

CAPITULO III

SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN DE LECTURAS

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se desarrollan e implementan los circuitos electrónicos encargados de realizar la interfaz de adquisición de datos de los registradores electrónicos, y la interfaz encargada de la comunicación entre el circuito de adquisición de datos con la red inalámbrica; la cual también se diseña tomando en cuenta los requerimientos del sistema de adquisición y transmisión de datos.

3.2. DISEÑO DE LA INTERFAZ ELECTRÓNICA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

La interfaz electrónica encargada de adquirir los datos de lecturas de los registradores electrónicos se detalla a continuación.

3.2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El sistema de adquisición de datos se desarrolla para los registradores electrónicos monofásicos de energía eléctrica, cabe mencionar que la interfaz no está limitada a un solo tipo o marca de registrador, al contrario sirve para cualquier tipo de medidor siempre y cuando posea una salida de impulsos, generalmente conocida como salida opto acoplada.

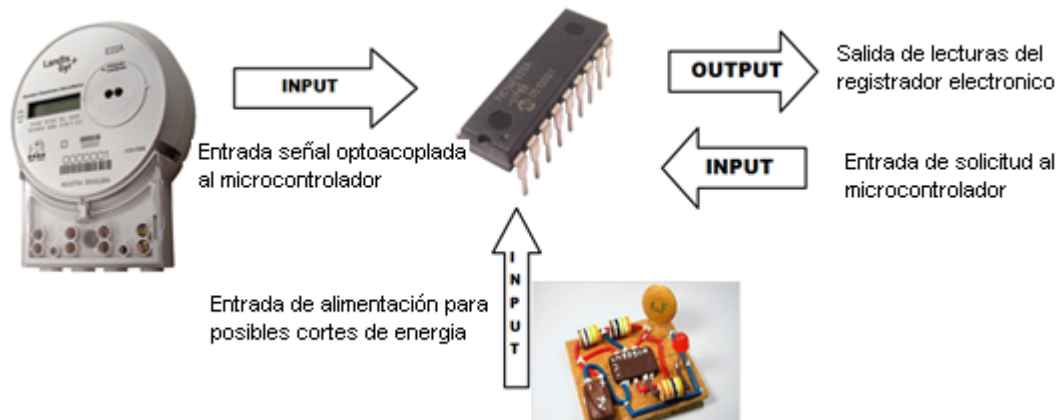
El diseño se basa en los siguientes pasos:

1. Adquirir información del registrador electrónico.
2. Procesar y Controlar la información en el microcontrolador.

3. Transmitir y Recibir la Información procesada.

A continuación en la *Figura 17* se muestra los elementos necesarios para el sistema de adquisición de datos.

Figura 17. Elementos para el sistema de Adquisición de Datos



Fuente: Los autores

3.2.2. MICROCONTROLADOR, FUNCIONES Y CARACTERÍSTICAS

El elemento más importante en el desarrollo de la interfaz es el microcontrolador ya que es el encargado de procesar y controlar las diferentes funciones de la misma, por lo tanto la construcción de esta interfaz se la realiza con la familia Microchip específicamente el microcontrolador 16F628A; en consecuencia la adquisición, el procesamiento y control de datos está a cargo de este elemento. El microcontrolador a utilizarse se lo seleccionó por las siguientes razones.

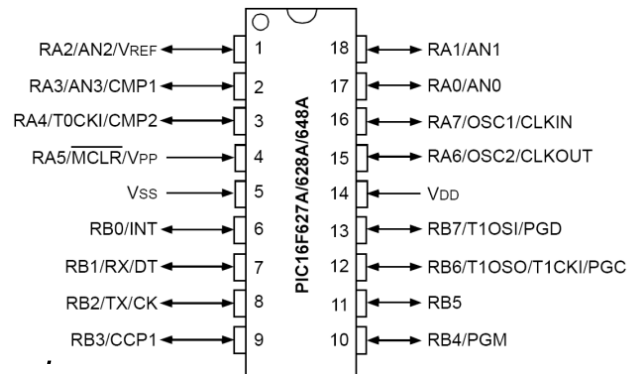
➤ Puertos Requeridos

Para realizar la adquisición de datos se necesita.

- Ingresar las señales de impulsos del registrador.
- Ingresar la señal de cortes de alimentación.
- Un indicador led para el microcontrolador.
- Dos señales Tx, Rx.

Lo que hace un total de 5 pines utilizados; además se debe mencionar que se utiliza interrupciones en las señales de impulsos del registrador y corte de alimentación, en la *Figura 18* se encuentra la distribución de pines del microcontrolador 16F628A

Figura 18. Diagrama microcontrolador 16F628A



Fuente: Hoja de datos, Microchip 16F628A

Según Carlos Reyes en su libro *Microcontroladores PIC* detalla los pines del microcontrolador 16F628A de la siguiente manera.

- *PORT A : RA0-RA7*
 - Los pines RA0-RA4 y RA6-RA7 son bidireccionales y manejan señales TTL
 - El pin RA5 es una entrada Schmitt Trigger que sirve también para entrar en el modo de programación cuando se aplica una tensión igual a Vpp (13,4V mínimo)
 - El terminal RA4 puede configurarse como reloj de entrada para el contador TMR0
 - Los pines RA0 - RA3 sirven de entrada para el comparador analógico
- *PORT B : RB0-RB7*
 - Los pines RB0-RB7 son bidireccionales y manejan señales TTL

- El pin RB0 se puede utilizar como entrada de pulsos para provocar una interrupción externa
 - Los pines RB4-RB7 están diseñados para detectar una interrupción por cambio de estado.
- *OTROS PINES*
 - VDD: Pin de alimentación positiva. De 2 a 5,5 Vcc
 - VSS: Pin de alimentación negativa. Se conecta a tierra o a 0 Vcc
 - MCLR: Master Clear (Reset). Si el nivel lógico de este terminal es bajo (0 Vcc), el microcontrolador permanece inactivo. Este Reset se controla mediante la palabra de configuración del PIC
 - OSC1/CLKIN: oscilador
 - OSC2/CLKOUT: oscilador

➤ Memoria

Es una parte esencial en el desarrollo del sistema de adquisición de datos; en donde la memoria de programa permite guardar las instrucciones del mismo; la memoria de datos ayuda a generar y mantener los datos que se obtengan de las respectivas instrucciones y por último la memoria EEPROM en la cual se almacena las lecturas adquiridas del registrador las mismas que se guardarán si ocurre cualquiera de los siguientes eventos:

- Almacenamiento cada kWh
- Almacenamiento por cortes de energía.

A continuación se detallan características de memoria que posee el microcontrolador 16F628A

- Memoria de programa: 2048 locaciones de 14 bits
- Memoria de datos: Memoria RAM de 224 bytes (8 bits por registro)
- Memoria EEPROM: 128 bytes (8 bits por registro)

➤ **Velocidad de Procesamiento**

La velocidad de procesamiento es un factor a considerar tomando en cuenta que se utiliza interrupciones y que el incremento de los impulsos es aleatorio dependiendo de la carga conectada al registrador, adicionalmente se debe considerar las solicitudes que se realizan al microcontrolador.

Se pueden presentar eventos fortuitos que pueden coincidir exactamente al mismo tiempo entre estos están:

- *Incremento de Impulsos con Corte de Alimentación*

La respuesta del microcontrolador a este evento es atender al más importante, en este caso el microcontrolador atiende al corte de alimentación y guarda inmediatamente los datos en la memoria EEPROM.

Si se presentará este caso lo que pasaría por ejemplo en un registrador de 3200 impulsos 1 kWh es que se pierda la lectura de 0.0003125 kWh, lo que se podría considerar despreciable ya que las lecturas se las realiza en números enteros.

- *Incremento de Impulsos con Solicitud al Microcontrolador*

La respuesta del microcontrolador a este evento es atender al incremento de impulsos ya que es más factible que se realice una nueva solicitud al microcontrolador que perder el impulso, todo esto por mantener un alto rendimiento.

- *Corte de Alimentación con solicitud al microcontrolador*

La respuesta del microcontrolador a este evento es atender al corte de alimentación, es más factible realizar una nueva solicitud al microcontrolador que perder los datos presentes en ese momento.

A continuación se muestra características del microcontrolador 16F628A para los requerimientos anteriores.

- Oscilador interno de 4 MHz
- Las instrucciones se ejecutan en un sólo ciclo máquina excepto los saltos (*goto* y *call*), que requieren 2 ciclos. Cada ciclo de máquina lleva 4 ciclos de reloj, si se utiliza un reloj de 4 MHz los ciclos de máquina se realizarán con una frecuencia de 1 MHz, es decir que cada instrucción se ejecutará en 1µS (microsegundo)
- Opera con una frecuencia de reloj de hasta 20 MHz (ciclo de máquina de 200 ns)

➤ **Transmisión de Datos**

Para la transmisión y recepción del microcontrolador se utiliza la norma RS232 asíncrona en la cual la duración de cada bit en la transmisión o recepción está determinada por la velocidad con la que se realiza la transferencia de datos, es decir no se necesita pulsos de reloj, también brinda la facilidad de realizar la comunicación solo con tres hilos Tx, Rx, Gnd, ayudando a ahorrar espacio y complejidad en el circuito, además el puerto serie se ha generalizado, se ha usado y se seguirá usando en múltiples dispositivos, computadoras, terminales, módems, es decir este puerto de comunicaciones se incluye de manera estándar en cualquier dispositivo electrónico, lo cual ayuda a diseñar un sistema de adquisición de datos que se adapta a muchos dispositivos que existen en el mercado, el microcontrolador 16F628A posee comunicación serie síncrona y asíncrona.

➤ **Programación**

La Programación del microcontrolador se ha realizado en lenguaje ensamblador utilizando el software MPLAB, se utiliza este lenguaje de bajo nivel por las siguientes razones:

- El lenguaje ensamblador proporciona la oportunidad de conocer a fondo la operación de los microcontroladores, lo que permite el desarrollo de software de una manera más consciente.

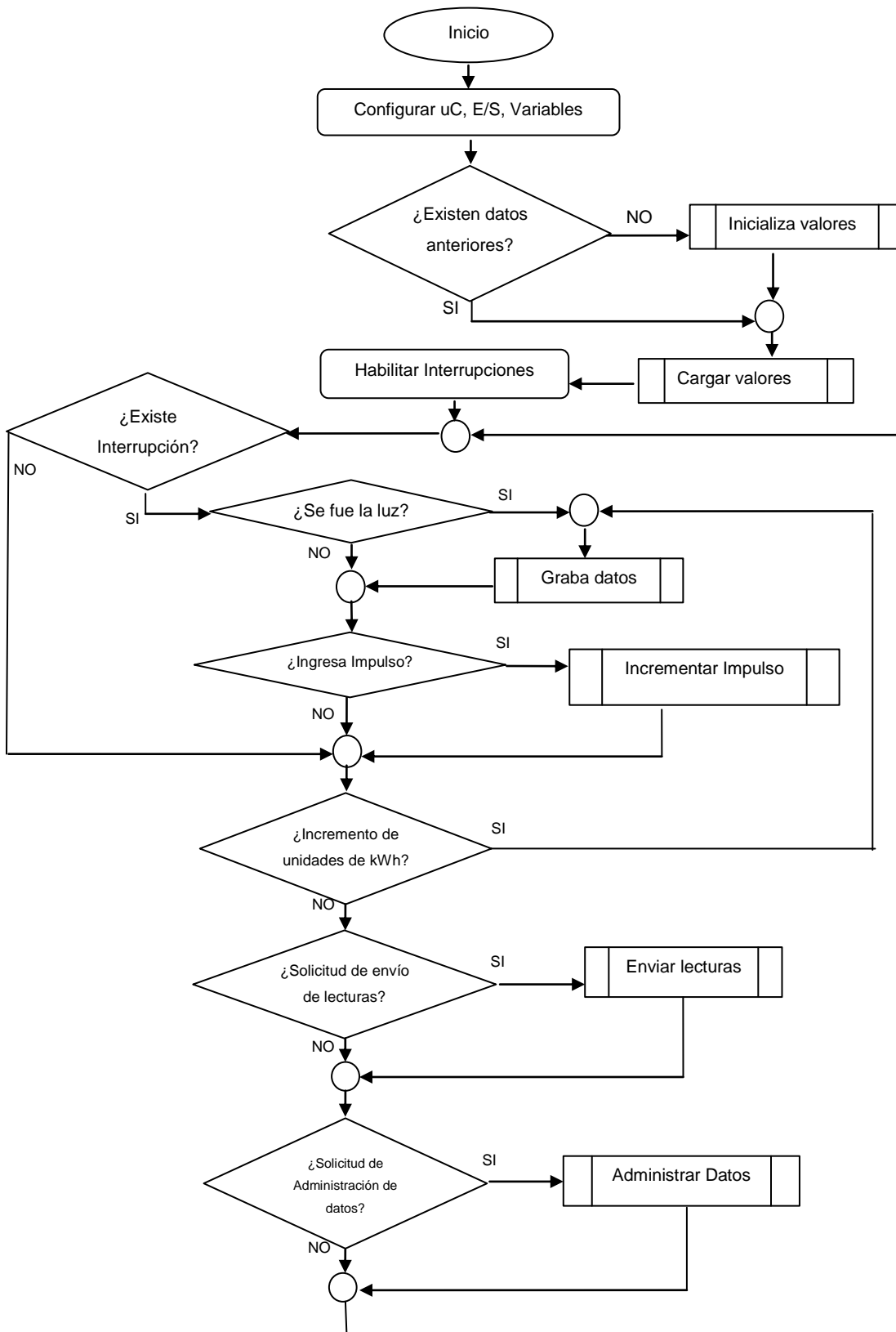
- El lenguaje ensamblador brinda el control total del microcontrolador al tener la capacidad de saber que ocurre en cada instrucción o línea del código.
- Otra razón es que los programas en ensamblador son más rápidos, más compactos y tienen mayor capacidad que los creados en otros lenguajes.
- El lenguaje ensamblador brinda una optimización en el tamaño del programa y en su ejecución.

El microcontrolador debe cumplir con características importantes para desempeñar de forma operativa las necesidades de funcionalidad del sistema como son bajo consumo de potencia, fácil de familiarizarse, facilidad de obtención, dimensiones físicas, peso y costo ; por las razones antes mencionadas el microcontrolador 16F628A cumple con los requisitos del sistema de adquisición de datos, además se considera la tendencia de los microcontroladores de 4 y 8 bits los cuales son suficientes para la mayoría de aplicaciones, lo cual justifica no emplear microcontroladores más potentes y consecuentemente mucho más costosos.

➤ **Diagramas de Flujo para el programa en el microcontrolador**

El funcionamiento del microcontrolador se presenta en los siguientes diagramas de flujo, además se encuentra el código fuente en el Anexo 10.

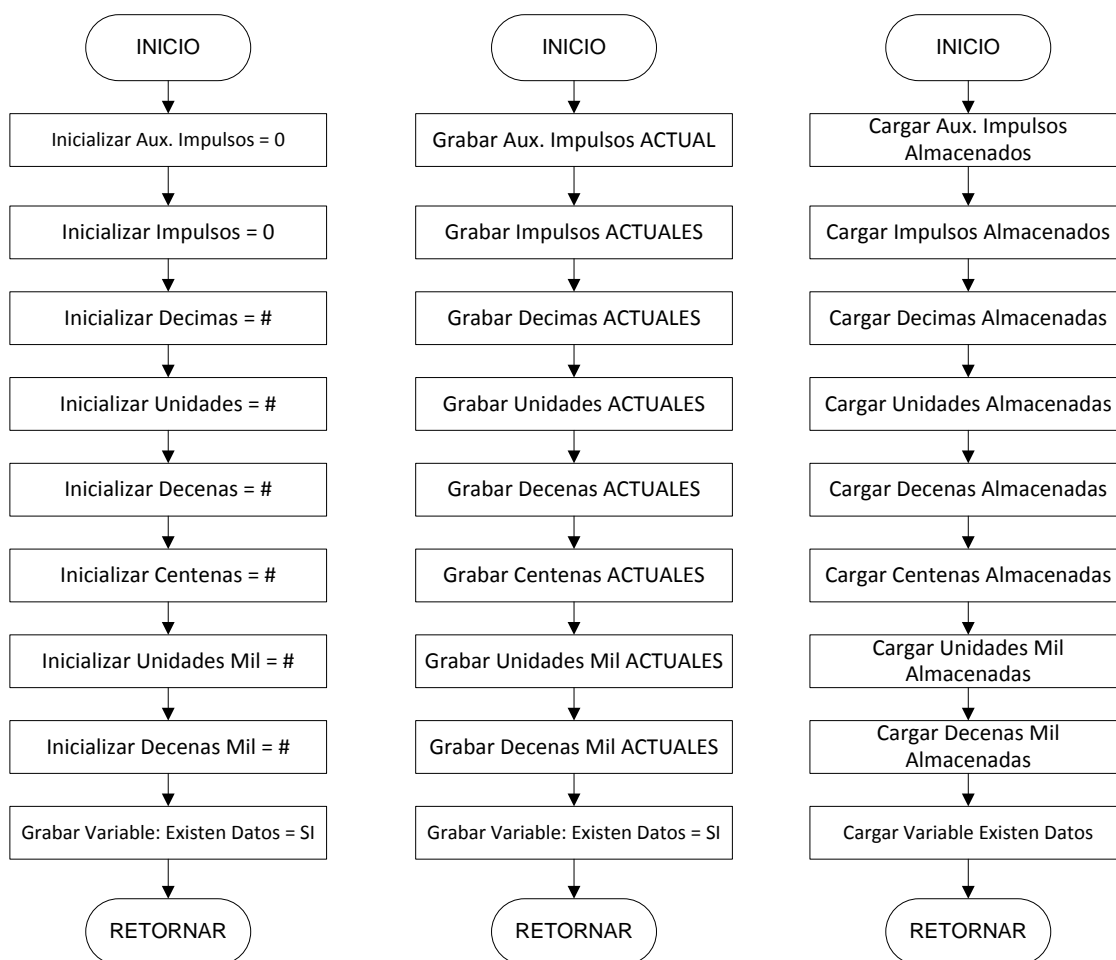
Figura 19. Diagrama de Flujo del Programa Principal en el Microcontrolador 16F628A.



Fuente: Los autores

En la *Figura 20* se muestran los diagramas de las subrutinas para inicializar, grabar y cargar valores. En la *Figura 20.a* se observa el signo “#”, el cual representa el valor de las lecturas al momento de instalar el dispositivo.

Figura 20. Diagrama de flujo para la subrutina Inicializar, Grabar y Cargar valores



a) Subrutina Inicializar valores

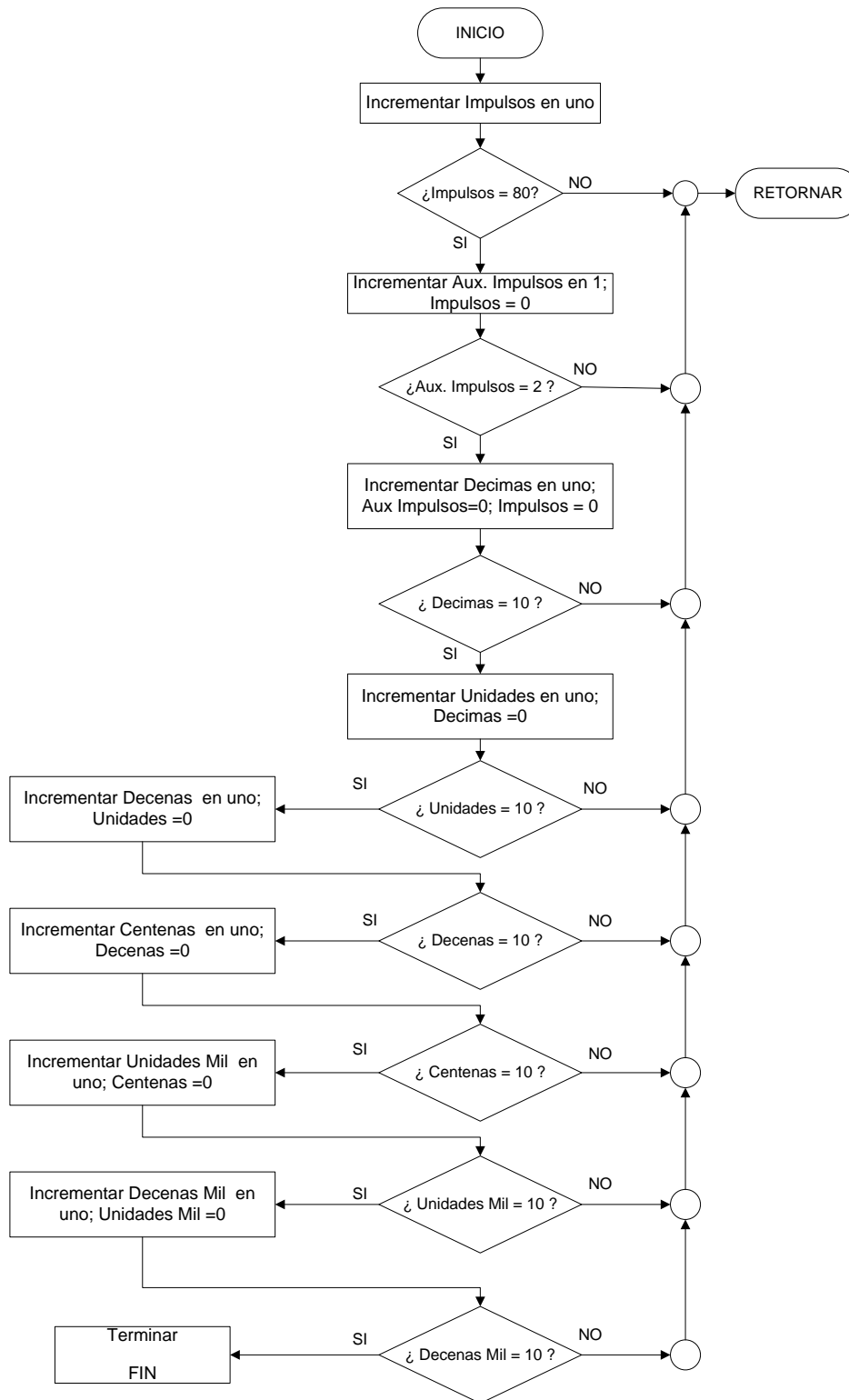
b) Subrutina Grabar valores

c) Subrutina Cargar valores

Fuente: Los autores

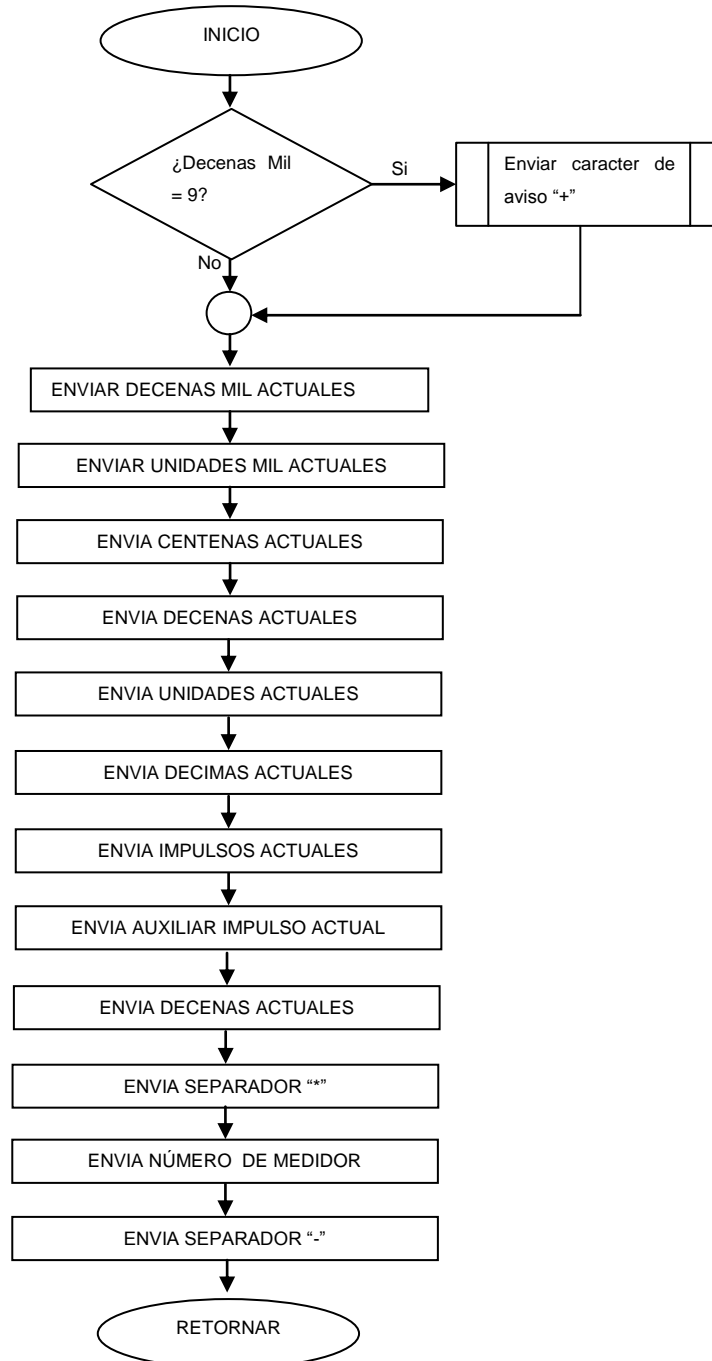
La *Figura 21* muestra el diagrama de flujo de la subrutina incremento de impulsos, como ejemplo se ha utilizado un medidor con una constante de 1600 impulsos/kWh, se menciona que la constante puede ser ajustada de acuerdo a las características del medidor.

Figura 21. Diagrama de flujo para la subrutina Incremento de Impulsos, 1600 impulsos kWh



A continuación en la *Figura 22* se muestra la subrutina para el envío de lecturas

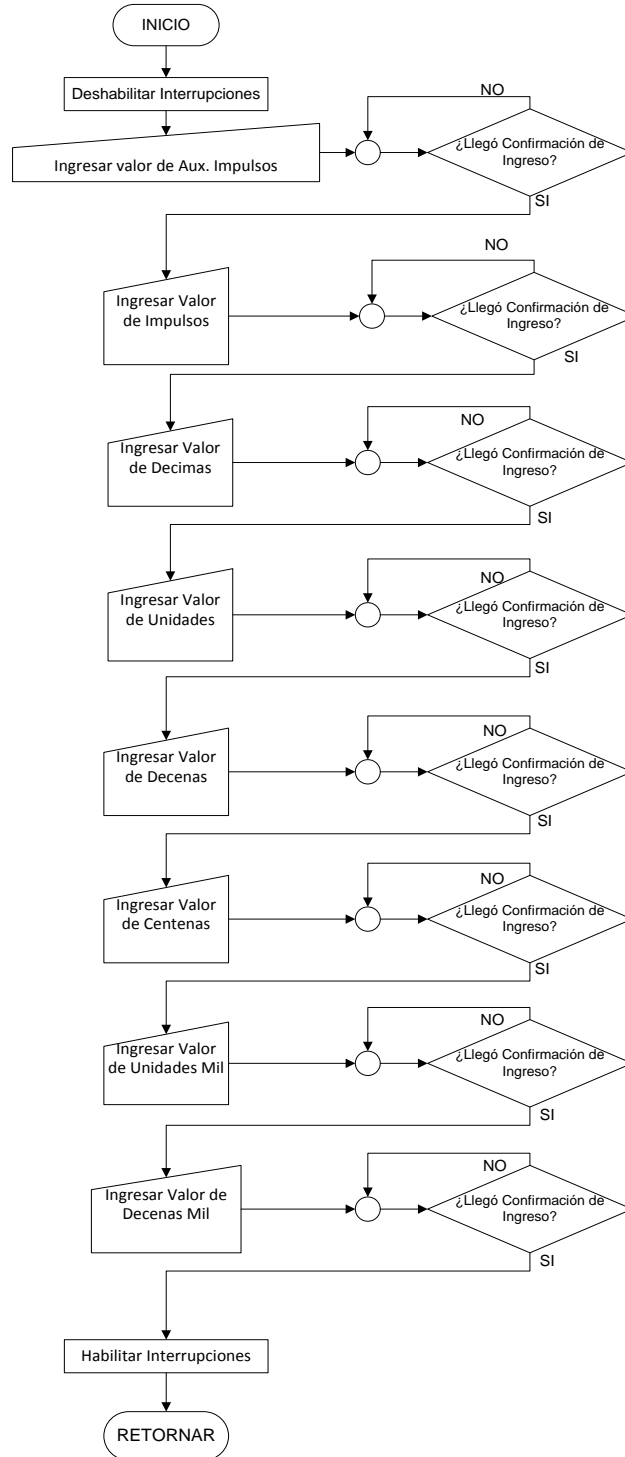
Figura 22. Diagrama de Flujo para la subrutina de envió de lecturas



Fuente: Los autores

En la *Figura 23* se muestra el diagrama de flujo de la subrutina administración de datos. el funcionamiento detallado de la subrutina se encuentra en el Anexo 11

Figura 23. Diagrama de Flujo para la subrutina Administración de Datos



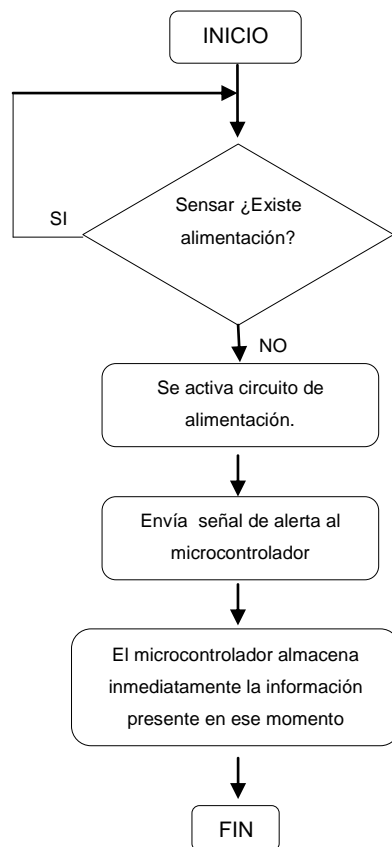
Fuente: Los autores

3.2.3. RESPALDO PARA CORTES DE ENERGÍA

En el diseño del circuito del sistema de adquisición de datos se tiene presente el corte de energía, es decir que todo el circuito no tenga alimentación, este es un factor muy importante ya que la información que se esté procesando en ese momento se puede perder.

Para resolver este problema es necesario implementar un circuito que actué como alarma y brinde alimentación de energía suficiente para guardar los valores de las variables en la memoria EEPROM. La *Figura 24* presenta el diagrama de flujo del funcionamiento del circuito de respaldo.

Figura 24. Diagrama de flujo para cortes de energía



3.2.4. ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA PARA LA INTERFAZ ELECTRÓNICA

El consumo de corriente del sistema de adquisición de datos es aproximadamente 0.15 Ah, por lo que es relevante mencionar su bajo consumo, también se debe considerar que el dispositivo desarrollado es lo más pequeño posible.

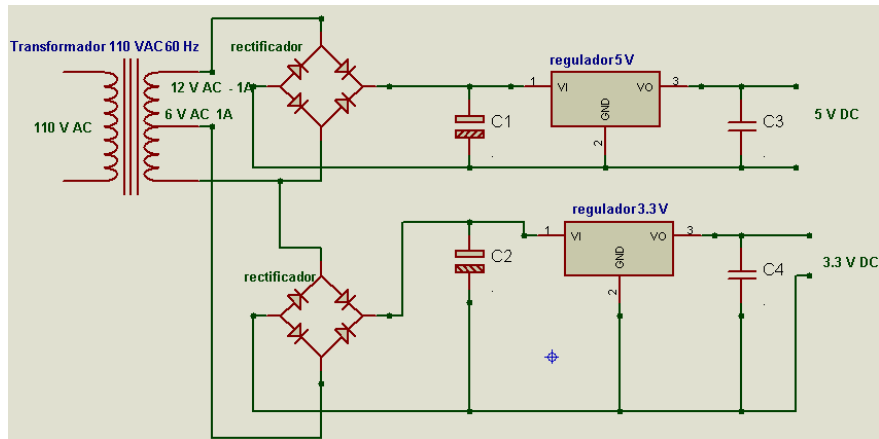
Además se debe tomar en cuenta la interfaz entre el sistema de adquisición de datos y la red inalámbrica; los módulos que se utilizan para implementar esta interfaz consumen una corriente aproximada de 0.3 Ah en el módulo WIFLY y 0.8 Ah, en módulo WIZ610wi, los cuales se describen en el subcapítulo 3.3.2; con estas particularidades la corriente necesaria para el funcionamiento de todo el circuito en conjunto aumenta.

EL tipo de fuente a utilizarse en este proyecto es desarrollada con las siguientes características.

- Salida de corriente a 1 A.
- Entrada de voltaje 110 V AC.
- Salida de voltaje 5 V DC, 3.3 V DC.
- Tamaño reducido.
- Precio económico.

Las características mencionadas cumplen con los requisitos de corriente y voltaje para el funcionamiento del sistema de adquisición de datos y de los módulos encargados de la interfaz con la red inalámbrica los cuales se describen en el subcapítulo 3.3. La *Figura 25* muestra el circuito desarrollado para fuente de alimentación.

Figura 25. Circuito para la fuente de Alimentación



Fuente: Los autores (Software Proteus)

3.2.5. CARACTERÍSTICAS DESARROLLADAS PARA LA INTERFAZ ELECTRÓNICA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

El sistema de adquisición de datos posee ventajas y características que lo hacen interesante al momento de seleccionarlo para aplicaciones de telemetría, además optimiza los recursos de las empresas eléctricas y brinda una automatización perfecta en la recolección de datos de los registradores electrónicos monofásicos.

Ventajas y características de la Interfaz electrónica:

- Compatible con cualquier tipo de registrador electrónico monofásico que posea una salida opto acoplada.
- Bajo consumo de energía aproximadamente 0.15 Ah.
- Tamaño reducido.
- Puerto estándar de comunicación RS232, 8bits, no paridad, 1 bit de stop, control de flujo ninguno, 9600 bps.
- Administración Remota.
- Alimentación 5 V DC.

El sistema de adquisición de datos fue desarrollado para ser compatible con una amplia gama de tecnologías de transmisión, al ser diseñado en dos etapas; el sistema de adquisición de datos en una parte y el sistema de transmisión de datos

3.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ PARA LA COMUNICACIÓN CON LA RED INALÁMBRICA

La transmisión de datos hacia la red se realiza inalámbricamente, para lo cual se hace referencia al estándar IEEE 802.11b/g; los módulos que cumplan con estos estándares y que además brinden la conectividad RS232 a WIFI serán los encargados de transmitir y recibir información desde la red inalámbrica hacia el circuito de adquisición de datos y viceversa, también desempeñaran funciones que permiten a los registradores electrónicos a través del sistema de adquisición de datos formar parte de una red inalámbrica desempeñando algunas funciones de usuario final.

La red inalámbrica a la que se conectarán los registradores será la encargada de trasportar los datos a la central de EMELNORTE S.A.

3.3.2. MÓDULO A UTILIZAR

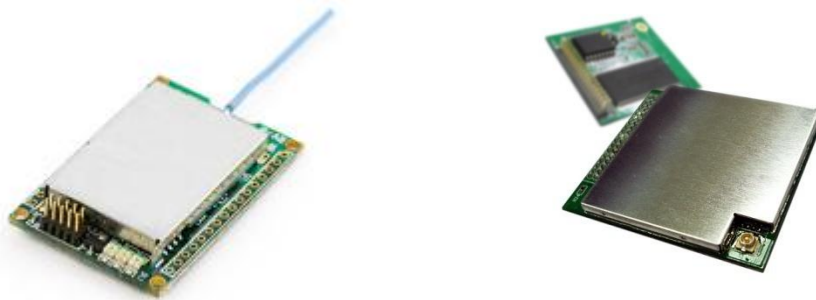
Los módulos que se utiliza son:

- El módulo de la casa Roving Networks - WIFLY
- El módulo de la casa WIZNET – WIZ610WI

Los módulos antes mencionados cumplen con el requisito básico del sistema de adquisición y transmisión de datos, que es brindar una interfaz transparente en la cual los datos que se transmiten y reciben a través del puerto serial del microcontrolador puedan formar parte de una red inalámbrica.

En la *Figura 27* se puede apreciar los módulos de casa Roving Network y WIZNET.

Figura 27. Módulos serie – wifi



a) Roving Networks

b) WIZNET

Fuente: Hoja de datos Wifly y WIZ610wi respectivamente

➤ **Características de la interfaz para la comunicación con la red inalámbrica**

A continuación se detallan las características más importantes de los dos módulos:

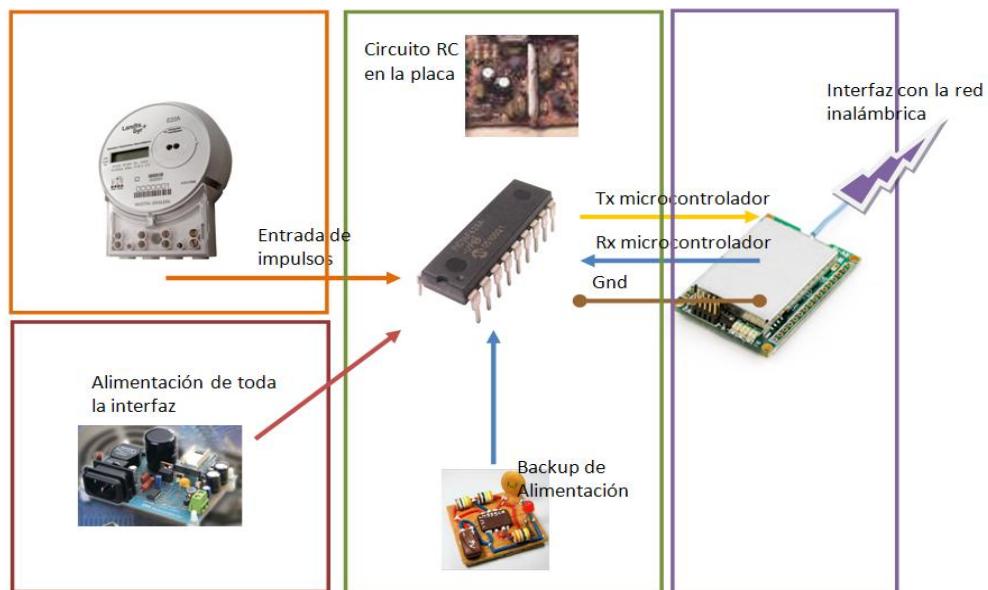
- WIZ610WI
 - Estándar inalámbrico IEEE 802.11b/g.
 - Listo para aplicaciones serial – wireless.
 - Seguridad WEP, WPA, WPA2.
 - Protocolos TCP, Telnet, ICMP, HTTP, DHCP.
 - Modulación OFDM 11g; DSSS 11b.
 - Receptor -76 dBm.
 - Potencia Tx 14 dBm.
 - Actualización de Firmware.
 - Interfaz serial, conexión con tres hilos Tx, Rx, Gnd.
 - Interfaz wireless. U.F.L. Hembra.
 - Alimentación 3.3 V.
 - Consumo 550 mAh.
 - Dimensiones 39 mm x 32 mm x 4.7 mm.
 - Modo de Operación, Punto de Acceso, Cliente, Gateway.
 - Administración HTTP, Serial, Telnet.

- WIFLY
 - Módulo inalámbrico IEEE 802.11b.
 - Protocolos TCP, ICMP, FTP, Telnet, DHCP.
 - Modulación DSSS.
 - Actualización de firmware.
 - Puerto Serial – Wireless.
 - Bajo Consumo, 110 mAh Tx, 40 mAh Rx.
 - Receptor -85 dBm.
 - Potencia Tx 12 dBm.
 - Dimensiones 25.4 mm x 36 mm x 5mm
 - Modo de Operación, Cliente.
 - Administración a través puerto serie.

3.3.3. CARACTERÍSTICAS DESARROLLADAS PARA EL DISPOSITIVO DE ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE DATOS.

El diseño final de la adquisición de datos e interfaz para la comunicación con la red inalámbrica se presenta en la *Figura 28*.

Figura 28. Sistema de Adquisición y Transmisión de Datos para registradores electrónicos monofásicos



Fuente: Los autores

El circuito de adquisición de datos en conjunto con el módulo inalámbrico, forman un sistema para adquirir, procesar, controlar y enviar las lecturas de los medidores electrónicos monofásicos.

Como se observó en la *Figura 28* existen diferentes elementos que trabajan independientemente; el registrador, la fuente de alimentación, el circuito de adquisición, y el módulo de transmisión inalámbrico de datos. Al trabajar de esta manera se logra que el sistema sea independiente de cada elemento consiguiendo características como las que se menciona a continuación:

- Al poseer el circuito de adquisición de datos un puerto RS232 lo hace compatible con muchas tecnologías de transmisión, es decir basta cambiar el módulo y obtendremos un nuevo sistema de transmisión.
- Al poseer esta característica de independencia entre los elementos es más fácil identificar posibles errores.
- El registrador electrónico puede funcionar normalmente con o sin el sistema de adquisición de datos.
- Permite la configuración remota de datos en el microcontrolador.

A continuación en la *Figura 29*, y *Figura 30*; se observa el dispositivo encargado de adquirir y transmitir inalámbricamente las lecturas de los registradores electrónicos monofásicos.

Figura 29. Placa del sistema de Adquisición y Transmisión Inalámbrica de Lecturas

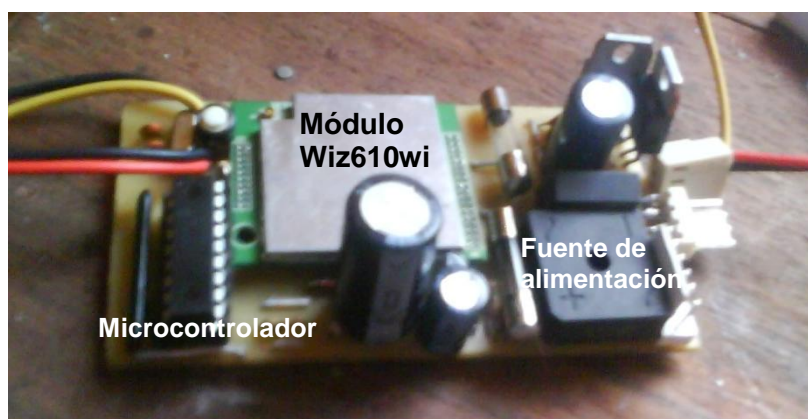


Figura 30. Dispositivo de Adquisición y Transmisión Inalámbrica de Lecturas.



Fuente: Los autores

3.4. DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA PARA LA ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN DE LECTURAS.

El diseño de la red y el sistema de transmisión de datos se detallan a continuación.

3.4.1. DESCRIPCIÓN DE LA RED INALÁMBRICA

La red inalámbrica debe poseer cobertura en la zona central de San Antonio de Ibarra es decir, desde la panamericana norte hasta la línea férrea y desde la calle 10 de Agosto hasta la calle Simón Bolívar; la red se diseña tomando en cuenta los diferentes factores que se presentan al momento de instalar los dispositivos encargados de adquirir y transmitir las lecturas de los registradores electrónicos; además se considera la ampliación de cobertura de la red para brindar conectividad a sectores rurales o alejados del centro de San Antonio de Ibarra.

La Red Inalámbrica a implementarse trabaja bajo los estándares IEEE 802.11b/g, y el enlace desde San Antonio de Ibarra al centro de datos de EMELNORTE S.A. se desarrolla bajo el estándar IEEE 802.11a.

3.4.2. DISEÑO DE LA WLAN

El principal objetivo de la red es brindar conectividad a los registradores electrónicos y transportar de forma segura las lecturas de energía activa hacia la central de datos de EMELNORTE S. A., para lo cual se analiza los siguientes parámetros.

➤ Cobertura y Topología

El diseño de la red depende de la naturaleza y condiciones del ambiente en el que se implementara la red. Lo anterior lleva a la respuesta de la siguiente pregunta ¿Cómo organizar el equipamiento de forma que pueda alcanzar a todos los usuarios inalámbricos en el Barrio Centro de San Antonio de Ibarra?

En el *Cuadro 8* se encuentran los valores de la inspección de campo en el Barrio Centro de San Antonio de Ibarra.

Cuadro 8. Información de la inspección de Campo Barrio Central de San Antonio de Ibarra

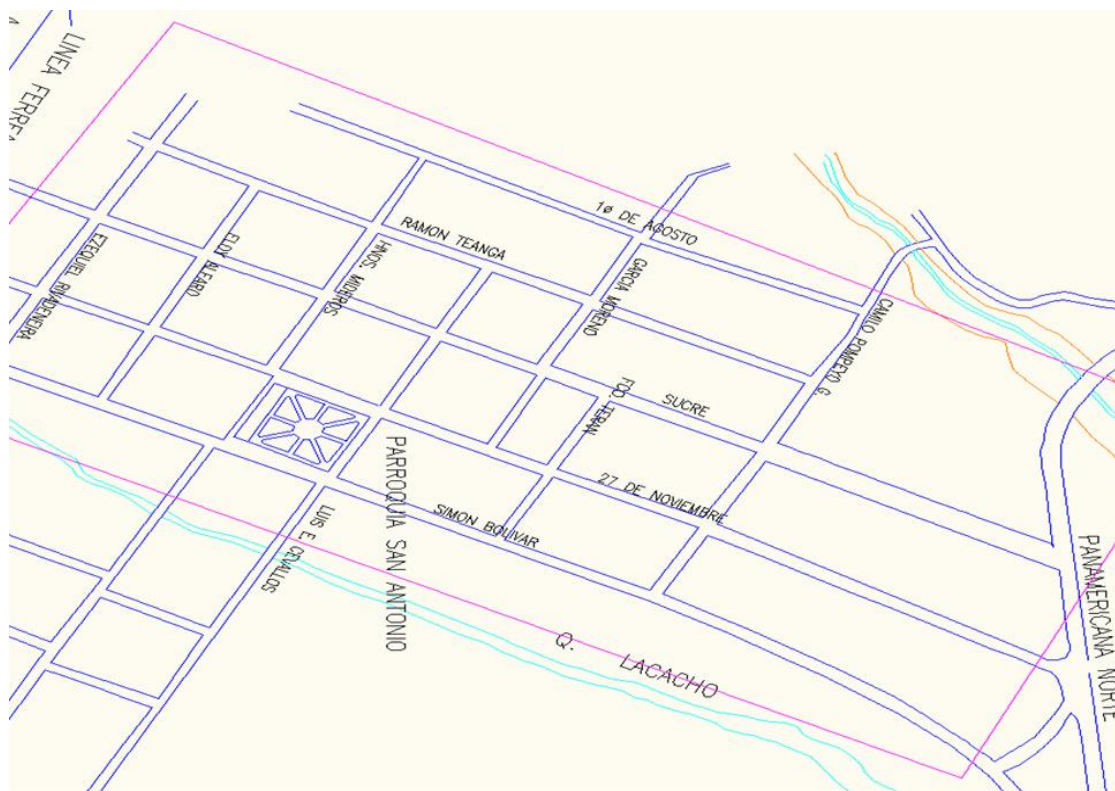
Información General		
Ubicación	Prov. Imbabura, Cantón Ibarra, San Antonio de Ibarra, Barrio Centro	
Coordenadas	0° 20' 08" de latitud norte; 78°10' 09" de longitud oeste.	
Población	Densamente poblado aproximadamente 5000 personas	
Abonados	Aproximadamente 1200	
Infraestructura	Construcciones de bloque y ladrillo, promedio de altura de las construcciones 6 m.	
Extensión Geográfica	1.5 km ² Barrio Centro	
Vegetación	Vegetación es casi nula	
Clima	Temperatura promedio es de 9,8 °C en la parte alta y alcanza los 17 °C en la parte baja	
Tics		
Telefonía Fija	Parcialmente CNT	
Operadoras Celulares	Porta, Movistar, Alegro	
WLANs 2.4GHz	SSID Visibles	canal
	metroredcentro	11
	metrored	7

	metroredsur	3
	Imbabura	5
	Daniel Reyes	6
	PUNTONET IBARRA 2	3
	teodoroemp	2
	sanantonio	3
	coat	1
	sectorial	4
Electricidad		
Disponibilidad	356 días al año	
Precio por kWh	0.08 dólares	

Fuente: Los autores

En la *Figura 31* se encuentra el mapa de San Antonio de Ibarra donde se ha realizado el análisis de campo.

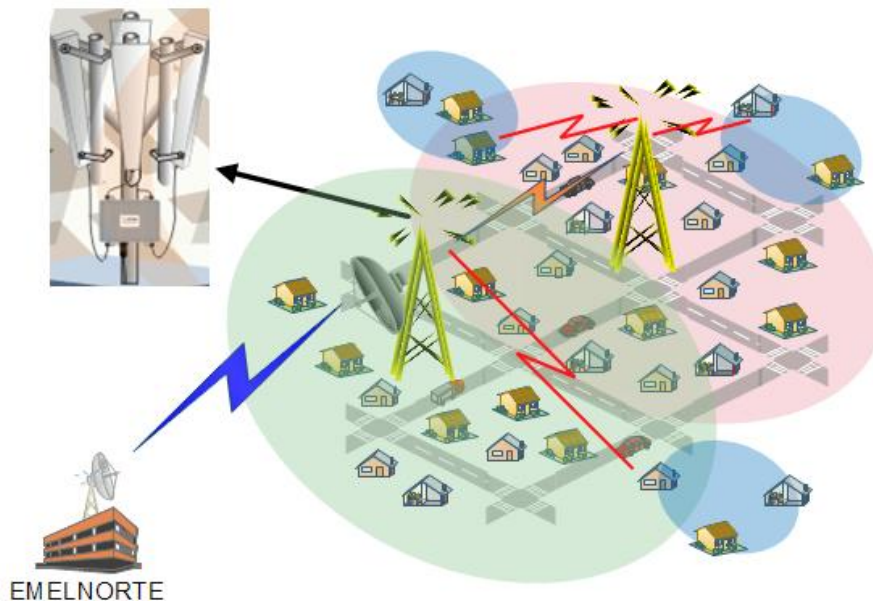
Figura 31. Mapa de San Antonio de Ibarra



Fuente: Las Autores

Tomando en cuenta la información del *Cuadro 8* y la *Figura 31* se procede a ejecutar el diseño de la topología de red; como se indica en la *Figura 32*.

Figura 32. Topología de Red en Barrio Central San Antonio de Ibarra



Fuente: Los autores

En la *Figura 32* se observa la conformación una red inalámbrica con dos concentradores trabajando bajo el estándar IEEE 802.11 b/g, cada concentrador tiene un área de cobertura de 800 a 1000 metros de diámetro; tomando en cuenta la forma y material de las construcciones que se encuentran presentes en lugar de la implementación los concentradores alcanzan una cobertura aproximada de 800 metros de diámetro. Los radios cuentan con 4 salidas para conectar antenas exteriores o también denominadas “salidas RF”, las cuales son totalmente independientes en potencia, configuración y administración, en consecuencia se utiliza un arreglo de cuatro antenas sectoriales 90°.

La configuración de cada salida RF es como AP exceptuando la salida que se conecta con el equipo adyacente, la configuración es como WDS; de esta manera se logra enlazar los dos concentradores formando entre ellos un Sistema Distribuido Inalámbrico.

Se toma en cuenta que la cobertura brindada por los concentradores es aproximadamente de 400 metros a la redonda, pero se debe considerar que algunas construcciones pueden estar más alejadas, para solucionar este problema solo basta configurar al registrador límite del área de cobertura como WDS, de esta manera se puede optimizar los recursos de la red, para que los registradores funcionen como AP y puedan brindar conectividad hacia los lugares en donde se desee ampliar la red sin necesidad de instalar un equipo costoso.

Lo expuesto anteriormente se puede observar en la *Figura 32*, en la cual el enlace entre los concentradores principales está representado por el color naranja, el enlace con los registradores configurados como WDS está representado por el color rojo, y los círculos representa el área en donde existe cobertura; para que los datos lleguen a EMELNORTE S.A. se hace uso de un backhaul a 5.8 GHz representado por el enlace color azul.

Además los concentradores principales ofrecen la facilidad de ampliar la red a varios kilómetros; en modo de funcionamiento WDS y teniendo una cobertura de 360°, permiten enlazar a más concentradores y al tener la ventaja de poseer 4 salidas RF permiten lograr una mejor administración de los mismos.

➤ **Tráfico**

Para realizar la estimación de tráfico que cursará por la red se realiza un análisis de las aplicaciones que correrán para cada usuario, es decir cuanta información se envía y transmite por cada registrador.

Para realizar una solicitud a un determinado registrador se realiza una conexión TCP/IP y se envían dos caracteres de solicitud "xm".

Las lecturas de energía activa de cada registrador electrónico son enviadas en texto plano; se debe tomar en cuenta que los registradores electrónicos permiten

visualizar lecturas de 5 dígitos por ejemplo 99999; la información que contiene el texto que transmite cada registrador es la siguiente:

“ABCDEFGH*2080648-“

Dónde:

- ABCDEFGH : Indica la lectura actual de energía activa del registrador.
- ABCDE :Indica los kWh actuales del medidor
- F : Indica el valor de la décima de kWh actual del medidor
- G : Numero de impulsos actuales del medidor
- H : Variable de impulsos; solo puede tener 2 valores 0 y 1

Si el valor es 0 los impulsos se multiplican por 1, si el valor es 1 los impulsos se multiplican por 2.

- 2080648 :Número de suministro del abonado
- * : separador
- - : separador

Se puede observar que por cada solicitud de lectura, el registrador envía 17 bytes de información, sumados los 2 bytes de solicitud tenemos un total de 19 bytes que intervienen en la solicitud de lecturas.

Tomando en cuenta que la lectura de los registradores electrónicos se la realiza una vez al mes, se propone tomar la lectura una vez al día a una determinada hora, lo cual genera un control más detallado del consumo del abonado.

Con esta información se calcula el tráfico que genera cada registrador.

Ecuación 10. Tráfico de Solicitud de Lectura (T_{sl})

$$T_{sl} = \frac{\text{bytes de solicitud}}{\text{una solicitud}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} \times \frac{\text{solicitud}}{1 \text{ segundo}}$$

Haciendo uso de la *ecuación 10* se tiene:

$$T_{sl} = \frac{19 \text{ bytes}}{\text{solicitud}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} \times \frac{\text{solicitud}}{1 \text{ segundo}}$$

$$\text{Tráfico}_{\text{solicitud de lectura}} \approx 152 \text{ bps}$$

El valor mostrado anteriormente es el resultado de sumar los bytes de solicitud que se envía a cada medidor y los bytes de respuesta de cada medidor, luego se realiza la relación correspondiente de bytes a bits y se divide para 1 s.

Si todos los registradores transmiten al mismo tiempo y con un número de abonados aproximadamente de 1200 el resultado sería el siguiente.

$$\text{Tráfico}_{\text{solicitud de lectura acumulada}} \approx 178,125 \text{ Kbps}$$

El tráfico generado por las solicitudes y respuestas de las lecturas todos los registradores es 178,125 Kbps, lo cual es relativamente bajo si se toma en cuenta que la transmisión de datos se la realiza bajo los estándares IEEE 802.11 a/b/g, los cuales brindan velocidades de transmisión superiores.

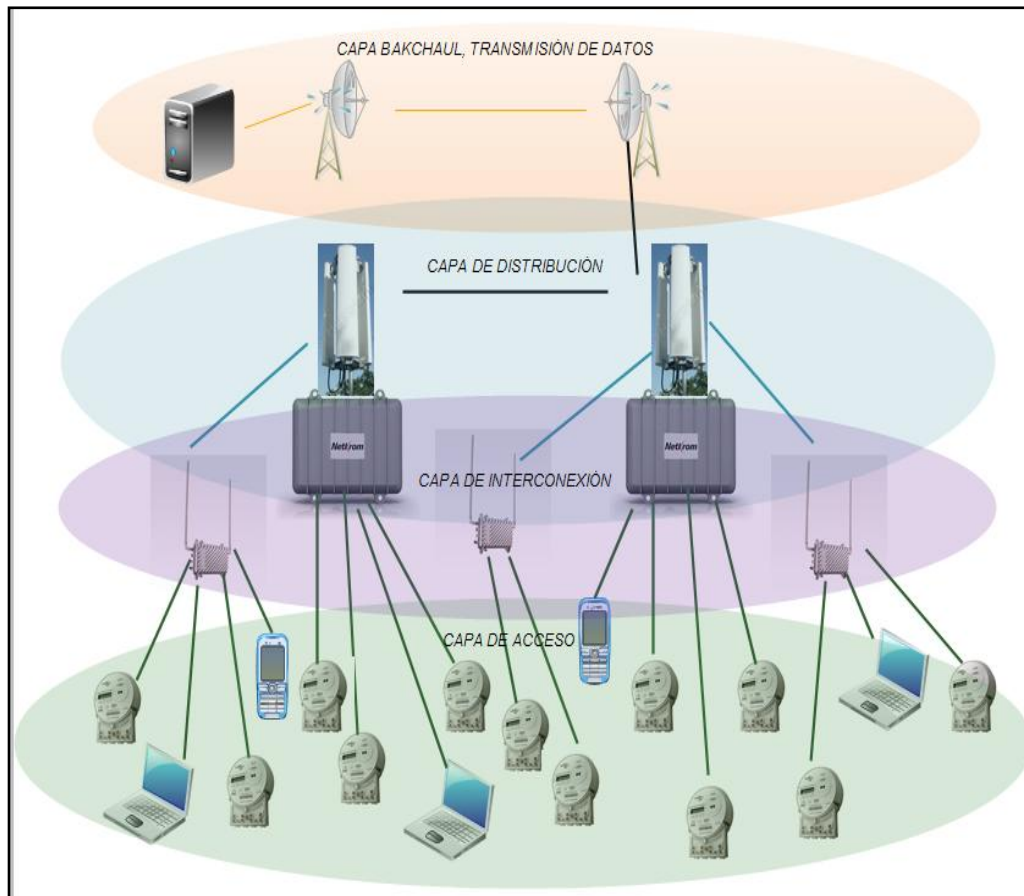
➤ **Red**

La red a implementarse debe ser completamente operativa y para lograr esta característica se realiza el diseño de red representado por el siguiente modelo de capas.

- *Capas de la Red Inalámbrica*

La *Figura 33* muestra la distribución de capas del sistema de adquisición y transmisión inalámbrica de lecturas.

Figura 33. Capas del diseño de Red Inalámbrica



Fuente: Los autores

- **Capa de Acceso.** Es la encargada de alojar a los usuarios finales de la red, se encuentran dispositivos como los registradores electrónicos, computadores portátiles o teléfonos IP; los cuales pueden funcionar como recolectores de datos, o administradores de los dispositivos finales, esta capa trabaja bajo el estándar IEEE 802.11b/g.
- **Capa de Interconexión.** Se encuentran los dispositivos que brindan conectividad a los clientes finales; en esta capa se puede observar dos dispositivos.

Los Registradores configurados como AP WDS: funcionan como clientes finales y además brindan la posibilidad de extender el área de cobertura para alojar a más usuarios finales.

Los Concentradores: brindan conectividad directa a usuarios finales y también a los Registradores configurados como AP WDS.

Esta capa trabaja bajo el estándar IEEE 802.11b/g.

- *Capa de Distribución.* Se encuentran los concentradores principales de la red inalámbrica, esta capa es la encargada de realizar la segmentación, equilibrio de la carga y la conectividad entre AP principales en modo de funcionamiento WDS, esta capa trabaja bajo el estándar IEEE 802.11b/g.
- *Capa Backhaul.* Se encuentran los dispositivos encargados de transportar la información recolectada desde los sitios remotos hasta la central de datos, esta capa trabaja bajo el estándar IEEE 802.11a.

El diseño de una red con modelo en capas es necesario por las siguientes razones:

- Estandariza los componentes de cada capa permitiendo el desarrollo y ampliación de la red.
 - Permite optimizar una capa en particular sin afectar a las demás.
 - Asegura la interoperabilidad entre los distintos equipos que conforman las capas.
 - Reduce la Complejidad.
 - Simplifica la enseñanza y aprendizaje.
- *Direccionamiento, Segmentación y Ubicación de las estaciones Base*

Se realiza segmentación de red, física y lógica; la *Figura 34* muestra las salidas RF independientes.

Figura 34. Radio con 4 salidas RF independientes, con antenas sectoriales



Cada salida RF es independiente en potencia, administración y configuración logrando una segmentación física; además se maneja una red para cada salida de esta manera se segmenta lógicamente a la red.

Fuente: Hoja de datos ISPAIRMulti-band Base Station 500 Series

En los Cuadro 9 y 10 se muestran los direccionamientos para la red, es importante mencionar que por seguridad se ha utilizado seudónimos en los nombres y máscaras de las subredes.

Cuadro 9. Direccionamiento para el Concentrador 1

Concentrador 1 Backhaul		
Nº Salida RF	Nombre de la Subred	Mascara
Salida RF 1	A.B.C.1	1.2.3.4
Salida RF 2	A.B.C.2	1.2.3.4
Salida RF 3	A.B.C.3	1.2.3.4
Salida Backhaul	A.B.C.4	1.2.3.4

Fuente: Los autores

Cuadro 10. Direccionamiento para el Concentrador 2

Concentrador 2		
Nº Salida RF	Nombre de la Subred	Mascara
Salida RF 1	A.B.C.5	1.2.3.4
Salida RF 2	A.B.C.6	1.2.3.4
Salida RF 3	A.B.C.7	1.2.3.4
Salida RF 4	A.B.C.8	1.2.3.4

Fuente: Los autores

El *Cuadro 11* presenta las coordenadas geográficas para la ubicación de los concentradores, la altura mostrada está al nivel del mar por lo que en EMELNORTE S.A. se tiene una altura adicional de 12 m. y en los concentradores 15 m. por las torres y mástiles en los que serán montados.

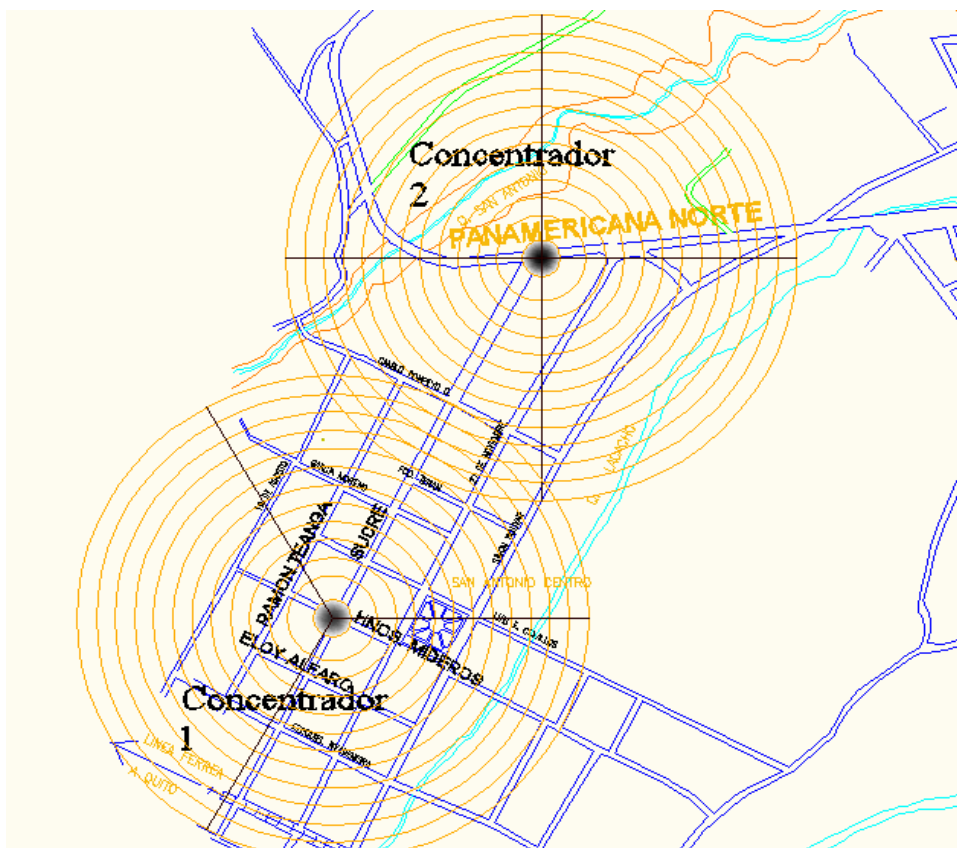
Cuadro 11. Coordenadas de ubicación de los Concentradores

	Latitud	Longitud	Altura
Concentrador 1 Backhaul	0° 20' 6"	78° 10' 11.4"	2336 s.n.m (m)
Concentrador 2	0° 20' 18"	78° 10' 3"	2301 s.n.m (m)

Fuente: Los autores

En la *Figura 35* se muestra la ubicación y cobertura de los concentradores en el Barrio Centro de San Antonio; el concentrador 1 se encuentra entre las calles Sucre y Hnos. Mideros mientras que el concentrador 2 se encuentra entre las calles Sucre y la Panamericana Norte.

Figura. 35 Ubicación y Cobertura de los Concentradores en el Barrio Central de San Antonio de Ibarra



Fuente: Los autores

En la *Figura 35* se observa los concentradores actuando como radio base y haciendo uso de sus salida RF brindan conectividad en toda su área de cobertura. Para lograr una segmentación operativa se hace uso de redes diferentes para cada salida RF como se muestra en los *Cuadros 9 y 10*; además haciendo uso de protocolos de enrutamiento, que permitan el direccionamiento sin clase se logra integrar las diferentes redes.

El nombre de la red es A.B.C.D y su máscara es 1.2.3.4.

El diseño anteriormente presentado es importante por las siguientes razones.

- La distribución de los abonados (domicilios) no siguen un modelo geométrico.
- Es indispensable mantener un número considerable de direcciones IP para la asignación de nuevos clientes.
- Es necesario implementar una segmentación de red, porque la cantidad de clientes es considerablemente elevada.
- Se debe pensar en la ampliación de la red, tanto en la cantidad de usuarios como en la cobertura.
- Al mantener una segmentación física y lógica se logra controlar de mejor manera las colisiones y por lo tanto mantener a la red más operativa.

A lo anterior se suman las siguientes características.

- *Alta Disponibilidad.*

Se consigue un diseño adecuado del área de cobertura, es decir la itinerancia, que es lograr la capacidad de negociación automática de la tasa adecuada cuando la fuerza de la señal se debilita, además la elección de la antena correcta y el uso de repetidores en lugares estratégicos para ampliar la cobertura.

- *Escalabilidad.*

Se consigue soportando una configuración confiable por área de cobertura, para lograr equilibrar la carga.

- *Manejabilidad.*

Se logra utilizando dispositivos WLAN empresariales que soportan protocolos de administración remota, como Telnet, SSH, HTTP.

- *Interoperabilidad.*

Se consigue adhiriéndose a los estándares por ejemplo IEEE 802.11a, IEEE 802.11b/g.

➤ **Seguridad**

Las WLAN son más susceptibles a ataques debido a que los intrusos no requieren conexión física para acceder a la red. Se debe brindar total seguridad de información en la red inalámbrica como se describe en el subcapítulo 2.10

3.4.3. DISEÑO DEL ENLACE ENTRE BARRIO CENTRAL DE SAN ANTONIO Y EMELNORTE S.A.

Independientemente del buen diseño y equipamiento de red inalámbrica que funcione en los lugares remotos, en este caso San Antonio, se debe tener suficiente precaución en el diseño del Backhaul, porque es el encargado de transportar la información a la central de datos. Si el enlace no está bien diseñado el desempeño general de la red se verá afectado.

La distancia de este trayecto es de 6.1 km, el nodo de San Antonio es una estación cliente, y el nodo en EMELNORTE S. A. actúa como Access Point.

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se muestra la Ubicación de los Nodos, el perfil topográfico, las zonas de Fresnel, margen de despeje y azimut.

➤ **Ubicación de los Nodos**

Los Nodos se encuentran en las coordenadas mostradas por el *Cuadro 12*, adicionalmente se tiene una altura de 15 metros en San Antonio y 12 metros en EMELNORTE S.A. sobre el nivel del mar; La estación en San Antonio de Ibarra

está ubicada entre las calles Sucre y Hnos. Mideros mientras que la estación en EMELNORTE S.A. se encuentra entre las calles Chica Narváez y Borrero.

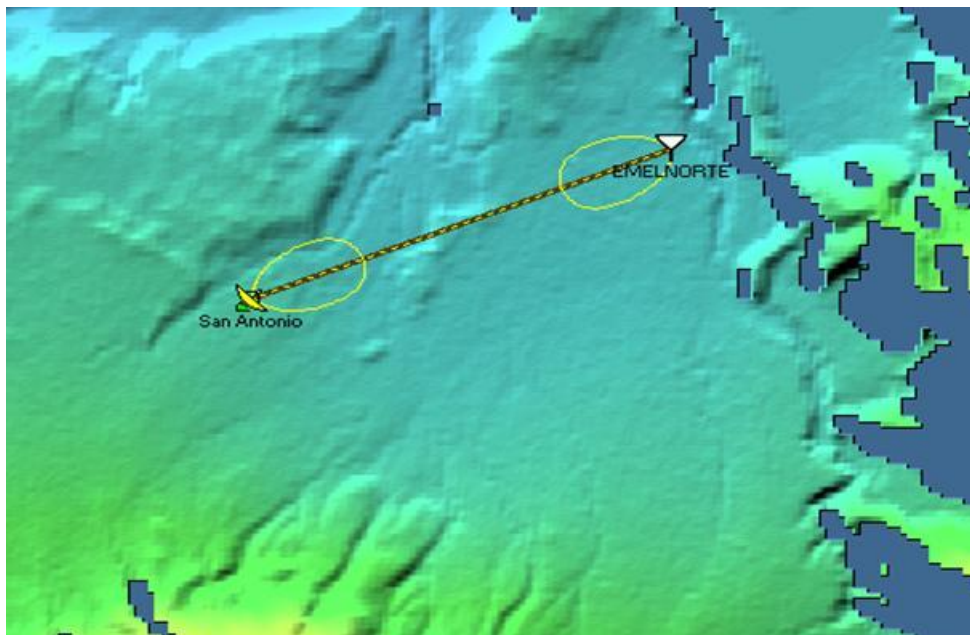
Cuadro12. Coordenadas de los Nodos EMELNORTE S.A. y San Antonio

Nodo	Latitud	Longitud	Altura
EMELNORTE	0° 21' 22.8"	78° 7' 4.5"	2208 s.n.m (m)
San Antonio	0° 20' 6"	78° 10' 11.4"	2336 s.n.m (m)

Fuente: Los autores

En la *Figura 36* se encuentra la ubicación del nodo San Antonio y el nodo EMELNORTE S. A.

Figura 36. Ubicación de los Nodos



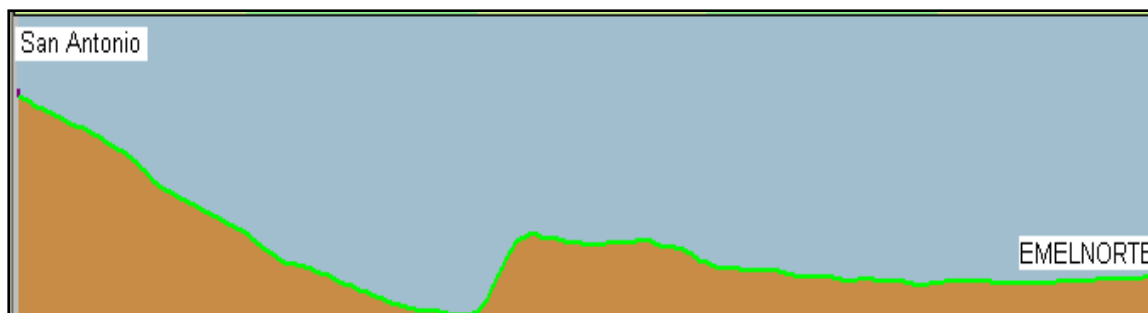
Fuente: Los autores (Software Radio Mobile)

➤ **Perfil Topográfico**

Este parámetro se lo obtiene a partir de cartas topográficas, mapas con curvas de nivel o mapas digitales y ayuda a verificar si existe línea de vista entre los lugares a enlazar.

En la *Figura 37* se muestra el perfil topográfico entre San Antonio y EMELNORTE.

Figura 37. Perfil Topográfico Trayecto San Antonio de Ibarra – EMELNORTE S.A.



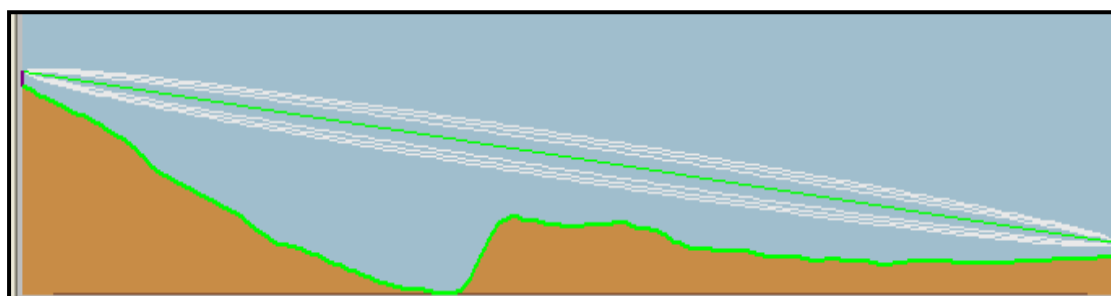
Fuente: Los autores (Software Radio Mobile)

➤ Zonas de Fresnel

Además de la visibilidad directa entre las antenas se debe considerar la primera zona de Fresnel, debe existir por lo menos el 60% de despeje en esta zona durante todo el trayecto del enlace San Antonio – EMELNORTE.

En la *Figura 38* se observa que no existen obstáculos en el trayecto de las zonas de Fresnel.

Figura 38. Zonas de Fresnel Trayecto San Antonio de Ibarra – EMELNORTES.A.



Fuente: Los autores (Software Radio Mobile)

Haciendo uso de la ecuación de la *Ecuación 2* se calcula el radio para la primera zona de Fresnel.

Cuadro 13. Radio de la primera zona de Fresnel intervalo 500m

D1 (Km)	D2 (Km)	RADIO primera zona de Fresnel (m)	RADIO 60% de la primera zona Fresnel (m)
0	6,1	0,00	0,00
0,5	5,6	4,87	2,92
1	5,1	6,58	3,95
1,5	4,6	7,65	4,59
2	4,1	8,34	5,00
2,5	3,6	8,74	5,24
3	3,1	8,88	5,33
3,5	2,6	8,78	5,27
4	2,1	8,44	5,06
4,5	1,6	7,81	4,69
5	1,1	6,83	4,10
5,5	0,6	5,29	3,17
6	0,1	2,26	1,35

Fuente: Los autores

➤ **Margen de Despeje**

El margen de despeje se lo realizó en el punto más crítico del trayecto del enlace es decir el punto de mayor altitud, el cual se encuentra a 2.9 Km de la estación en San Antonio de Ibarra. Para lograr confiabilidad del enlace es necesario que la altura del margen de despeje sea mayor al radio de la primera zona de Fresnel en el mismo punto. A continuación se muestra el análisis para el punto mencionado anteriormente.

- Punto de referencia = 2.9 Km de la estación en San Antonio de Ibarra.

Haciendo uso de la *Ecuación 8* se tiene:

$$h_{des} = 55 \text{ m}$$

- Radio de primera zona de Fresnel punto de referencia a 2.9 Km de la estación de San Antonio de Ibarra.

Haciendo uso de la *Ecuación 2* se tiene:

$$r = 8.85 \text{ m.}$$

Como se puede observar la altura de despeje en el punto mencionado es superior al radio de la primera zona de Fresnel por lo que no se presentan problemas en todo el trayecto del enlace.

➤ **Azimut Magnético**

A continuación se detalla la información para conocer la orientación que tendrán las antenas.

- *Estación San Antonio*
 - Norte Verdadero: 67.7°
 - Norte Magnético: 70.2°
 - Angulo de Elevación: -1.23°

- *Estación EMELNORTE*
 - Norte Verdadero: 247.7°
 - Norte Magnético: 250.2°
 - Angulo de Elevación: 1.17°

➤ **Análisis del Enlace**

Los datos necesarios para realizar el enlace son mostrados en la *Cuadro 14*.

Cuadro 14. Datos para el enlace San Antonio de Ibarra – EMELNORTE S. A.

Datos	
Trayecto	San Antonio de Ibarra – EMELNORTE
Distancia (Km)	6.1
Frecuencia (Ghz)	5.8
K (d. en Km y f. en Ghz)	92.40
P tx (dbm)	24
Sensibilidad rx (dbm)	-79
Ganancia Antena Tx (dBi)	27
Ganancia Antena Rx (dBi)	17
Perdidas Cable Tx (dB)	0.35
Perdidas Cable Rx (dB)	0.35
Perdidas Conectores Tx (dB)	0.75
Perdidas Conectores Rx (dB)	0.75
Factor Topográfico	1 sobre terreno promedio
Factor Climático	¼ áreas continentales promedio

Fuente: Los autores

A continuación en el *Cuadro 15* se muestra el desarrollo del enlace.

Cuadro 15. Desarrollo del Enlace

Perdida de Espacio Libre	
Haciendo uso de la ecuación 1	
FSL (db)	123,3751
Margen de Umbral, Sistema	
Haciendo uso de la ecuación 6	
Mu (dbm)	21,42
Potencia de umbral	
Dato del Fabricante	
Pu (dbm)	-79
Potencia de Recepción	
Haciendo uso de la ecuación 4	
Prx (dbm)	-57,57
Resultado Parcial	
$P_{rx} > P_u$	<i>Enlace confiable</i>
Margen de Desvanecimiento	
Haciendo uso de la ecuación 7	
Confiabilidad = 99.9999%	
Md (db)	15,1735
RESULTADO FINAL	
$M_u \geq M_d$	<i>Enlace confiable</i>

Fuente: Los autores

3.4.4. EQUIPOS Y CARACTERÍSTICAS

Los equipos necesarios para la implementación se detallan a continuación

- **Equipamiento en San Antonio Barrio Centro; concentrador 1 Backhaul y concentrador 2.**

- 2 Estaciones Base ISP-BS500AGUHP IEEE 802.11a/b/g con 4 puertos independientes RF.

Características:

Radio Access Point Outdoor con cuatro puertos inalámbricos independientes, que cumple con el estándar IEEE 802.11a/b/g, El radio brinda soluciones ideales para aplicaciones punto punto y multipunto.

El radio puede ser usado con cuatro antenas sectoriales a 90° o tres antenas sectoriales 120° con un backhaul para brindar cobertura de 360°. Además permite la capacidad de actualización de Firmware y características avanzadas como IP routing, Firewall, NAT, administración de ancho de banda, QoS, HotSpot y otras tecnologías para implementar una red inteligente y sencilla de controlar.

Posee una tasa de transferencia de datos de 216 Mbps (54 Mbps por cada radio) en modo regular ó 432 Mbps (108 Mb Mbps por cada radio) en modo Turbo y una potencia de salida de hasta 1 watt, brindando una confiabilidad suficiente contra la interferencia.

Para el concentrador 1 se hace uso de una estación base ISP-BS500AGUHP IEEE 802.11a/b/g, con 3 antenas sectoriales 120° 17 dBi y un backhaul 802.11a con una antena Grilla de 27 dBi, para lograr la conectividad hacia EMELNORTE.

Para el concentrador 2 se hace uso de una estación base ISP-BS500AGUHP IEEE 802.11a/b/g con cuatro antenas sectoriales 90° 17 dBi

- PoE y accesorios de montaje.
- 4 pigtails por cada estación base, 1.5 m. , conectores tipo N
- 4 Lightning arrestor por cada estación base
- 1 caja hermética para exteriores por cada estación base.

Para el montaje de los equipos en San Antonio de Ibarra se hace uso de mástiles de comunicaciones; para la ubicación de los mismos se procedió a consultar la

disponibilidad de los propietarios para arrendar un espacio físico. Los resultados fueron favorables.

➤ **Equipamiento para EMELNORTE**

- Estación Base ISP-BS500AGUHPIEEE 802.11a/b/g con 4 puertos independientes RF.

Características

Radio Access Point Outdoor con cuatro puertos inalámbricos independientes, El radio brinda soluciones ideales para aplicaciones punto a punto y multipunto.

Además permite la capacidad de actualización de Firmware y características avanzadas como IP routing, Firewall, NAT, administración de ancho de banda, QoS, HotSpot y otras tecnologías para lograr una red inteligente y sencilla de controlar.

El Radio a implementarse en EMELNORTE S. A. hace uso de una interfaz inalámbrica IEEE 802.11a con una antena sectorial 90 ° 17dbi

- PoE y accesorios de montaje.
- 1 pigtail base, 1.5 m., conectores tipo N.
- 1 Lightning arrestor.
- 1 caja hermética para exteriores.

Para el montaje en EMELNORTE S. A. se hace uso de la infraestructura que posee la empresa, la misma que cuenta con un mástil que está destinado a la conectividad de equipos de comunicaciones inalámbricas. La *Figura 39* muestra el mástil de comunicaciones.

Figura 39. Mástil de comunicaciones instalado en EMELNORTE



Fuente: Los autores

3.4.5. VISTA FINAL DEL SISTEMA DE RED INALÁMBRICA.

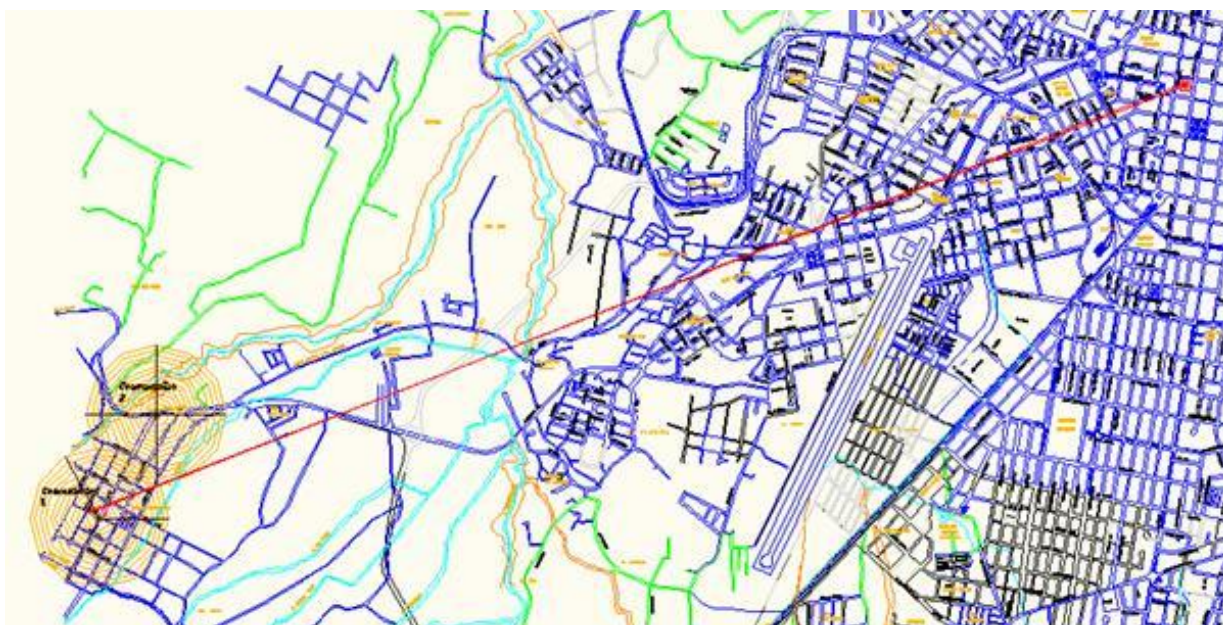
La *Figura 40* muestra el Sistema completo de Red Inalámbrica para la Adquisición y Transmisión de lecturas de registradores electrónicos monofásicos. El sistema consta de:

- La implementación de la red inalámbrica en el Barrio Centro de San Antonio de Ibarra conformada por dos concentradores principales.
- La implementación de los dispositivos encargados de adquirir y transmitir las lecturas de los registradores electrónicos de cada domicilio de los abonados.
- El enlace hacia EMELNORTE S. A.
- Un equipo terminal en EMELNORTE S. A. encargado de realizar las solicitudes y recibir la información.

La recolección de lecturas de los registradores de energía eléctrica es una actividad que EMELNORTE S. A. la realiza una vez al mes en la cual intervienen

muchos procesos como movilización de personal, recolección manual de lecturas, transporte de datos, digitación de datos, corrección de lecturas, entre otros. Como se observa en la *Figura 40* este proceso es automatizado a través del sistema inalámbrico de recolección de lecturas; los procesos anteriores se resumen en realizar una solicitud de envío de lectura al registrador deseado el cual responderá con el valor de la lectura actual y el número de medidor, la información solicitada llegará en texto plano al equipo terminal de la central de datos de EMELNORTE.

Figura 40. Sistema de Red Inalámbrica para la Adquisición y Transmisión de lecturas de registradores electrónicos monofásicos. Ver Anexo 1



Fuente: Los autores

3.5. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN INALÁMBRICO DE LECTURAS

La implementación se la realiza en la misma Parroquia de San Antonio de Ibarra Barrio Centro específicamente en la calle 10 de Agosto entre las calles Camilo P Guzmán y Hnos. Mideros. Además la información debe llegar de forma segura a un equipo terminal de EMELNORTE S. A.

3.5.1. DESCRIPCIÓN

El plan consta de las siguientes características.

- Implementar la interfaz electrónica encargada de adquirir y transmitir las lecturas de energía activa de 3 registradores electrónicos monofásicos del sector.
- Implementar el concentrador encargado de brindar la conectividad a los registradores electrónicos.
- Realizar el enlace correspondiente para transportar la información desde la parroquia de San Antonio de Ibarra hacia EMELNORTE.
- Adquirir y Visualizar la toma de lecturas desde EMELNORTE.

3.5.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ ELECTRÓNICA EN LOS REGISTRADORES.

Los domicilios en los cuales se ha implementado la interfaz electrónica cuentan con registradores electrónicos monofásicos con las siguientes características:

- 1600 impulsos 1 kWh.
- Salida Optoacoplada.
- 110 V / 60 Hz

La *Figura 41* muestra el tipo de registrador instalado en San Antonio de Ibarra.

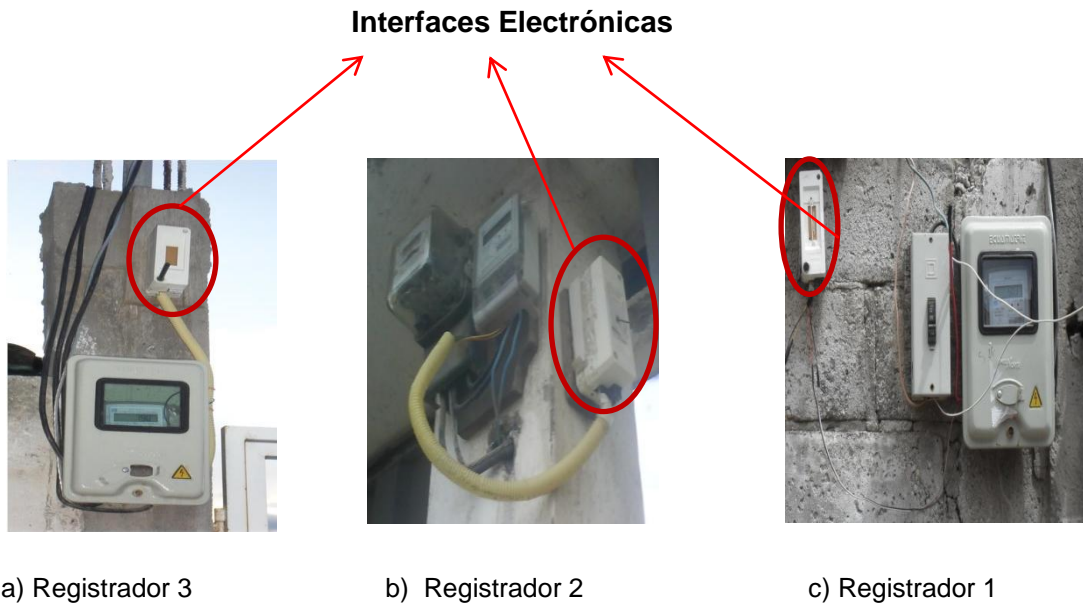
Figura 41. Registrador Electrónico Monofásico Instalado en San Antonio de Ibarra



Fuente: Los autores

En la *Figura 42* se muestra los 3 medidores con sus respectivas interfaces de adquisición y transmisión de lecturas

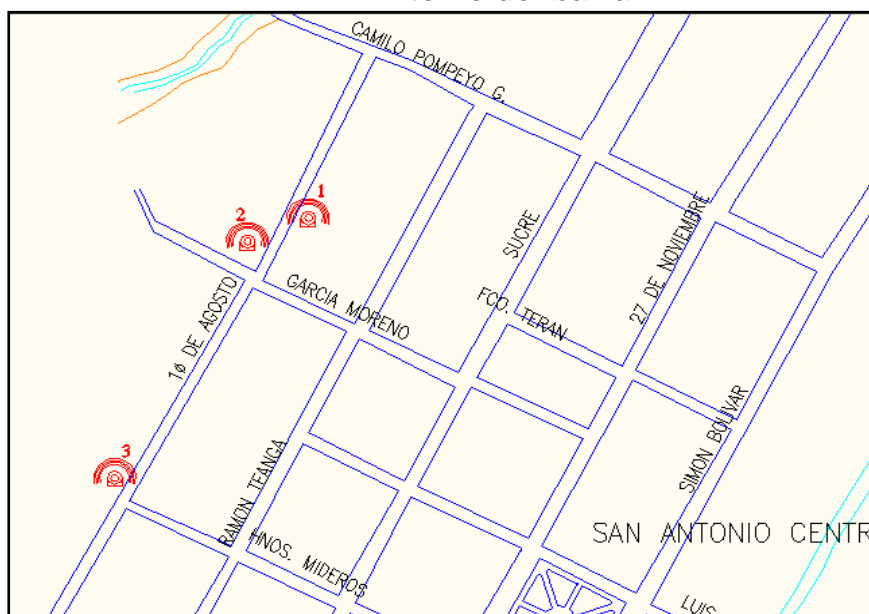
Figura 42. Interfaces electrónicas instaladas en los registradores en el Barrio Centro de San Antonio de Ibarra



Fuente: Los autores

La ubicación de los registradores se muestra en la *Figura 43*.

Figura 43. Ubicación de los registradores en el Barrio Centro de San Antonio de Ibarra.



Fuente: Los autores

3.5.3. IMPLEMENTACIÓN DEL CONCENTRADOR.

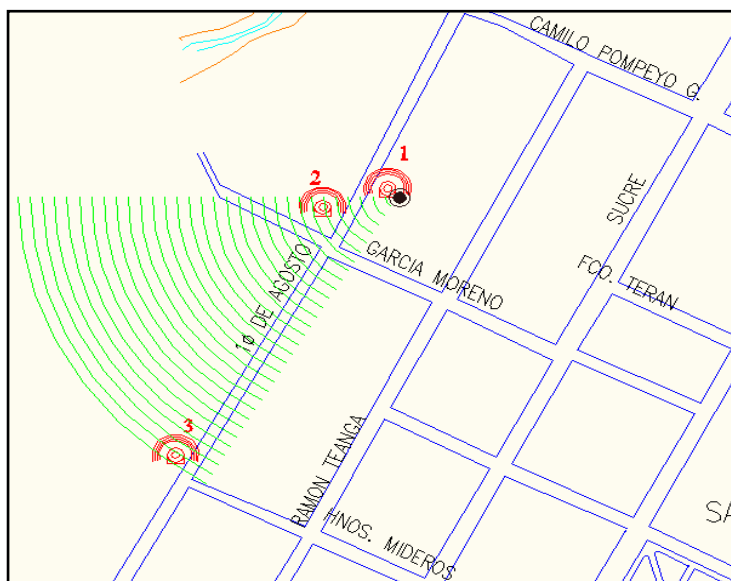
Para la implementación del concentrador se utiliza un equipo bajo el estándar IEEE 802.11b/g, con antena sectorial 14 dBi, azimut 60°, y PoE, la *Figura 44* muestra el concentrador instalado y la *Figura 45* muestra la ubicación y cobertura del mismo.

Figura 44. Concentrador Instalado en el Barrio Centro de San Antonio de Ibarra



Fuente: Los autores

Figura 45. Ubicación y Zona de cobertura del concentrador en el Barrio Centro de San Antonio de Ibarra



Fuente: Los autores

3.5.4. IMPLEMENTACIÓN DEL ENLACE BARRIO CENTRO DE SAN ANTONIO DE IBARRA – EMELNORTE S.A.

Para realizar el enlace se ha ubicado el Nodo San Antonio en un lugar cercano a la ubicación del punto del diseño del sistema, por esta razón parámetros como el perfil topográfico zonas de Fresnel y margen de despeje no sufren variación a los cálculos mostrados en el diseño del subcapítulo 3.4.3.

➤ Ubicación de los nodos

El *cuadro 16* muestra las coordenadas para la ubicación de los Nodos, adicionalmente se tiene una altura de 7 metros en San Antonio y 12 Metros en EMELNORTE S. A. sobre el nivel del mar; La estación en San Antonio de Ibarra está ubicada en la calle 10 de Agosto entre la Camilo Pompeyo y García Moreno mientras que la estación en EMELNORTE S. A. se encuentra entre las calles Borrero y Chica Narváez.

Cuadro 16. Coordenadas de Ubicación de los nodos.

Nodo	Latitud	Longitud	Altura
EMELNORTE	0° 21' 22.8"	78° 7' 4.5"	2208 s.n.m (m).
San Antonio	0° 20' 6.5"	78° 10' 8"	2325 s.n.m (m)

Fuente: Los autores

- *Equipos Utilizados*

Para la implementación de las estaciones se utiliza equipos que cumplan con el estándar IEEE 802.11a; en San Antonio se hace uso de un radio marca Ubiquiti bajo el estándar antes mencionado con antena direccional de 27 dBi; en EMELNORTE S. A. se utiliza un radio Ubiquiti bajo el mismo estándar con antena sectorial de 14 dbi. La *Figura 46* muestra los equipos instalados en San Antonio y EMELNORTE S. A.

Figura 46. Instalación de Equipos de Radioenlace

a) Radio y antena Instalado en San Antonio



b) Radio Instalado en EMELNORTE

Fuente: Los autores

➤ **Azimut Magnético**

A continuación se detalla la información para conocer la orientación que tendrán las antenas

- *Estación San Antonio*
 - Norte Verdadero: 67.4°
 - Norte Magnético: 70°
 - Angulo de Elevación: -1.08°

- *Estación EMELNORTE*
 - Norte Verdadero: 247.4°
 - Norte Magnético: 250.0°
 - Angulo de Elevación: 1.02°

➤ **Análisis del Enlace**

El *Cuadro 17* muestra los datos necesarios para realizar el enlace.

Cuadro 17. Datos para el Análisis del enlace

Datos	
Trayecto	San Antonio de Ibarra - EMELNORTE
Distancia (Km)	6.1
Frecuencia (Ghz)	5.8
K (d. en Km y f. en Ghz)	92.40
P tx (dbm)	24
Sensibilidad rx (dbm)	-83
Ganancia Antena Tx (dBi)	27
Ganancia Antena Rx (dBi)	14
Perdidas Cable Tx (dB)	0.35
Perdidas Cable Rx (dB)	0
Perdidas Conectores Tx (dB)	0.75
Perdidas Conectores Rx (dB)	0
Factor Topográfico	1 sobre terreno promedio
Factor Climático	¼ áreas continentales promedio

Fuente: Los autores

A continuación en la *Cuadro 18* se muestra el desarrollo del enlace.

Cuadro 18. Desarrollo del Enlace

Perdida de Espacio Libre	
Haciendo uso de la ecuación 1	
FSL (db)	123,3751
Margen de Umbral, Sistema	
Haciendo uso de la ecuación 6	
Mu (dbm)	23,52
Potencia de umbral	
Dato del Fabricante	
Pu (dbm)	-83
Potencia de Recepción	
Haciendo uso de la ecuación 4	
Prx (dbm)	-59,47
Resultado Parcial	
$P_{rx} > P_u$	<i>Enlace confiable</i>
Margen de Desvanecimiento (db)	
Haciendo uso de la ecuación 7	
Confiabilidad = 99.9999%	
Md (db)	15,1735
RESULTADO FINAL	
$M_u \geq M_d$	<i>Enlace confiable</i>

Fuente: Los autores

3.5.5. ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE LECTURAS DESDE UN EQUIPO FINAL EN EMELNORTE S. A.

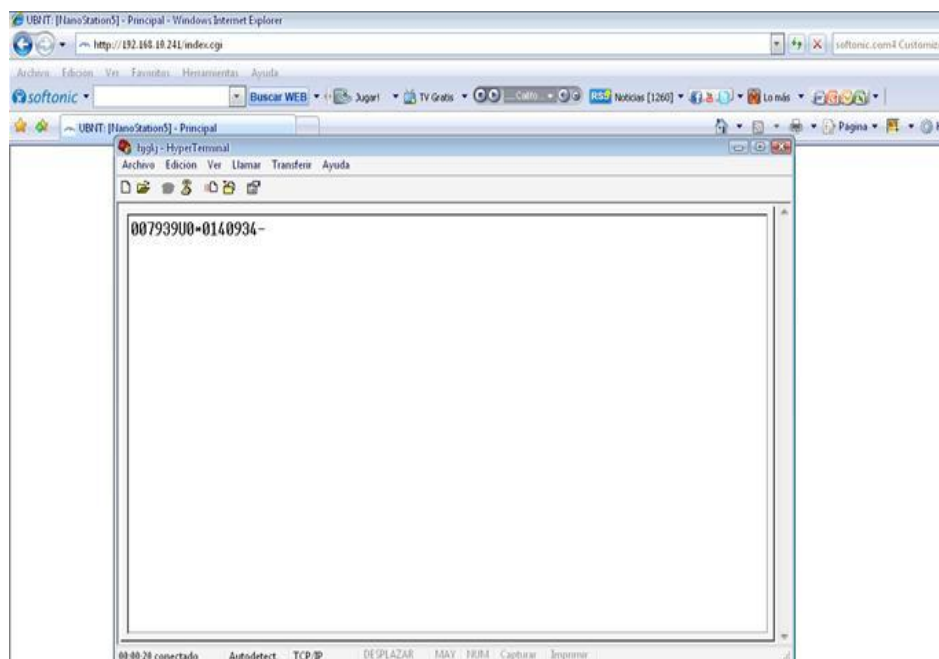
Para la Adquisición y Visualización de las lecturas de los registradores se hace uso de un computador instalado en EMELNORTE S. A. La *Figura 47* muestra la adquisición de las lecturas.

Figura 47. Adquisición y Visualización remota de lecturas desde EMELNORTE S.A.



a) Adquisición remota de Lecturas desde EMELNORTE S. A.

Fuente: Los autores



b) Visualización Remota de Lecturas del registrador 3

Fuente: Los autores