

# Diseño E Implementación De Un Sistema De Adquisición De Datos Y Su Interface Con Una Red Central De Datos En La Empresa Acerías Del Ecuador C.A. (ADELCA)

Carvajal Mayorga Cristina Vanessa, Pérez Santos Leonardo Andrés  
Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara E11 – 253  
Acerías Del Ecuador C.A. (Adelca) Aloag Km. ½ Vía Santo Domingo

1) **Resumen-** Este documento muestra una aplicación de redes industriales. Se plantea el diseño y construcción de una Red implementada en la empresa Acerías del Ecuador C.A. (ADELCA). En su construcción se tomaron como datos principales: Voltajes de Línea, Voltajes de Fase, Corrientes de línea, Corrientes de Fase, Potencia Aparente, Potencia Activa, Factor de Potencia, Consumo, entre otros. La transmisión de los datos se realiza partiendo de una red interna RS-485, luego se transforma a una red Ethernet para ser transmitida en forma Inalámbrica, llegando a la estación de monitoreo, transformando la señal en RS-232. Para un mejor manejo y visualización de los datos se diseño una HMI en la plataforma de LABVIEW que permite tomar datos en forma manual y automática tres veces al día, y permite en cualquier momento obtener un registro en Excel.

**Palabras claves-** Red de Comunicación Industrial (RCI), Ethernet, Serial, Potencia, HMI

## I. INTRODUCCIÓN

En la Industria es muy importante tener un conocimiento de los parámetros eléctricos que se manejan en los procesos así como también la ubicación física de los equipos que se emplean, para así tener un control adecuado de los mismos obteniendo como resultado una buena producción o en su defecto, si se posee algún inconveniente en los dispositivos tomar las debidas precauciones y las respectivas soluciones.

Por tales razones este proyecto se encarga del Diseño de un Sistema Adquisición de Datos para los equipos de medición localizados en el tren de laminación 07 en la Empresa Acerías del Ecuador C.A. (ADELCA) con lo cual, se automatiza el proceso de toma de información y de registro para así tener siempre disponible los datos correspondientes

a los parámetros eléctricos que involucran al proceso que en esta zona se realiza.

## II. LEVANTAMIENTO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS.

En este proyecto primero se identificaron los medidores con los cuales se va a trabajar, para tener un conocimiento físico de su ubicación y así saber a que zona pertenecen.

### A. UBICACIÓN FÍSICA DE LOS DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN.

#### II.

En la Fig. 1 se muestra un bosquejo de la planta y la ubicación aproximada de los medidores que serán conectados en red.



**Fig. 2** Medidor Satec Instruments, modelo 290

Del primer trabajo exploratorio realizado, se descubrió que se tienen dos clases de medidores en las áreas señaladas anteriormente.

Las dos marcas de medidores que se tienen son:

- Lovato Electric Modelo: DMK22
- Satec Instruments Modelo: 290

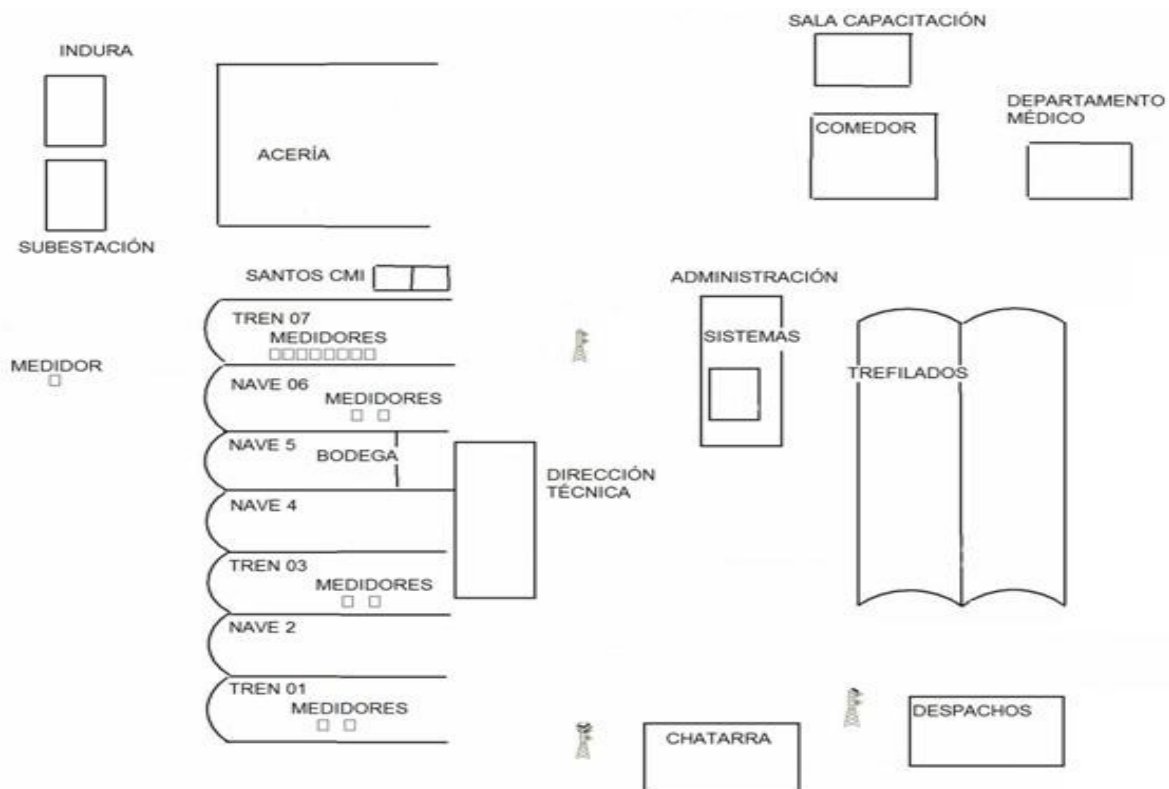


Fig. 1 Diagrama de la Planta ADELCA – Alóag

## B. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN

Se presenta a continuación las características principales del equipo de medición que se usó en el proyecto.

**Marca: Satec Instruments**

**Modelo: 290**

De esta placa de especificaciones se puede ver que este medidor es de la marca SATEC INSTRUMENTS, su número de serie 18679, modelo 290. Otra característica que se puede observar de este medidor es que posee comunicación serial, y salida analógica. Estas características se repiten para todos los medidores SATEC INSTRUMENTS.

SATEC INSTRUMENTS				
290 NL - R - 1 - 5				
<b>Serial</b>	18679	<b>Model</b>	290	
Sact	X	1 ACT		
RS 232	X	RS 422	X	RS485
Analog Opt.	0 - 20 mA. 4 - 20 mA.			
185 VA - 250 VAC				
95 VAC - 135 VAC X				
45 - 65 Hz. 20 W. 15w. Ver 7				

Fig. 3 Placa de Datos del Medidor Satec Instruments, modelo 290

### Parámetros de medida

- Voltaje RMS (tres fases o línea a línea)
- Corriente RMS por fase
- Potencia Activa kW
- Potencia Aparente kVA
- Potencia Reactiva kvar
- Máxima demanda de potencia activa
- Demanda acumulada de potencia activa
- Amperaje de demanda máximo por fase
- Máxima demanda de potencia aparente
- Factor de potencia
- Energía Activa
- Energía Reactiva
- Frecuencia
- Corriente desbalanceada

### Setpoint:

- Alta corriente
- Alto voltaje
- Bajo voltaje

Alto KVA  
 Alto Kvar  
 Factor de potencia bajo  
 Demanda acumulada de KW  
 Distorsión armónica total

**C. ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DE LOS MEDIDORES PARA IDENTIFICAR EL MECANISMO IDÓNEO DE TRANSPORTE DE SUS DATOS.**

Una vez identificadas las características del instrumento, sobre todo las variables que mide, se procede a analizar las características de comunicación que posee este dispositivo para el envío de la información y así elegir el mecanismo más apropiado para el transporte de los datos.

**i. SATEC INSTRUMENTS – 290**

**Comunicaciones:**

Pórtico de comunicación RS-232 – DB9

Protocolos: ASCII y Modbus

Conexión a impresora, computadora o cuarto central de control

Velocidad de transmisión hasta 9600 Bps

**D. ESTUDIO DE LOS PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN DIGITAL**

En la industria, los protocolos de comunicación que se emplean son el RS232 y principalmente el RS485 debido a las ventajas de operación que presentan en este tipo de ambientes.

**i. RS-232 (Estándar ANSI/EIA-232) [1]**

Es el conector serial hallado en las PCs IBM y compatibles. RS-232 está limitado a comunicaciones punto a punto entre los dispositivos. El hardware de RS-232 se puede utilizar para comunicaciones seriales en distancias de hasta 15

metros. Esta diseñado para la transmisión de hasta 19200 bps a una distancia de 15 metros.

Para un conector de 9 pines como se muestra en la Figura 1.3. Establece además una impedancia de entrada entre 3000 y 7000 ohmios, y una impedancia de salida mayor a 300 ohmios.

La especificación eléctrica determina:

-3 V a -25 V --- 1L "OFF" "apagado" o desactivado

+3 V a +25 V --- 0L "ON" "encendido" o activado.

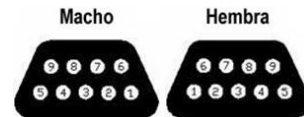


Fig. 4: Conector RS232 de 9 pines

Pin	Nombre	Entrada / Salida	Significado
1	CD	Entrada	Detector de Datos de Acarreo
2	RxD	Entrada	Recepción de Datos
3	TxD	Salida	Transmisión de Datos
4	DTR	Salida	Terminal de datos lista
5	GND	-	Tierra
6	DSR	Entrada	Conjunto de datos listo
7	RTS	Salida	Enviar solicitud
8	CTS	Entrada	Borrar Enviar
9	RI	Entrada	Anillo Indicador

**ii. RS-485 (Estándar EIA-485) [2]**

La característica principal más relevante de la RS485 es que puede trabajar en modo diferencial tal como se muestra en la Fig. 5.

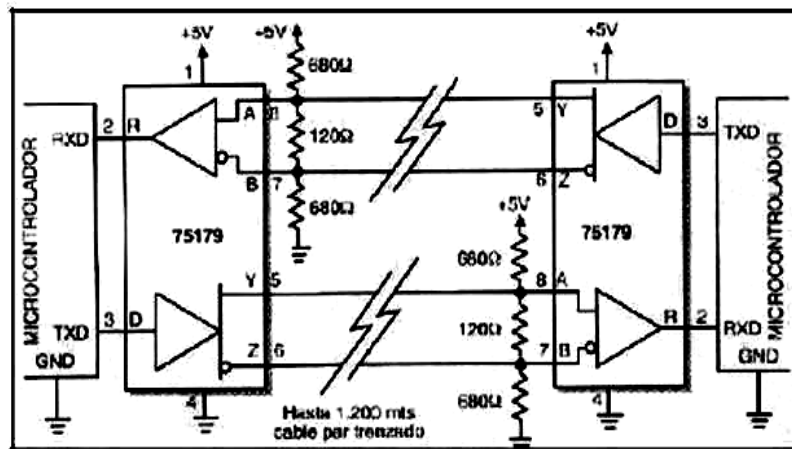


Fig. 5: RS485 y su modo diferencial

RS485 está definido como un sistema de transmisión multipunto diferencial en bus, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (1.2 Mbps hasta 10 metros y 100 Kbps en 1.200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que el ruido inducido en el cable puede autocancelarse por el CMRR. El medio físico de transmisión es un par entrelazado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1.200 metros operando entre 300 y 19200 bps y comunicación half-duplex (semiduplex). Soporta 32 transmisiones y 32 receptores. La transmisión diferencial permite múltiples drivers dando la posibilidad de una configuración multipunto. Al tratarse de un estándar bastante abierto permite muchas y muy diferentes configuraciones y utilidades.

### iii. Características de la topología física tipo bus para RS485

Esta topología se la emplea para el transporte de la información en ambientes industriales. A continuación se detalla. El tipo de comunicación empleada en el proyecto.

#### 1. BUS HALF - DÚPLEX RS485

Esta configuración (Fig. 6 ) permite un bus con una longitud máx. de 500m. Los participantes se conectan a este cable a través de una línea adaptadora de máx. 5 metros de largo.

En el presente caso; es decir, el bus RS485 para la red de medidores ADELCA se empleará un master (servidor) conectado a varios esclavos.

El Bus de 2 hilos es básicamente apto sólo para comunicación half-dúplex. Puesto que sólo hay a disposición una vía de transmisión, siempre puede enviar datos un solo participante. Sólo después de finalizar el envío, pueden por ejemplo responder otros participantes.

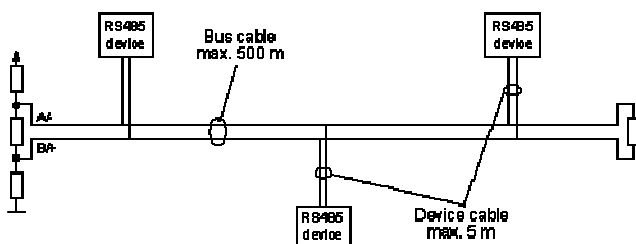


Fig. 6: Bus Half - Dúplex RS485

#### 2. Formato del mensaje para los medidores SATEC INSTRUMENTS empleando el protocolo de comunicación MODBUS ASCII [3]

A continuación en la Fig. 7 se muestra la trama que usan los medidores SATEC INSTRUMENTS empleando el protocolo de comunicación MODBUS ASCII.

Sincronización (1 carácter)	Longitud de Mensaje (3 caracteres)	Dirección (2 caracteres)	Tipo de Mensaje (1 carácter)	Mensaje (N caracteres)	Checksum (1 byte hexadecimal)	Trailer (CR-LF)
--------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	---------------------------	----------------------------------	--------------------

Fig. 7: Trama Modbus ASCII para los Medidores SATEC INSTRUMENTS

#### Campo #1

– Carácter de sincronización: **un carácter ‘!’**, usado para empezar la sincronización.

#### Campo #2

– Longitud del mensaje: longitud del mensaje incluyendo el número de bytes en los campos #2, #3, #4 y #5. Contiene 3 caracteres entre ‘003’ y ‘252’

#### Campo #3

– Dirección: dos caracteres entre ‘00’ y ‘32’.

#### NOTA:

Para RS232 este campo debe ser siempre ‘0’

Para RS422/RS485 este campo no debe ser ‘0’

**Campo #4** – Tipo de mensaje: Un carácter representa el tipo de requerimiento de datos, los posibles pedidos son:

- ‘0’ Pedido de información
- ‘1’ Examinar el punto de set point máximo
- ‘2’ Cambiar el punto de set point máximo
- ‘3’ Estado del DIP Switch
- ‘4’ Resetear todos los valores a cero
- ‘5’ Pedido de la trama imprimible
- ‘6’ Examinar el punto de set point mínimo
- ‘7’ Cambiar el punto de set point mínimo
- ‘8’ Reseteo del programa
- ‘9’ Versión del sistema

#### Campo #5

– Mensaje: Permite el uso de **caracteres ASCII**

#### Campo #6

– Checksum: el checksum es calculado en palabras de 2 bytes para los campos #2, #3, #4 y #5 para producir un byte de checksum en el rango de **22H (H hexadecimal) a 7EH** como se muestra a continuación:

$$((\text{Suma de (cada byte - 22H)}) \text{ módulo } 5\text{CH}) + 22\text{H}$$

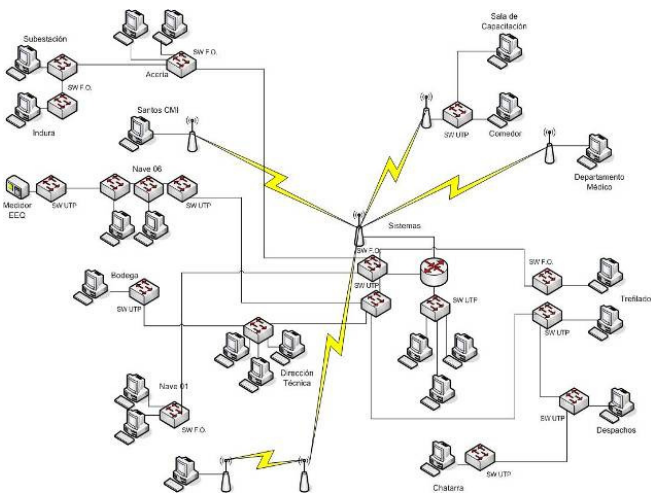
#### Campo #7

– Trailer: Los caracteres Retorno de carro y realimentación de línea

### E. ESTUDIO BÁSICO DE LA RED ADMINISTRATIVA DE LA EMPRESA.

Este estudio se lo realiza con el objetivo de saber como se encuentra estructurada la red de la fábrica, así se podrá conocer cual es la forma más idónea para la implementación de la red industrial de medidores y cual será la manera más

adecuada para poder presentar los datos obtenidos de estos medidores en la red administrativa.



**Fig. 8:** Diagrama General de la Red ADELCA - Alóag

La Fig. 8 representa la red de la fábrica ADELCA (planta). Esta red consta de 3 medios de comunicación en toda su estructura. Se tiene tanto enlaces inalámbricos así como también enlaces alámbricos o cableados.

La red de medidores implementada está localizada en la zona del Tren 07 (T07). Esta red debe conectarse a un servidor central que estará localizado en la Dirección Técnica.

La red diseñada debe conectarse a un switch que se encuentra en el tren 06 (T06). Este switch servirá de enlace para unir la red industrial a la red administrativa de toda la fábrica y así comunicarse con el servidor central. Una vez que esté establecida esta red, cualquier computador podrá tener acceso a los datos que se recolecten desde los medidores.

En resumen, el diseño de la red deberá hacerse de tal forma que se pueda unir una red industrial tipo MODBUS a la red Ethernet de la Empresa,

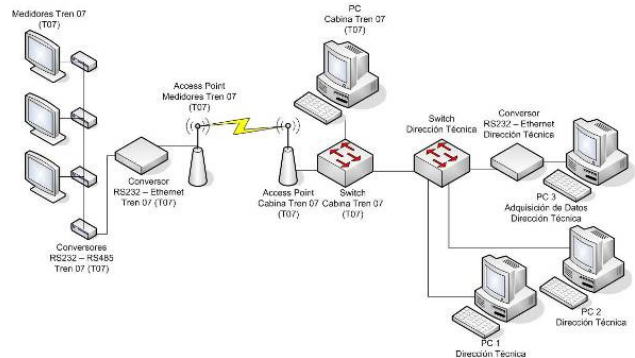
## I. DISEÑO DE LA TOPOLOGÍA FÍSICA Y LÓGICA

En esta sección se seleccionará el medio de comunicación más apropiado para la implementación de la red de medidores ADELCA.

## II. DISEÑO DE LA RED INDUSTRIAL ADELCA

En la Fig. 9 se presenta el diagrama de la topología física de la red implementada.

Tomando en consideración problemas técnicos en los galpones industriales, se optó por emplear un enlace inalámbrico para evitar el tendido del cable a través del tren de laminación.



**Fig. 9:** Esquema de la Red Industrial de Medidores

Con referencia a la Fig. 9, se decidió que cada medidor, que posee una salida RS232, necesitaba un convertidor RS232/RS485. Estos convertidores se conectarían formando una red industrial RS485.

Un problema que tuvo que resolverse fue cómo unir la red de medidores RS485 que se va a localizar en el tren 07 (Tren 07) con el computador localizado en la Dirección Técnica. La solución fue transformar la señal RS232/RS485 de la red industrial a Ethernet.

Esto se lo realizó mediante la utilización de dos convertidores RS232 a Ethernet. Un convertidor se ubicaría en la red industrial de medidores y el otro convertidor en el computador central.

El primer conversor RS232 a Ethernet se conectaría desde un conversor RS232/RS485, ubicado en la red industrial de medidores, hacia un Access Point localizado en la parte superior del tren 07 (T07), por encima de los medidores, exactamente en el techo del tren para evitar interferencia o conflicto con el material que se maneja en esta sección de la planta.

Éste a su vez se comunica con otro Access Point localizado en la parte superior de la cabina del tren 07 (T07) el cual se conectaría a un switch que está dentro de la cabina, y de esta manera unir la red industrial de medidores a la red administrativa de ADELCA.

En la oficina central del Departamento Técnico existe otro switch al cual se conecta el segundo convertidor R232 a Ethernet y éste al computador central para la adquisición de la información del tren 07 (T07).

Este computador será el encargado de la adquisición de los datos, mediante la HMI diseñada.

Hay que señalar también que una vez que los datos de los medidores se encuentren en la red interna de la planta, podrán ser leídos desde cualquier computador al que se le

deberá añadir un convertidor de Ethernet a RS232 y que tenga además la HMI que se diseñó para este proyecto.

### III. SELECCIÓN DEL MEDIO DE COMUNICACIÓN MÁS APROPIADO PARA LA RED INDUSTRIAL

Considerando que un ambiente industrial genera interferencias electromagnéticas, existían dos opciones posibles: cable STP y fibra óptica. Pero al comparar costos se seleccionó STP, que al combinar las técnicas de blindaje y par trenzado, también garantiza inmunidad a las interferencias electromagnéticas.<sup>[4]</sup>

Existía también el cable ITP pero no fue considerado ya que es muy rígido, además posee cables extra para alimentar los equipos industriales de campo. Puesto que los medidores cuentan con su propia alimentación, este cable ya no se hizo necesario

Otro medio de comunicación que se analizó es el cable ScTP. Este cable se usaría para la comunicación desde los medidores hacia el Wireless Access Point que se localiza en la parte superior del tren 07 (T07) y de igual forma para la conexión del otro Wireless Access Point hacia el switch que se encuentra en la cabina de desbaste del tren 07 (T07).

El ScTP<sup>[5]</sup> consiste, básicamente, en cable UTP envuelto en un blindaje de papel metálico (Fig. 10). Este tipo de cable se suele utilizar en entornos industriales donde potencialmente se pueden inducir ruidos causados por interferencias externas, como es el caso de Adelta C.A.

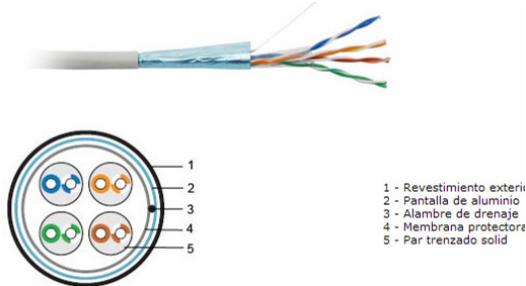


Fig. 10: Cable ScTP

Otro medio de comunicación que se empleó en esta red es el inalámbrico, esto para la comunicación entre los dos Wireless Access Points, es decir, para unir la red industrial de medidores con la administrativa de la fábrica. A este tipo de conexión se la considera como una extensión la red LAN existente.

La principal razón por la cual se eligió este medio es debido a que existía dificultad en la tendida del cable a través del tren de laminación (desde los medidores hacia la cabina de desbaste). Con la utilización de dispositivos inalámbricos se solucionó este problema.

Una de las ventajas de este tipo de comunicación es que provee todas las características y beneficios de las tecnologías LAN tradicionales, sin las limitaciones de los cables o alambres. Otra característica es que no requieren cambios de cableado en las redes LAN existentes, con esto se tiene un ahorro en los costos asociados.<sup>[6]</sup>

Para este tipo de comunicación se emplearon dos Access Points. Ambos dispositivos se configuraron como bridges. En esta configuración, los segmentos Ethernet de ambos extremos actúan como si fueran un único segmento. El bridge no se suma al conteo de repetidores Ethernet porque este segmento es considerado como un cable por la red. No obstante, las antenas de estos equipos deben encontrarse en línea de vista entre sí, esto para que la calidad de la señal que se tiene en los dos extremos sea óptima. Cualquier tipo de obstáculo puede ocasionar problemas de comunicación.

La antena seleccionada para este propósito fue la antena Yagi correspondiente a la marca D-Link. El modelo de la antena es el ANT24-1201 (Fig. 11). Posee 12 dBi de ganancia, además permite extender la señal de cobertura de una red local basada en la frecuencia de 2.4GHz.

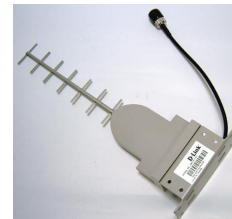


Fig. 11: Antena Yagi D-Link, modelo ANT24-1201

Las características técnicas de esta antena son las siguientes:

- Tipo de antena: Yagi-Direccional
- Tipo de Polarización: Linear Vertical
- Rango de Frecuencia: 2.4 ~ 2.5000 GHz
- Ganancia: 12dBi
- Downtilt: 0°
- Impedancia: 50 Ohms
- Tipo de conector de la antena: Tipo N (Female)
- Lighting protection: DC ground.

El lóbulo de radiación que esta antena direccional posee se muestra en la Fig.12

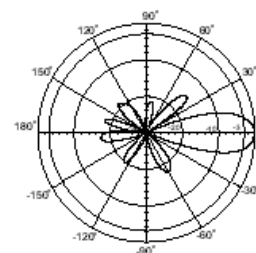


Fig. 12: Lóbulo de Radiación de la Antena ANT24-1201

#### IV. DISEÑO DE LA TOPOLOGÍA FÍSICA DE LA RED DE MEDIDORES

Considerando la distribución física de los medidores entre si y la de éstos al sitio donde se recopilará la información, se decidió escoger una red tipo Bus Half – Dúplex, RS485. Se seleccionó RS485 debido a que los medidores poseen de fábrica una interfaz RS232 y no una tarjeta de red (Fig. 13).

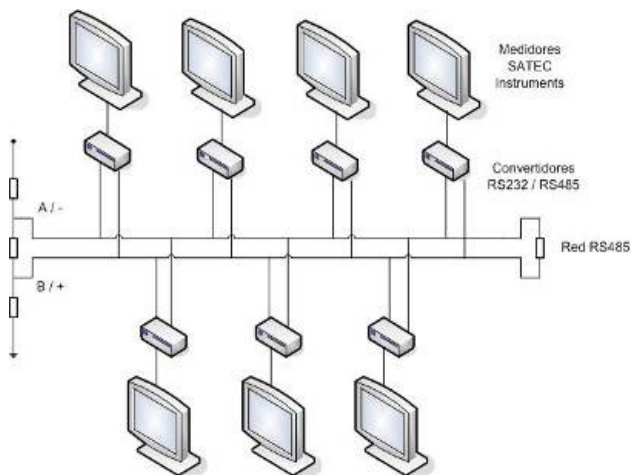


Fig. 13: Esquema de los medidores en Bus Half – Dúplex RS485

#### V. MÓDULOS CONVERTIDORES EMPLEADOS EN LA RED.

Dos son los tipos de convertidores que se emplean para la implementación de la red en la fábrica de ADELCA. El un conversor es de RS232 → RS485 y el segundo conversor es de RS232 → Ethernet. Los primeros convertidores que se usaron son:

**Modelo:** AIC+ Advanced Interface Converter

**Marca:** Allen Bradley

**Conversión:** RS232 – RS485

Las especificaciones técnicas del convertidor están en la Tabla 1. <sup>[7]</sup>

Tabla 1: Características técnicas del conversor RS232 → RS485

Descripción	Especificación (AIC+)	Especificación (DNI)
Requisito de fuente de aliment. Elec. de 24 VCC.	20.4 a 28.8 VCC	11 a 25 VCC

Consumo de corriente	120mA típico 200mA corriente de arranque máx.	200mA típico 400mA corriente de arranque máx.
Aislamiento interno	500 VCC durante un minuto	500 VCC durante un minuto
Temp. ambiente de operación	0 a +60° C (+32° F a +140° F)	0 a +60° C (+32° F a +140° F)
Temp. De Almac.	-40 a +85° C (-40° F a +185° F)	-40 a +85° C (-40° F a +185° F)
Certificaciones	UL 1604 c-UL C22.2 No. 213 Clase I División 2 Grupos A, B, C y D Cumple todas las directivas aplicables de la CE Certificación C-Tick para todas las leyes vigentes	

El AIC+ Advanced Interface Converter provee comunicación entre varios dispositivos de red. Los puertos 1, 2 y 3 que se muestran en la Fig. 14, se utilizan para realizar las conexiones de comunicación.

1. Puerto 1 – DB-9 RS-232 DTE
2. Puerto 2 – mini-DIN 8 RS-232
3. Puerto 3 – Bornera RS-485
4. Sw selector de la fuente de alimentación DC
5. Sw selector de velocidad
6. Terminales para la fuente de alimentación de 24V DC y tierra

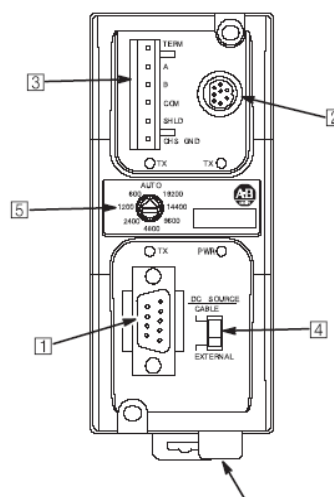


Fig. 14: Convertidor de interfaces RS232 → RS485  
El otro conversor que se emplea es el RS232 → Ethernet que se muestra en la Fig. 15

**Modelo :** eCOV - 110

**Conversión:** RS232 – Ethernet



**Fig. 15:** Convertidor de interfaces RS232 → Ethernet

Este convertidor permite realizar la conversión de una señal RS232 DB9 a Ethernet o viceversa. Las características de este conversor se indican a continuación:<sup>[8]</sup>

**Hardware:**

CPU:

*Windbond W78E65P*

Memoria: 32KB RAM, 64 KB FLASH

Puerto Ethernet: x1

Interface: 10/100 Mbps Auto Sensing

Señales: ETX+, ETX-, ERX+, ERX-

Protección: Aislante Magnético d 1.5KV

Puerto Serial: x1

Señal:

RS232: TxD, RxD, RTS, CTS, DTR, DSR, DCD, GND

Velocidad: 300 ~ 38400 bps

Paridad: Ninguna, Par, Impar

Bits de datos: 7, 8

Bits de parada: 1, 2

Control de flujo: RTS/CTS, XON/XOFF

**Software:**

Modo de operación:

TCP Server, TCP Client, UDP

Protocolos: ICMP, TCP, IP, UDP, DHCP, HTTP

Manejo: Web Console Windows, Utility, Command Mode

Método de actualización de software: Puerto Serial, Windows Utility

Posee además LED indicadores que indican las siguientes actividades desde la parte superior hacia abajo:

- **LED Rojo**  
RUN: Indicador de Funcionamiento
- **LED Verde**  
Tx: Transmisión de datos RS232
- **LED Rojo**  
Rx: Recepción de datos RS232
- **LED Verde**  
LAN: 10/100 Mbps estado de conexión de red

**i. PUNTO DE ACCESO INALÁMBRICO**

**Marca:** D-Link

**Modelo:** DWL-2100AP

El D-Link DWL-2100AP (Fig. 16) es un punto de acceso Inalámbrico perteneciente a la línea AirPlus XtremeG de D-Link, que responde al estándar 802.11g



**Fig. 16:** D-Link DWL-2100 AP

**Características:**

- Hasta 108Mbps - 2.4GHz
- Rendimiento 15x comparado con 802.11b
- Compatible con productos 802.11b y 802.11g
- Cuatro modos de operación: Punto Acceso, Bridge PtP, Bridge PtMP y Cliente
- WPA, 802.1x, WEP
- Antena desmontable con conector RSMA
- Servidor DHCP
- Fácil Instalación
- Alto Rendimiento
- Fácil integración en red

**Modalidades de Configuración:**

- Access Point
- WDS (Bridge)
- WDS con AP
- Repetidor AP
- Cliente AP

**VI. DISEÑO DE LA TOPOLOGÍA LÓGICA DE LA RED DE MEDIDORES**

El diseño de la topología lógica de la red de medidores hace referencia al direccionamiento empleado para completar el diseño de la topología física.

La dirección IP que la fábrica emplea es la 192.168.120.0 /24, esto hace referencia a que es una dirección clase C y cuya máscara es 255.255.255.0. Ésta es una dirección privada, es decir, una dirección utilizada para redes internas.



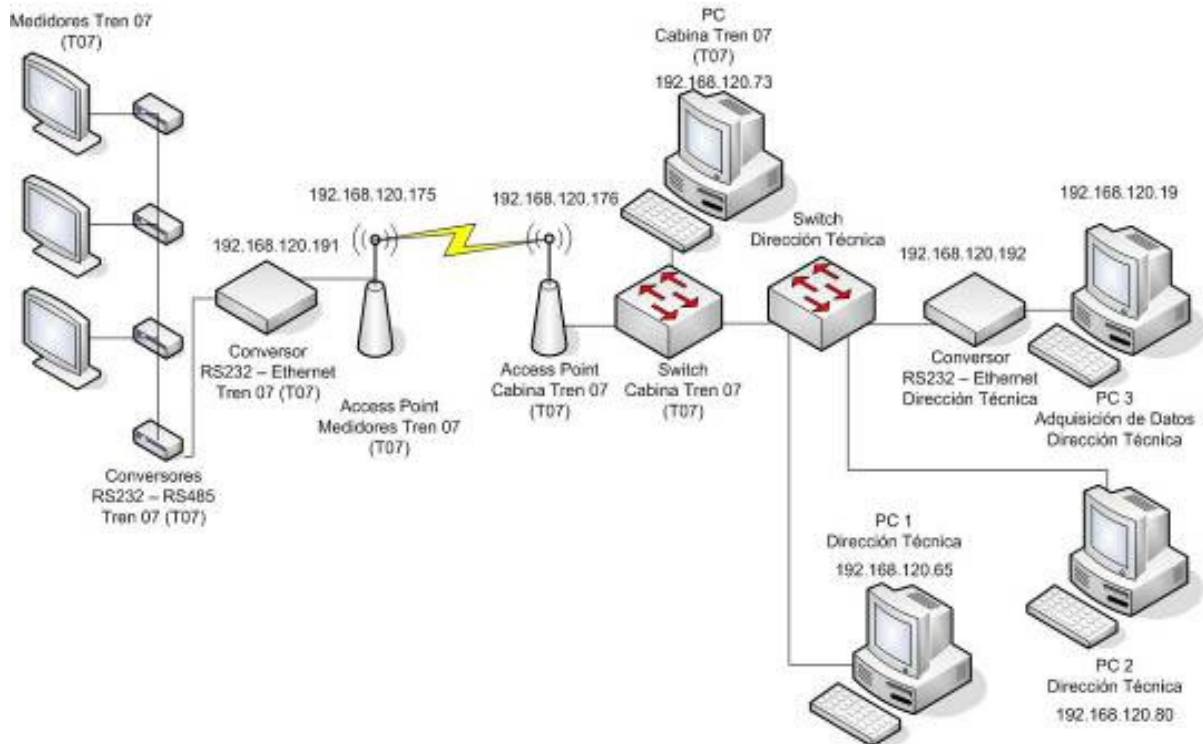
Este tipo de direcciones obedecen el direccionamiento RFC 1918 y no son enrutables en Internet.

Las direcciones que se asignaron a los equipos corresponden al rango de direcciones que se encuentra en la subred de "Equipos de Interconexión", así se garantiza que las direcciones asignadas para los equipos que se emplean en este proyecto se encuentran dentro de la misma subred para evitar conflictos.

De acuerdo a esto, las direcciones que se utilizan son las siguientes:

- **192.168.120.19 /24** PC Servidor
- **192.168.120.191 /24** Conversor RS232 → RS485 localizado en los medidores
- **192.168.120.192 /24** Conversor RS232 → RS485 conectado al PC servidor
- **192.168.120.175 /24** Access Point ubicado sobre los medidores del T07
- **192.168.120.176 /24** Access Point ubicado en la cabina del T07

El diagrama lógico de la red implementada se muestra en la Fig. 17



**Fig. 17:** Diagrama lógico de la Red

## F. DESARROLLO DE LA HMI (HUMAN MACHINE INTERFACE).

### I. EL PROGRAMA PRINCIPAL

El programa principal (Apéndice A) es el que controla la comunicación serial, adquisición e interpretación de datos, para realizar estas acciones se programó la HMI de tal forma que los datos de todos los medidores puedan ser leídos de dos formas: manual y automática.

Manual quiere decir que los datos pueden ser adquiridos en forma aleatoria dependiendo de cual medidor se necesite su información y, Automático quiere decir que toma lecturas de todos los medidores en orden y a distintas horas del día fijadas previamente.

El diagrama de flujo que se muestra en la Figura del Apéndice A es el que interactúa con los medidores, muestra los datos en pantalla y genera los reportes de los datos adquiridos. Controla la parada del sistema, y protege cada medidor del acceso sin permiso.



**Figura 18:** Pantalla principal de la HMI

## G. ESTUDIO DE COSTOS.

### I. ELECCIÓN DE LA RED A IMPLEMENTARSE SOBRE UNA BASE TÉCNICA Y ECONÓMICA

La red que se presentó y aprobó para su implementación es la que se presenta en la Fig. 19

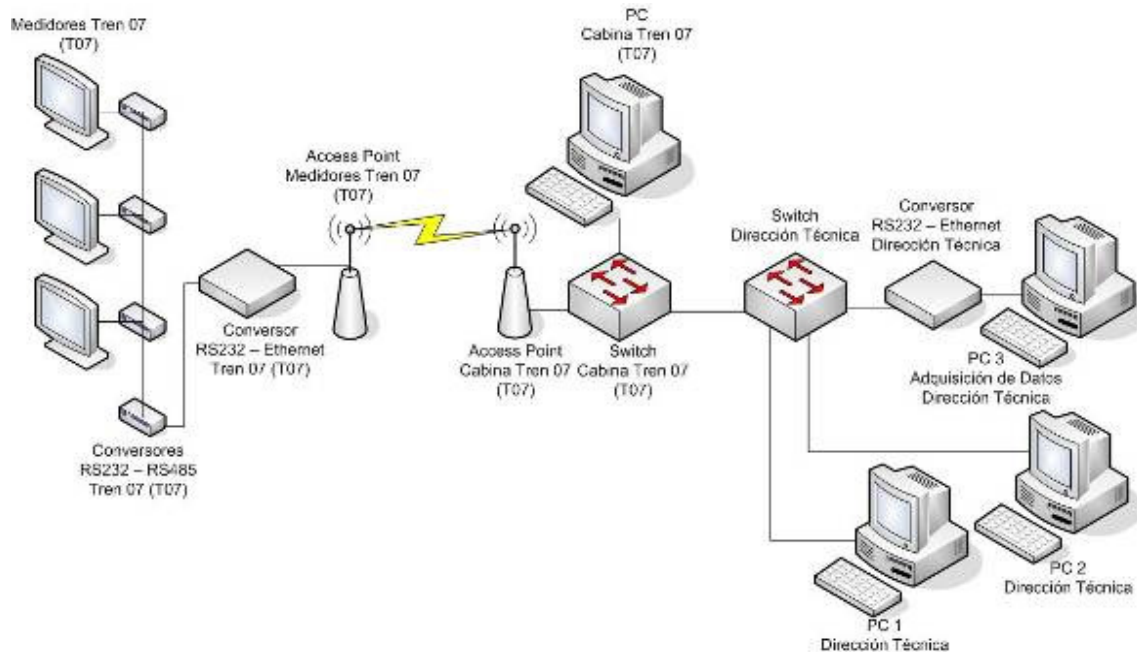


Fig. 19: Red implementada

En la Tabla 2 se presenta una lista con los costos de los elementos utilizados para esta implementación.

Cantidad	Equipo	Valor
8 u	AIC+ Advanced Interface Converter	1640.35
2 u	ECOV-110	240
10 m	Cable STP	50.50
70 m	Cable FTP	112
2 u	Access Points	180
7 u	Cables DB9	10
10 m	Cable gemelo	3
<b>TOTAL</b>		<b>2235.85</b>

Tabla 2: Inversión realizada en el proyecto

En la Tabla 2 no consta el costo de ingeniería, el cual asciende a \$1000 dólares, valor que se ahorró la Empresa al permitir que este trabajo se realice como un proyecto de titulación. Se espera que este ahorro incentive a la Empresa a que más egresados puedan graduarse solucionando problemas reales que les proveerá de valiosa experiencia práctica.

Desde un punto de vista netamente tecnológico, con la inversión realizada, la fábrica ADELCA – Alóg posee un sistema de adquisición de datos para los medidores

localizados en el tren 07 (T07), ganando de esta manera rapidez y confiabilidad en la adquisición de datos importantes para el monitoreo de sus gastos de producción

### I. CONCLUSIONES

- El programa de monitoreo a desarrollarse tenía que ser práctico en cuanto a su diseño y manejo posterior. El resultado de emplear el LabVIEW de la National Instruments para el desarrollo del software permite concluir que esta selección fue acertada.
- La red que se implementó para los medidores es una RS485. Los resultados que se obtuvieron corroboraron la afirmación de que el modo diferencial de la red RS485 es eficiente para contrarrestar la interferencia que existe en un ambiente industrial.
- Para tener los datos en el computador central era necesario la conversión de protocolos como se explicó en capítulos anteriores. La idea de emplear dispositivos convertidores, como el eCOV-110, para realizar las conversiones resultó ser la más sencilla.
- Los medidores manejan el protocolo de comunicación MODBUS; por lo mismo, se decidió utilizar la variante MODBUS ASCII. Las pruebas realizadas al sistema demostraron que la baja velocidad inherente del MODBUS ASCII no afectó negativamente el rendimiento de la red.

- Las condiciones del tren 07 (T07) impedían el paso de cable para conectar la red industrial de medidores con el switch que se encuentra en la cabina, por esto se concluyó utilizar enlace inalámbrico para realizar esta conexión.
- Cuando se trabaja con direccionamiento IP es importante conocer la red en la cual se está trabajando y el tipo de direccionamiento que posee. Por esto, se decidió estudiar la red administrativa de la planta para conocer su distribución interna.

Industrial dictados por la National Instruments. Cursos tomados: Matlab para Análisis de Señales y Sistemas e Introducción a la Instrumentación Virtual con LabVIEW dictados en la EPN además, el CCNA1, CCNA2, CCNA3, CCNA4 y Fundamentals of Wireless LANs del Cisco Networking Academy Program. Siguió la Academia de LINUX LPIC para la administración del sistema operativo LINUX – CentOS. Experiencia Laboral y prácticas preprofesionales realizadas en AGIP OIL Ecuador Branco – El Coca, Ecuador, PETROINDUSTRIAL – Shushufindi, Ecuador y Acería del Ecuador C.A. – Alóag, Ecuador.

## II. REFERENCIAS

- [1] COMUNICACIÓN DIGITAL, Ing. Pablo Hidalgo  
 [2] INTERFACES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL, Dr. Luis Corrales  
 [3] SYSTEM POWER METER 290. SATEC Ltd.  
 [4] CISCO NETWORKING ACADEMY PROGRAM, CCNA1: Networking Basics V3.1  
 [5] CISCO NETWORKING ACADEMY PROGRAM, CCNA1: Networking Basics V3.1  
 [6] GENERALIDADES WLAN, Ph.D. Iván Bernal  
 [7] [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1761-um004\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1761-um004_-en-p.pdf)  
 [8] [http://www.tysso.org/pdf/ecov110\\_serial-ethernet-converter.pdf](http://www.tysso.org/pdf/ecov110_serial-ethernet-converter.pdf)

## III. Biografías:



**Carvajal Cristina** nació en Quito el 10 de septiembre de 1979, Realizó sus estudios secundarios en la Unidad educativa “Santa Mariana de Jesus”. Se graduó en la Escuela Politécnica Nacional como Ingeniero en Electrónica y Control en 2009, Gano el Segundo y Cuarto lugar en el Concurso Ecuatoriano de Robótica CER2007. Participo en el Curso de Manejo de Labview, Participó en los Ciclos de conferencias de Automatización

y Control industrial. Fue parte de la Organización del II encuentro de informática de EPN, Realizó Practicas laborales, en “TELEAMAZONAS” Cratel s.a. Quito, como Técnico en el Dep. de Radio Frecuencia. Trabajó en “MICROCIRCUITOS CIA. LTDA.” Quito, Técnico diseño construcción de proyectos (Edificios Inteligentes), “QUIMIEM” Quito, Jefe Departamento de Servicio Técnico



**Pérez Andrés.** Nacido en Quito el 17 de enero de 1983. Realizó sus estudios primarios y secundarios en el Colegio Pensionado “Fidel” Olivo, los estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. Ha asistido a varias conferencias y seminarios concernientes a Control Automático y Automatización

# Apéndice A

Diagrama de flujo del programa principal

