestra el comportamiento en el tiempo de dicha variable, ya sea de presión o de caudal.

Al lateral derecho del monitor, se encuentran estipuladas una variedad de cuadros en forma de escalera, los cuales en cada de uno de ellos, hay escrito un posible warnings, que podemos llegar a tener en la comunicación, estos cuadritos se colocan en rojo dependiendo de cual este fallando, indicando que no hay flujo de información en la red y hay que hacerle el respectivo mantenimiento correctivo, por nombrar algunos de ellos, existe el de apertura de tablero, falla AC, falla DC, subpresión, sobrepresión y fallo en instrumentación.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Figura 18

Pantallazo de la sección de alarmas.

ALARMAS	
1	SOBRE-PRESIÓN
2	SUB-PRESIÓN
3	SOBRE-PRESIÓN C.
4	SUB-PRESIÓN C.
5	Δ CAUDAL EXCEDIDO
6	Δ PRESIÓN EXCEDIDO
7	SOBRE-MODULACIÓN VCH
8	CAVITACIÓN VCH
9	INTRUSOS CAMARA
10	APERTURA TABLERO
11	FALLA AC.
12	FALLA DC.
13	FALLA INSTRUMENTACIÓN
14	F. COMUNICACIONES
15	CAMARA INUNDADA
16	INUNDACION CRITICA
17	RESP. DC ACTIVADO

Fuente: Autor EAAV, 2002, Captura de pantalla tomada del informe automatización.

A continuación, comentaremos un poco a que hace referencia cada alarma configurada en la pantalla de interfaz:

- **Sobrepresión (1):** Esta alarma se activa cuando la medición en la presión de salida excede los 100 m.c.a.
- **Sub-Presión (2):** Esta alarma se activa cuando la medición en la presión de salida se encuentra por debajo de los 9 m.c.a.
- **Intrusos cámara (9):** Esta alarma se activa cuando el sensor de movimiento infrarrojo detecta el ingreso por el acceso a la cámara.
- **Apertura tablero (10):** Se activa cuando el sensor de movimiento infrarrojo detecta el movimiento de apertura de la tapa de la RTU (unidad terminal remota).



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



- **Falla AC (11):** Se activa cuando se detecta un corte o insuficiencia de fluido eléctrico desde el medidor de electricidad de la cámara.
- **Falla DC (12):** Se activa cuando el voltaje DC en el interior de la RTU es inferior a 21.5 VDC.
- **Falla instrumentación (13):** Se activa tanto cuando no existe comunicación con el medidor de caudal y/o no existe comunicación con el sensor de presión.
- **Falla comunicaciones (14):** Se activa cuando se realiza un determinado número de intentos y no es posible establecer comunicación con la estación.
- **Cámara inundada (15):** Se activa cuando el flotador de nivel bajo se activa debido al aumento del nivel del agua dentro de la cámara.
- **Inundación crítica (16):** Se activa cuando el flotador de nivel medio se activa debido al aumento del nivel del agua dentro de la cámara.
- **Respaldo DC activado (17):** Se activa cuando entran en funcionamiento las baterías.

Lo importante de este monitor es ver gráficamente el comportamiento de cada uno de nuestros elementos en campo en tiempo real, y que del mismo modo podamos dividirlos por las zonas horarias que se deseen ver, es decir, si queremos visualizar ciclos por días , por semanas , por meses e incluso por años, dándonos una data bastante completa de información que nos da un lineamiento y una observación de datos masiva, para en función de ello lograr los pilares que queremos reconstruir par que el buen funcionamiento de la prestación y distribución de este servicio público no lo es el agua.

En este caso ya vimos el sector de los monitores, pero por el otro lado tenemos la parte de comunicación y ubicación de los servidores, pero para entrar un poco en el tema, primero conoceremos como están distribuidos los elementos en el CCM a través del siguiente plano.



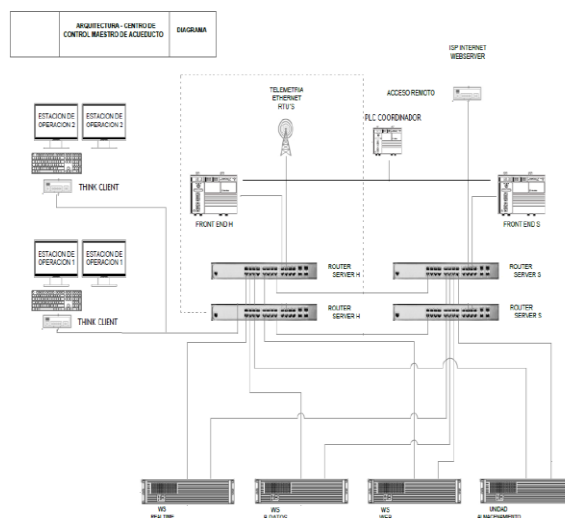
SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

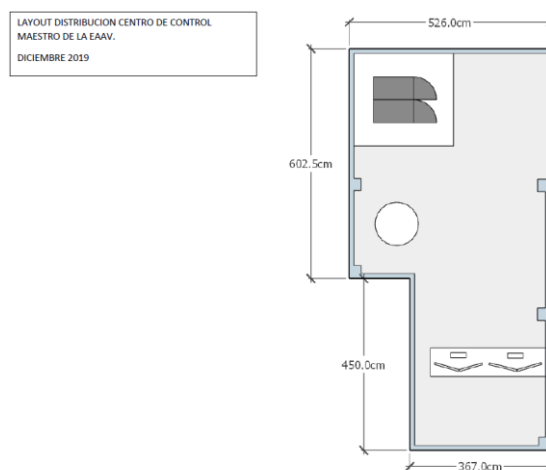
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Figura 19
Arquitectura del CCM.



Fuente: Autor EAAV,2002, Captura de pantalla tomada del informe automatización de la EAAV.

Figura 20
Distribución espacial del CCM.

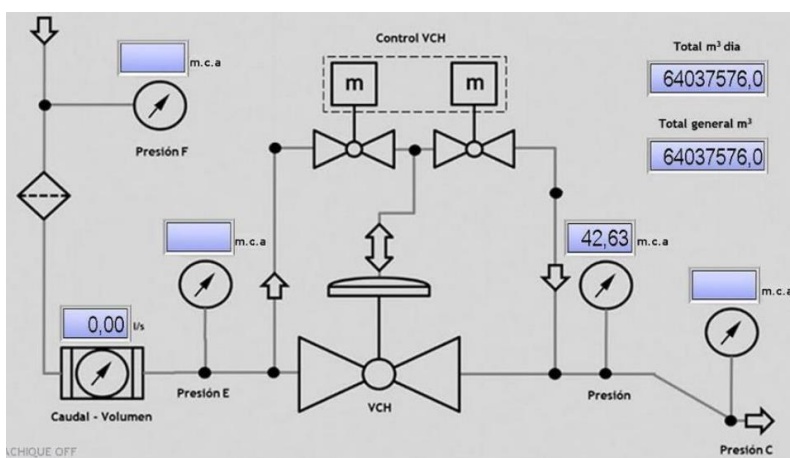


Fuente: Autor EAAV,2002, Captura de pantalla tomada del informe automatización de la EAAV.

Un diagrama P&ID es un bosquejo en el cual mostramos las conexiones de tuberías y los componentes relacionados con el flujo de un sistema o proceso físico, es muy utilizado en el mundo de la ingeniería ya que conecta la información que quiere pasar un diseñador a otro, siguiendo unas normativas de uso para mantener su coherencia en la información, por tal fue de importancia tener estos monitores a disposición, indicándonos donde teníamos el problema y donde debíamos ir a solucionar el percance.

Figura 21

Diagrama P&ID con totalizadores.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, Captura de pantalla del monitor del CCM de la EAVV.

1.5 Elementos técnicos del centro de control y monitoreo

1.5.1 HPE ProLiant DL360 Gen10 Server

El servidor DL360 Gen10 de HPE ProLiant es compatible con la familia del Procesador escalable Intel Xeon con hasta 28 núcleos, además de admitir hasta 3,0 TB máx. de 2666 MT/s HPE DDR4 ProLiant. Con el rendimiento adicional que aporta 12 NVDIMMs y NVMe 10, el Gen10 de HPE ProLiant DL360 es sinónimo de negocio. Implemente esta plataforma de gran densidad para diversas cargas de trabajo en entornos de espacio limitado y manténgala con facilidad



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



mediante la automatización de las tareas de gestión del ciclo de vida del servidor más esenciales con HPE OneView y 5 HPE iLO. El DL360 Gen10 potente de 2P HPE ProLiant redefine el cálculo denso brindando seguridad, agilidad, y las empresas con una capacidad de expansión incomparable quieren que todos estén comprimidos en un denso diseño de bastidor 1U (EAAV,2019).

Figura 22
servidor DL360 Gen10 de HPE ProLiant.



Fuente: Autor EAAV,2002, captura de pantalla tomada del informe automatización de la EAAV.

1.5.2 Enrutadores RB3011UiAS-RM

El RB3011 es un nuevo dispositivo multipuerto, el primero en ejecutar una CPU de arquitectura ARM para un rendimiento más alto que nunca. El RB3011 tiene diez puertos Gigabit divididos en dos grupos de conmutadores, una caja SFP y por primera vez un puerto USB 3.0 SuperSpeed de tamaño completo, para agregar almacenamiento o un módem externo 3G / 4G.

La unidad RB3011UiAS-RM viene con un gabinete de montaje en rack de 1U, un panel LCD de pantalla táctil, un puerto de consola serie y funcionalidad de salida PoE en el último puerto Ethernet.

Dentro de los detalles principales podemos destacar para este producto RB3011UiAS-RM, arquitectura ARM 32bit, UPC IPQ-8064, recuento de núcleos de CPU 2, frecuencia nominal de la CPU 1.4 GHz, dimensiones 443x92x44mm, nivel de licencia 5, sistema operativo RouterOS,



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



tamaño de la memoria RAM 1 GB, tamaño de almacenamiento 128 MB, tipo de almacenamiento NAND, temperatura ambiente probada -20 ° C a 70 ° C (EAAV,2019).

Figura 23
Enrutador.



Fuente: Autor EAAV, 2002, captura de pantalla tomada del informe automatización de la EAAV.

1.5.3 Fuente de alimentación conmutada TRIO-PS-2G-1AC-24DC/10

La nueva generación de fuentes de alimentación TRIO POWER de Phoenix Contact está especialmente diseñada para su uso en la construcción de maquinaria. Todas las funciones y el diseño que ahorra espacio se adaptan a los altos requisitos en este campo. Las fuentes de alimentación cuentan con un diseño eléctrico y mecánico robusto que garantiza el suministro confiable de todas las cargas, incluso en condiciones ambientales adversas. Para una alta disponibilidad de todas las máquinas y sistemas, estas nuevas unidades de fuente de alimentación Trio ofrecen un aumento de potencia dinámico, que inicia incluso las cargas difíciles con el 150 por ciento de la corriente nominal durante cinco segundos (EAAV,2019).

Figura 24
Fuente de alimentación conmutada.



Fuente: Autor EAAV,2002, captura de pantalla tomada del informe automatización.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



1.5.4 Monitores HP N246v 23.8-inch Monitor

Esta herramienta tecnológica se utilizó para la visualización de las respectivas gráficas y mapas de monitoreo creadas de la ciudad, en total existen 4 pantallas acomodadas en serie, lo cual la primera nos muestra nuestra data o base de datos, junto con la segunda y la tercera. Por último, la cuarta pantalla encargada y enfocada al sistema P&ID, visualización de warnings y el estado de las variables de la ciudad en tiempo real (EAAV,2019).

Figura 25

Monitores hp N246v.



Fuente: Autor EAAV,2002, captura de pantalla tomada del informe automatización de la EAAV.

1.5.5 RackStation RS816

Synology RackStation RS816 es un NAS (almacenamiento conectado en red) de montaje en bastidor compacto y escalable con 4 bahías con un rendimiento extraordinario que proporciona una completa solución de almacenamiento a nivel de bastidor para que cualquier empresa en expansión gestione, comparta y sincronice los datos de forma efectiva. Es posible ampliar



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



fácilmente su capacidad de almacenamiento con hasta 8 unidades, lo que reduce al mínimo el tiempo invertido en configuración y mantenimiento. Synology RS816 está cubierto por la garantía limitada de 3 años de Synology, lo cual lo hace un excelente elemento para lo que se quiere construir.

Figura 26
NAS RackStation RS816.



Fuente: Autor EAAV, 2002, captura de pantalla tomada del informe automatización.

1.5.6 Protección LAN

Protección contra sobretensiones según clase EA (CAT6A), para Gigabit Ethernet (hasta 10 Gbps), token ring, FDDI / CDDI, ISDN y DS1. Adecuado para Power over Ethernet (PoE +) “Modo A” y “Modo B”. Enchufe de conexión RJ45 con cable de puesta a tierra independiente y pie de conexión a tierra para raíles DIN NS 35 (EAAV,2019).



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 27

Surge protección device - DT-LAN-CAT.5.



Fuente: Autor EAAV,2002, captura de pantalla tomada del informe automatización.

1.5.7 Rack GF-2398

El Gabinete de Piso para servidores y cableados estructurados de alta densidad, brinda una extracción rápida del calor generado por los equipos, aprovechando el intercambio de aire frío que ingresa desde la puerta frontal del gabinete y desde las ventilas laterales de la unidad.

Ideal para equipos con profundidades hasta de 91 cm (35,8 in) como Servidores y UPS Rackeables que por la densidad instalada de estos equipos se requiere expulsar rápidamente el calor generado por los mismos. El panel posterior es removible por medio de cierre de 1/4 de vuelta lo que facilita el montaje y revisiones en espacios reducidos, cuenta con 3 bloques de micro perforaciones hexagonales al 60 % para facilitar la salida de aire desde la parte posterior de la unidad y 30 Ventilass en la parte inferior que permiten el ingreso de aire fresco por convección. La puerta frontal curva está construida en un marco metálico con micro perforaciones hexagonales al 80% que permiten el



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



ingreso de grandes volúmenes de aire frío, cuenta con cerradura de seguridad que restringe el acceso de personal no autorizado. Las tapas laterales son desmontables por medio de cierre de 1/4 de vuelta para facilitar la instalación de equipos de manera práctica y segura, en la parte inferior de cada panel están provistas 42 ventilas que permiten el ingreso de aire frío por convección. El techo cuenta con ranuras que permiten la instalación de 6 unidades de ventilación adicionales y agujeros para permitir el ingreso de cables, la base cuenta con paneles 3 paneles removibles para permitir el acceso de cables en el caso de que el cableado se administre por medio de piso falso. 4 parales de montaje dispuestos sobre un sistema de unidades rieles a cada uno de sus lados los cuales permiten un ajuste preciso de los equipos hasta una profundidad máxima entre los parales frontales y posteriores de 870 mm (34 in). Todos marcados bajo el estándar EIA-310D y con perforaciones cuadradas para uso con tuerca tipo Push. El sistema de rieles está soldado a la unidad lo que brinda excelente resistencia y estabilidad al gabinete. La capacidad de carga estática es de 997 kg (2,200 lbs) y de 200 kg (441 lbs) de carga dinámica. Ruedas instaladas que permiten movilizar el gabinete hasta el sitio que será instalado, cuenta con 4 niveladores que permiten compensar las variaciones en altura del piso y garantizar que todo el gabinete se encuentre estable. Cuenta con Cable equipotencial de conexión eléctrica en todas las superficies metálicas expuestas que transportan corriente, como protección contra descargas eléctricas residuales, además de barraje a tierra en barra de cobre de 1/8" x 1/2" para 6 conexiones con capacidad nominal de 85 amperios.

Construido en acero laminado en frío de diversos calibres y esquinas hexagonales de aluminio inyectado que brindan, gran apariencia además de evitar deformaciones en las esquinas por golpes accidentales en su montaje. Todo el conjunto es tratado en tanques especiales con procesos desengrasantes que garantizan su resistencia a la oxidación. Los acabados son en pintura de polvo electrostática horneada y fijada por paneles infrarrojos (EAAV,2019).



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Figura 28

Gabinete de piso para servidores y cableado estructurado GF-2398.



Fuente: Autor EAAV, 2002, captura de pantalla tomada del informe automatización.

2 Caudalímetros electromagnéticos SITRANS MAG 8000 marca SIEMENS.

El micromedidor MAG 8000 es un contador de agua con microprocesador, pantalla grafica que ofrece una vista en tiempo real de lo que está sucediendo y lo va enviando en forma de data. El transmisor guía el campo magnético hacia el sensor, el cual evalúa la señal del sensor y de este modo calcula el volumen de caudal en circulación. Además de esto, este dispositivo provee información garantizada del rendimiento e información que permite optimizar el suministro y la facturación del agua, viéndolo desde el ámbito comercial en un factor muy importante que hay que tener en cuenta.

Como primer plan piloto se comenzó por instalar el caudalímetro del sector 2, ubicación tomada para hacer la primera disposición del caudalímetro SITRANS MAG 8000.

Figura 29

Caudalímetro electromagnético SITRANS MAG 8000.



Fuente: Autor Siemens, 2002, captura de pantalla tomada del catálogo de SIEMENS en macromedidores.

2.1 Instalación del macro en la tubería de abastecimiento

Para la instalación del macro, lo primero que se debe hacer es una unión bridada, la cual consta de pernos, un ‘gasket’ entre la brida y las salidas del caudalímetro, con el fin de evitar fugas por la presión, ya que esta es una de las líneas de agua principal. A continuación, en la Figura 30, veremos las bridas y el macro listos para hacer la unión respectiva, en la parte inferior se encuentra el macro y el parte súper las bridas con sus tubos de salida.

Figura 30

Partes para la instalación del Macromedidor SITRANS MAG 8000.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, fotografía del macromedidor ubicado en el sector 2.

Al hacer la respectiva unión, tendría que quedarnos algo como de la siguiente forma, primero el macromedidor, luego el gasket, después la brida para colocar el tubo y por ultimo los pernos de seguridad, para luego proceder a hacer lo mismo de forma simétrica con el otro orificio del caudalímetro.

Figura 31

Unión bridada de un lado.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, fotografía del macromedidor ubicado en el sector 2.

Figura 32

Unión bridada de los dos lados.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, fotografía, unión bridada con el macromedidor ubicado en el sector 2.

Como la tubería madre de la línea es un poco más ancha, se hizo un ajuste de pulgadas con una unión tipo dresser la cual nos permite unir tuberías y eliminar vibraciones durante la conducción, además de eso son muy fáciles de utilizar y su ciclo es amplio como el de la tubería.

Figura 33

Unión dresser y reducción de 6 a 8 pulgadas.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, fotografía, unión dresser para inspeccionar el en CCM,

Luego de tener todos estos elementos en conjunto, procedemos a hacer la instalación en la tubería madre, para realizar posteriormente la programación de macromedidor y colocarlo en marcha. La reducción se utilizó debido a que el diámetro del caudalímetro era diferente al de la tubería madre.

Figura 34

Caudalímetro instalado en la línea de agua.



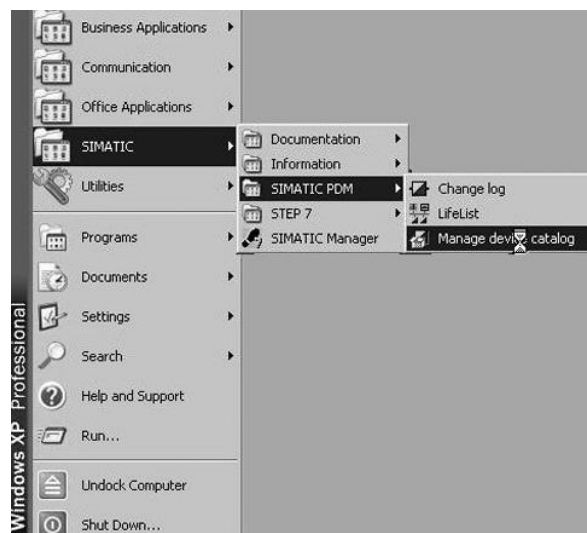
Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, fotografía, unión dresser para inspecciona el en CCM,

2.2 Programación y puesta en marcha

Luego de realizar esta instalación en la tubería madre, ya tenemos el caudalímetro listo para hacer sus respectivas mediciones. Cabe resaltar que existe diferentes soluciones de comunicación dentro de los cuales podemos contar con los siguientes módulos (Siemens, 2018). Para su puesta en marcha lo que realizaremos es una configuración con un paquete de software de PC, SIMATIC PDM, los cuales nos permiten, configurar, parametrizar, y colocar todo en funcionamiento para ello descargaremos el controlador más reciente el cual podemos descargar a través de la página oficial de siemens, [http://suppot.automation.siemens.com /WW/view/en/19701862/133100](http://suppot.automation.siemens.com/WW/view/en/19701862/133100), para hacer el procedimiento respectivo. Al instalar el software en la computadora vamos a buscar SIMATIC, luego en SIMATIC PDM y por último clic en manage device catalog como se muestra en la Figura 35.

Figura 35

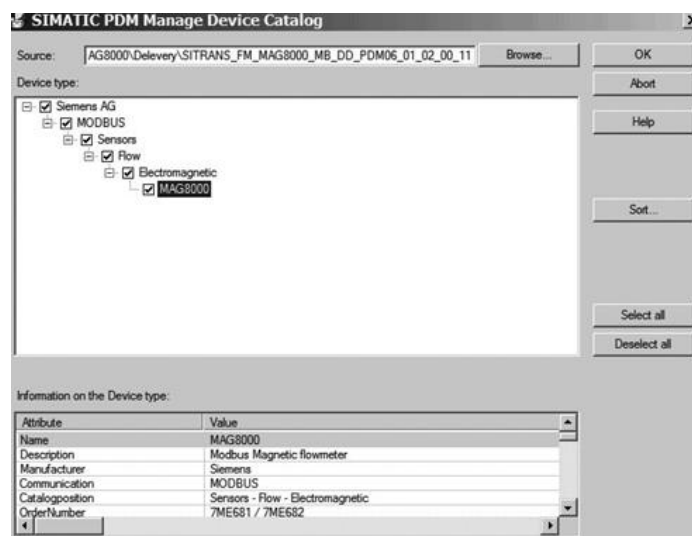
Puesta en servicio inicial.



Fuente: Autor Siemens, 2018, instrucciones de servicio SITRANS F.

Figura 36

Seleccionamos la referencia de nuestro macromedidor.



Fuente: Autor Siemens, 2018, instrucciones de servicio SITRANS F.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

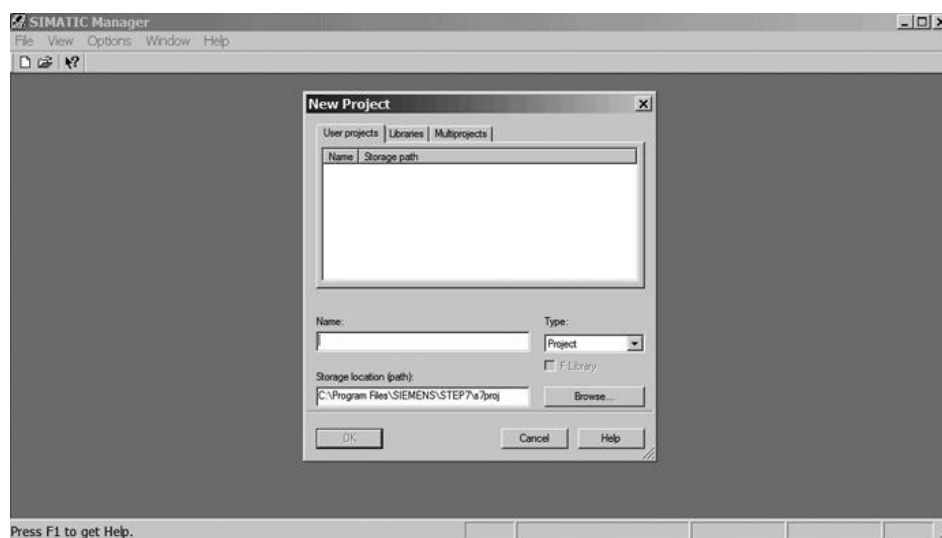


Para configurar el contador seguiremos los siguientes pasos a continuación:

1. Haga clic en archivo
2. Selecciones (nuevo)
3. Asigne un nombre de proyecto

Figura 37

Asignación de nuevo proyecto para comenzar.



Fuente: Autor Siemens, 2018, instrucciones de servicio SITRANS F.

4. En la vista de red de aparatos de procesos haga clic con el botón derecho en red y seleccione insertar nuevo objeto. Red MODBUS.
5. Haga clic en el botón derecho en 'red MODBUS' y seleccione propiedades de objeto...



SC-CER96940

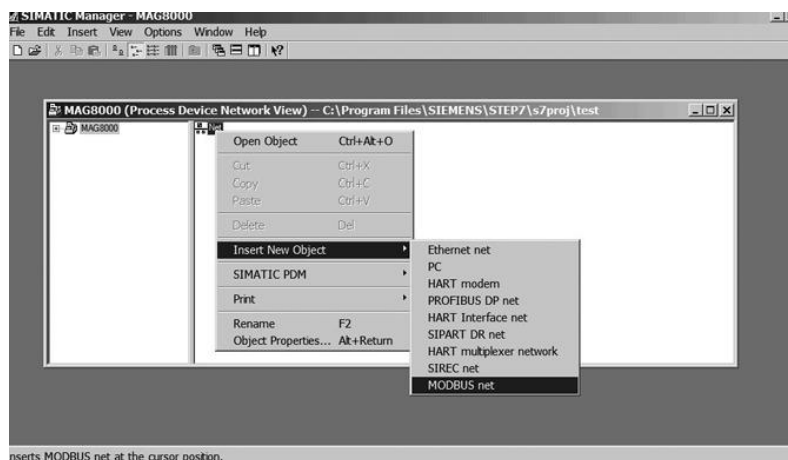


"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Figura 38

Insertamos un nuevo objeto y escogemos comunicación 'MODBUS net'.

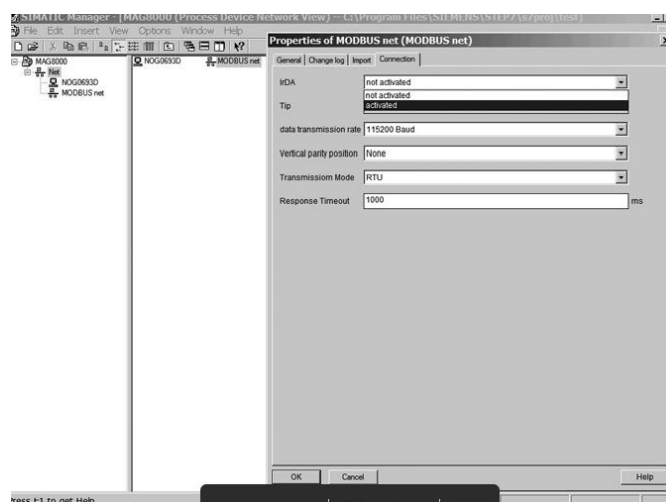


Fuente: Autor Siemens, 2018, instrucciones de servicio SITRANS F.

6. Haga clic en la ficha conexión y selección 'activada' para ir y haga clic en aceptar.
7. Ajustamos las propiedades del Modbus Net

Figura 39

Ajustamos la propiedad del (Modbus Net).

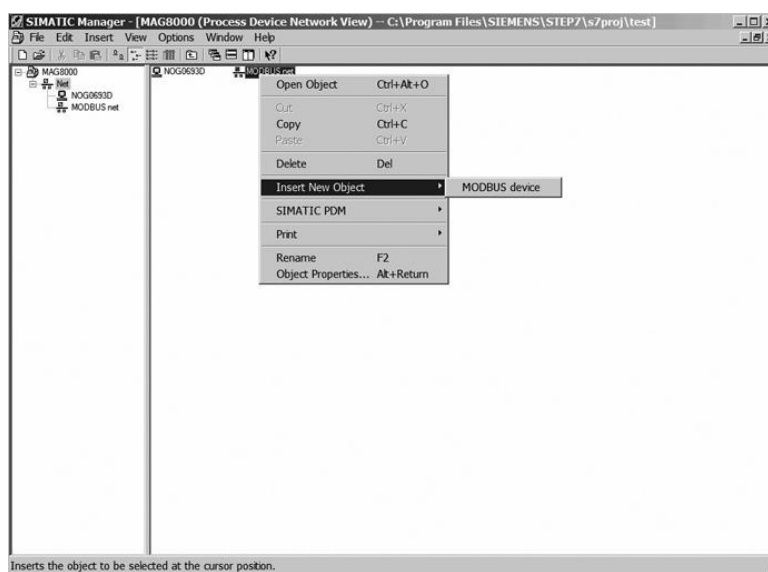


Fuente: Autor Siemens, 2018, instrucciones de servicio SITRANS F.

8. En vista de red de aparatos de proceso, haga clic con el botón derecho del ratón en ‘red MODBUS’, insertar nuevo objeto y clic en dispositivo MODBUS.

Figura 40

Insertamos un nuevo objeto (Modbus Device).

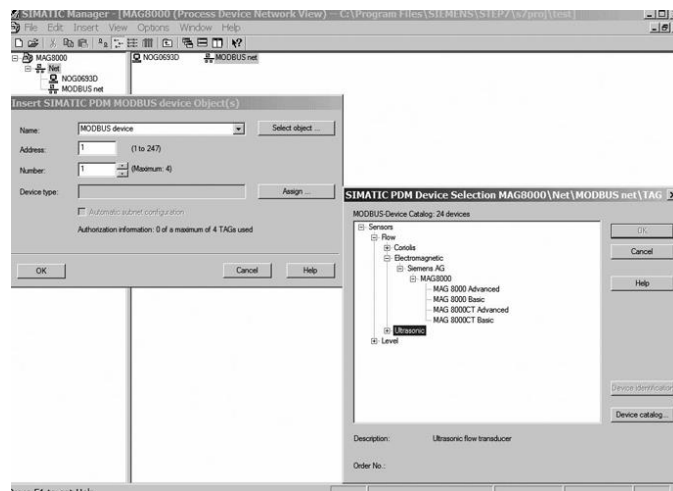


Fuente: Autor Siemens, 2018, instrucciones de servicio SITRANS F.

9. Haga clic en asignar. En la nueva ventana despegable, haga clic en flujo, electromagnético y ‘Siemens AG’ – ‘MAG8000’ en el orden que está escrito
10. Seleccione el dispositivo apropiado en función de la versión del transmisor que se va a controlar.
11. Haga clic en aceptar.

Figura 41

Insertamos el SIMATIC PDM MODBUS.

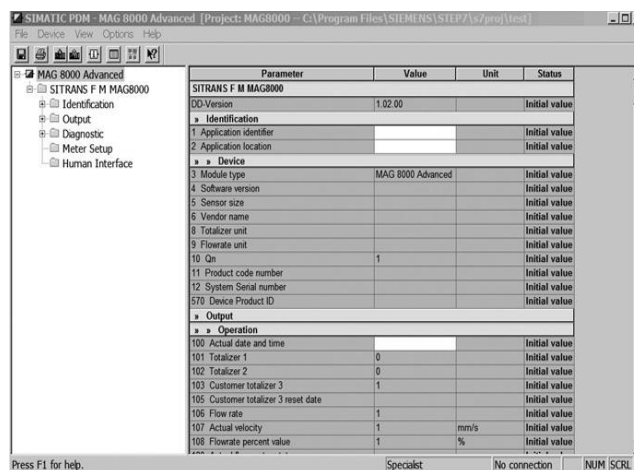


Fuente: Autor Siemens, 2018, instrucciones de servicio SITRANS F.

12. Haga doble clic en el dispositivo creado. Aparecerá una nueva ventana para la configuración de parámetros del dispositivo.

Figura 42

Panel inicial con su primera variable configurada.



Fuentes: Autor Siemens, 2018, instrucciones de servicio SITRANS F.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Con este procedimiento ya hemos configurado la primera variable de lectura y estamos listos para verlo en nuestra computadora, en este caso en el monitor con el archivo de Excel que se adecuo para visualizar las variables explicadas anteriormente.

3 Asistencia técnica a elementos

3.1 Georradar

Un georradar o radar de penetración terrestre es un elemento el cual suele ser muy utilizado para la investigación de objetos que van están debajo de la superficie terrestre, por consiguiente, en servicios públicos es utilizado para la detección de tuberías de servicios públicos domiciliarios en este caso, la del agua.

Esta metodología es muy utilizada en amplias ramas de la ciencia, como lo es la agronomía la geología, la hidrología, gestores de tierra y científicos de suelo. Su funcionamiento es sencillo, consiste en la generación de ondas electromagnéticas en un rango de 10 MHz a 2.6 GH, la onda es reflejada cuando se alcanza un límite entre dos materiales con distintas propiedades eléctricas para luego ser reflejadas. La empresa de acueducto y alcantarillado de Villavicencio (EAAV) contaba con un georradar shallow easy locator malâ, el cual tenía asignada con una disponibilidad de 0%, por cuestiones eléctricas y de manteamiento técnico. El cual veremos a continuación.

Figura 43

Georradar Mala easy locator malâ.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, fotografía tomada al georradar ubicado y perteneciente a la EAAV.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



3.1.1 Problemas de comunicación

su problema electrónico conllevaba a que no hubiese comunicación y no funcionase correctamente, ya que no poseía su conector RJ45 respectivo para la comunicación y sus conexiones de cables trenzados estaban deterioradas y mal ajustadas según los estándares TIA/EIA-568 (association, s.f.), que define la disposición de los pines.

Figura 44

Cableado de comunicación en mal funcionamiento del georradar.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, fotografía tomada al georradar ubicado y perteneciente a la EAAV.

Por lo cual se procedió a hacer la conexión respectiva del conector RJ45 y con su respectiva combinación de colores representados en la Figura 46, para luego proceder a hacer el reset del procesador y realizar la conexión respectiva con la base de localización para reestablecer la comunicación, Figura 45.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Figura 45

Procesador Malâ.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, fotografía tomada al procesador del georradar ubicado y perteneciente a la EAAV.

Figura 46

Rj-45 y sus combinaciones standard posibles.



Fuente: Autor ArtChis, 2022, tomada de <https://artchist.blogspot.com/2018/11/codigo-de-colores-para-cables-de-red.html>.

3.1.2 Baterías de alimentacion para el georadar Shallow easy locator malâ

El voltaje de funcionamiento del Easy Locator se encuentra en 12 voltios, por consiguiente, se realiza un banco de baterías de 12v/6.6Ah, con el fin de aumentar y maximizar la vida útil. En

el monitor se muestra el porcentaje de batería restante, aunque el sistema y como dice en su ficha técnica, la tensión al llegar por debajo de los 10 V, se pagara automáticamente. El banco de baterías fue creado guiándonos por la ficha técnica del fabricante de su página oficial. (Malâ, s.f.).

Figura 47

Baterías de abastecimiento electrónico.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, banco de baterías para alimentar el georradar de la EAAV.

Figura 48

Cargador de bateras Malâ.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, cargador del banco de baterías que alimentan al georradar perteneciente a la EAAV.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

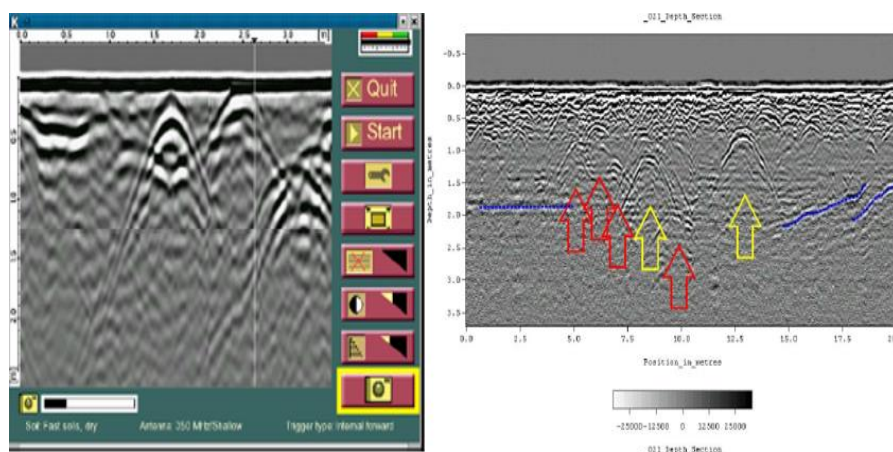


3.1.3 Georradar en funcionamiento

Después de estos ajustes técnicos, se logró ir a diferentes lugares y hacer la corroboración de su buen funcionamiento, se realizó la lectura electromagnética en lugares domiciliarios, comerciales, y lugares de área abierta, con el fin de capacitar al personal y dar claridad a las señales hiperbólicas que se grafican en el monitor para indicarnos a que profundidad se encuentra el elemento localizado.

Figura 49

Grafica al hacer un sondeo electromagnético sobre una superficie.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, captura de pantalla del georradar en funcionamiento, donde se muestran las crestas que se hacen al encontrar un objeto.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Figura 50

Simulación de un operario y su respectiva visualización en pantalla.



Fuente: Autor Mâla, 2020, captura de pantalla tomada de la ficha técnica entrega por la empresa Mâla.

Figura 51

Acompañamiento uso del Georradar.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, fotografías tomadas en la ciudad de Villavicencio haciendo uso del georradar Mâla perteneciente a la EAAV.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4 Nemos N200+ Datalogger GSM autónomo

El dispositivo N200+ es un dispositivo ideal para la comunicación en ambientes difíciles o que tienden a inundarse, por tal motivo, este dispositivo fue el ideal para utilizar en las diferentes estaciones, con su gran característica, que se comunica a través de GSM y se alimenta de baterías, podemos teleoperarlo y obtener data gracias a sus cuatro entradas digitales aptas para caudalímetros de pulsos, y dos entradas analógicas para sensores de este tipo. (Microcom, s.f.).

La forma hexagonal del Nemos hace que en su interior exista una mejor ubicación de los elementos en cuanto a su ergonomía, ya que permite la instalación de su respectivo microcontrolador más un par de baterías, lo cual aumenta su disponibilidad en función del tiempo.

Su programación y configuración es muy sencilla, ya que se hace por medio de vía bluetooth, el cual hace un enlace desde el dispositivo y la computadora, para luego poder acceder al software de Microcom, el cual puedes descargar en su página oficial.

Gracias a todas estas características lo hace un elemento ideal para la sectorización de redes de la ciudad de Villavicencio y trabajar en forma remota con el centro de monitoreo y la gerencia comercial, para mantener una data en tiempo real del agua que se está distribuyendo a la ciudad, en función de la que se está cobrando.

Figura 52

Nemos N200 GPRS Datalogger.



Fuente: Autor Microcom, 2010, Datalogger GSM autónomo.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Figura 53

Nemos N200 GPRS Datalogger sin tapa.



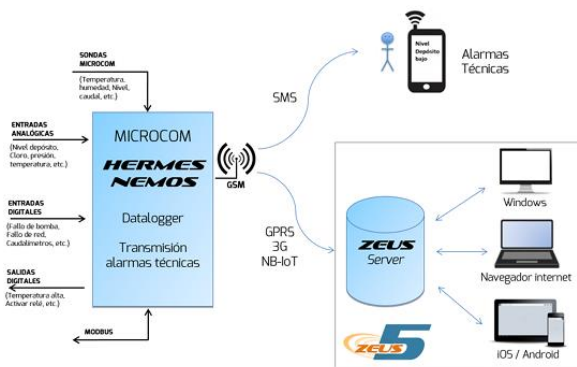
Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, fotografía de la composición del Datalogger en su interior.

4.1 Introducción al mundo NEMOS 200+

Aquí en este momento cobra valor la plataforma web server con la cual cuenta Microcom para hacer que todos los equipos se comuniquen entre sí, haciendo uso de las redes móviles (GSM, 3G, GPRS, etc.). A continuación, el fabricante nos muestra una figura en la cual demuestra la relación en el esquema de red y trata de visualizar los diferentes equipos que forman parte del sistema de monitorización y telecontrol que ofrece Microcom.

Figura 54

Esquema general del sistema.



Fuente: Autor Microcom, 2010, guía de instrucciones Datalogger GSM autónomo.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Para realizar todo este acompañamiento y monitoreo, Microcom cuenta con una plataforma digital llamada Zeus 5, la cual nos permite controlar los equipos Hermes y Nemos proporcionados por el fabricante, la cual incluye la siguientes herramientas y funcionalidades tales como, servidor web integrado, servicios de responsive para ver la información en tablets o teléfonos móviles, una plataforma para la visualización del cliente en formato tipo SCADA, representación personalizada de estaciones.

Figura 55

Explicación de estructuras y herramientas.



Fuente: Autor Microcom, 2010, Guía de instrucciones Datalogger GSM autónomo.

Para ingresar a la plataforma del servidor, nos dirigimos a la página web <https://www.microcom.es/zeusweb.php> en donde nos aparece una interfaz como la siguiente.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 56

Server Zeus Web.

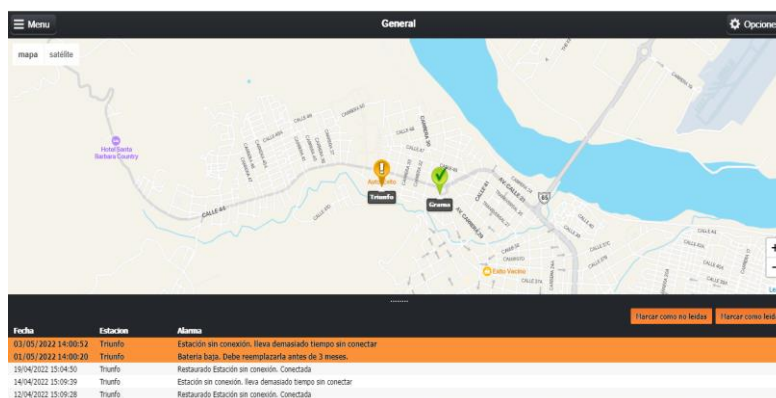
Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, captura de pantalla tomada del servidor web ZEUS.

Donde colocamos la información de nuestro proceso, en este caso es ‘villavicencioperdidas’ y el password respectivo.

Al ingresar a la plataforma vas a encontrar en el mapa localizado el Datalogger que configuraste y activaste, con las imágenes y datos en tiempo real para su respectiva visualización.

Figura 57

Ubicación de los Datalogger visto desde Google maps.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, localización grafica de los Datalogger en mapa virtual de la ciudad, ubicados en el barrio el triunfo y la grama de la ciudad de Villavicencio.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



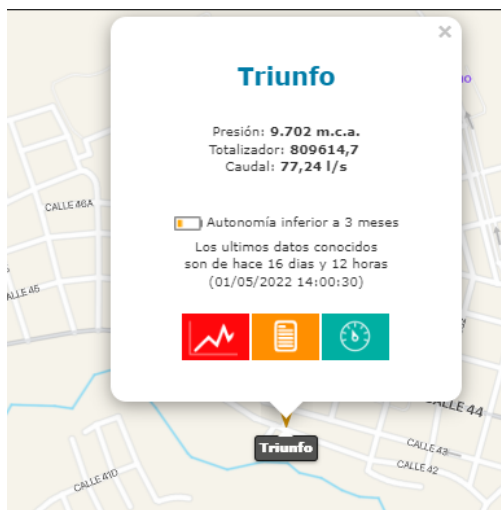
ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



En la figura anterior, se visualiza los Datalogger ubicados en la ciudad respectivamente, el indicador de la grama se muestra naranja, debido a que no ha enviado datos correctamente durante un lapso determinado de tiempo, al dar clic sobre el icono se despliega una cuadro con una información en tiempo real de lo que está sucediendo, esta actividad se hizo con el fin de comprobar si el cambio de representación gráfica se estaba efectuando, después de pasados 15 días sin conexión, como se verá a continuación en la figura.

Figura 58

Ficha técnica Datalogger el TRIUNFO.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2022, descripción de ficha técnica y datos físicos en tiempo real Datalogger el triunfo.

Como vemos en la descripción anterior se encuentran las variables de presión, totalizador y caudal, como se puede apreciar pasaron 16 días y 12 horas, por lo tanto, es mayor el tiempo a la programada, por consiguiente, cambia su estado de verde a naranja.

Ahora observaremos el Datalogger de la grama, el cual se encuentra en verde, debido a que su actividad ha sido optima en función del tiempo, sin existir desconexión alguna de comunicación.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 59

Ficha técnica del Datalogger de la GRAMA.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2022, descripción de ficha técnica y datos físicos en tiempo real Datalogger la grama.

Al analizar la imagen, detectamos los datos de presión, totalizador y caudal en tiempo real, su batería está en óptimas condiciones, y funcionando correctamente la comunicación de envío de datos.

4.2 Instalación del software Microcom

Nos dirigimos a la página web principal de microcomo.es y descargamos primeramente los drivers de funcionamiento a nuestra computadora.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 60

Descargar el driver en la página web.



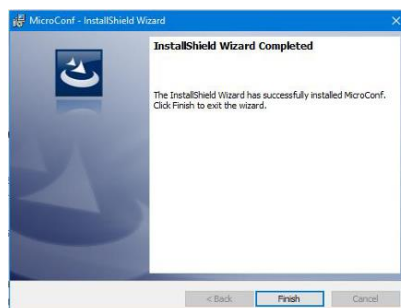
Fuente: Autor Microcom, 2021, captura de pantalla tomada de la página web oficial de Microcom.es

Damos clic en el documento que se descarga en la computadora, a todo lo siguiente damos descarga y damos finalizado por ello la instalación respectiva.

Luego vamos a la página y la siguiente pestaña y nos dirigimos a descargar > software de configuración Microcom V3.20 que es con la que trabajaremos.

Figura 61

Pantalla final del proceso de instalación del programa.



Fuente: Autor Microcom, 2021, captura de pantalla tomada de la página web oficial de Microcom.es.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



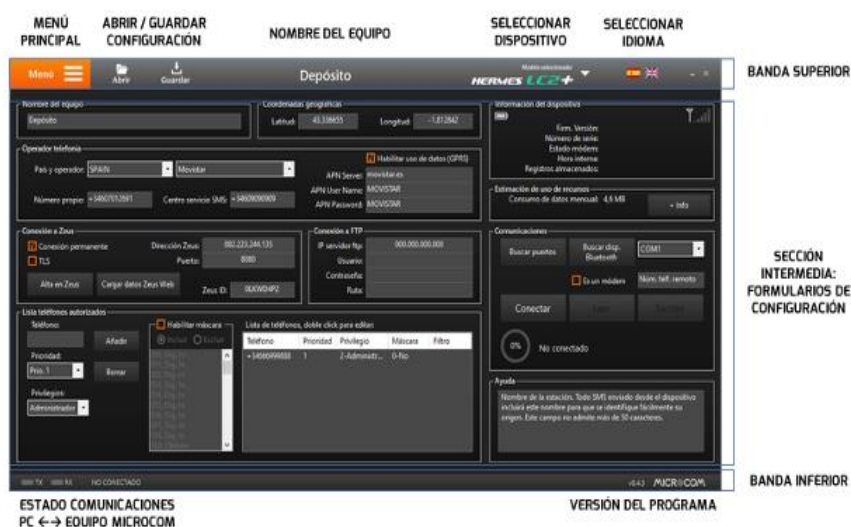
ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Al finalizar ya podemos disfrutar de nuestra presentación de usuario cuando abramos nuestro programa respectivo, tiene una interfaz de botones y tablas en donde podremos ir configurando las características, pines, y señales que queremos captar.

Figura 62

Interfaz de usuario Microconfig Software.



Fuente: Autor Microcom, 2021, captura de pantalla tomada del servidor web oficial de Microcom.

4.3 Configuración General

Para poder iniciar a realizar la configuración respectiva, nuestra computadora debe estar a la mano, para hacer los ajustes necesarios, recordando que podemos hacerlo vía bluetooth, nos debemos percatar que el computador tenga esta conexión para poder realizar su programación.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Figura 63

Enlace bluetooth Datalogger con el portátil.

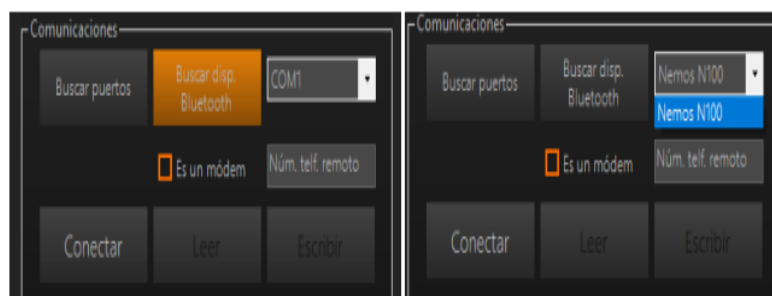


Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, configuración de los Datalogger para ser llevados a campo al punto especificado.

En primer lugar, activamos el bluetooth de nuestra computadora, para luego proceder a acercar el imán al Reed durante unos segundos hasta que el led rojo haga un parpadeo doble, seguidamente hacemos clic en el botón *buscar dis. Bluetooth* para que el software busque y se enlace al equipo, al terminar estos pasos, se da clic en la lista desplegable que se encuentra a la derecha del botón para seleccionar el equipo correspondiente que vamos a utilizar.

Figura 64

Configuración general del dispositivo vía bluetooth.



Fuente: Autor Microcom, 2021, captura de pantalla tomada del servidor web oficial de Microcom.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Tras haber conectado el Nemos correspondiente, damos en conectar. Al establecerse la conexión de forma óptima, aparecerá información pertinente a la información del dispositivo, la información relativa al dispositivo Microcom conectado y en parte de arriba del programa se reflejará el modelo del Nemos seleccionado.

4.4 Nombre del equipo y coordenadas geográficas

Estos campos se utilizaron para darle un nombre al equipo y colocar las coordenadas correspondientes al lugar donde se van a instalar los equipos.

Figura 65

Ejemplo de configuración nombre de equipo y coordenadas.

Nombre del equipo		Coordenadas geográficas	
EP_M102		Latitud: 43.336655	Longitud: -1.813067

Fuente: Autor Microcom, 2021, captura de pantalla tomada del servidor web oficial de Microcom.

4.5 Red móvil

Aquí se configuró la red móvil local y el número que tiene asignada la SIM que instalamos en el dispositivo, allí en estos campos se colocara, el país al cual pertenece, nombre del operador, número telefónico, esto con el fin de habilitar el uso de datos móviles de forma correcta.

Figura 66

Configuración de la red móvil para habilitar el uso de datos.

Red móvil	
País y operador: SPAIN	Movistar
Centro serv. SMS: +34609090909	Bandas GSM
Número propio:	
Redes: 2G	☒ Habilitar uso de datos
Cat.M1 NB-IoT	APN Server: movistar.es
Perfili: Personalizado	APN User: MOVISTAR
	APN Password: MOVISTAR

Fuente. Autor Microcom, 2021, captura de pantalla tomada del servidor web oficial de Microcom.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4.6 Configuración con el servidor ZEUS

Para la configuración al SCADA Online Zeus tenemos el panel de servidor mostrado en la figura a continuación, allí tenemos opciones importantes las cuales nos ayudan con la configuración del dispositivo, como lo es la casilla de conexión permanente la cual nos permite mantener en contacto el intercambio de datos, el botón de cargar datos a Zeus Web, el cual no ayuda con la selección automática de la dirección de Zeus y el puerto en el cual se va a trabajar. Al seleccionar el botón dar de *alta en Zeus*, se abrirá una ventana emergente que permite realizar la vinculación con el servidor ZEUS, digitan el usuario y contraseñado creando previamente en la plataforma <https://zeus.microcom.es/>.

Figura 67

Configuración conexión por GPRS.

Fuente. Autor Microcom, 2021, captura de pantalla tomada del servidor web oficial de Microcom.

4.7 Configuración a caudalímetro

Desde allí se configuran las entradas digitales para registrar los datos del caudalímetro. Cada una de las entradas tiene asociadas una función del caudalímetro, lo cual permite, el cambio directo de la señal de pulsos a medidas de ingeniería, para la medición del caudal o gasto volumétrico del fluido, para realizar esa configuración se ingresa desde la siguiente opción del menú.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 68

Menú para la configuración de entradas digitales de caudalímetros.

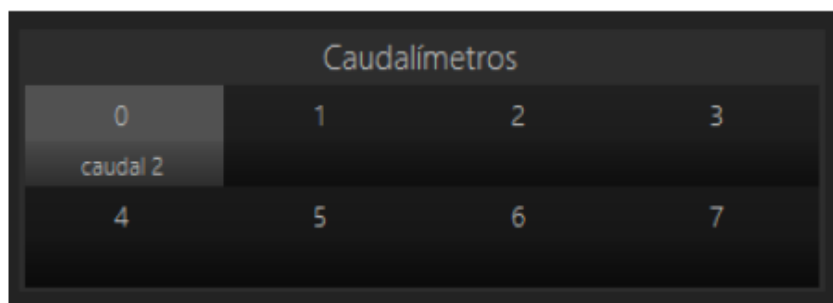


Fuente: Autor Microcom, 2021, captura de pantalla tomada del servidor web oficial de Microcom.

Algo muy importante es señalar la entrada digital a la cual se ha conectado el caudalímetro. En este caso seleccionaremos el 0 como se muestra en la siguiente figura.

Figura 69

Selección de la entrada digital número 0 en el cuadro de caudalímetros.



Nota. Por Microcom, 2021, captura de pantalla tomada del servidor web oficial de Microcom.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Luego procedemos a configurar los parámetros restantes del caudalímetro, como lo es el modo, el cual se encarga de habilitar o deshabilitar la entrada digital correspondiente; el nombre, que es como llamaremos la magnitud de medida del caudalímetro, la unidad, la cual hace referencia a la unidad en que se especifica la magnitud medida o caudal; la base de tiempo, la cual indica el periodo durante el cual está contando los pulsos recibidos antes de calcular el caudal, estos valores pueden oscilar en tiempos entre 300 y 900 segundos.

Figura 70

Detalle interfaz de configuración de caudalímetros.

Fuente: Autor Microcom, 2021, captura de pantalla tomada del servidor web oficial de Microcom.

La equivalencia en pulsos por unidad de ingeniería, es un valor muy importante que nos solicita la configuración del sistema, aquí se configuran las características técnicas del caudalímetro. Permite establecer la relación de pulsos/tiempo a la unidad de ingeniería deseada.

Figura 71

Detalles de interfaz de configuración de equivalencia de pulsos.

Fuente: Autor Microcom, 2021, captura de pantalla tomada del servidor web oficial de Microcom.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



aquí se realizó la configuración de la equivalencia de pulsos, en la cantidad de metros cúbicos (m³) que registra el caudalímetro en cada pulso fue de 100, dato dado por el fabricante del equipo, se escogió la medida de m³/hora para la medida del caudal correspondiente, esto por facilidad de lectura y mantener todas las variables en la misma unidad de medida. Por último, tenemos el totalizador el cual da una medida total del caudalímetro asociado, allí asignamos un nombre a nuestra variable, y luego damos inicializar para igualar el valor con el que está registrado en el caudalímetro para evitar desplazarse al lugar para conocer ese dato. Al pulsar el botón se mostrará la siguiente pantalla emergente.

Figura 72

Pantalla emergente para inicializar el totalizador.

Fuente: Autor Microcom, 2021, captura de pantalla tomada del servidor web oficial de Microcom.

Con este procedimiento ya nos aparecerá en pantalla listo el dispositivo para realizar la configuración de las variables que vamos a leer, en este caso tendremos que traer al sistema de datos, los valores de la presión y caudal pasando por la estación piloto.



SC-CER96940

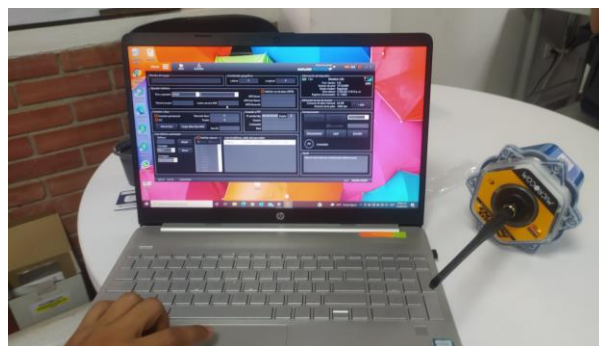


“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

Figura 73

Interfaz del software Microconfig.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, fotografía la cual se ve el software, la computadora, y el Datalogger Nemos 200+.

Al tener el dispositivo vinculado con la computadora, nos dirigimos al lugar donde se encuentra nuestro macromedidor, este Datalogger funciona de la mano con el macromedidor. Allí en esta estación es donde se va a instalar el elemento, dispuesto para enviarnos señales vía SMS, de lo que está sucediendo en tiempo real, en este caso, medida de caudal.

Figura 74

Posicionamiento en zona para el enlace con el macromedidor.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, equipo de trabajo realizando las ultimas configuraciones para instalar el Datalogger en su estación correspondiente.

Figura 75

Ubicación del macromedidor en la estación.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, estación en la cual va ir instalado el Datalogger Nemos N200+.

Figura 76

Enlace del Datalogger con el macromedidor y conexión de la onda de comunicación.



Fuente: Autor Josimar Hurtado, 2021, realización del enlace del Datalogger con el macromedidor Sitrans 8000.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Recomendaciones

En vista de la anterior información, y el apoyo en la implementación de la automatización para el control de pérdidas de agua en las redes de distribución de la EAAV-ESP, desde el centro de control y monitoreo(ccm), se observó algunas deficiencias por lo cual se recomienda tomar las siguientes acciones:

- implementar un plan de mantenimiento profesional en el cual se mantenga un registro de los elementos utilizados en la automatización.
- mantener profesional ingeniero mecatrónico o instrumentistas industrial de tiempo completo para mantener en un estado óptimo el funcionamiento de los sensores y elementos de control, que suelen desconfigurarse o terminar con su tiempo de vida útil.
- Tener un banco de reserva de elementos tecnológicos, para disminuir los tiempos administrativos, y mejorar a la hora de hacer mantenimiento preventivo, o que en su defecto fallase algún elemento.

Conclusiones

Se cumplió con el objetivo propuesta en el trabajo del apoyo en la implementación de la automatización para el control de pérdidas de agua en las redes de distribución de la EAAV-ESP, efectuando un monitoreo correcto en las alarmas presentadas por el sistema de control SCADA y haciendo presencia en todas las pertinentes estaciones de macromedición pertenecientes a la EAAV-ESP.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Se apoyo de manera oportuna en la instalación y configuración de caudalímetros SITRANS MAG 8000 marca SIEMENS, en dos de las de las estaciones de medición, quedando activas y enviando información al CCM (centro de control y monitoreo), del mismo modo, se colaboró de forma efectiva en la implementación y configuración de los Datalogger GSM autónomos NEMOS N200+ marca MICROCOM.

Se presto la asistencia técnica requerida a la empresa de acueducto y alcantarillado de Villavicencio (EAAV), en temas de mantenimiento correctivo, en elementos como georradars, banco de baterías, y elementos de las diferentes estaciones de medición.

Como se había mencionado anteriormente la automatización es un tema importante en el ámbito del desarrollo comercial y técnico de una empresa, en este caso, las organizaciones prestadoras de servicios públicos, están viendo la importancia de aplicar estas herramientas emergentes, para brindar un servicio optimo a la comunidad.

La empresa de acueducto y alcantarillado de Villavicencio (EAAV), es su afán por dedicar todos sus esfuerzos a mejorar la prestación del servicio público de agua, tomo una excelente decisión en fortalecer sus equipos e innovar en los procesos con elementos tecnológicos, ya que con estas herramientas, se logró y se ha venido manteniendo el servicio continuo de agua, el control de pérdidas de la empresa, la información en tiempo real, y la integridad de las diferentes dependencias de la empresa de acueducto y alcantarillado, en función del comportamiento y la data almacenada por el área de pérdidas de la GCP (Gerencia de control de perdidas).

Por otro lado, el grandioso apoyo de las grandes compañías como lo son SIEMENS, ALLEN BRADLEY, MALÂ, INTEL, y los tiempos brindando asesorías presenciales y virtuales, entregan la facilidad de comunicación entre los operarios de las compañías prestadoras como los contratantes, ha generado un impulso de la implementación y utilización de estos elementos, en la solución de problemas presentados en la empresa, que pueden ser solucionados de forma óptima con la apropiación y uso de la automatización industrial.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Referencias

- Allen Bradley . (2013). Descripción del producto. Obtenido de ficha técnica micro820.
- Antonio, J. (s.f.). CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS. 138.
- association, T. i. (s.f.). tiaonline.org. Obtenido de tia online: <https://tiaonline.org/standards-committees/tr-42/>
- EAAV. (1995). Constitución empresarial, obtenido de la base de datos bibliográfica de la empresa de acueducto y alcantarillado de Villavicencio.
- EAAV. (2019). Informes fase 1 y 2. Villavicencio, obtenido de la base de datos bibliográficos de la empresa de acueducto y alcantarillado de Villavicencio.
- Electricasas. (s.f.). electricasas.com. Obtenido de <https://www.electricasas.com/que-es-un-contactor-tipos-y-usos/>
- Malâ. (s.f.). ficha técnica easy locator. Obtenido de ficha técnica easy locator.
- Maquez, P. B. (2018). Operatividad con sistemas mecánicos, hidráulicos, neumáticos y eléctricos de máquinas e instalaciones para la transformación de polímeros y su mantenimiento. En P. B. Marquez, Operatividad con sistemas mecánicos, hidráulicos, neumáticos y eléctricos de máquinas e instalaciones para la transformación de polímeros y su mantenimiento (pág. 290). IC Editorial.
- Microcom. (s.f.). Microcom Nemos 200. Obtenido de Microcom Nemos 200: Nemos N200+
- SCRIBD. (13 de marzo de 2018). Contactor neumático artículo SCRIBD. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/373677647/Contactor-Neumatico>
- Semana. (2019). Planta de tratamiento la esperanza . Semana , 1-4.
- Siemens. (11 de 2018). Caudalímetros electromagnéticos.
- Semana. (29 de septiembre 2019). Así será la nueva bocatoma de Villavicencio. Obtenido de <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/meta-aqui-estamos/articulo/la-nueva-bocatoma-de-villavicencio/634047/>



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Controlador lógico programable Compact Logix 5380. (s. f.). [Figura 1]. literature.

<https://literature.rockwellautomation.com>

Generadores PTAP. (s. f.). [Figura 4]. Energy education.

https://energyeducation.ca/encyclopedia/Electric_motor

Slideshare. (s. f.). Contactor [Figura 5]. Introducción al contactor.

<https://es.slideshare.net/JuanPorrasMedina/automatismo-introduccion-al-contactor>

Contactor neumático. (s. f.). [Figura 6]. Contactor neumático. <https://www.sapiensman.com>

Contactores hidráulicos. (s. f.). [Figura 7]. Contactores hidráulicos. <https://logitruck.es/wp-content/uploads/35.jpg>

Alur. (s. f.). PTAP Alur [Figura 8]. PTAP Alur Uruguay.

<http://www.alur.com.uy/agroindustrias/paysandu/>

PTAP FFRP. (s. f.). [Figura 9]. Planta de tratamiento de agua. <https://www.alamy.es/foto-planta-de-tratamiento-de-aguas>.

PTAP Aquagreen. (s. f.). [Figura 10]. Planta de tratamiento Aquagreen.

<https://www.aquagreen.com.co>

PTAP la esmeralda Villavicencio. (s. f.). [Fotografía 14]. PTAP la esmeralda de Villavicencio, Colombia. <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/meta-aqui-estamos/articulo/la-nueva-bocatoma-de-villavicencio/634047>

EAAV. (s. f.). Arquitectura del CCM [Figura 20]. Arquitectura centro de monitoreo.

<https://www.eaav.com>

Distribución espacial del CCM. (s. f.). [Figura 21]. Distribución espacial del CCM.

<https://www.eaav.com>

Supresores de sobrecarga DT-LAN-. (s. f.). [Figura 28]. Supresores de sobrecarga.

https://co.mouser.com/images/phoenixcontact/lrg/2881007_SPL.jpg



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Caudalímetro electromagnético SITRANS MAG 8000. (s. f.). [Figura 30]. Caudalímetro electromagnético SITRANS MAG 8000.

<https://www.siemens.com/manualsitranMAG8000>.

Siemens. (s. f.). siemens manual operativo [Pantallazo]. siemens manual operativo.

<https://www.siemens.com/manualoperativo>

Rj-45 y sus combinaciones standard posibles. (s. f.). [Figura]. Rj-45.

<https://artchist.blogspot.com/2018/11/codigo-de-colores-para-cables-de-red.html>

Nemos N200 GPRS Datalogger. (s. f.). [Figura 53]. Nemos N200 GPRS Datalogger.

<https://www.microcom.es/nemos-n200-plus.php>

Microcom Nemos n200. (s. f.). [Figura 55]. Microcom Nemos n200.

<https://www.microcom.es/nemos-n200-plus.php>



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co