

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTABLECIMIENTO DE RADIO ENLACE PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS PLUVIALES AL CENTRO CONCENTRADOR.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERIA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA

P R E S E N T A N :

OLGUÍN SOTO LUIS ALEJANDRO

RUIZ MEDINA ANA LILIA



DIRECTOR DE TESIS: ING. RODOLFO PETERS LAMMEL

INSTITUTO DE INGENIERIA

MEXICO, D. F. 2006

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres
Por todo su apoyo, que durante este tiempo e recibido, el cual culmina con este trabajo, que es en honor de ustedes que lo hicieron posible.

A mis hermanos
Que fascinante es ser su hermano. Mary mi compañera durante mucho tiempo, Sandy somos parecidos y me divierto mucho contigo, Ernesto llegaste tarde pero la pasamos bien juntos.

A mis amigos
Carmen es muy divertido estar contigo y aprender a tu lado cosas que enriquecen mi vida, Marco y Enrique (kike) ustedes son grandes amigos que están en todo momento, Jorge amigo de aficiones y pensamientos raros pero que compartimos, a los amigos que iniciamos la carrera, Francisco, Adrián, Gabriel; a todos aquellos que trabajamos juntos y la pasamos bien, entre ellos, Uriel fiestas y estudio buen equipo, a los de computación, Cristian amigo gamer, Rubén, Marcos e Isidro que la pasamos bien en fiestas y escuela. A los del área eléctrica electrónica, Miriam (chica proteco), Jazmín que no me hablaba, Vianney fresa pero buena onda, Angélica que sabe de mi, a Marco buen amigo, Roberto e Izanamí. Al equipo de AMERIC, Víctor, Roció, Itza. Señor Enrique, Omar. A Claudia y Linda pedagogas que son muy divertidas.

A Ana
que juntos hicimos esto posible, que nos conocimos en este proceso y que vivimos juntos esta etapa.

Ing Rodolfo Peters
Por apoyarnos en este proyecto y por ser nuestro profesor.

Y a todos aquellos que durante este tiempo compartieron cosas a mi lado otorgándome la posibilidad de tomar algo de ustedes.

A Dios

Por permitirme conocer la vida y por darme una familia hermosa.

A mis padres

Por concebirme y apoyarme en todo, aunque no siempre estén de acuerdo conmigo.

A mis hermanas y a mis hermanos

Por ser simplemente ellos, que al mismo tiempo han sido y serán mis amigos y porque siempre que quiero pelear, llorar o reír con alguien, ellos están ahí.

A mis hermosas sobrinas

Que me hacen reír con su inocencia y su ingenuidad pura.

A mis amigas

Lucia, Susana, e Itzel que todavía me siguen soportando y escuchando. Y que con ellas he pasado momentos tristes, alegres, divertidos, locos,..... Espero que se sigan repitiendo.

A mis amigos de la Facultad

Edgar, Gerardo, Noe, Osvaldo, Salvador, Edgar Vázquez,.....a los cuales he llegado a estimar y a querer por estar conmigo en las buenas y en las malas. Y que me enseñaron como perder el tiempo y disfrutar de las cosas más simples de la vida.

A ti Fer

Que siempre me ayudas a levantarme cuando el ánimo se me desvanece, porque siempre estas en el lugar y en el momento adecuado cuando necesito de ti y por darme tu apoyo incondicional.

A mi compañero de Tesis

Alejandro, por saber esperar y porque por ti también he aprendido a ser paciente sin desmoronarme. Y por los buenos y malos momentos. ¡Al fin hemos terminado!

A mi asesor de Tesis

Ing. Rodolfo Peters, por dedicarme tiempo, alentarme y por mostrar siempre la misma paciencia conmigo.

A todos los que estuvieron y me apoyaron durante este ciclo de mi vida. Mil gracias

Y a los que no me quisieron o entorpecieron mi camino, porque de ellos aprendí a no ser como ellos

Dedicado a

Alejandra†

Se valiente y poderosas fuerzas te ayudaran
Goethe.

El primer pensamiento de un hombre honrado
cuando ve su existencia perturbada,
es comenzar una nueva vida
Goethe

Las grandes pasiones son enfermedades sin remedio.
Lo que puede curarlas las hace mas peligrosas
Goethe

La vida no se mide por el tiempo que respiramos
Si no por los momentos que nos quitan el aliento.
Hesse

La belleza no hace feliz a quien la posee
Si no a quien puede amarla y admirarla
Hesse

Introducción IV

Objetivos VI

Organización del trabajo VI

CAPÍTULO 1 1

SISTEMAS DE COMUNICACIÓN 1

1.1 Introducción. 1
1.2 Elementos de la comunicación. 1
1.3 Comunicaciones Eléctricas. 1
1.3.1 Descripción de los bloques de las comunicaciones eléctricas. 2
1.4 Resumen. 3

CAPÍTULO 2 **4**

SENSORES **4**

2.1 Introducción 4
2.2 Tipos de sensores. 4
2.3 Características de los sensores. 4
2.4 Sensor de acumulación y/o precipitación liquida. (Transductor de entrada) 5
2.4.1 Introducción. 5
2.5 Descripción física. 5
2.6 Instalación del sensor. 6
2.6.1 Introducción. 6
2.6.2 Instalación. 7
2.7 Teoría de operación. 9
2.7.1 Introducción. 9
2.7.2 Descripción de operación. 9
2.8 Mantenimiento. 10
2.8.1 Introducción. 10
2.8.2 Mantenimiento preventivo. 10
2.8.3 Mantenimiento correctivo. 10
2.9 Resumen. 11

CÁPITULO3 **12**

SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS **12**

3.1 Introducción. 12
3.2 Propósito. 12
3.3 Teoría de operación. 13
3.3.1 Introducción. 13
3.4 Descripción física. 14
3.5 Descripción básica de los bloques del SAD. 15
3.6 Sistema de transmisión de datos. 17
3.6.1 Introducción. 17
3.6.2 Módem. 17
3.6.3 Normalización. 18

3.7 Selección del dispositivo (módem) 18
3.8 Selección del dispositivo programable (Hardware) 19
3.8.1 Microcontrolador PIC 20
3.8.2 PLC´S 20
3.8.3 Dispositivos lógicos programables PLD (Programable Logic Device) 20
3.8.3.1 Estructura básica de un dispositivo lógico programable. 20
3.8.4 Computadora personal (PC) 21
3.8.5 Hardware seleccionado. 22
3.9 Diseño del sistema de control. (SOFTWARE). 22
3.10 Distribución y control de la energía del SAD. 22
3.11 Resumen. 23

CÁPITULO 4 24

CANAL DE TRANSMISIÓN DE DATOS 24

4.1. Introducción. 24
4.2. Tipos de Radioenlaces. 24
4.3 Sistema celular. 25
4.3.1 Introducción. 25
4.4 Propósito. 25
4.5 Protocolo. 25
4.5.1 Protocolo propuesto. 26
4.6 Sistema GSM. 26
4.6.1 Introducción. 26
4.7 Arquitectura básica del sistema GSM. 27
4.7.1 Introducción. 27
4.7.2 Subsistemas de la arquitectura GSM. 27
4.8 Interfaz de comunicación. 30
4.9 Algoritmo de encriptación. 31
4.10 Protocolo de transmisión de datos GPRS (General Packet Radio System) 31
4.10.1 Introducción. 31
4.10.2 Arquitectura de una red GPRS. 31
4.10.3 Descripción de la operación y seguridad básica del sistema GPRS. 32
4.10.4 Características del sistema GPRS. 33
4.11 Resumen. 34

CÁPITULO 5 35

UNIDAD DE CONTROL DE ADQUISICIÓN DE DATOS 35

5.1 Introducción. 35
5.2 Propósito. 35
5.3 Teoría de operación. 35
5.3.1 Introducción. 35
5.4 Descripción de operación. 36
5.5 Descripción Física. 37
5.6 Requerimientos de funcionamiento de la Computadora PC. 39
5.7 Software de Procesamiento de Señales. 39
5.8 Servidor de base de datos. 39
5.8.1 Software de Base de Datos. 40
5.9 Red de transmisión de datos (LAN) 40
5.10 Unidad de Suministro de Energía sin Interrupción (UPS) 40
5.11 Resumen. 41

CONCLUSIONES 42

BIBLIOGRAFÍA **54**

Anexo A. Sistema de comunicaciones por fibra óptica. 44
Anexo B. Sistema de suministro de energía solar. 48
Anexo C. Módem V.90. 52

Índice de figuras.

Figura 1.1. Elementos de un sistema de comunicaciones eléctricas. 2
Figura 2.1. Sensor de acumulación de lluvia. 6
Figura 2.2. a) Sensor de acumulación de lluvia con el protector del viento (opcional) 8
Figura 2.2. b) Sensor de acumulación de lluvia vista superior. 9
Figura 3.1. Esquema del Sistema de adquisición de datos. 13
Figura 3.2. Esquema de instalación del SAD. 14
Figura 3.3. Diagrama del funcionamiento de los bloques del SAD. 15
Figura 3.4. Estructura general de la arquitectura hardware diseñada. 19
Figura 3.5. Distribución de energía del SAD. 23
Figura 4.1. Ejemplo de cluster con K = 7. 27
Figura 4.2. Arquitectura del sistema GSM. 28
Figura 4.3. Arquitectura del sistema GPRS. 32
Figura 4.4. Operación de seguridad del sistema GPRS. 33
Figura 5.1. Sistema de cómputo común. 36
Figura 5.2. Diagrama de bloques de las partes de una computadora. 37
Figura 5.3. Diagrama físico del centro concentrador. 38

Índice de tablas.

Tabla I. Procedimiento de instalación. 7
Tabla II. Verificación de calibración. 8
Tabla III. Inspección del sensor de lluvia. 11

“ESTABLECIMIENTO DE RADIO ENLACE PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS PLUVIALES AL CENTRO CONCENTRADOR”

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis esta pensado para el mejoramiento de un sistema de medición y transmisión de datos climatológicos en tiempo real, en especial los datos de la caída de lluvia (precipitación).

La precipitación es el elemento del clima importante con respecto al escurrimiento, pues directa o indirectamente es de ella de donde proviene el agua de escurrimiento.

El escurrimiento es la parte de la precipitación que aparece en las corrientes fluviales superficiales, perennes, intermitentes o efímeras, y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores. Dicho de otra manera es el deslizamiento virgen del agua que no ha sido afectado por obras artificiales hechas por el hombre.

El estudio del agua de escurrimiento tiene gran importancia ya que constituye una fuente esencial para el suministro de agua, cualquiera que sea su uso.

En la presente propuesta se pretende montar un sistema para analizar este fenómeno en la zona metropolitana con el objetivo de que se tome una visión general, lo más completa posible, de la ocurrencia del agua de escurrimiento y hacer ver la necesidad del estudio sistemático de ésta para su mejor aprovechamiento.

Agua

El agua es el elemento vital por excelencia para los seres humanos, la necesitan para cocinar, beber, lavarse y regar los cultivos. Además, en los procesos industriales se emplean cantidades inmensas. Sin duda llegamos a padecer grandes trastornos cuando esporádicamente nos quedamos sin su abastecimiento. El agua es un recurso limitado que debe recogerse y distribuirse cada vez más cuidadosamente.

La fuente esencial del agua potable es la lluvia. Cuando llueve en abundancia, el agua corre por arroyos, y cuando llueve con menos intensidad, se filtra en el suelo a través de los estratos porosos hasta encontrar un estrato impermeable en el que el agua se acumula, formando depósitos subterráneos. El agua subterránea alimenta fuentes y manantiales, que a su vez proporcionan agua a ríos, arroyos y lagos. En su discurrir, el agua subterránea disuelve minerales solubles, y a menudo las aguas superficiales de lagos y ríos está contaminada por desechos industriales y actividades de depuración. En los modernos sistemas de abastecimiento de aguas, suelen convertirse cuencas enteras en reservas para controlar la contaminación. Las aguas son embalsadas mediante un sistema de presas, y conducidas a las redes de distribución local por la fuerza de la gravedad o con ayuda de bombas.

El agua de la Ciudad de México.

Lograr el satisfactorio abastecimiento del agua para los habitantes de la Ciudad de México ha constituido históricamente una ardua tarea que ha obligado a sus gobernantes en turno a mandar ejecutar gigantescas obras hidráulicas cada vez más complejas y costosas, que siempre tendrán que acompañarse de sistemas de potabilización y drenaje también cada vez de mayores proporciones.

Desde la fundación de Tenochtitlan en 1325, el agua era distribuida por medio de canoas que pasaban a todos los calpullis, pero ante el crecimiento de la ciudad, la demanda aumentó y en 1426 el tercer emperador Chimalpopoca mandó a construir la primera gran obra hidráulica de la historia de la ciudad y para ello encomendó a Netzahualcóyotl, príncipe de Texcoco, la labor de construir un acueducto que trajera agua fresca de los manantiales de Chapultepec, un sistema de desalojamiento, así como un albarradón que contuviera las aguas saladas de las dulces y que al mismo tiempo evitara las inundaciones.

Durante los siglos XVII y XVIII los acueductos de arcos fueron la principal fuente de agua potable y además eran una de las características esenciales y ejes de la fisonomía de la entonces Ciudad de México. Son pocos los restos de los acueductos que ahora sobreviven, entre ellos se encuentran el de Arcos de Belén, en la actual Avenida Chapultepec, el cual se comenzó a construir en 1620 para concluirse en 1790 y que se posaba sobre más de 900 arcos y llegaba hasta la actual fuente del Salto del Agua. Otro de los que se pueden apreciar hasta ahora es el de Guadalupe, el cual nutría de las aguas del Río Tlalnepantla a la Villa de Guadalupe, San Bartolo, Ticumán, Tilmolulco, Zacatenco y Santa Isabel Tola. El Acueducto de Guadalupe medía 10 kilómetros y contenía 2 mil arcos.

Ante la lejanía de las fuentes, surgió el singular oficio de los aguadores, quienes realizaban la gran labor de entregar el agua en las casas en grandes cántaros a cambio de unas cuantas monedas, de esta forma las familias satisfacían sus necesidades para beber, cocinar, regar las plantas y lavar la ropa.

En 1906, Don Porfirio Díaz da la orden de traerse el agua de los manantiales de Xochimilco y para ello manda a construir un moderno acueducto de concreto con dos metros de diámetro y 26 kilómetros de largo para traer más y mejor agua a la ciudad.

El agua de Xochimilco no ha dejado de surtir a la ciudad y sus respiraderos aún se pueden apreciar en Tepepan y la avenida División del Norte.

Las crecientes necesidades por la acelerada explosión demográfica, provocaban que una vez terminada una obra ya se estuviera pensando en la siguiente que lógicamente conllevaría mayores gastos por su complejidad. Fue así como se comenzó a optar por una de las medidas que si bien no era fácil, sí se consideraba como la menos difícil.

Esta consistió en cavar en Nativitas el primer pozo profundo de la ciudad con la cifra récord para la época de nueve metros de profundidad, este pozo del cual brotaba el agua con gran presión inauguró una forma de abastecimiento que consistía en extraer el agua de los mantos acuíferos del subsuelo de la ciudad. Esta medida fomentó lo que es hasta ahora la principal fuente de abastecimiento en la ciudad, sin embargo la sobreexplotación de esos grandes yacimientos de agua filtrada por la existencia de los antiguos grandes lagos de lo que era la cuenca de México y las lluvias en todas las estribaciones montañosas han provocado hasta ahora los inevitables hundimientos.

Todas las fuentes acuíferas juntas eran ya insuficientes y eso llevó a tomar una vez más la decisión de traer el agua de sitios lejanos y con ello surgió la alternativa de la cuenca del Río Cutzamala, la cual se encuentra entre las sierras de Michoacán y la costa de Guerrero.

Actualmente para poder subsistir, la Ciudad de México necesita diariamente un promedio de 35 a 37 metros cúbicos de agua por segundo. El Sistema Cutzamala, aporta poco más de nueve metros cúbicos, el Sistema Lerma arriba de cuatro, excepto en temporada de estiaje en donde se cancela el suministro a la capital; el gran resto es aportado por las antiguas fuentes ya mencionadas basadas en manantiales y pozos particulares ubicados en puntos estratégicos de la ciudad, los cuales alcanzan ya una profundidad de hasta 450 metros.

Para el año 2010, es probable que la Ciudad de México tenga que utilizar hasta 43 metros cúbicos por segundo de este preciado líquido y con ello aumentarán las funciones para potabilizarla, tratarla y desalojarla; esa tarea no se vislumbra sencilla. Para ello existen algunas dependencias del Gobierno que, con el apoyo de la UNAM a través de la Facultad e Instituto de Ingeniería se encuentran trabajando en la construcción y mantenimiento de más y mejores sistemas hidráulicos para mantener satisfactoriamente el ciclo del agua que utilizamos en la Ciudad de México y en programas de aprovechamiento del agua.

Uno de estos programas es el **“Establecimiento de Radio enlace para la Transmisión de datos Pluviales al centro concentrador”** en el cual se fundamenta la presente Tesis. Esto consiste en la medición de la caída de lluvia en ciertas regiones de importancia para conocer el comportamiento estadístico de la caída de lluvia. Esto se realizará por medio de un Sistema de Adquisición de Datos y una Unidad de Control de Adquisición de Datos.

OBJETIVOS GENERALES

El objetivo de la tesis es proponer un diseño para un sistema telemétrico de medición de datos pluviales con un sistema de comunicación bidireccional y tecnología digital, considerando los elementos electrónicos y eléctricos del sistema que permite un funcionamiento independiente, haciendo uso para la transmisión de datos del sistema celular GSM obteniendo ventajas al utilizar un protocolo de comunicación ya existente GPRS.

OBJETIVOS PARTICULARES

En el desarrollo del trabajo se presentan los siguientes objetivos particulares:

- Compatibilidad: Seguir un estándar, de tal forma de proveer el servicio básico, con las mismas normas de operación a lo largo de todo país.
- Adaptabilidad a nueva tecnología: El sistema tendrá la capacidad de conexión a nuevos periféricos por medio de los puertos de enlace.
- Manejo de diversas señales: Que tenga la posibilidad de poder adicionar sensores de diversa índole (presión barométrica, humedad, temperatura, etc.) al sistema, ya que este será capaz de procesar estos datos.
- Accesible al usuario: El sistema de comunicación deberá ser amigable con el usuario tener y tener la capacidad de proveer comunicación para permitir acceso a la información recolectada en tiempo real.

ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

La tesis se organiza en cinco capítulos donde en el primero se expone qué es un sistema de comunicación y cuáles son los principales bloques que lo componen. Esta base es utilizada para la construcción del sistema de radio enlace.

En el segundo se mencionarán los tipos de sensores y sus características, así como el tipo de transductor de entrada a utilizar, su instalación, mantenimiento, etc. La misión del transductor de entrada es monitorear la caída de lluvia de forma constante, esto se logra mediante el sensor de acumulación de lluvia "*Tipping Bucket* ", para después enviar los datos pluviales al centro concentrador (estación receptora).

En el tercer capítulo se propone un Sistema de Adquisición de Datos. Es un equipo que nos permite tomar señales físicas del entorno y convertirlas en datos que posteriormente se procesan, básicamente es el que se encarga de colectar y almacenar la información del sensor para el envío a su centro concentrador, también se presentan las características eléctricas y electrónicas de este sistema para llevar a cabo el proceso de transmisión.

En el cuarto capítulo se tratará el medio de transmisión propuesto, la transmisión de datos se hará por medio del sistema celular utilizando el protocolo de comunicación GPRS. La nueva tecnología GPRS se basa en la optimización de la tecnología GSM utilizada hasta ahora para las comunicaciones móviles, a la que se añaden capacidades adicionales de transmisión de datos. Es la primera tecnología de comunicaciones móviles específicamente diseñada para la utilización de datos.

El receptor o bien el centro concentrador, que veremos en el quinto y último capítulo, se montará como un sistema de recepción de datos y un servidor de banco de datos. El sistema proporcionará características que darán una mayor flexibilidad en la obtención y manejo de los datos. Así las características del sistema receptor son propuestas y analizadas en este capítulo.

CAPÍTULO 1

1. **SISTEMAS DE COMUNICACIÓN**

1.1. Introducción

Desde la aparición del hombre este ha ideado numerosos métodos para comunicar sus pensamientos y sus necesidades. En tiempos primitivos en diversas regiones el ser humano comenzó a vivir en pequeños grupos. Sus primeras formas de comunicarse se dieron a través de expresiones, gestos y símbolos gráficos. Después estos grupos llegaron a crecer y formar grandes civilizaciones. Surge entonces la necesidad de mejorar los métodos para comunicarse a grandes distancias y aparecen las señales de humo, toques de tambores, antorchas, palomas mensajeras y las cartas transportadas por una variedad de medios. Con el comienzo de la revolución industrial, la necesidad de métodos más rápidos y precisos para las comunicaciones de largas distancias se hicieron indispensables. Los sistemas de comunicaciones, para una pronta solución a los problemas de rapidez y precisión, emplearon señales eléctricas transmitiendo la información de un lugar a otro sobre un par de cables.

Ciertamente se han logrado grandes avances desde los días de Morse; también es cierto que en las próximas décadas veremos nuevos avances en la ingeniería de la comunicación, aunque las aplicaciones potenciales sólo están limitadas por las necesidades, aspiraciones e imaginación del hombre.

El empleo de las señales eléctricas ha reemplazado a casi todas las otras formas de comunicaciones a largas distancias. Esto se debe a que las señales eléctricas son relativamente fáciles de controlar, comparadas con las que usaban nuestros antepasados, y que viajan a una gran velocidad, cercanas a la luz.

1.2. Elementos de las comunicaciones

Comunicación se puede definir como el proceso por medio del cual la información se conduce o se transmite de un punto en espacio y tiempo, llamado fuente a otro que es el destino.

Para transmitir información entre dos puntos distantes es necesario disponer de un transmisor, un receptor, y un medio de transmisión que provea el enlace físico entre el emisor y receptor. Además de transmitir señales, un equipo emisor tiene que ser capaz de realizar la conversión de la información procedente del usuario en señales adecuadas para poder ser transmitidas por el medio físico de transmisión. Este medio debe realizar las funciones de transmisión sin que ello implique ningún tipo de distorsión en la señal que pudiese deteriorar la información emitida. El receptor convierte la señal procedente del emisor a través del medio de transmisión, en información inteligible para el usuario.

Desde que la información es elaborada en el emisor hasta que es recibida por el receptor, pasa a través de distintos dispositivos de comunicación que pueden ser empleados con distintos fines: funciones especializadas, reducción de costos, aumento de la fiabilidad, etc. La utilización de este tipo de dispositivos está en función de las características que gobiernan la comunicación emisor-receptor, el tipo de cada uno de los terminales, los protocolos empleados., etc.

1.3. Comunicaciones eléctricas

Empezando por definir qué es el mensaje, ya que es el elemento básico de la comunicación entre los seres humanos. Mensaje se entiende por cualquier pensamiento o idea expresado brevemente en una lengua ordinaria o críptica, preparado para su transmisión por cualquier medio de comunicación. En el ámbito de las Telecomunicaciones, el mensaje es el conjunto de señales, signos o símbolos que son objeto de una comunicación a distancia.

Las telecomunicaciones se definen como: Cualquier transmisión, emisión o recepción a distancia de signos, señales, escrituras, imagen, sonidos o inteligencia de cualquier naturaleza, por cables, radio, óptico o cualquier otro sistema electromagnético.

1.3.1. Descripción de los bloques de las comunicaciones eléctricas.

Para las comunicaciones a largas distancias a través de un sistema electromagnético se necesita hacer algunas alteraciones u operaciones en la señal eléctrica para transmitir la información preparada. Al llegar al receptor se efectúan las operaciones inversas para restaurar la información. Tras el proceso de transmisión, las señales que portan la información se contaminan con ruido. El ruido es generado por hechos naturales y artificiales e introduce errores en la transmisión de información. Desde el punto de vista de la ingeniería, el problema de la comunicación radica en el diseño de las partes de la transmisión sobre las que puede ejercerse algún control. En la figura 1.1 se muestran los bloques básicos funcionales de un sistema de comunicación.

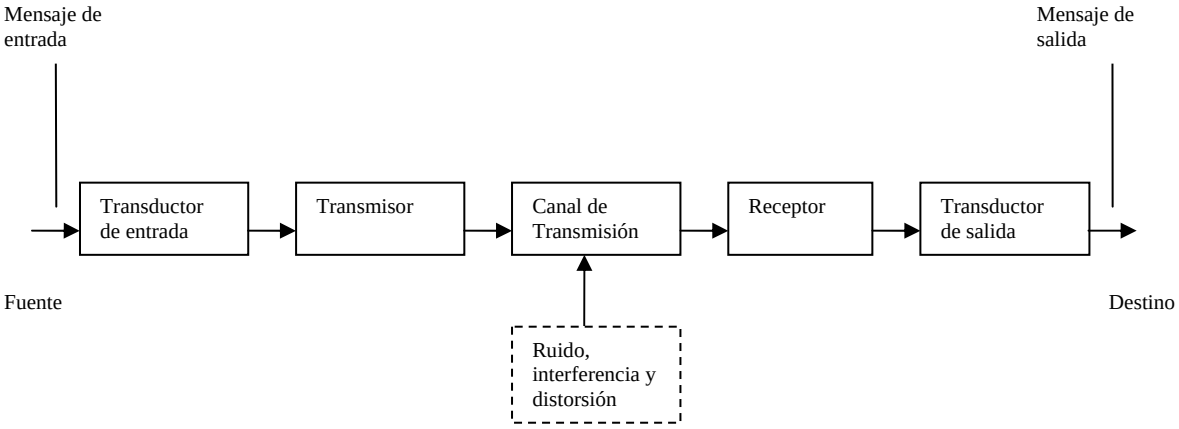


Figura 1.1. Elementos de un sistema de comunicaciones

Donde los bloques que lo forman se definen como:

Transductor de entrada. La función del transductor es convertir la variable del mensaje a una señal de magnitud eléctrica variable en el tiempo, esta variación puede ser un voltaje o una corriente. En el punto destino otro transductor convierte la señal de salida a la forma apropiada del mensaje.

Transmisor. El propósito del transmisor es acoplar el mensaje al canal de transmisión, aunque algunas veces se puede encontrar el transductor de entrada directamente acoplado al canal. Para obtener una transmisión más eficiente se deben realizar varias operaciones de procesamiento de la señal, entre ellas la amplificación, filtración, codificación y la más importante es la modulación de una onda portadora con la señal del transductor de entrada. La modulación es la alteración sistemática de alguna característica de la onda portadora, como la amplitud, la fase o la frecuencia.

Canal de transmisor. El canal de transmisión es la conexión entre la fuente y el destino. El canal puede ser un par de alambres, par trenzado, fibra óptica, cable coaxial, ondas electromagnéticas, etc. Sin importar qué medio se use, la atenuación y la distorsión se introducen en estos, así como las señales de ruido.

Receptor. La función del receptor es extraer la señal deseada del conjunto de señales recibidas a la salida del canal y convertirlas a una forma apropiada para el transductor de salida. Una de las primeras operaciones puede ser la amplificación, debido a que las señales con frecuencia son muy débiles, como resultado de la atenuación. En todo caso la función principal que ejecuta el receptor es la demodulación, el proceso inverso de la modulación del transmisor, con la cual vuelve la señal a su forma original.

1.4. Resumiendo

En este capítulo solo se mencionan las características básicas de un sistema de comunicación, haciendo énfasis en las comunicaciones eléctricas ya que ellas son la base del desarrollo de la propuesta de trabajo de un sistema de medición de datos climáticos que se enfoca básicamente en una variable, la lluvia (precipitación) y en tres funciones básicas: detección de la magnitud a medir, procesamiento de las señales que contienen la información sobre dicha magnitud y presentación del resultado, basándonos en tecnología ya existente.
Estas funciones son parte de los bloques de un sistema de comunicación: obtener la señal por medio del transductor de entrada; trasmitir los datos, y que es necesario primero adquirir, procesarlos y almacenarlos; hacer uso de un canal de transmisión y por último el sistema de recepción en el cual, después de obtener la señal en su forma adecuada, se presentan dichos datos. Las funciones se explicarán a lo largo del trayecto del presente trabajo.

CAPÍTULO 2

2. **SENSORES**

2.1. Introducción

Es conveniente tener presente que al desarrollar sistemas de instrumentación se comienza con el sensor. Un buen conocimiento de éstos traerá como consecuencia proyectos seguros, óptimos y rentables, por lo que en esta sección se pretende dar un conocimiento básico de los diferentes tipos de los sensores y sus características generales, así como los datos necesarios para seleccionar el sensor más adecuado o que mejor se ajuste a las necesidades del sistema. Por otra parte se mencionarán las características generales del transductor a utilizar en este proyecto. En nuestro caso es el sensor de lluvia (*tipping bucket*) o 'pluviómetro de cubo volcante' como se le conoce. En este trabajo usaremos el término "*tipping bucket*" por no contar con término universalmente aceptado en castellano.

Antes de comenzar aclaremos que sensor es un dispositivo que detecta variaciones en una magnitud física (temperatura, presión, velocidad, etc.) y las convierte en señales útiles para un sistema de medida o control y las transmite adecuadamente. Su función básica es adquirir señales provenientes de sistemas físicos para ser analizadas y por lo tanto se podrán encontrar tantos sensores como señales físicas que requieran ser procesadas y que un transductor es un dispositivo que convierte una magnitud física en otra distinta.

Debido a esto, usualmente se emplean como sinónimos las palabras sensor y transductor, como anteriormente lo hicimos, pero sensor es un término más general, que abarca la extensión de las capacidades de nuestros sentidos para adquirir información de cantidades físicas que los mismos no perciben, mientras que transductor sugiere solo que las energías de entrada y de salida no necesariamente sean la mismas. En este trabajo utilizaremos el término sensor para referirnos a transductor de entrada.

2.2. Tipos de sensores

Se puede dividir los sensores dependiendo del aporte de energía, en autogeneradores y no autogeneradores. Los sensores autogeneradores no necesitan alimentación externa para funcionar, la energía de salida es suministrada por la variable física de entrada. Ejemplo: sensores piezoeléctricos, fotovoltaicos, termoeléctricos, electroquímicos, magnetoeléctricos. Los sensores no autogeneradores, en cambio, son los que necesitan su propia alimentación, la energía de la señal de salida procede de una fuente de energía auxiliar. Ejemplo: sensores de parámetros variables (de resistencia variable, de capacidad variable, de inductancia variable).

Por otro lado, desde el punto de vista de la forma de la variable de salida, podemos clasificar los sensores en dos grupos: analógicos y digitales, en los primeros la señal de salida varía como una señal continua, analógica. En los digitales, transforman la variable medida en una señal digital, a modo de pulsos o bits. No requieren conversión A/D y la transmisión de su salida es más fácil. En la actualidad los sensores más empleados son los digitales, debido sobre todo a la compatibilidad de su uso con las computadoras.

2.3. Características de los sensores.

A los sensores, se les debe exigir una serie de características, que pasamos ahora a enumerar y comentar:

Exactitud. Se hace referencia a que se debe poder detectar el valor verdadero de la variable sin errores sistemáticos. Sobre varias mediciones, la media de los errores cometidos debe tender a cero.

Precisión. Una medida será más precisa que otra si los posibles errores aleatorios en la medición son menores. Debemos procurar la máxima precisión posible.

Rango de funcionamiento. El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento, es decir, debe ser capaz de medir de manera exacta y precisa un amplio abanico de valores de la magnitud correspondiente.

Velocidad de respuesta. El sensor debe responder a los cambios de la variable a medir en un tiempo mínimo. Lo ideal sería que la respuesta fuera instantánea.

Calibración. La calibración es el proceso mediante el que se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida que produce el sensor. La calibración debe poder realizarse de manera sencilla y además el sensor no debe precisar una recalibración frecuente.

Fiabilidad. El sensor debe ser fiable, es decir, no debe estar sujeto a fallos inesperados durante su funcionamiento.

Costo. El costo para comprar, instalar y manejar el sensor debe ser lo más bajo posible.

Facilidad de funcionamiento. Por último, sería ideal que para la instalación y el dar mantenimiento al sensor no se necesite de un aprendizaje excesivo.

Todas estas características son las deseables en los sensores. Sin embargo, en la mayoría de los casos se toma en cuenta el costo, que de ello se supone a la hora del diseño y fabricación.

En el desarrollo del presente trabajo nos apoyaremos en un sensor del tipo no autogenerador y digital, ya que el *tipping bucket* necesita alimentación de una fuente de energía externa y el tipo de señal de salida es digital, como se verá mas adelante.

2.4. Sensor de acumulación y/o precipitación liquida. (Transductor de entrada)

2.4.1. Introducción.

Los instrumentos hidrométricos son requeridos para medir las variables físicas del ciclo hidrológico. La mayoría de estos instrumentos tienen que mantenerse en una operación continua y muchos son expuestos a un ambiente severo de intemperismo.
Estos requerimientos imponen una necesidad de altos estándares de diseño y construcción.

La caída de lluvia es en sí una señal física no eléctrica, se requiere por lo tanto de un transductor de entrada que transforme esta señal. El sensor de acumulación y/o precipitación líquida (transductor), tiene la finalidad de transformar una señal física a una eléctrica. Este dispositivo es conocido como *tipping bucket*[1].

La caída de lluvia es medida al colectar un volumen dado de agua que cae en un área fija. El volumen recogido de agua es convertido en milímetros de profundidad.

2.5. Descripción física.

El sensor de lluvia (ver Figura 2.1) es un receptáculo para medir la precipitación. Este contiene una abertura en la parte superior, que mide entre 20 y 24 cm. de diámetro y que permite a la precipitación caer en la parte superior, llamada colector. El colector es calentado (de manera opcional) para derretir cualquier precipitación congelada, como es la nieve o granizo, para su recolección, debido a que el *Tipping bucket* no esta diseñado para trabajar con precipitación sólida. El agua colectada es dirigida a un dispositivo mecánico (*tipping bucket*), que esta

[1] Tipping bucket, en español su traducción es “cubo inclinante o volcante”.

compuesto por dos compartimientos idénticos en forma de triángulo situados sobre un eje, los cuales pivotean. Esto provoca el cierre de un contacto (un interruptor de lengüeta o de mercurio).

El volumen de cada compartimiento es establecido por dos topes ajustables que determinan el rango de movimiento del mecanismo del balde. El *tipping bucket* es diseñado para medir en incrementos de 0.1 mm, 0.01mm, 0.2 mm, de acuerdo al fabricante. El agua es colectada y el *tipping bucket* es llenado hasta el punto donde se genera el vuelco del colector o balde. Esta acción vacía el balde, cerrando momentáneamente el interruptor y procede a la medición de otro evento, enviando nuevamente información de otro evento (cantidad de precipitación), a una memoria de datos. El agua descargada por el *tipping bucket* es conducida a través de un embudo localizado en la parte baja hacia la tierra. En algunas partes es instalado un protector contra el viento alrededor del colector para reducir los efectos nocivos causados por este, como son el cambio en las trayectorias de la lluvia.

Un parámetro importante en la fabricación de un medidor, es tener un método preciso para determinar el volumen de lluvia colectada.
Para determinar cuánta lluvia cae se maneja lo siguiente.

Profundidad = caída de lluvia / área de la abertura del embudo.

Esta ecuación proporciona la profundidad de caída de lluvia. La lluvia es reportada de esta forma como una profundidad de agua capturada en un contenedor vertical.

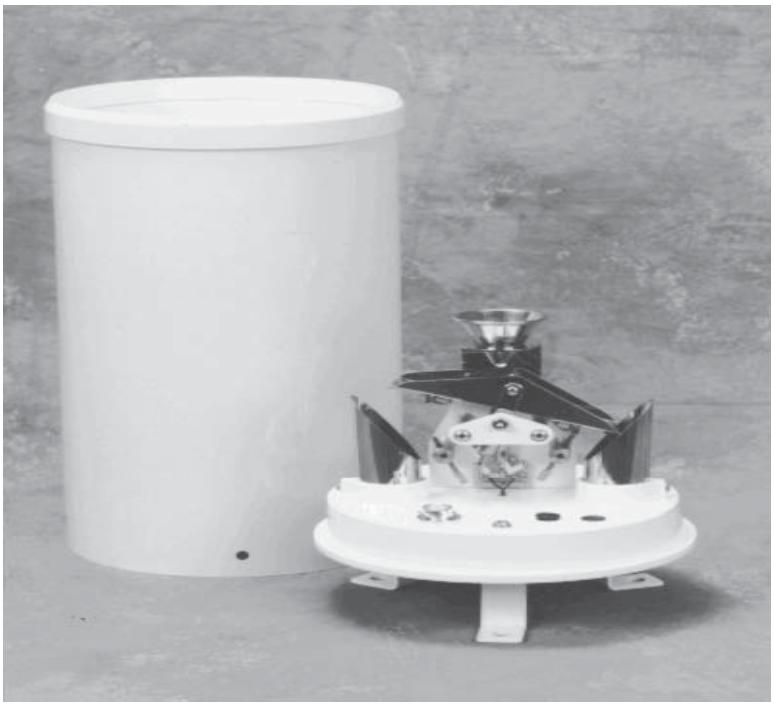


Figura 2.1 Sensor de acumulación de lluvia

2.6. Instalación del sensor.

2.6.1. Introducción.

El sensor de lluvia es relativamente simple, una unidad de sensado que es montada directamente en un pedestal en el sitio a ubicar.

La única preparación requerida es el ensamblado y soporte, la instalación del contacto del *tipping bucket* y la instalación de este.

El cableado requerido es la conexión de la energía del calentador y otro para la línea de la señal.

2.6.2. Instalación.

El procedimiento de instalación depende del fabricante. Solo se mencionan puntos básicos en la tabla I y la figura 2.2 provee una ilustración del *tipping bucket*.

El *tipping bucket* está diseñado para medir agua líquida. Este no se daña por contener agua congelada, pero no opera bajo esas condiciones y se producirían errores. Si medimos bajo estas condiciones se requiere instalar un calentador en forma opcional.

En algunos casos se puede tener un interruptor de mercurio en el *tipping bucket* que es muy frágil, por lo que se debe tener cuidado cuando este sea manipulado.

Tabla I

Procedimiento de instalación

1. Proveer un lugar de ubicación nivelado, evitar sitios inclinados.
2. El área de ubicación deberá tener una adecuada protección contra vientos fuertes.
3. El área debe estar libre de obstáculos altos tales como edificios o árboles.
4. Si se utiliza contacto de lengüeta, montar el *tipping bucket* en la base, frente al contacto magnético.
5. Una vez instalado el balde que se inclina debe ser manipulado constantemente para asegurar que se mueva libremente, provocando que ocurra un cierre momentáneo en este. Inspeccionar visualmente.
6. Conectar un multímetro entre las dos salidas de los conectores del contacto de lengüeta.
7. Durante la inclinación del balde con la mano, observar el multímetro, una inclinación del balde provoca que el imán cierre momentáneamente el contacto, cierre y abra, causando una lectura de corto circuito. Asegúrese que el contacto opere correctamente para ambas inclinaciones de los baldes. Si el contacto no cierra y abre apropiadamente ajustar moviendo arriba o abajo el freno.

La calibración puede ser solo en laboratorios equipados, pero puede realizarse una verificación de campo de manera fácil. El *tipping bucket* es simple y altamente confiable. Cualquier acumulación de material extraño como el polvo, hojas, insectos, etc., alteraría la calibración de la unidad. Verificar la calibración del *tipping bucket* de acuerdo a la tabla II.

Tabla II

Verificación de calibración

1. Utilizando un vaso de precipitados, verter el volumen de agua necesario para volcar el balde 10 veces, se vaciará lentamente en el sensor de lluvia durante 1 minuto, asegurándose de que cause 10 inclinaciones.

2. Verificar que la cantidad de precipitación marque el número de inclinaciones ocurridas.

3. Verificar que el funcionamiento del balde se realice de manera apropiada, asegurando la no obstrucción de estos.

Esta tabla tiene como propósito obtener la precisión y la exactitud del *Tipping Bucket*. Obtendremos el valor del error producido al mojar los baldes, y se asegurará la repetición del proceso de medición de la caída de lluvia. Se verificará que el conteo de los eventos en la memoria corresponda a los observados.

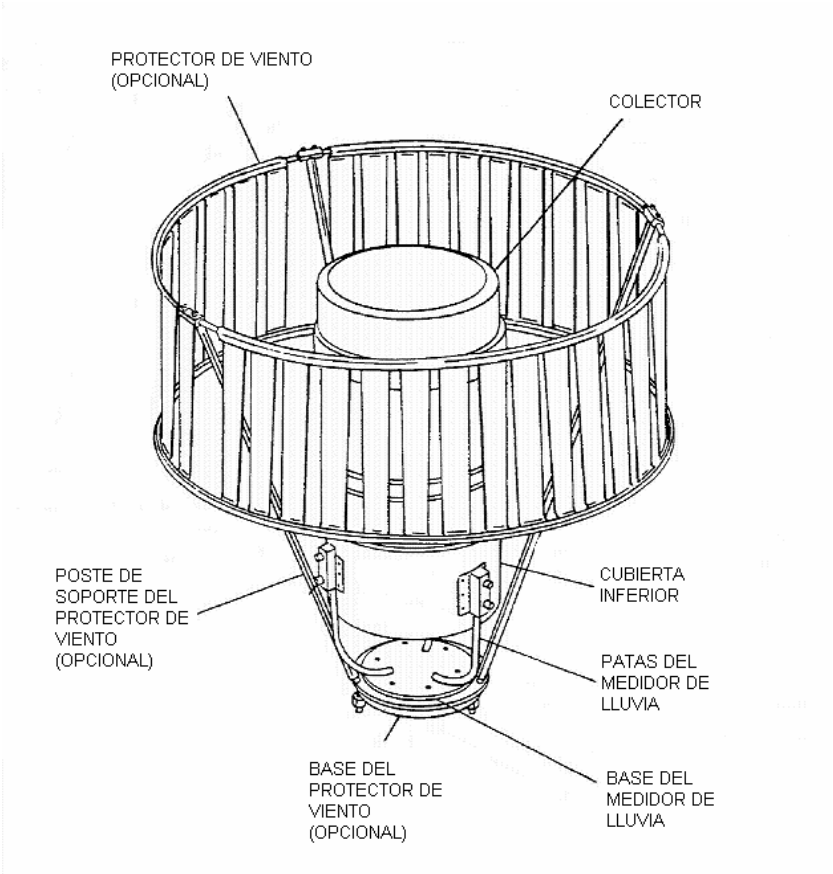


Figura 2.2 a) Sensor de acumulación de lluvia con el protector del viento (opcional)

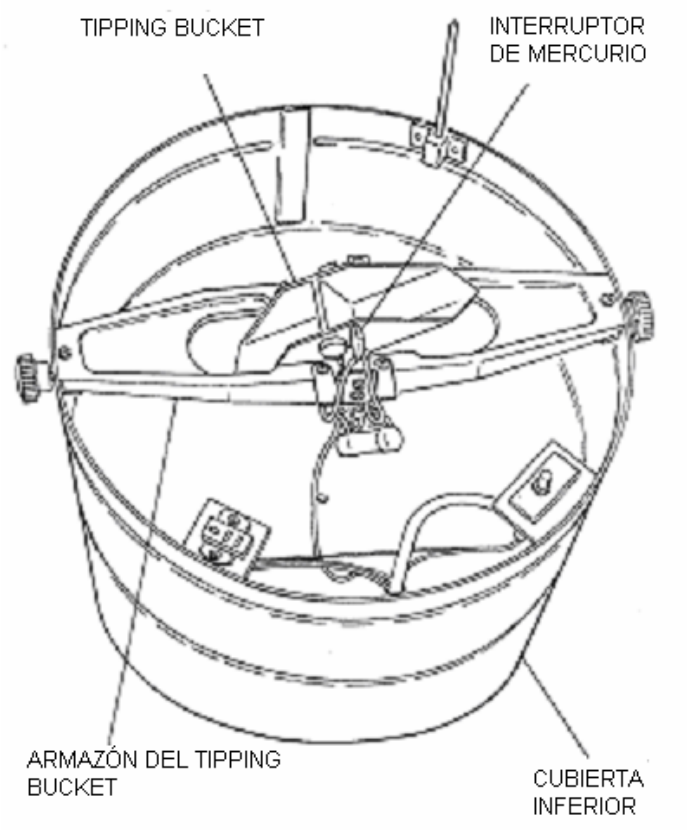


Figura 2.2 b) Sensor de acumulación de lluvia vista superior

2.7. Teoría de operación.

2.7.1. Introducción.

El sensor de lluvia es completamente automático y no tiene controles e indicadores, solo un sistema eléctrico interno para detectar la volcadura del balde. Cada vez que ocurre una volcadura es emitida una señal de pulso al sistema de adquisición de datos, vía el módulo de fibra óptica[2].

La transmisión por pulsos de luz se realiza por medio de un sistema de comunicaciones por Fibra Óptica. Los elementos que contiene cualquier sistema son: Fuentes ópticas, fibras ópticas, empalmes, conectores y detectores ópticos.

El calentador es controlado por un termostato que provee un calentamiento automático del flujo de lluvia. Este aditamento es utilizado de manera opcional de acuerdo a la ubicación del área donde este sea montado.

2.7.2. Descripción de operación.

El *tipping bucket* es localizado debajo del embudo en el alojamiento del colector. Este consta de dos cámaras contenedoras (baldes) que se inclinan debido a la precipitación, la cual fluye a

[2] Diseño del sistema de comunicación fibra óptica (Ver anexo A)

través del embudo a uno de los compartimientos (balde) hasta que sea acumulada una altura de lluvia.

Esa cantidad de agua causa que el balde se incline en el pivote, descargando el agua colectada y moviendo el otro compartimiento debajo del embudo. El movimiento de inclinación activa un interruptor, con eso se establece momentáneamente un cierre para cada altura de lluvia registrada. Esto provoca una señal de salida, que es un pulso eléctrico provocado por inclinación realizada. Un transmisor de fibra óptica convierte el pulso eléctrico a un pulso de luz, conveniente para transmitir vía fibra óptica al sistema de adquisición de datos. La energía para producir los pulsos es proporcionada por una batería, que es parte del transmisor de fibra óptica, un pulso es transmitido cada vez que el *tipping bucket* es llenado.

Los errores de medición pueden ocurrir durante una lluvia fuerte (aguaceros). Si una cantidad de agua muy grande esta corriendo a través del sistema mientras el balde este pivoteando, algo de esta se derramará del balde, también cuando los baldes están realmente llenos y comienza a inclinarse hacia abajo. Al ocurrir esto, el agua no esta siendo considerada. La evaporación del agua podría ocurrir cuando existe poca lluvia en periodos largos de tiempo. Los vientos fuertes, el bloqueo por obstrucciones cercanas desvían la caída de lluvia, capacidades distintas de los baldes, como resultado de una desnivelación y/o congelamientos. Estos y otros efectos, tenderán a reducir la calidad de los datos de lluvia obtenidos.

El Sistema de adquisición de datos proporciona los elementos para la recolección y transmisión, provee todo la energía de corriente alterna y directa requerida al sistema eléctrico del transductor, mediante un sistema de contactos que se encargará del control. Esto será expuesto en el siguiente capítulo.

2.8. Mantenimiento

2.8.1. Introducción

El mantenimiento preventivo consiste (para el sensor de lluvia) en mantener el colector y el descargador de flujo de lluvia libre de obstrucciones. Ocasionalmente es necesaria una limpieza y observación del *tipping bucket* para asegurar que el balde opere apropiadamente. Debido a que es un diseño simple, los problemas deben ser arreglados por una intervención manual.

2.8.2. Mantenimiento preventivo.

La frecuencia de una inspección y mantenimiento depende del medio ambiente donde es instalado el sensor de lluvia.
Cualquier mal funcionamiento o daño que sea detectado debe ser corregido utilizando mantenimiento correctivo. Se deberá llevar un registro de mantenimiento después de cada visita.
La rutina de mantenimiento recomendada consiste en una inspección y verificación de la calibración de manera periódica para asegurar la operación apropiada. La inspección de los conectores debe ser revisada para evitar chispas, provocadas por falsos contactos.
La tabla III provee un procedimiento, para este propósito.

2.8.3. Mantenimiento correctivo**.**

El mantenimiento correctivo del sensor de lluvia consiste en una inspección visual que tiene como fin la detección de fallas. Se realizarán pruebas del circuito y pruebas de la transmisión de datos del sensor de lluvia al transmisor de fibra óptica.

Tabla III

Inspección del sensor de lluvia.

INSPECCIÓN.

1. Desenergizar el equipo (*tipping bucket*).
2. Si el sensor está equipado con un protector contra el viento removerlo para tener acceso al sensor de lluvia.
3. Asegurarse que el colector de flujo de lluvia este libre de obstrucciones.
4. Asegurarse que el embudo inferior este libre de obstrucciones.
5. Verificar la base del *tipping bucket*, la nivelación y corregir si es requerido.
6. Asegúrese que el contacto del (*tipping bucket*) este limpio y que se incline libremente.
7. Anualmente inspeccione los cable para evitar la corrosión, retirar en caso de que este presente.

2.9. Resumiendo

El proyecto inicia con la instalación del sensor, por lo que se hace la necesidad de conocer los diferentes tipos y características básicas, dividiendo los sensores en analógicos y digitales. Del cual deducimos que el tipo de sensor a utilizar en el proyecto es digital, por sus características ya mencionadas. Por otra parte, muchas veces al hacerse de un instrumento de esta índole, el fabricante proporciona un manual del usuario, en el que menciona especificaciones de instalación, mantenimiento, etc. En esta sección no pretendemos hacer un manual de usuario, más bien, proporcionar los conocimientos básicos del sensor *tipping bucket*, de tal forma que se pueda tener una idea de cómo funciona y qué tan complicado o costeable puede ser el manejo de este instrumento.

Como se sabe después de hacer la instalación, calibración y seguir los pasos de las tablas dadas, se obtiene una señal del tipping bucket (siempre y cuando haya lluvia que medir) esta es enviada por fibra óptica a un procesador de datos. Aquí es donde se lleva a cabo el acoplamiento del mensaje al canal, este conjunto de requerimientos conforman el sistema de adquisición de datos, las características eléctricas, electrónicas se explican a continuación en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 3

3. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

3.1. Introducción

En la actualidad el vertiginoso desarrollo de la electrónica y la microelectrónica han motivado que todas las esferas de la vida humana se estén automatizando, por ejemplo: la industria, el hogar, los comercios, la agricultura, la ganadería, el transporte, las comunicaciones, etc. En todo ese proceso de automatización el microprocesador y el microcontrolador juegan un papel de suma importancia. Ellos han permitido el desarrollo de sistemas inteligentes que resuelven los más diversos problemas, son los llamados Sistemas de Adquisición de Datos.

Por medio de esta sección daremos a conocer qué son los Sistemas de Adquisición de Datos (SAD), la importancia de los mismos en el desarrollo de la electrónica y la microelectrónica. Se definirá el propósito del sistema de adquisición de datos, también haremos hincapié en las partes que componen los SAD, con diversas ilustraciones para identificar su ensamble.

Un Sistema de Adquisición de Datos (SAD) no es mas que un equipo electrónico cuya función es la recolección de información de forma automatizada de señales analógicas y digitales por medio de la integración de los diferentes recursos que lo integran: Transductores de diferentes tipos y naturaleza, multiplexores, convertidores A/D y D/A[3], para presentar la información en una forma que tenga sentido para el usuario.

El SAD es el encargado de realizar las medidas y el procesado de las variables que utilizan los modelos empleados en la monitorización. Está formado por uno o más sensores, sistema de alimentación, procesamiento, control y transmisión de los datos.

La transmisión de los datos del sensor al SAD se hará por medio de un sistema óptico, a través del sistema de expansión (del SAD), de acuerdo a las características que proponemos de nuestro sistema. Además, proponiendo utilizar un sistema celular, se transmitirá la información a un centro concentrador por medio de un módem, en donde se procesarán los datos.

3.2. Propósito

El sistema de adquisición de datos tiene la función de establecer una comunicación de datos entre el sensor del sistema de observación (*tipping bucket*) y un centro concentrador. En la figura 3.1 se muestra de forma esquemática cómo es el intercambio de datos entre el sistema de adquisición de datos y el sensor montado externamente. Este se realiza mediante el cableado de fibra óptica. Durante la transferencia de datos entre el sistema de adquisición de datos y el centro concentrador, es usada una comunicación de radiofrecuencia.

[3] Convertidores: A/D Analógico/Digital, D/A Digital/Analógico.

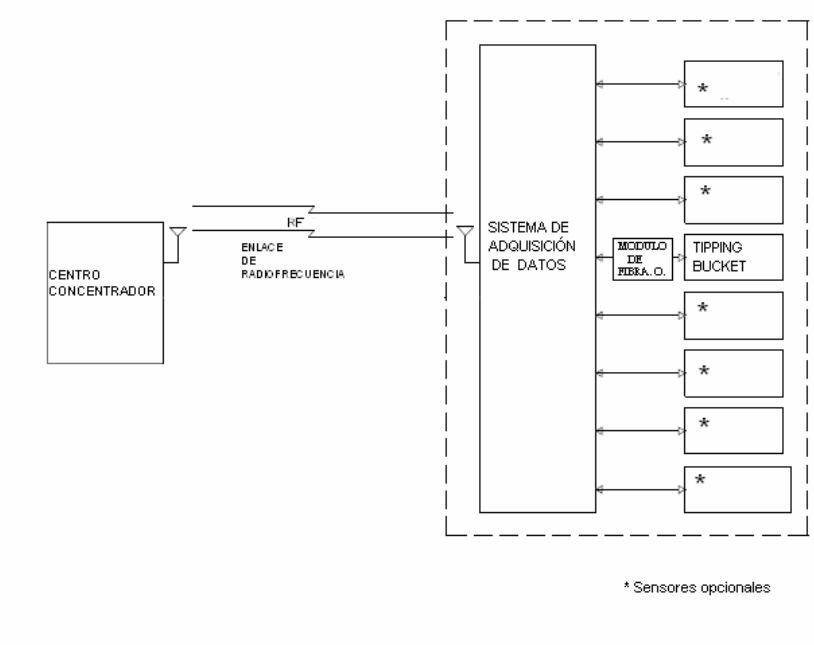


Figura 3.1. Esquema del Sistema de adquisición de datos

3.3. Teoría de operación.

3.3.1. Introducción

El SAD colecta información directamente del sensor y provee los datos recolectados a un centro concentrador (estación base receptora), para su procesamiento. Será diseñada para captar, condicionar y procesar señales análogas y digitales.

La aplicación que se propone desarrollar consiste en un sistema de control (SAD) automático de un determinado proceso, con la posibilidad de intervenir en dicho control de forma remota, utilizando para ello una terminal GSM conectado a una red de comunicaciones.

A la hora de realizar las especificaciones, las funciones básicas que necesita el sistema son:

- Control automático de un proceso en base a unos parámetros dados.
- Visualización local de las variables del proceso.
- Operación remota:

  - Visualización de las variables del proceso.
  - Modificación de los parámetros de control.
  - Informe automático de alarmas reprogramable a distancia

La primera función implica el diseño de un sistema de control en el que existan una o más variables de entrada y/o de salida y que posea una memoria interna en la que almacenará los parámetros de control. En base a dichos parámetros y según las variables de entrada, el sistema responderá automáticamente a través de las variables de salida.

Para poder visualizar localmente las variables del proceso, el sistema de control debe tener, aparte de las salidas correspondientes al control, unas salidas destinadas únicamente a la visualización de las entradas, lo que supone el diseño de un módulo de visualización que reciba datos y los adapte para poder ser visualizados y entendidos fácilmente.

Para conseguir la operación a distancia son necesarios los siguientes elementos:

- Red de comunicaciones operativa
- Dispositivo de comunicaciones (módem) para el acceso a dicha red
- Interfaz para la comunicación entre el dispositivo de comunicaciones y el controlador del proceso.

Para la red de comunicaciones se seleccionará una del tipo de las ya existentes en el mercado. Una vez escogida la red a utilizar, se seleccionará el dispositivo de comunicaciones para acceder a esta red.

Conocido el dispositivo y su sistema de comunicación y control, se requiere diseñar una interfaz de comunicaciones para poder conectarse a distancia con el centro concentrador. Dadas las funciones a distancia que debe desempeñar el sistema completo, la interfaz de comunicaciones debe ser bidireccional. Esto es:

- Permite solicitar datos al SAD y que éste lea en su memoria y los transmita.
- Permite enviar datos al SAD y que éste los almacene en su memoria interna.
- Y en caso de que se activen las alarmas, el SAD, de forma automática, ha de poder transmitir los datos, según haya sido programado.

3.4. Descripción física.

El SAD debe tener una estructura y organización muy equilibrada que le permita su buen funcionamiento ya que de ello depende que el mismo rinda al máximo y sin ningún defecto.

La figura 3.2 muestra la instalación del SAD. Su distribución consiste de las siguientes partes, un gabinete que contiene el sistema de recolección y transmisión de datos, el cual es el sistema de procesamiento, control e interfaz de comunicación, el gabinete de distribución de energía con corriente alterna, que es la fuente de alimentación eléctrica del sistema en general y al lado se muestra el sensor (*tipping bucket*).
Los gabinetes que conforman el SAD serán robustos y compactos e idealmente adecuados para ambientes severos.

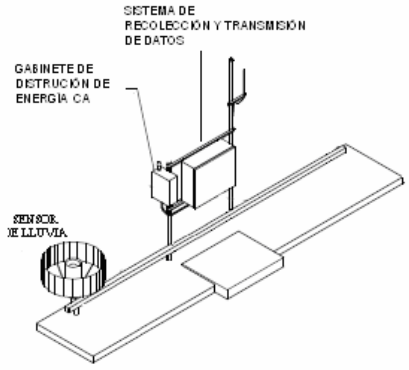


Figura 3.2. Esquema de instalación del SAD

3.5. Descripción básica de los bloques del SAD.

El sistema es un hardware estándar, con capacidad de conexión directa a las líneas de campo (niveles de tensión y corrientes, transductores y periféricos electrónicos) y programable por el usuario.

El hardware está fragmentado por bloques interconectables que permite configurar un sistema a la medida de las necesidades. Así pues podemos utilizar sistemas que incluyen una unidad de control, un mínimo de entradas o salidas, además se tienen previstas una serie de unidades de expansión que les permiten agregar más, según sean necesarias.

En la siguiente figura 3.3 se ilustra el diagrama de funcionamiento básico de los bloques del SAD en donde la señal de salida del sensor (*tipping bucket*), puede o no precisar de la unidad de acondicionamiento, que es la etapa encargada de filtrar y adaptar la señal a la entrada del convertidor A/D. En este caso, la unidad de acondicionamiento dependerá de la adaptación del rango de salida del transductor al rango de entrada del convertidor (normalmente en tensión), que en nuestro caso sería al módulo de fibra óptica ya que el convertidor A/D no es necesario, debido a que el dato proveniente del sensor es una señal de tipo digital. El proceso de datos digitales es usualmente ejecutado por sistemas de cómputo. Las partes fundamentales de este sistema son la Unidad central de proceso (CPU) y la memoria, que se explicarán mas adelante.

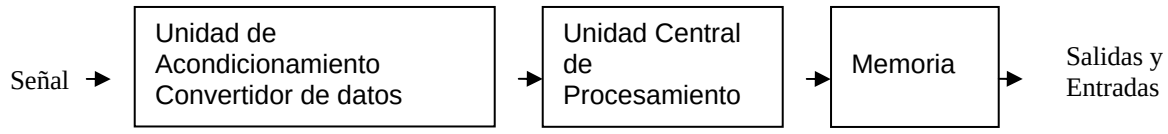


Figura 3.3. Diagrama del funcionamiento de los bloques del SAD

Las siguientes partes funcionales del sistema son:

- Unidad central de proceso. (CPU)
- Memoria de programa.
- Puertos de entrada.
- Puertos de salida.
- Bus de datos.
- Fuente de alimentación.

- Unidad Central de Proceso. (CPU)

La unidad central de proceso se encarga de interpretar y ejecutar las instrucciones recibidas del programa existente en memoria. La CPU es un sistema de microprocesador que contiene el sistema de memoria y una unidad de toma decisiones; lee las entradas y ejecuta la toma de decisiones basadas en las instrucciones introducidas en la memoria. De esta manera el área de procesamiento es responsable del tiempo, control, procesamiento, formato, almacenamiento y verificación de la calidad de datos.

- Memoria del programa.

El programa se almacena en la memoria “de programa”. El programa ejecutará las instrucciones para que la CPU consulte si las entradas tienen o no tensión aplicada. Con base en esta información elabora un resultado y le ordena a los puertos de salida la transmisión de información. Cuando se desean hacer cambios en la lógica del programa basta modificar el programa contenido en la memoria.
Así la memoria guarda el código para el funcionamiento del SAD, los datos almacenados en la memoria son guardados antes de que el sistema sea apagado, esta puede tener un respaldo de una batería para la memoria RAM en el caso de pérdida de energía.

- Puertos de entrada y salida.

Los puertos de entradas y salidas del SAD son responsables de la comunicación entre el área de procesamiento de datos, el centro concentrador y los sensores correspondientes. Esta área también monitorea la fuente de alimentación de CA y CD.

Los puertos de entrada aceptan una gran variedad de señales analógicas o digitales procedentes de diferentes sensores, estas son convertidas a señales lógicas manejables por la CPU.

Los puertos de salida convierten las instrucciones de control procesadas por la CPU a una señal digital o analógica.

Cada tarjeta proporciona puertos para los sensores remotos, estos se comunican con los módulos de fibra óptica (ver anexo A), contenidos en la jaula de Faraday[4], que a su vez se comunican con cada sensor de forma individual. También es utilizado un puerto para comunicarse con la fuente de poder ininterrumpible (UPS) [5] en el área de control y distribución de energía.

- Bus de datos.

Los buses son un conjunto de hilos o conexiones que llevan información de todo tipo de un elemento a otro, transportando la información en paralelo, (esto quiere decir, que los datos van por todos los hilos del bus simultáneamente).
Lleva los datos que es necesario enviar de un elemento a otro, puede ser bidireccional (los datos pueden ir en uno u otro sentido). Existe un bus de datos interno: (ejemplo: entre el microprocesador y la memoria) y uno externo, entre la computadora y sus periféricos (ejemplo: Computadora e impresora)

- Fuente de alimentación.

La energía necesaria puede ser generada en caso de que no exista línea directa, ya que la instalación de una línea para este propósito puede ser muy costosa, por lo que se propone un

[4] Una jaula de Faraday es una pantalla eléctrica, una superficie conductora que rodea un espacio hueco impidiendo las perturbaciones producidas por campos eléctricos externos.

[5] Por sus siglas en inglés UPS (Uninterruptible Power Supply) Fuente de poder ininterrumpible. Es un dispositivo electrónico que provee a los equipos alimentación eléctrica constante y regular, los protege contra variación de voltaje, fluctuación, picos y cortes de energía. Cuando una de estas situaciones se presentan y no están dentro del rango la UPS provee energía con baterías; por medio de un inversor la energía es convertida a CA. Cuando la corriente se estabiliza nuevamente, se interrumpe su provisión. El tiempo de duración depende del número de baterías y del porcentaje de carga.

sistema de suministro de energía solar (ver anexo B)[6]. Esta tensión de operación debe ser la adecuada para que todos los elementos eléctricos y electrónicos funcionen, tales como la cpu, puertos, sensores, etc.

3.6. Sistema de transmisión de datos.

3.6.1. Introducción.

La comunicación entre el sistema de adquisición de datos y el centro concentrador es establecida vía módem de radio frecuencia.

Se entiende como transmisión de datos al movimiento de información que ha sido o va a ser procesada, codificada generalmente en forma binaria, sobre algún sistema de transmisión eléctrica.

Por lo que será necesaria la existencia de una fuente de datos (SAD), un destinatario (Centro concentrador) y un medio de enlace entre ambos (línea de transmisión). La técnica y medios para llevar a cabo esta transmisión varían en función de la distancia, existiendo una clara frontera entre las conexiones locales y las remotas. En este caso es necesario recurrir a medios de telecomunicaciones que permitan este enlace. Entre estos se encuentran los módems.

Los módems vienen a ser equipos terminales de aplicación industrial, en los que están potenciadas las funciones de comunicación y control, para la transmisión y recepción de datos. No obstante también permiten la transmisión de voz para su uso como teléfono, aunque esta característica no viene a ser importante. No suelen disponer de teclado ni pantalla. A cambio, su control se realiza gracias a que poseen una interfaz de comunicaciones destinada a la conexión con otros equipos terminales, cualidad que los hace aptos para la conexión con multitud de dispositivos electrónicos como por ejemplo a un sistema de cómputo o dispositivos programables.

Actualmente se encuentran disponibles una gran multitud de modelos de módems GSM/GPRS, estos dispositivos ofrecen una amplia variedad de precios y funcionalidades. Además, debido a que GSM es una norma abierta, cualquier proveedor puede fabricar equipos GSM. Esto pone a disposición de los operadores y clientes GSM/GPRS una amplia selección de equipos y proveedores. La utilización de la interfaz GSM/GPRS es descrita en el siguiente capitulo.

3.6.2. Módem

La palabra MODEM proviene de **MO**dulación y **DEM**odulación, entendiendo por modulación el proceso por el cual un tren de datos entrante genera una señal analógica compatible con la línea de transmisión y por demodulación el proceso inverso, que consiste en reconstruir, a partir de la señal recibida en la línea, el tren de datos que la originó.

El módem es un dispositivo ideal para el intercambio de datos a larga distancia sobre uno de los medios de transmisión más utilizados como es la red telefónica del sistema celular GSM a través del protocolo GPRS, con una amplia cobertura y un costo bajo; puesto que ésta ha sido concebida para la transmisión de señales analógicas y no digitales, es necesario transformar las señales provenientes del CPU, con el fin de adaptarlas a las características de los circuitos telefónicos, que tienen un ancho de banda limitado. Esto se consigue mediante el empleo, en ambos extremos, de los módems compatibles entre sí. Esto se obtiene si se cumple con las recomendaciones o normas establecidas para este tipo de dispositivos.

[6] En el anexo B se muestra una opción alternativa del suministro de energía, que sería por medio de un sistema fotovoltaico.

3.6.3. Normalización

Con el fin de facilitar la instalación de enlaces internacionales y evitar la proliferación innecesaria de soluciones particulares y facilitar una producción masiva de los equipos, existen diversos organismos internacionales. Entre ellos tenemos, EIA[7] en USA y el ITU-T (nueva denominación del CCITT)[8] en Europa, que han normalizado una serie de módems que cubren prácticamente el espectro de necesidades presentes.

Esta normalización define y fija, para cada tipo de módem, una serie de características, de tal forma que pueden conectarse entre si módems de diferentes fabricantes, que han resuelto el problema de tecnologías muy diferentes. Por tanto, al poder utilizar técnicas de producción mejores, la tendencia será a disminuir el precio de los productos y facilitar la aceptación de los mismos.

Los parámetros que definen un tipo de módems son:

- Velocidad de transmisión
- Tipo de línea de transmisión
- Tipo de modulación

El estándar más habitual y el más moderno está basado en la actual norma V.90 (Ver anexo C) cuya velocidad máxima está en los 56 kbps (kilobites por segundo).

3.7. Selección del dispositivo (módem)

En este caso se ha pensado en una red de tipo inalámbrica, para conseguir una mayor flexibilidad. Debido al gran auge que presentan en la actualidad las comunicaciones móviles se ha optado por la red GSM. Ya se ha apuntado que la red GSM dispone de muchos servicios, entre los cuáles se encuentran el realizar llamadas de voz, la transmisión de texto a través del servicio de envío de datos por GPRS y la identificación de llamada, entre otros. Estos son los servicios de los que se va a hacer uso para establecer la comunicación entre el usuario y el sistema que se está desarrollando.

El siguiente paso es seleccionar el tipo de elemento transmisor / receptor, con el cual se accederá a la red, es decir, la terminal móvil.

Centrándonos en el módem, presenta ciertas funciones que lo hacen más apto para aplicaciones industriales. Es controlable a través de cable o infrarrojos, lo cual lo hace más compatible con los sistemas electrónicos.

Los requisitos mínimos más importantes a tener en cuenta a la hora de la selección de un módem para poder desarrollar este sistema, tiene que cumplir con las siguientes características:

[7] EIA (Electronic Industries Association). Organismo americano que define las normas de audio y vídeo.

[8] ITU (International Telecommunications Union) La unión Internacional de Telecomunicaciones, es el organismo oficial más importante en materia de estándares en telecomunicaciones y esta integrado por tres sectores o comités; uno de ellos es la UIT-T, antes conocido como CCITT (Comite Consultatif Internationale de Telegraphie et Telephonie) Comité Consultivo Internacional de la Telegrafía y Telefonía, cuya función principal, es establecer las normas de obligatoriedad general para la transmisión de datos. Entre estas normas cabe distinguir normas V (para transmisión telefónica de datos).

- Banda de transmisión: EGSM900, GSM1800
- Cumplimiento con el estándar GSM fase 2 y fase 2+
- Ser compatible con los servicios de llamada de voz, identificador de llamadas.
- Servicios de datos por medio de GPRS.
- Facilidad de integración.
- Interfaz externa RS-232.
- Sistema de control.
- Tensión, consumo de Potencia.
- Dimensiones.
- Peso.
- Precio.

3.8. Selección del dispositivo programable (Hardware).

El proceso de Adquisición de Datos se puede definir como la recolección de información de forma automatizada de señales analógicas y digitales, y presentación de las mismas en una forma que tenga sentido. Para esto la elección del dispositivo programable (hardware) queda abierta tomado las características que mas convengan al sistema. Primero se tiene que preguntar cuántas terminales E/S (entradas y salidas) se necesitan, si se van a necesitar convertidores A/D, interfaces serie, usb[9] o paralela, entradas y salidas, tamaño estimado del programa, etc.

En la siguiente figura 3.4 se presenta la arquitectura de control esquematizada de forma general.

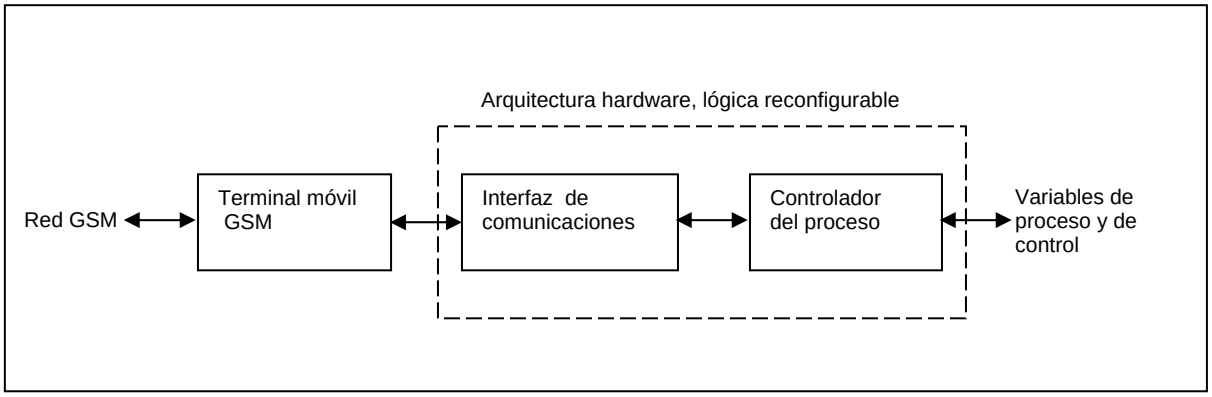


Figura 3.4. Estructura general de la arquitectura hardware diseñada.

El módulo interfaz de comunicaciones es, sin duda, el bloque más complejo e importante de todo el sistema, su función es establecer la comunicación con el módem. Se encarga de gestionar y procesar el tráfico de información entre el módem GSM y el controlador del proceso. Dispone de diversos puertos de entrada/salida con el fin de poder comunicar con el resto de bloques del sistema. Entre otras funciones, es capaz de configurar el módem GSM, redactar un mensaje de datos GPRS y dar la orden de envío, y leer e interpretar datos recibidos y actuar en consecuencia.

La misión del módulo controlador de proceso es gestionar las señales, se encarga de muestrear las variables del proceso (o variables de entrada). Tiene también la función de convertir datos de código binario a código de 7 segmentos para poder visualizarlos en desplegados de 7 segmentos,

[9] USB (Universal Serial Bus), que es un moderno bus serie para los PC.

si este es el caso. Una vez muestreadas las entradas, es necesario analizarlas para actuar sobre las variables de control (o variables de salida) según los parámetros de control.
En la actualidad las tecnologías para implementar controles más empleadas son: la utilización de microcontroladores con programación secuencial, la utilización de PLCs (Programmable Logic Controllers) con programación y procesamiento paralelo, las lógicas programables y por último las PCs con herramientas de programación y procesamiento paralelo.

A continuación se presentan las diferentes tecnologías existentes para la implementación del Sistema de Adquisición de Datos que son aplicadas dependiendo de las necesidades y requerimientos de las aplicaciones de medición.

3.8.1. Microcontrolador PIC.

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador por el usuario y son introducidos en este a través de un programador.
En los microcontroladores se emplean procesadores rodeados de memorias, circuitos de E/S,… sobre una placa de circuito impreso (PCB). Actualmente, los microcontroladores integran todos los dispositivos antes mencionados en un pequeño circuito integrado. Entre ellos solo mencionaremos los PIC, Peripheral Interface Controller (Controlador de Interfaz Periférico).

El PIC es el microcontrolador que fabrica la compañía Microchip. Aunque no son los microcontroladores que más prestaciones ofrecen, en los últimos años han ganado mucho mercado, debido al bajo precio de estos, lo sencillo de su manejo y programación y la inmensa cantidad de documentación y usuarios que hay detrás de ellos.

3.8.2. PLCs

El autómata programable (PLC) son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial, es el componente que en un cuadro eléctrico nos permite elaborar y modificar las funciones que tradicionalmente se han realizado con relevadores, contactores, temporizadores, etc. Hay en el mercado autómatas que se adaptan a casi todas las necesidades, con entradas/salidas digitales y/o analógicas, pequeños y grandes. La programación suele ser sencilla, dependiendo básicamente de lo que se pretenda conseguir.

3.8.3. Dispositivos lógicos programables PLD (Programmable Logic Device).

La lógica programable, como el nombre implica, es una familia de componentes que contienen conjuntos de elementos lógicos (AND, OR, NOT, LATCH, FLIP-FLOP) que pueden configurarse en cualquier función lógica que el usuario desee y que el componente soporte. Hay varias clases de dispositivos lógicos programables: FPGAs, PALs, GALs, PLDs, etc.

3.8.3.1. Estructura básica de un dispositivo lógico programable

Un dispositivo programable por el usuario es aquel que contiene una arquitectura general predefinida en la que el usuario puede programar el diseño final del dispositivo empleando un conjunto de herramientas de desarrollo. Las arquitecturas generales pueden variar pero normalmente consisten en una o más matrices de puertas AND y OR para implementar funciones lógicas.

Los dispositivos más complejos contienen macrocélulas son agrupaciones de un número de células básicas que realizan funciones comunes como; sumadores; puertas NOT, AND, NAND,

NOR XOR, etc.; latches y flip-flops S-R, J-K, D, etc. Las macrocélulas permiten al usuario configurar el tipo de entradas y salidas necesarias en el diseño.

- PAL

La palabra PAL significa Programmable Array Logic, es decir, red lógica programable son dispositivos de matriz programable. La arquitectura interna está formada por una matriz de puertas AND programable, conectada a una matriz de puertas OR fija. Todas las entradas a la matriz pueden ser combinadas mediante AND entre si, pero los términos AND específicos se dedican a términos OR específicos. Las PAL tienen una arquitectura muy popular y son probablemente el tipo de dispositivo programable por usuario más empleado. Si un dispositivo contiene macrocélulas, comúnmente tendrá una arquitectura PAL. Las macrocélulas típicas pueden programarse como entradas, salidas, o entrada/salida (E/S) usando una habilitación tri-estado. Normalmente tienen registros de salida que pueden usarse o no conjuntamente con el pin de E/S asociado. Otras macrocélulas tienen más de un registro, varios tipos de retroalimentación en las matrices, y ocasionalmente realimentación entre macrocélulas.

- GAL

Las GAL que significa Generis Array logica, red lógica genérica, al igual que la PAL, se forma con una matriz AND programable y una matriz OR fija, con una lógica de salida programable. Están diseñados para emular muchas PAL pensadas para el uso de macrocélulas. Estos dispositivos son programables y borrables eléctricamente, lo que los hace muy útiles para los ingenieros de diseño.

- FPGA

Las FPGA (Field-programmable gate array) son Campos de Matrices de Puertas Programables. Simplemente son matrices de puertas eléctricamente programables que contienen múltiples niveles de lógica. Las FPGA se caracterizan por altas densidades de puerta, alto rendimiento, un número grande de entradas y salidas definibles por el usuario, un esquema de interconexión flexible y un entorno de diseño similar al de matriz de puertas. No están limitadas a la típica matriz AND-OR. Contienen una matriz interna configurable de celdas lógicas (CLBs, Configurable Logic Bloc). Entre estos dispositivos lógicos hay un gran número de elementos de interconexión, líneas que pueden unir unos CLB con otros y con otras partes de la FPGA, puede haber líneas de distintas velocidades. También hay pequeños elementos en cada una de las patillas del circuito para definir la forma en que ésta trabajará (entrada, salida, entrada-salida...). Se suelen llamar IOB, de Input Output Bloc. Los CLB contienen en su interior elementos hardwares programables que permiten que su funcionalidad sea elevada. También es habitual que contengan dispositivos de memoria.

3.8.4. Computadora personal (PC) Personal Computer.

Hay diversos tipos de computadoras, pero la más conocida es la computadora personal (PC) o microcomputadora, tuvieron su origen con la creación de los microprocesadores. Un microprocesador es "una computadora en un chic", o sea un circuito integrado independiente. Las PC´s son computadoras para uso personal y relativamente son baratas y actualmente se ve en casi todas partes, aquí también se incluyen las computadoras portátiles o *laptops* que permiten llevar la información a todas partes.

La estructura de la computadora personal es un sistema integrado por una tarjeta madre, en la cual se insertan algunos elementos básicos como microprocesador, memoria y periféricos de

acuerdo a los requerimientos que necesitan las aplicaciones, como lo son los gráficos o sistemas procesamiento de audio y video estas característica permite realizar una amplia gama de tareas, denominadas multimedia.

Una computadora moderna es en gran medida un conjunto de interruptores electrónicos, los cuales se utilizan para representar y controlar el recorrido de datos denominados dígitos binarios (bits, un "0" o un "1").

Es una máquina que fue creada con el propósito de realizar funciones repetitivas en una forma muy rápida y precisa. Estas funciones son realizadas por un programa previamente diseñado. La computadora debe recibir información (tanto el programa, como los datos), los procesa y entrega los resultados al interesado, en la salida. Los datos son incluidos, por ejemplo, a través del teclado o un dispositivo almacenador de información como un disquete, el disco duro, una cámara de video, una fuente de música, etc..

3.8.5. Hardware seleccionado.

Debido a que el sistema funciona con un sensor *tipping bucket* y puertos estándar para el sistema de comunicación de fibra óptica y módem se pretende utilizar un sistema de computo PC ya que la combinación de software fácil de usar con un hardware modular y efectivo en costo, permite realizar una tarea similar o superior a la de un instrumento tradicional, Esta diversidad de alternativas para tomar mediciones da a los usuarios varias opciones para que seleccionen el sistema que mejor se ajuste a sus necesidades. Así la implementación final esta definida típicamente por el usuario final y no por el fabricante esta característica es la más importante ya que la implementación no es difícil para alguien con poca experiencia en los sistemas electrónicos.

La tendencia actual es usar la computadora no sólo como una herramienta de medición, sino además como elemento de control. Esto permite usar de las facilidades de programación para elaborar rutinas de operación flexibles, que pueden ser cambiadas o adaptadas a diferentes necesidades

3.9. Diseño del controlador (software).

Para ello se hace uso de herramientas informáticas de diseño, simulación y síntesis destinadas a la configuración de estos dispositivos.

El diseñador cuenta con la ayuda de herramientas de programación. Cada fabricante suele tener las suyas, aunque usan lenguajes de programación comunes.

3.10. Distribución y control de energía del SAD.

La parte de distribución de energía consiste en varias partes localizadas por todo SAD. La energía de corriente alterna es aplicada al SAD a través de una jaula de faraday que proporciona blindaje a la interferencia electromagnética y protección contra sobretensión.

La energía de CA es entonces guiada a una fuente de poder ininterrumpible (UPS), la fuente provee un respaldo de energía al SAD por un mínimo de 10 minutos. Una línea de control dentro del UPS monitorea la energía aplicada. Si es detectada una falta de energía de CA en la entrada, la fuente utiliza un respaldo por medio de un banco de baterías (por medio de un convertidor de CD a CA) para seguir proporcionando la energía necesaria al SAD.

Unas fuentes rectificadoras alimentadas por el UPS suministran energía de 5 a 24 V en CD para las partes del SAD que así lo requieran, esto es módems, tarjetas, circuitos de control, sensores, etc. En la figura 3.5 se muestra de forma simplificada el sistema de distribución de energía.

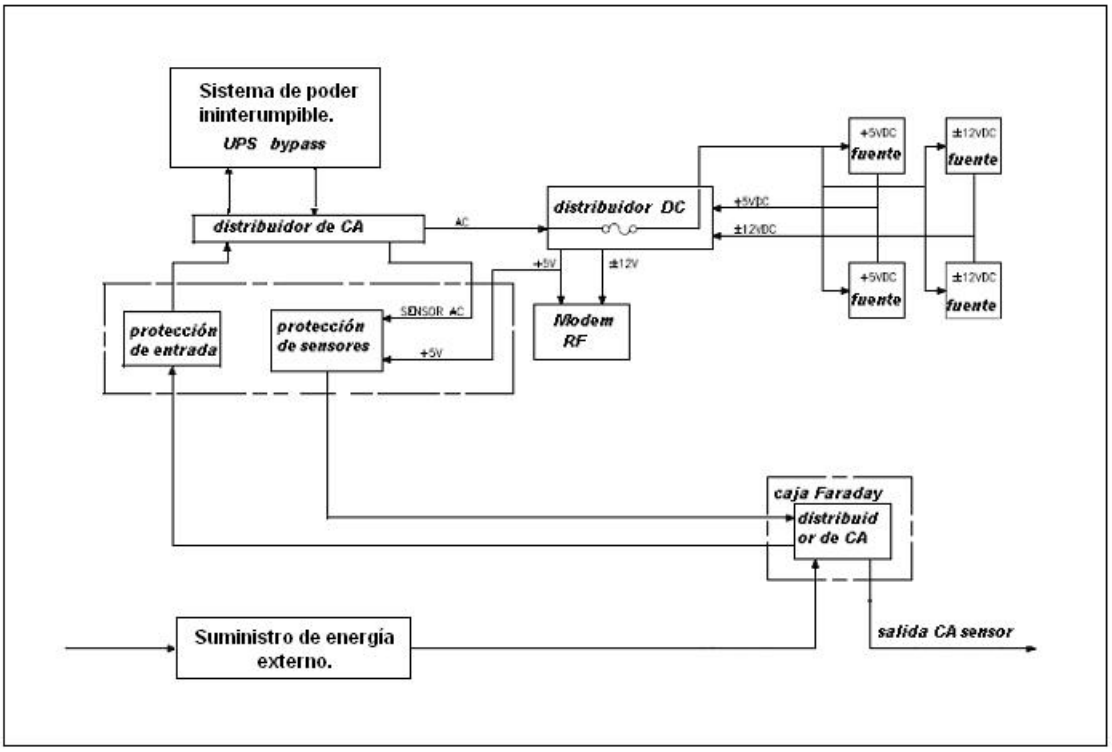


Figura 3.5. Distribución de energía del SAD

3.11. Resumiendo

El SAD es un sistema autónomo y compacto aportando una solución al problema del control a distancia, cuenta con las capacidades necesarias de energía, con un sistema encargado de las funciones de control e interfaz de comunicaciones y un módem GSM a través del cual el SAD está permanentemente conectado a la red, evitando la necesidad de cables de transmisión de datos y permitiendo así una telemetría y actuación a larga distancia. El uso de nuevos terminales GPRS como módem inalámbrico tendrá una aplicación inmediata y evidente. Los podremos conectar a computadoras o a circuitos integrados como a las lógicas programables, pero, evidentemente, con las ventajas de ser inalámbrico.

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica. La conexión de computadoras mediante ondas de radio, actualmente está siendo ampliamente investigada. Uno de estos servicios es la transmisión por paquetes basado en GPRS constituye un segmento que ha evolucionado de forma exponencial en los últimos años y que a nuestro entender puede ofrecer posibilidades muy interesantes en lo que a dispositivos de control se refiere y que se explicará en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 4

4. **CANAL DE TRANSMISIÓN DE DATOS**

4.1. Introducción

El canal de transmisión es el medio físico por el cual viaja la información, estos pueden ser por medios guiados (mediante cableado) o medios no guiados (inalámbricos) y usualmente se hacen por medio de ondas electromagnéticas.

- Medios guiados, que incluyen a los cables metálicos (cobre, aluminio, etc.) y de fibra óptica. Los cables metálicos pueden presentar una estructura coaxial o de par trenzado. El cable de fibra óptica se encuentra disponible en forma de hebras simples o múltiples de plástico o fibra de vidrio.

- Medios no guiados, relativos a las técnicas de transmisión de señales a través del aire y del espacio entre transmisor y receptor (radioenlaces). La transmisión por infrarrojos y microondas cae dentro de esta categoría.

Para el propósito de este trabajo solo nos enfocaremos en la transmisión por radioenlace.

4.2. Tipos de Radioenlaces

Comencemos con definir radioenlace. Se basan en la propagación de ondas electromagnéticas a través del aire. Para ello sólo requieren la estación emisora y receptora, además de posibles repetidores intermedios para salvar el relieve del terreno, ya que este tipo de transmisión exige visibilidad entre las dos estaciones emisora y receptora. Los radioenlaces se emplean para transmitir todo tipo de información, se pueden utilizar para enviar datos desde una computadora, canales telefónicos, señales de televisión y radio, etc. En la actualidad existen los siguientes tipos de radioenlaces:

- De onda corta, utilizan frecuencias inferiores a 30 Mhz que se reflejan en la ionosfera y que pueden cubrir comunicaciones entre continentes, al ser la frecuencia baja se pueden utilizar pocos canales de comunicaciones. Se utilizan poco en transmisión porque son vulnerables a las condiciones atmosféricas.

- Sistemas terrestres de microondas. La transmisión mediante microondas se lleva a cabo en una gama de frecuencias que va desde 2 a 40 GHz.

- Sistemas basados en satélites de comunicaciones. Estos sistemas son una modificación de los sistemas de microondas, que utilizan frecuencias similares pero con un satélite como repetidor.

- Los sistemas móviles se encuentran dentro de las microondas, hoy en día el rango de frecuencia es muy amplio va desde 300MHz a 300GHz.

La comunicación entre los SAD es esencialmente inalámbrica, es decir involucra la transmisión de información sobre ondas de Radio Frecuencia (RF). La tecnología y métodos usados para realizar esta comunicación, que incluye datos, varía ampliamente, entre las cuales nos encontramos con el sistema GSM-GPRS. Banda de frecuencia manejada por el sistema celular, pero no ocupada para voz, sino que para transmisión de datos.

4.3. Sistema celular

4.3.1. Introducción.

Las comunicaciones en zonas rurales tiene implicaciones de índole económicas y temporales dictadas por factores como: Infraestructura existentes, características del terreno, clima, etc. Muchas veces se llegan a solucionar con cable, radios monocanal o multicanal, satélite o combinaciones de las anteriores. Desgraciadamente el resultado de esto son soluciones lentas y costosas con inversiones difíciles de recuperar por los elevados costos del mantenimiento.

Las comunicaciones por el sistema celular es una alternativa de tipo técnico y económico que, no habiendo surgido para ofrecer soluciones en las comunicaciones rurales, hoy se puede considerar como ventajosa para la extensión de la telefonía tanto privada como pública en ambientes rurales.

Debido a las características tecnologías actuales estos sistemas cada día transmiten enormes cantidades de información usando poca energía para obtener mejor calidad de transmisión. Con la transmisión digital, el sistema se hace casi inmune al ruido y así puede usar menos energía, además de que permite la manipulación de señales con mayor facilidad que amplía el espacio de transmisión, ya que las antenas no interfieren una con la otra, ignorándolas.

Un sistema celular se forma al dividir el territorio al que se pretende dar servicio en células de mayor o menor tamaño, cada una de las cuales es atendida por una estación de radio, que ofrece cobertura a su célula específica, al aprovechar la propagación limitada de las ondas de radio a frecuencias elevadas. Así el espectro de frecuencias puede volver a ser utilizado en una nueva célula, siempre teniendo cuidado de evitar las interferencias entre células próximas. El grupo de frecuencias asignado a una célula constituye los canales de comunicación que pueden ser ocupados por los usuarios que demanden el servicio, dentro de su área de cobertura geográfica. De esta forma se puede aumentar considerablemente el número de usuarios al no requerirse una frecuencia exclusiva para cada uno de ellos. En cuanto más pequeña sean las células, mayor será el número de canales que soporte el sistema, al poder reasignar más veces los conjuntos de frecuencias diferentes para células distintas.

4.4. Propósito.

El propósito de utilizar el sistema celular para la transmisión de los datos, es el hacer uso de un protocolo de comunicaciones ya existente GPRS (General Packet Radio Services) Servicio General de Paquetes por Radio, el cual esta diseñado para la adquisición de señales de radiofrecuencia. La nueva tecnología se basa en la optimización de la tecnología GSM (Global System for Mobile comunications) utilizada hasta ahora para las comunicaciones móviles, a la que se añaden capacidades adicionales de transmisión de datos.
Esta característica ofrece una ventaja al utilizar el protocolo de comunicación GPRS, una de ellas es la posibilidad de no solo comunicarse con una Unidad de Control de Adquisición de Datos, sino también acceder a los datos recopilados por medio de un servidor a través de Internet.

4.5. Protocolo

Una vez establecido qué tipo de norma sería el adecuado para el módem necesitamos el proceso para transmitir la información y nuestro interés se centra en hacerla llegar de una manera correcta al punto de destino. Para ello, además de contar con los elementos físicos necesarios para conseguir que esta información procedente de un equipo aparezca reflejada de su forma original, tiene que ser comprensible para el usuario en el punto destino. Este conjunto de reglas constituye el protocolo.

Por lo que protocolo es el conjunto de reglas entre personas o procesos, que indica quién, cuándo y de qué manera se debe de actuar. Los protocolos que son implementados en sistemas de comunicación que tienen un amplio impacto, suelen convertirse en estándares, debido a que la comunicación e intercambio de información (datos) es un factor fundamental en numerosos sistemas.

4.5.1. Protocolo propuesto.

Se propone utilizar el protocolo GPRS como anteriormente ya lo habíamos mencionado, las siglas corresponden a General Packet Radio Services, Servicio General de Paquetes por Radio. Es un sistema de telefonía móvil que está basado en la conmutación de paquetes sobre la red GSM que se usa actualmente.

El sistema GPRS coexiste con GSM, compartiendo gran parte de la infraestructura desplegada en el mismo, pero ofreciendo al usuario un servicio portador más eficiente para las comunicaciones de datos. Por ese motivo se mencionará la estructura de la red del GSM para tener un mejor entendimiento sobre el protocolo GPRS.

4.6. Sistema GSM.

4.6.1. Introducción

GSM (Global System for Mobile cominications) Sistema Global para las Comunicaciones Móviles, formalmente conocida como "Group Special Mobile" (GSM, Grupo Especial Móvil) es un sistema de comunicaciones basado en el uso de células digitales que se desarrollo para crear un sistema de telefonía móvil único que sirviese de estándar para Europa y que fuese compatible con los servicios existentes y los que serán ofrecidos en el futuro sobre ISDN o RDSI[10]. El estándar fue creado por la CEPT[11] y posteriormente desarrollado por ETSI[12], como un estándar para los teléfonos móviles europeos, con la intención de desarrollar una normativa que fuera adoptada mundialmente.

El sistema GSM proporciona una calidad superior de transmisión de datos, a un bajo costo de operación, un alto nivel de seguridad, compatibilidad con otros sistemas, roaming internacional de manera automática (cobertura) una variedad de facilidades y posibilidad de ir añadiendo nuevos servicios a medida que el mercado lo vaya requiriendo.

El sistema GSM es uno de los existentes en telefonía celular; existen otros pero todos ellos comparten una serie de características relacionadas a este tipo de sistemas para comunicaciones móviles.

[10] RDSI (Red Digital de Servicios Inegrados). Es una arquitectura de comunicación elaborada por compañías telefónicas para aprovechar líneas telefónicas para suministrar múltiples servicios (voz, vídeo y datos) sobre una misma red de comunicación.

[11] CEPT (Conference of European Posts and Telecommunications) Conferencia de Correos y Telecomunicaciones Europeas. Es un organismo internacional que agrupa a las entidades responsables en la administración pública de cada país europeo de las políticas y la regulación de las comunicaciones, tanto postales como de telecomunicaciones.

[12] ETSI (European Telecommunications standards Institute) o Instituto de Estándares de Telecomunicación Europeos es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial. ETSI ha tenido gran éxito al estandarizar el sistema de telefonía móvil GSM.

4.7. Arquitectura básica del sistema GSM.

4.7.1. Introducción

El sistema GSM es un sistema celular que permite el reuso de frecuencias que preparan su asignación en un arreglo conocido como cluster (al área formada por K celdas adyacentes que utilizan canales de frecuencia diferentes). Tal como se muestra (ver figura 4.1) el tamaño de la célula en este dibujo varía de acuerdo a la energía de transmisión, que va de 2.5 a 320 watts de las estaciones base (BTS).

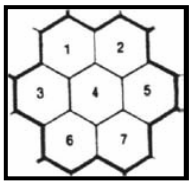


Figura 4.1. Ejemplo de cluster con K = 7.

Esto significa que la forma y tamaño de las células y clusters pueden ser hechos a la medida, para los requerimientos de un área especifica.

Una célula en un área rural puede estar a muchos kilómetros ofreciendo servicios para un bajo número de llamadas mientras que la célula más pequeña se encuentra dentro de un área de alta densidad, como son los aeropuertos donde son requeridos varios canales por llamadas simultáneas.

Para proporcionar comunicaciones inalámbricas dentro de una región particular geográfica (por ejemplo una ciudad), se debe emplear una red integrada de estaciones base (BTS) para proporcionar la suficiente cobertura de radio a todos los usuarios móviles. Las BTS, a su vez, deben estar conectadas a un eje central llamado Centro de Conmutación de Servicio Móvil (MSC). El MSC proporciona conectividad entre la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN) y las numerosas estaciones base, y por último, entre todos los abonados móviles de un sistema. La PSTN forma la red de telecomunicaciones global que interconecta los centros de conmutación de telefonía convencional (terrestres), llamados oficinas centrales, con los MSCs de todo el mundo.

4.7.2. Subsistemas de la arquitectura GSM

La arquitectura del sistema se divide por bloques o subsistemas, cada uno desempeña funciones específicas. Los subsistemas son:

- Estación móvil (MS):
- Subsistema de estación base
- Subsistema de conmutación y de red
- Subsistema de operación y mantenimiento

La estación móvil comprende todos los elementos utilizados por el abonado del servicio. El subsistema de estación base engloba los elementos que desempeñan las funciones especificas de interconexión radio con la estación móvil. El subsistema de conmutación y de red realiza las operaciones de interconexión con otras redes de telefonía (como puede ser la PTSN) y de gestión de la información del abonado. Finalmente el subsistema de operación y mantenimiento se encarga de supervisar el funcionamiento del resto de ellos.

La conexión entre estos componentes y sus funciones son ilustradas en la figura 4.2 y son descritas en los párrafos siguientes

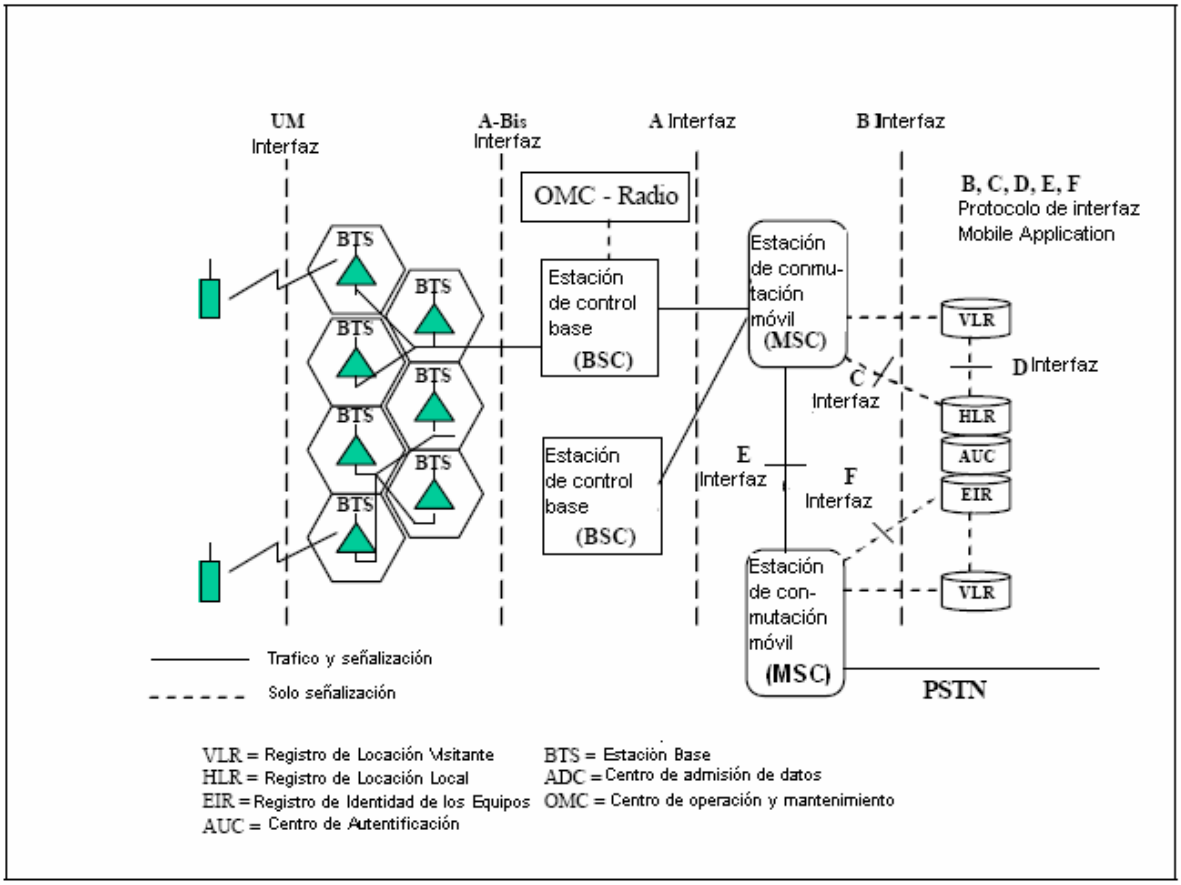


Figura 4.2. Arquitectura del sistema GSM

- Estación móvil (MS).

Son los equipos terminales (teléfonos móviles GSM) que suministra el servicio concreto a los usuarios en el lugar, instante y formato (voz, datos e imágenes) adecuados. Cada estación móvil puede actuar en modo emisor, receptor o en ambos. La potencia actualmente utilizada es establecida como un resultado de un acuerdo automático al correspondiente BTS y utiliza la potencia conveniente para mantener el vínculo.

Otra parte dentro de la estación móvil es el Módulo de Identificación del Abonado, una tarjeta inteligente denominada SIM (Subscriber Identity Module- Módulo de identificación del Usuario) que sirve para identificar las características de nuestro terminal, el cual tiene una protección a su acceso en forma de una contraseña o PIN (Personal Identification Number) usualmente de 6 dígitos con un contador de error, que cuenta con tres oportunidades para introducir estos dígitos, que cuando es excedido bloquea la tarjeta. La tarjeta contiene mas información y esta incluye la IMSI (internacional mobile subscriber's identification) que es utilizada para identificar al usuario dentro del sistema. La tarjeta por si misma es móvil y se puede intercambiar en cualquier dispositivo telefónico con hardware compatible y utilizar el sistema. La IMSI es la pareja remota en el protocolo de seguridad del GSM, ya que contiene la llave secreta para la autentificación del usuario.

- Subsistema de Estación base

Consiste en dos componentes. La BTS (Estaciones base) y BSC (Estaciones de control base) conectadas por una interfaz llamada Abis.

Estaciones base (BTS). Se encargan de gestionar las comunicaciones por radio con la estación móvil y la estación de control de servicio (BSC) durante la comunicación. Una estación base atiende a una o a varias estaciones móviles. Según el número de éstas y el tipo de servicio, se calcula el número adecuado de estaciones base para proporcionar una cobertura total del servicio en el área geográfica a cubrir.
Esta usualmente localizado cerca del centro de una célula y establece la potencia de salida en un rango de unos miles de metros a unos kilómetros, este parámetro decide el factor para el tamaño de la célula.

Estaciones de control base (BSC). Realiza las funciones de gestión y mantenimiento del servicio. Una tarea específica consiste en la asignación de estaciones base de un sector, dentro de un área de cobertura, a las estaciones móviles que se encuentran en el sector.
Cuando un usuario se desplaza entre celdas colindantes, la función de conmutación de una comunicación entre estaciones de base permite cambiar el canal ocupado por la estación móvil en la estación base anterior por otro libre de la estación base próxima, sin interrumpir la comunicación.

- Subsistema de conmutación y de red

Se compone de un centro de conmutación de servicios móviles que se encarga de administrar todas tareas informáticas.
Registrar y verificar las comunicaciones y actualizar la localización del usuario.
Gestionar los problemas de saturación.
Direccionar llamadas.
Interconectar a los usuarios entre sí y con la red telefónica fija.

Para poder hacer este trabajo se dividen en partes:

- Central de Conmutación Móvil (MSC)
- Entrada a Centros de Conmutación de Servicio Móvil (GMSC)
- Registro de Locación Local (HLR)
- Registro de Locación Visitante (VRL)
- Centro de Autentificación (AUC)
- Llaves secretas Ki, Kc
- Registro de Identidad de los Equipos (EIR)

MSC: Es responsable por el establecimiento y desconexión de las llamadas, monitoreo de la red, interconexión con otras redes, funciones de tarifación, etc. En una red celular, dependiendo de la cantidad de abonados y del tráfico, pueden existir una o varias MSC. La MSC posee una interfaz con la PSTN a través del protocolo de SS7 (Signaling System Number 7)[13] y hacia otros centros de conmutación móvil, a través el protocolo GSM – MAP (Mobile Application Part)[14] en caso de la red GSM. El manejo de la red móvil en la MSC se encuentran asociados los registros de suscriptores, locales y visitantes, que son los denominados HLR Y VLR.

[13] SS7 El sistema de señalización Nº 7, utilizado para transmitir información entre sistemas de conmutación digital, es una tecnología importante para los servicios de Telecomunicación avanzados. Hasta ahora las redes sólo han podido enviar los dígitos marcados a la parte llamada en el momento de conectar la llamada. Con el sistema de señalización Nº 7, sin embargo, las redes podrán enviar más información.

[14] La Parte de Aplicación Móvil (Mobile Application Part - MAP), define los métodos y mecanismos de comunicación en redes inalámbricas.

GMSC: Esta es la interfaz entre el sistema celular GSM y el PSTN, controla la ruta de llamada de y para la red GSM y lleva información para la locación de un móvil individual.

HLR: Contiene todos los detalles de los usuarios individuales para la región correspondiente GMSC. Es uno de los componentes fundamentales del sistema de seguridad GSM, el número internacional del subscriptor móvil (IMSI) es almacenado aquí junto con la llave de identificación del usuario, número telefónico y detalles de facturación, es el centro para el control de seguridad.

VLR: La locación de registro del visitante juega un rol mayor en las operaciones del sistema GSM. El VLR proporciona los detalles de la localización de los móviles al GSMC para facilitar el manejo de las llamadas.

AUC: La principal función del AUC es manejar el algoritmo para la autentificación GSM de las estaciones móviles, este es por lo tanto un mayor factor en la función de seguridad del sistema GSM y es protegido de violación y acceso ilegal.

EIR: Contiene una base de datos con todos los terminales que son válidos para ser utilizados en la red.

Llaves secretas

- Ki llave de autentificación
- Kc llave de cifrado

- Subsistema de operación y mantenimiento

Estos subsistemas se conectan a diferentes subsistemas de conmutación y red y a los centros de conmutación base (MSC) para controlar y monitorizar toda la red GSM, en otras palabras se compone por el centro de operaciones y mantenimiento (OMC) es decir. Este es el sistema que monitorea los errores de los mensajes y los reportes de estado de los componentes, lleva también el control de la carga de tráfico de las unidades BTS Y BSC. La tendencia actual en estos sistemas es que dado que el número de los subsistemas de estación base se están incrementando se pretende confiar funciones que actualmente se encarga de hacerlas el OMC en las BTS de manera que se reduzcan los costes de mantenimiento del sistema.

4.8. Interfaz de comunicación

En general, la interfaz de comunicación es la parte de un sistema que interactúa entre otras dos partes, físicas o conceptualmente distintas.

Las interfaces de comunicación de la arquitectura de una red GSM, presentadas en la figura 4.2, fueron estandarizadas de modo a permitir la interoperabilidad con otras redes, incluso roaming internacional, y permitir la utilización de diversos suministradores en su implantación.

Las interfaces presentes en la infraestructura son:

- Interfaz de aérea (Um) entre las MSs y la BTS.
- Interfaz Abis entre las BTSs y el BSC.
- Interfaz A entre los BSCs y la MSC.

Las interfaces entre MSC y entidades de la red GSM se hace mediante el protocolo MAP (Mobile Application Part), la cual define los métodos y mecanismos de comunicación en redes inalámbricas, que a su vez utiliza los servicios de transacción y transferencia de mensajes del Sistema de Señalización número 7 (SS#7).

- Interfaz MSC/VLR (MAP-B)
- Interfaz MSC/HLR (MAC- C)
- Interfaz HLR-VLR (MAP-D)
- Interfaz MSC-MSC (MAP-E)
- Interfaz MSC-EIR (MAP-F)
- Interfaz VLR-VLR (MAP-G)

4.9. Algoritmo de encriptación

En realidad estos algoritmos "no existen". En el estándar GSM esos nombres se emplean como "receptáculos" a la hora de definir posibles algoritmos a emplear. No obstante, en aras de la portabilidad y para permitir el "roaming" de los teléfonos entre diferentes redes GSM, la mayoría de las redes digitales han desplegado los mismos algoritmos.

- Algoritmo A3,A5,A8

Algoritmo A3: Es un algoritmo que se utiliza en el sistema GSM de telefonía móvil para autentificación.

Algoritmo A5: Es un algoritmo que se utiliza en el sistema GSM de telefonía móvil para encriptación de la información transmitida.

Algoritmo A8: Es un algoritmo que se utiliza en el sistema GSM de telefonía móvil para la generación de la clave de cifrado.

4.10. Protocolo de transmisión de datos GPRS (General Packet Radio System).

4.10.1. Introducción

El Servicio General de Paquetes por Radio. Es un sistema de telefonía móvil de la 2.5G que está basado en la conmutación de paquetes sobre la red GSM que se usa actualmente. El sistema GPRS es una tecnología introducida por el ETSI (European Telecommunications Standard Institute) para el sistema GSM Fase 2+, representa la primera implementación de conmutación de paquetes de datos en la red GSM.

4.10.2. Arquitectura de una red GPRS

En las redes GPRS se incluyen dos nuevos elementos en comparación con las GSM, con el fin de crear un modo de transferencia de paquetes entre terminales.
Estos dos elementos son el SGSN (Serving GPRS Support Node) y el GGSN (Gateway GPRS Support Node). El primero se encarga del envío de paquetes a las MSs dentro de su área de servicio, los segundos actúan como una interfaz lógica hacia redes externas de paquetes de datos. En algunos nodos de la infraestructura GSM como la MSC, el HLR y el VLR se necesitan actualizaciones de software, además de unos cambios menores a las BTS. En BSC, se necesitan actualizaciones de software y hardware. La figura 4.3 muestra la estructura de una red GPRS y su conexión con redes externas.

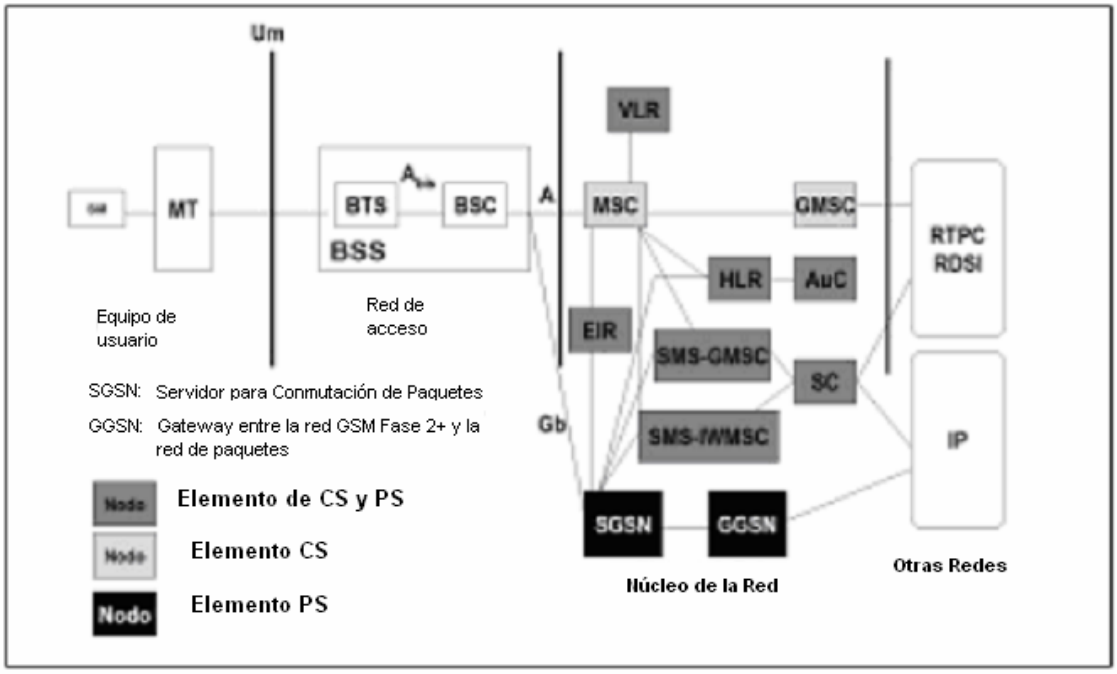


Figura 4.3. Arquitectura del sistema GPRS

El SGSN transporta paquetes entrantes y salientes dirigidos desde y hacia las MSs. Un usuario es servido por el SGSN correspondiente a su localización en el momento que requiere el servicio de la red. Los datos son enrutados desde el SGSN hacia el BSC para pasar posteriormente a la BTS y finalmente a las MSs. Para llevar a cabo todo este transporte es necesaria la señalización con otros nodos de la red tales como el HLR, la MSC, el BSC y el GGSN.

El GGSN proporciona la interfaz hacia las redes externas basadas en paquetes. El GGSN trabaja como un enrutador para las direcciones IP de todos los usuarios atendidos por la red GPRS. Para lograr esto el GGSN intercambia información de enrutamiento y establece conexiones con las redes externas.

4.10.3. Operación y seguridad básica del sistema GPRS.

El protocolo GPRS en un Sistema que utiliza la estructura GSM, con modificaciones, que implementa la transmisión a alta velocidad de datos entre la estación móvil y el otro punto de la llamada. Se lleva a cabo la alta velocidad, transmitiendo paquetes de datos en “transmisión paralela” la información viaja por paquetes utilizando BTS simultáneamente y no uno solo como en el sistema GSM. (Ver figura 4.4).

Cada paquete es transmitido a un BTS, se ve a cada paquete en forma individual como una llamada diferente, así no se preocupa por el orden de los paquetes, el mensaje de la estación móvil es desfragmentado por el sistema BTS, es dispersado aparentemente aleatoriamente en fragmentos o en paquetes. Los paquetes de datos son transmitidos como un texto cifrado encriptado por el algoritmo A5.

De hecho los paquetes no llegan al BTS en secuencia, haciéndolos más sensibles a ser escuchados pero no puede considerarse una medida seria de seguridad. El BTS no desencripta la información de los paquetes de datos y por lo tanto no es provista de la llave Kc, así es enviada al nodo de soporte (SGSN) que descifra los paquetes y los reensambla antes de mandarlos de vuelta al sistema GSM para ser entregados al punto remoto. El SGSN también juega un importante en la autentificación de la estación móvil con el HLR, en vez del MSC procedimiento en el GSM. De esta manera la seguridad de la encriptación de los datos sobre la interfaz Um es extendida a la estación SGSN. La seguridad en la sección es mejorada por el hecho de que el sistema GPRS utiliza un nuevo algoritmo A5.

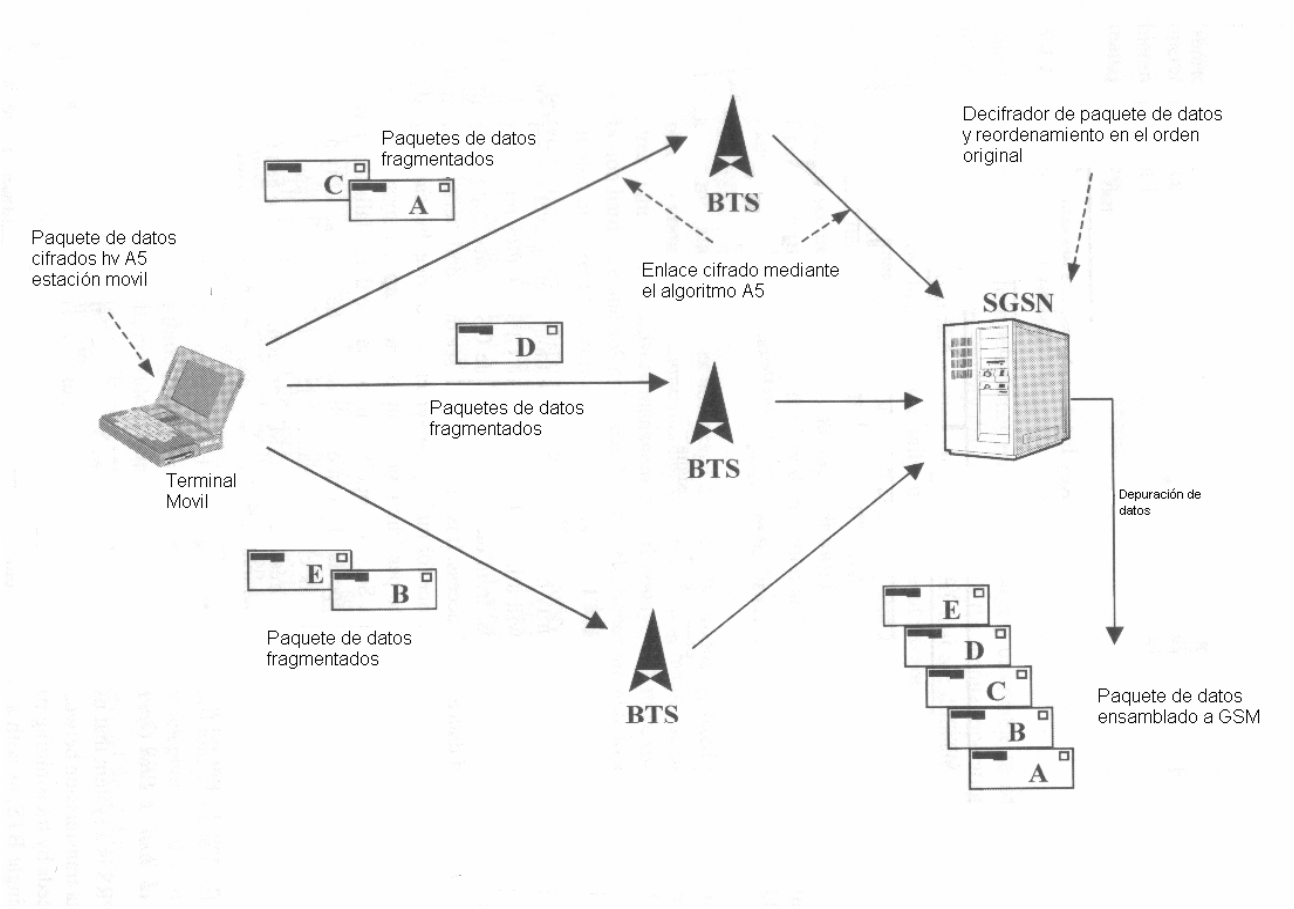


Figura 4.4. Operación de seguridad del sistema GPRS

4.10.4. Características del sistema GPRS

El sistema GPRS permite la transmisión de datos a alta velocidad vía redes inalámbricas, acceso a Internet y correo electrónico. Más que el envío de una corriente continúa de datos a través de una conexión permanente, la conmutación de paquetes solamente utiliza la conexión cuando hay información que enviar.

La utilización de GPRS permite a los usuarios enviar y recibir información a velocidades de hasta 115kbit/s, unas 10 veces más rápidas que las actuales, si bien la velocidad de acceso que experimenta el usuario en la práctica está condicionada por distintos factores y suele ser bastante inferior: unos 40 kbit/s en el enlace descendente y 9,6 kbit/s en el ascendente. La implementación de GPRS proporcionará tremendos beneficios a los operadores GSM ya que lleva capacidades IP a la red GSM y permite la conexión a una amplia gama de redes de información públicas y privadas utilizando protocolos de información estándar como TCP/IP[15] y una amplia gama de servicios de valor añadido. Es un estándar inalámbrico de circuitos de paquetes conmutados que ofrece acceso instantáneo a protocolos IP (Internet Protocol) y a redes X.25[16].

La ventaja objetiva de GPRS es que ofrece una conexión permanente (es decir conectividad IP instantánea) entre el terminal móvil y la red. Con GPRS ya no es necesario el tener un canal dedicado para cada usuario ya que cada canal es compartido por varios usuarios. Se puede recibir voz y datos simultáneamente, la conexión se realiza en el mismo momento que el usuario lo solicita pudiendo ocupar varios canales cuando el flujo de información así lo exija. Los usuarios, por ejemplo, pueden estar conectados todo el tiempo y pagar al operador del servicio sólo por la cantidad de información que reciben o envían (bits) y no por el tiempo que están conectados.

La tecnología GPRS transfiere datos en paquetes a alta velocidad, utilizando uno o varios canales de la red GSM. Los usuarios comparten estos canales por lo que las velocidades de transmisión varían dependiendo del número de usuarios simultáneos conectados y de la carga de la red.

4.11. Resumiendo

GPRS es una evolución de la actual red GSM por ello no conlleva grandes inversiones y reutiliza parte de las infraestructuras actuales de GSM. Por este motivo, GPRS tendrá, desde sus inicios, la misma cobertura que la actual red GSM. Introduciendo el uso de paquete de datos, se le permite al usuario compartir los recursos del sistema de radio. De esta forma no se coloca ninguna carga sobre la red cuando se transmiten o reciben paquetes. Con GPRS los usuarios no solo tienen la capacidad de compartir con otros usuarios del sistema, también comparten llamadas u otro tipo de datos utilizados; los cuáles no se ven afectados por una sesión GPRS, esto beneficia al operador, que ahora puede acomodar a mas usuarios dentro de la misma red, esto hace posible que se utilicen partes de la red que no se utilizaban antes.

[15] TCP (Transmisión Control Protocol) lenguaje que rige todas las comunicaciones entre todas las computadoras en Internet.
IP (Internet Protocol) Contiene la información de dirección y control para el encaminamiento de los paquetes a través de la red.
TCP/IP: Es un conjunto de instrucciones que dictan como se han de enviar paquetes de información por distintas redes, también tiene la función de verificar errores para asegurarse que los paquetes lleguen a su destino en el orden apropiado.

[16] El protocolo X.25 es un estándar establecido por la ITU-T, esta recomendación es la interfaz entre equipos terminales de datos y equipos de terminación del circuito de datos para terminales que operan en modo paquete sobre redes públicas de transmisión de datos.

CAPÍTULO 5

5. UNIDAD DE CONTROL DE ADQUISICIÓN DE DATOS

5.1. Introducción

La capacidad de estar comunicado con el mundo exterior evoluciona constantemente desde la primera transmisión por cable hasta la interacción con señales de radio electromagnéticas.
La finalidad de este crecimiento es la optimización de los tiempos de obtención de la información, mediante el mejoramiento de los sistemas se puede lograr con un mínimo de recursos esta meta.

En esta sección se presenta el diseño sugerido para la estación receptora (centro concentrador).
Este receptor debe recibir la señal y convertirla desde su frecuencia de transmisión a frecuencia de banda base y captar la información contenida en la señal recibida, hacerla llegar al PC, para que éste, mediante sus herramientas de análisis, la transforme en datos que permitan tener en el lugar de recepción la información originada en las estaciones remotas.

Por otra parte el SAD cuenta con un sistema por medio del cual se transforma la información base para poder ser enviada ya sea vía radio o por medio de un módem inalámbrico con tecnología GSM/GPRS, el cual sirve como interfaz entre la estación y una red celular. La transmisión permite que los datos sean pasados a la red Internet, para luego ser almacenados en una base de datos alojada en un servidor Web, en el cual se desarrollará una serie de aplicaciones con el lenguaje de programación adecuado.

5.2. Propósito

La Unidad de Control de Adquisición de Datos (UCAD) mediante el sensor de acumulación y/o precipitación liquida, tendrá la capacidad de recibir los datos transmitidos por el SAD para su procesamiento, visualización y análisis. Así mediante los servicios que facilita la comunicación inalámbrica vía radio o telefonía celular, se podrá acceder a los datos recolectados y almacenados en una base de datos actualizada en tiempo real por medio de un servidor lo que además permitirá en el que se pueden obtener desde internet.

5.3. Teoría de operación

5.3.1. Introducción

La Unidad de Control de Adquisición de Datos (UCAD), es el elemento principal de control entre todos los SAD. Recibe la información de las variables climáticas enviadas por cada uno de los Sistemas de Adquisición de Datos. Esta unidad es la encargada de procesar y almacenar los datos, reportando y haciendo accesible los datos a diversos usuarios por medio de diferentes periféricos adjuntos al sistema.

Así mismo la comunicación de todos los SAD es controlada por la UCAD. La comunicación entre estos centros es vía radiofrecuencia, utilizando como interfaz de comunicación un módem con características de protocolo de comunicación GSM-GPRS.

Esta característica nos proporciona la capacidad de manejar la información de manera más flexible, esto es, solo se requiere de un acceso a Internet, para poder adquirir la información donde sea necesaria, de esta manera procesarla y hacer uso de ella de acuerdo a nuestras necesidades.

5.4. Descripción de operación

La UCAD puede considerarse un sistema de cómputo básico y que en si son casi los mismos elementos que para el sistema de adquisición de datos.
Una computadora para llevar a cabo una tarea dada debe comunicarse con el “mundo exterior”. Para hacer esto, debe realizar una interfaz con operadores humanos, dispositivos sensores y dispositivos para controlarse. En la Figura 5.1 se muestra una configuración de un sistema con microprocesador común.

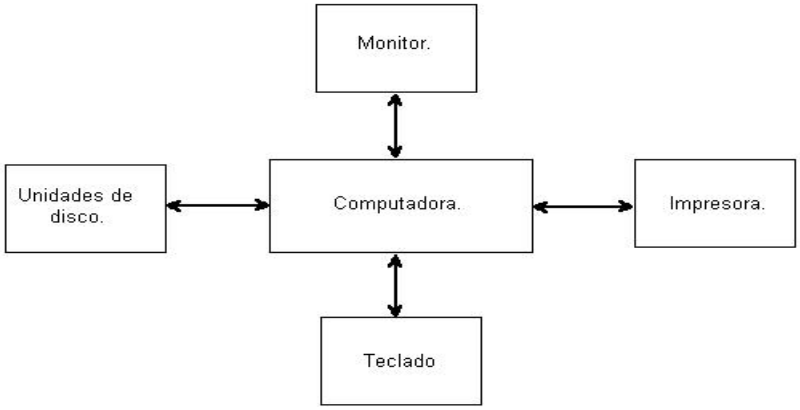


Figura 5.1. Sistema de cómputo común.

Usualmente existen una o más unidades de almacenamiento (disco duro, unidades de disco), un teclado para la entrada de datos mediante un operador, un monitor de video para una salida visual y una impresora para salida de copias impresas. Estos dispositivos de entrada y salida se llaman periféricos. Se pueden conectar a las computadoras otro tipo de periféricos, tales como módem, un scanner, un graficador, un ratón, etc.

Veamos ahora el propósito básico de cada una de las unidades dentro del sistema de microcomputadora.

Unidad Central de Proceso (CPU). En una computadora, un microprocesador y algunos circuitos de apoyo conforman la CPU. Básicamente una CPU basada en un microprocesador se direcciona a la localidad de memoria, da intervalo de búsqueda a un programa de instrucción y lleva a cabo (ejecuta) la instrucción. Al terminar una instrucción, la CPU se mueve a la siguiente. Este proceso de búsqueda y ejecución se repite hasta que se han encontrado todas las instrucciones en un programa específico.

Unidad de memoria. La unidad de memoria consiste en RAM y ROM. La RAM se usa para almacenar datos y programas temporalmente durante el procesamiento. Los datos son los números y otra información con los que la computadora trabaja, y los programas son las listas de instrucciones que le dicen a la computadora qué hacer. Todo lo almacenado en RAM se pierde al apagara la computadora, a menos que se haya transferido al almacenamiento de disco.

El contenido de la ROM se almacena y se retiene permanentemente, aun cuando se apaguen las maquinas. Comúnmente la ROM contiene los programas del sistema, tales como la ROM BIOS

(sistema de entrada y salida básico). Estas son rutinas para manejar video, comunicaciones de impresora y el auto examen de encendido y otras rutinas para poner en servicio los periféricos.

Unidad de entrada. Nos comunicamos con la computadora a través de la unidad de entrada, que generalmente puede manejar varios periféricos. Esta interfaz "hombre – máquina" permite introducir datos y órdenes a la computadora, por ejemplo, el teclado permite introducir datos y órdenes a la computadora y el ratón es un dispositivo que permite mover el cursor fácilmente a través de la pantalla.

Unidad de Salida. La computadora se comunica con nosotros a través de la unidad de salida, que también puede manejar varios periféricos. A esta comunicación se le llama interfaz "máquina - hombre". Por ejemplo la unidad de salida permite que se exhiba información desde la computadora a un monitor de video o que se imprima mediante una impresora.

Algunos periféricos funcionan como dispositivos tanto de entrada como de salida. El módem es el ejemplo claro de ello.

De esta manera un puerto puede concebirse como una "ventana" entre la computadora y el mundo exterior, por el cual pasa la información, aunque solo se mencionan algunos, la computadora puede manejar muchos más.

Esta ventana es ampliada por el avance de la tecnología, mediante las capacidades de nuevos periféricos que incorporan la capacidad de recibir datos de forma más eficiente.
En este sistema se incorpora un módem cuya principal característica es recibir datos mediante un sistema de radio o por medio de un sistema de Red (internet) en cualquier ubicación.

5.5. Descripción Física.

Para la UCAD se recomienda un diseño simple y modular, utilizando cuando sea posible, la más avanzada tecnología.
En la figura 5.2 se muestra la configuración básica de una computadora.

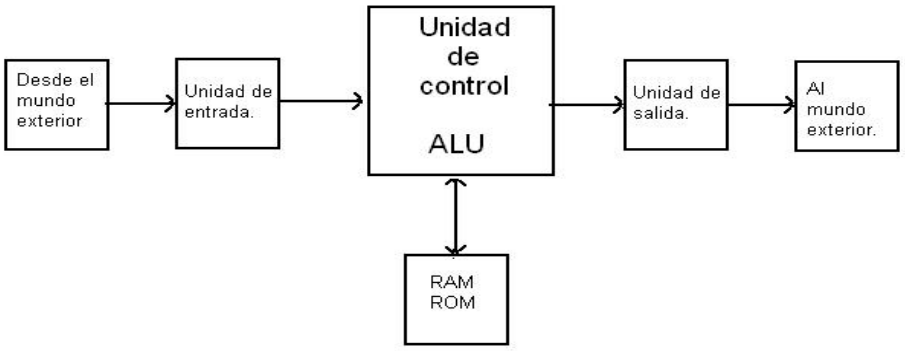


Figura 5.2. Diagrama de bloques de las partes de una computadora.

Esta computadora tiene la capacidad de tener una comunicación bidireccional con el mundo exterior por medio de los puertos de entrada y salida. De este modo al tener el protocolo de comunicación GSM/GPRS, para la transmisión de datos hace que el periférico a utilizar sea un celular con capacidades de módem.

Este módem es el enlace con el mundo exterior, comunicando a la computadora con otras que presenten las mismas capacidades y por medio de la infraestructura existente con los SAD o con otras computadoras que tengan la capacidad de conectarse a una red.

De esta forma consideramos los siguientes elementos

- Computadora o computadoras.
- Módem con capacidad celular (GSM/GPRS)
- Servidor Web.
- Software de recepción, para el tratamiento y análisis de los datos recibidos.
- Fuente de alimentación

Teniendo estos elementos podemos obtener la configuración como se muestra en la siguiente figura 5.3.

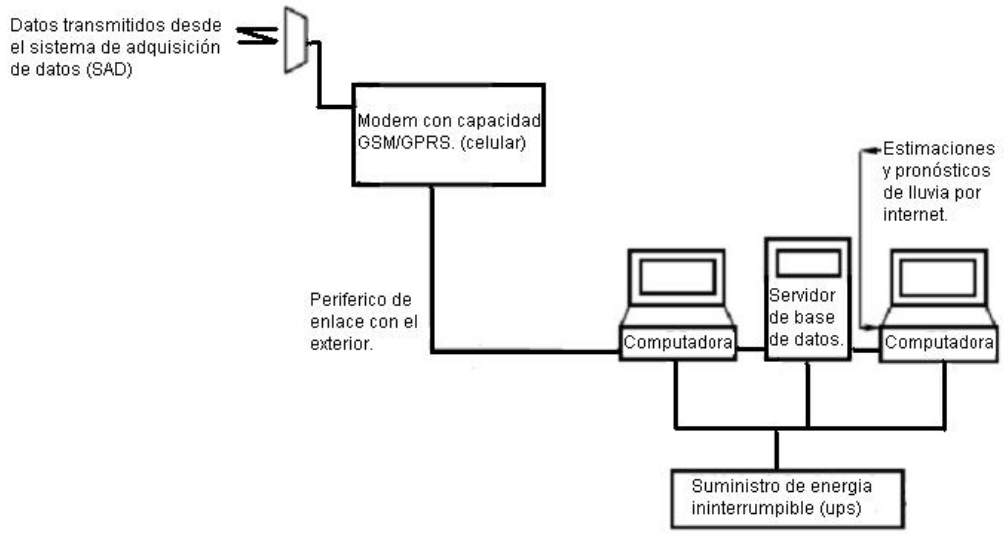


Figura 5.3. Diagrama físico del centro concentrador.

De esta manera se puede observar que mediante el uso de estas características podemos tener un centro concentrador de datos formado por una unidad de control de adquisición de datos, que expande sus capacidades de comunicación con otros equipos o sistemas de adquisición de datos.

5.6. Requerimientos de funcionamiento de la Computadora PC

La unidad PC tendrá la capacidad de comunicarse con el módem recepción y el SAD e incluirá el hardware y software adecuado para procesar, visualizar y transmitir las señales o datos transmitidos por el sistema GSM.

Los requerimientos mínimos de funcionamiento son los siguientes:
• Unidad de Procesamiento: Pentium III, 500MHz
• Memoria RAM: 128MB
• Disco duro Mínimo 6GB
• Módem: 56 kbps
• Pantalla: VGA color
• Sistema de Operación Windows 98 (preferible) o DOS
• Voltaje: 120 VCA, 60 MHz

Las características requeridas del módem no se mencionarán en este capítulo ya que son las mismas que se presentan en el sistema de adquisición de datos (ver capítulo tres).

5.7. Software de Procesamiento de Señales

El software de procesamiento de datos estará conforme con los requerimientos siguientes:
• Opción para hacer una interfaz de comunicación con la computadora PC al módem de recepción y procesar los datos en la computadora

• Importar datos transmitidos por el sistema GSM desde el servidor del centro concentrador

• Exportar los datos procesados hasta un servidor local

• De ser posible, comunicarse con otros módulos de software externos, tales como EXCEL.

5.8. Servidor del banco de datos

Servidor Web es un equipo (un sistema de cómputo) que actúa como unidad de archivo central en una determinada red, que puede ser local o Internet. Este administra la información a través de la red, para otras computadoras (llamadas clientes).

Las aplicaciones instaladas en el servidor se encargan de establecer un puerto de comunicación, almacenar y gestionar la información en una base de datos, reportar el estado de la estación y los datos de caída de lluvias en tiempo real e histórico y si se desea en forma gráfica.

El servidor tendrá la capacidad de comunicarse con las unidades PC. El servidor incluirá una base de datos pluviales y todo el software necesario para operar el sistema completo.
Una unidad para archivo de datos deberá ser suministrada junto con el servidor. El tipo de tecnología propuesta deberá ser de última generación.

A. Configuración del módem de transmisión.

En el sistema de adquisición de datos se carga un programa que realiza la configuración del módem con los siguientes parámetros: tipo de conexión, puerto de comunicación, dirección IP destino, tamaño del buffer de datos, control de flujo, entre otros.

B. Establecimiento del socket del servidor

En el servidor es necesario configurar un puerto de comunicación por el cual se recibe y envía información desde y hacia la interfaz de comunicación, el cual permite crear en el servidor un socket[17] que está determinado por la dirección IP y un puerto del servidor. Los datos enviados cada que haya un sucesos (caída de lluvia) desde la estación remota, son capturados por medio de este socket, para luego ser procesados y enviados a la base de datos.

C. Conexión con la base de datos

Se crea una base de datos, en la cual se establecen los campos correspondientes a las variables sensadas en el SAD y algunos datos adicionales como hora de captura de datos, hora local, fecha y alarmas generadas en la estación.

D. Recuperación de información

Debido a que pueden ocurrir fallas en la red o el servidor, que se diseñe una aplicación que se encargue de realizar una petición a la estación remota una vez el servidor recupere su estado normal de funcionamiento. La estación responderá a esta petición reenviando los datos faltantes.

5.8.1. Software de Base de Datos

El Proveedor diseñará una base de datos que incluirá los datos telemétricos. Se seleccionará un paquete software comercial para el desarrollo de la base de datos.

5.9. Red de transmisión de datos (LAN)

Las computadoras PC y el servidor de banco de datos que forman el centro concentrador deberán conectarse a una red local de transmisión de datos (LAN) asegurando el intercambio de datos entre estos componentes. Los protocolos de comunicaciones que utilice el sistema deben ser abiertos y estandarizados, ampliamente probados y aceptados en la industria y deberán estar conformes con las normas editadas por organismos tales como IEEE.

[17] SOCKET (enchufe): Se trata del dispositivo lógico de la recepción y envío de datos en una red, todos los dispositivos físicos de una computadora tienen una dirección lógica a donde enviar los datos y de donde se esperan las respuestas de la misma manera se utiliza un conjunto de dispositivos lógicos para controlar las conexiones con otras computadoras como si fueran otros periféricos. No es nada más que la combinación de una máquina y un puerto, con otra máquina (que puede ser incluso la misma) y otro puerto. Un socket queda definido por una dirección IP, un protocolo y un número de puerto.

PUERTO: Numero que identifica un socket de forma que todos los paquetes además de tener una dirección IP de destino tienen también un puerto de destino, el numero de puerto es fijo en el servidor y depende del servicio que preste (por ejemplo un servidor web esta en el puerto 80 siempre) y en el usuario depende de la conexión pues utiliza un número de puerto distinto para cada computadora con el que se conecta.

5.10. Unidad de suministro de energía sin interrupción (UPS)

Una unidad de suministro de energía sin interrupción tendrá la capacidad de brindar una potencia a ser determinada por el Proveedor y será diseñada principalmente para servir a una computadora y sus equipos periféricos La unidad será diseñada para un voltaje de entrada de 110 Voltios, 60 Hz.
Las unidades serán localizadas en la estación base de la unidad de adquisición de datos del sistema telemétrico. El Proveedor asegurará que el sistema esté protegido contra sobrecarga, alto voltaje, ondas eléctricas, interferencias electromagnéticas e interferencias por frecuencia radial.
En caso de corte de energía, el suministro de potencia se transferirá a la unidad. El tiempo de transferencia incluirá detección y transferencia de tal manera que el sistema protegido esté permanentemente bajo tensión y en funcionamiento.

5.11. Resumiendo

Se puede observar que la Unidad de Control de Adquisición de Datos UCAD, presenta características como el servidor que hace que pueda comunicarse con otros equipos, y estos a su vez proporcionando por un sistema de información en tiempo real. El sistema, al igual que el SAD, puede ser utilizado por personas con acceso al mismo sin necesidad de estar físicamente presentes.

CONCLUSIONES

La necesidad de obtener los datos de lluvia para conocer su comportamiento, nos lleva al diseño de un sistema capaz de transmitir esta información a través de las largas distancias, superando las dificultades que se presentan. El objetivo es obtener esta información con el mínimo error y de forma inmediata, para ello se partió del estudio del *tipping bucket* que es el sensor capaz de medir la precipitación líquida para transformarla a una señal eléctrica, con la cual creamos un mensaje que transmitimos a un centro concentrador.

Así el problema de la obtención y transmisión de datos radica en el diseño de las partes que conforman el sistema de comunicación.

Para esto se tomaron los siguientes factores que son independientes de la industria. Utilizando las herramientas existentes en el mercado ya que son suficientes para la aplicación de adquisición de datos presentado en el presente trabajo.

Se presenta una configuración y conectividad de sensores y señales que es sencilla a través del uso del *tipping bucket,* se observa que, no es complicado en su instalación ni en su mantenimiento, por lo que no necesita ser manipulador por un experto. También el sistema óptico y celular para la comunicación del sensor con el sistema de adquisición de datos es utilizado debido a fácil conectividad con el sistema presentado, pero hay que tomar en cuenta que se puede hacer por otros medios. Esto por que no se desea perder mucho tiempo en la instalación y configuración de un sistema de medición. Lo último que necesitan es involucrar a departamentos ajenos, como el departamento de sistemas, para que instale su dispositivo. La solicitud de una dirección IP o permiso de administrador para una computadora toma tiempo y retrasa la implementación, ya que es necesario pasar a través de un proceso de aprobación.

El tener la información en un servidor hace que cualquier persona en el mundo pueda acceder a ellos solamente teniendo un computador con acceso a Internet, visualizando la información en tiempo real. Se puede observar el estado de la estación remota en cualquier momento, debido al sistema de alarmas que la monitorean.

Al implementar el SAD se tiene la ventaja de usar un módulo que es compatible con la interfaz del módem. Además, como el SAD cuenta con una arquitectura en el cual el manejo de datos es apropiado para el tipo de variables sensadas.

La captura de datos es proporcionada de manera constante que es una ventaja ya que nunca habrá tal cosa como el exceso de información. Esta información es enviada aprovechando las características del sistema GPRS, la cual envía la información conforme esta se genera en base a paquetes de información que son los que se cobran. Así el sistema permite al usuario tener más información de la requerida actualmente, esto es una buena opción, para mantener y almacenar estos datos, ya que se pueden utilizar para operaciones de análisis o de respaldo.

Al usar el servicio GPRS para la transmisión y recepción de datos, y la cantidad de información manejada, los costos por prestación de servicios son económicos comparados a líneas telefónicas dedicadas u otro tipo de servicio, debido a que la estación debe estar conectada todo el tiempo y el cobro del servicio se hace sólo por la cantidad de datos transmitidos mas no por el tiempo de conexión

Al ser el SAD un sistema eléctrico electrónico esta expuesto a las descargas, que pueden producir fallas por esta razón el aislamiento es una característica muy importante en el sistema de medición, especialmente cuando se esta próximo a voltajes peligrosos, en ambientes ruidosos o industriales con la posibilidad de picos de voltaje, o en instalaciones donde haya peligro que las referencias de puesta tierra estén flotando, por que protege tanto al operador como al equipo de accidentes costosos causados por estos elementos.

Al utilizar un módem inalámbrico se permite que el sistema pueda ser trasladado fácilmente o estar en movimiento sin necesidad de tener una línea conectada a la estación remota para la transmisión y recepción de datos. Un medio de transmisión de datos como línea telefónica u otro tipo de acceso es muy escaso y costoso.

Adicionalmente, el consumo de potencia es bajo, luego hace que el sistema pueda estar alimentado con un pequeño banco de baterías y un panel solar, convirtiéndolo totalmente autónomo y viable para todo tipo de región que simplemente no tenga acceso a las líneas energizadas que suministra el gobierno.

También la habilidad para agregar otros canales u otro tipo de mediciones por medio de los puertos de comunicación, se puede tener señales diferentes en el sistema con la flexibilidad de aumentar el número de canales de forma dinámica para adaptarse a los requisitos de la aplicación. Esto proporciona la capacidad de implementar una aplicación de software que permita realizar operaciones avanzadas como registro de datos, generación de reportes o análisis de señales (matemático o estadístico). De esta manera el conjunto de elementos que conforman el sistema de transmisión de datos nos proporciona la capacidad de una conexión a puntos remotos en tiempo real, por medio del sistema GPRS, esto es que donde quiera que se tenga acceso a internet se podrá obtener los datos de la caída de lluvia a través del centro concentrador.

ANEXO A

La transmisión de los datos del sensor al Sistema de Adquisición de Datos se hará por medio de un sistema óptico por lo que se mencionará en este anexo el diseño más adecuado de acuerdo a las características de nuestro sistema.

A. **SISTEMA DE COMUNICACIONES POR FIBRAS ÓPTICAS**

A.1. Introducción

Desde hace siglos se intentaba transmitir información por medio de la luz, una muestra de esto es la transmisión de señales por antorchas y el uso de espejos por medio de la reflexión, de esta manera como derivación de los estudios en física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilización de la luz, a la que se denominó rayo láser por sus siglas en inglés (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), con este descubrimiento surge la necesidad de idear otros inventos uno de ellos son los conductos y canales adecuados para hacer viajar las ondas electromagnéticas, conocido hoy como la fibra óptica.

En este tipo de sistema la información viaja en forma de rayo de luz, la información se puede explicar de la siguiente manera: Se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros.

La idea de utilizar un sistema óptico para la comunicación entre los sensores y el sistema de transmisión de datos, se debe a las grandes ventajas que tenemos sobre de ellas, las cuales mencionaremos mas adelante.

A.2. Elementos Ópticos del Sistemas

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o en luminosa, por ello se le considera el componente activo de este proceso. Una vez que es transmitida la señal luminosa por las fibras ópticas, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original.

En resumen, se puede decir que este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transportación de la señal luminosa, generado por el transmisor de LED'S (diodos emisores de luz) y láser.

El sistema básico de de comunicaciones por fibra óptica se compone en este orden, fuentes ópticas, fibras ópticas, empalmes, conectores y detectores.

Las fuentes ópticas son los transductores que transforman las ondas de voltaje y corriente guiadas en ondas luminosas guiadas, estas deben ser compatible con la fibra: pequeñas fáciles de modular a las velocidades utilizadas en los sistemas de comunicaciones y confiables. Las fuentes ópticas pueden ser diodos emisores de luz (LED) y los diodos láser (LD) son adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas.

Las fibras ópticas son el medio de transmisión y son las guías de las ondas luminosas. Consiste de un núcleo de fibra de vidrio o plástico, una cubierta y una capa protectora llamada revestimiento.

Los empalmes son las uniones permanentes entre secciones de fibras ópticas.

Los conectores son uniones removibles que se emplean generalmente para conectar al transmisor y al receptor con la fibra óptica.

Los detectores ópticos son transductores que transforman las ondas luminosas en ondas de voltaje y corriente u ondas electromagnéticas guiadas de radio. Generalmente es un diodo PIN o un APD (fotodiodo de avalancha). Ambos convierten la energía de luz en corriente. En consecuencia, se requiere un conversor corriente a voltaje que transforme los cambios en la corriente del detector a cambios de voltaje en la señal de salida.

En la figura A.1. Se muestran los elementos básicos de todo enlace punto a punto por fibra óptica.

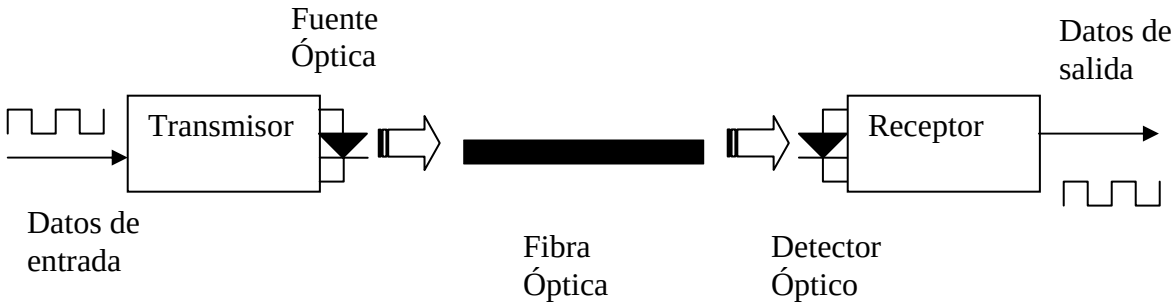


Figura A.1. Sistema de comunicaciones por fibra óptica

A.3. Características y ventajas del sistema óptico

La eliminación de las interferencias electromagnéticas da seguridad de alta calidad de transmisión. Proveen aislamiento eléctrico, elimina los problemas de puesta a tierra y hay seguridad contra descargas eléctricas. Cuenta con un ancho de banda grande por lo que la capacidad de transmisión también es grande. Cabe mencionar que las materias primas empleadas en la fibra son muy abundantes en la naturaleza, directa o indirectamente, y no estarán sujetas a los altos costos que van en aumento como el cobre.

A.4. Características básicas de diseño del sistema óptico.

Una determinación de las características y de los componentes de los sistemas de las fibras ópticas depende de su aplicación, distancia de transmisión (longitud de enlace) y velocidad de transmisión o ancho de banda; así como las características ambientales en que va a operar el sistema.

Para la elaboración de nuestro proyecto mencionaremos los componentes que mas se adecuan a nuestro sistema. El cual consiste en un sistema de transmisión de corta distancia y pequeña capacidad.

A.4.1. Selección de la fuente óptica

Para los sistemas de transmisión por fibras ópticas a distancias cortas, sin repetidores; los LED son las fuentes ópticas preferidas, debido a que presentan mayor linealidad que los LD y su distorsión armónica es aceptable. Su circuito de excitación es simple, dado que no requiere compensación ni etapas de protección.

Los diodos emisores de luz (LED) son fuentes de luz con emisión espontánea (no coherente) son diodos semiconductores p-n que para emitir luz se polarizan directamente. La energía luminosa emitida por los LED es proporcional al nivel de corriente de polarización del diodo. Por lo tanto, si el nivel de corriente de polarización varía en conformidad con una señal útil y la potencia emitida por el LED será proporcional a la amplitud de la señal.

El LED con respecto al LD tiene mayor estabilidad térmica, mayor tiempo de vida es mas lineal, es menos susceptible a transitorios, es mas robusto mas económico y requiere un circuito de excitación simple. Sin embargo, su emisión óptica es incoherente por lo que puede acoplarse eficientemente sólo a fibras multimodo.

Los LED son dispositivos robustos y no requieren de circuitería de protección, redunda en simplicidad y bajo costo de los transmisores un diagrama típico de transmisores comerciales con LED como fuente óptica se presenta en la siguiente figura A.2.

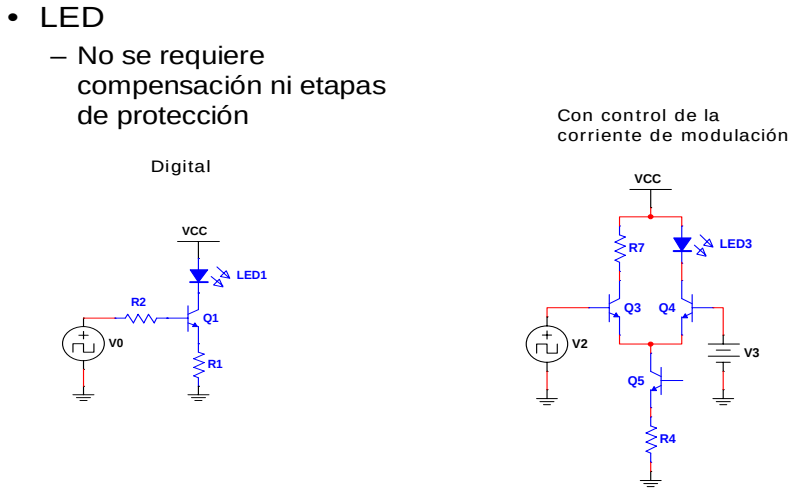


Figura A.2. Fuentes ópticas

A.4.2. Selección de fibra óptica.

La selección de la fibra depende de las características del sistema; las consideraciones mas importantes son: tipo de fibra (plástico o silicio) dimensiones del núcleo y recubrimiento, modo de propagación (monomodo o multimodo) tipo de índice (gradual o escalonada) y otros.

Las fibras multimodo de índice gradual aseguran un adecuado ancho de banda y bajas perdidas, es ideal para la capacidad y los requerimientos de nuestro sistema.

Las fibras para corta distancia y pequeña capacidad, son fibras con diámetro de núcleo y revestimiento relativamente altos, y son muy útiles en aplicaciones para redes locales, en oficinas, transmisiones de datos, etc. En general, en todas aquellas aplicaciones donde la capacidad de frecuencias por distancia que se necesita está entre 5 y 40 MHz·Km.

Hay dos grupos de fibras: las de revestimiento plástico y núcleo de SiO_2, y las de núcleo y revestimiento de vidrio, con perfil en salto de índice.

A.4.3. Selección del Detector óptico

Básicamente, el detector es un dispositivo que convierte fotones en electrones, un receptor se compone de un detector y de los circuitos necesarios asociados que lo capaciten para funcionar en un sistema de comunicaciones ópticas, transformando señales de frecuencias ópticas a frecuencias inferiores, con la mínima adición de ruido indeseable y con un ancho de banda suficiente para no distorsionar la información contenida en la señal (analógica o digital).

La mayor parte de los sistemas instalados utilizan fotodiodos PIN, muchos de ellos son de silicio y se usan en sistemas de longitudes de onda corta (800nm y 900 nm) para comunicaciones a corta distancia.

El fotodiodo PIN es el detector más común en los sistemas transmisión óptica. Es relativamente fácil de fabricar, altamente confiable, tiene bajo ruido y es compatible con circuitos amplificadores de baja tensión. Además, es sensible a un gran ancho de banda debido a que no tiene mecanismo de ganancia. Unas zonas P y N altamente conductivas junto a otra intrínseca (i) poco conductiva, caracterizan al diodo PIN. Los fotones entran a la zona intrínseca generando pares electrón-hueco. El diodo se polariza inversamente con el fin de que las cargas generadas en la zona intrínseca sean aceleradas por el campo eléctrico presente.

ANEXO B

B. **SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA SOLAR**

B.1. Introducción

En esta sección trataremos el sistema de alimentación de energía de los equipos del proyecto, dependiendo del área en que se ubiquen. Sabemos que la opción más viable, por costes, mantenimiento, instalación, etc., es tomar la alimentación directa de la red que entrega CFE. Tal es el caso si la red se encuentra cerca del área, ya que la instalación de esta resultaría muy costosa. Debido ha esta situación se muestran otra opción más adelante.

La energía, en sus múltiples formas, constituye un pilar básico en la vida de toda comunidad o país. Debido a las grandes carencias que en este sentido lo suelen tener las áreas rurales, se deben emprender programas de desarrollo que incluyan entre sus objetivos el abastecimiento de energía. Como sabemos, y que es de una importancia creciente en nuestra sociedad, algunas poblaciones difícilmente pueden obtener de forma convencional el suministro de electricidad; es decir conectándose a la red eléctrica del país.

Cuando hablamos de electrificación no es tan sencillo encontrar soluciones apropiadas, debido a las complejidades que encierran, pero sí creemos que hay tecnologías mas apropiadas que otras, es decir, hay que tomar en cuenta criterios; adaptarse a las condiciones socioeconómicas y ambientales, fomentar el desarrollo, evitar grandes inversiones de capital.

B.2. Sistemas fotovoltaicos

Es precisamente en estas situaciones donde la energía solar fotovoltaica juega un importante papel.

La fotovoltaica puede suministrar un modelo complementario a estos programas de electrificación. La modularidad de la fotovoltaica le permite generar electricidad exactamente donde se necesita.

El sol todavía suministra casi toda la energía necesaria para sustentar la vida tal y como la conocemos. El reto es aprovechar una pequeña fracción de esta energía para abastecer la relativamente modesta demanda de la electricidad necesaria para el proyecto. Probablemente el modo mas conocido de hacer esto es convertirla directamente en electricidad usando células solares o células fotovoltaicas, como también así se les conoce (foto se refiere a la luz y voltaico a la electricidad). Este es un enfoque, basado en algunos de los mayores logros de la ciencia y de la tecnología XX.

Las células solares son sorprendentemente fáciles de usar. Colocadas a la luz del sol, absorben la energía del sol y la convierten en electricidad. La figura B.1 muestra una célula típica actual. La célula esta fabricada de una lámina delgada de silicio, de un tamaño aproximado de 10 x 10 centímetros- como el tamaño de un disco compacto- y únicamente una fracción de milímetro de grosor. Una capa de metal con dibujo geométrico cubre parcialmente el lado expuesto a la luz del sol haciendo contacto eléctrico con ella, con un segundo contacto de metal cubriendo la mayor parte de la superficie inferior. Cuando la luz del sol cae sobre la celda, se genera una salida eléctrica entre estos contactos permitiendo usar las celdas como una batería que, en principio, puede durar tanto como el sol brille.



Figura B.1. Celda solar

Generalmente se conectan 36 células dentro de un paquete impermeable conocido como módulo solar o fotovoltaico (figuraB. 2) Una lámina de cristal endurecido forma la superficie superior de este módulo para proteger las celdas del severo ambiente exterior en el que operan.



Figura B.2. Módulo solar

B.3. Bloques del sistema fotovoltaico

A grandes rasgos, los sistemas que aprovechan la energía solar fotovoltaica constan de un generador (módulos fotovoltaicos), un acumulador o mejor conocida como batería (para poder almacenar la energía sobrante y utilizarla cuando sea necesaria) y un regulador (elemento de control entre los anteriores y los equipos que consumen la energía). La posibilidad de almacenar la energía para su posterior utilización permite adecuar los procesos de generación y consumo. En la figura B.3 se puede observar el diagrama de funcionamiento del sistema de suministro de energía solar, (retomando la figura del capitulo 2).

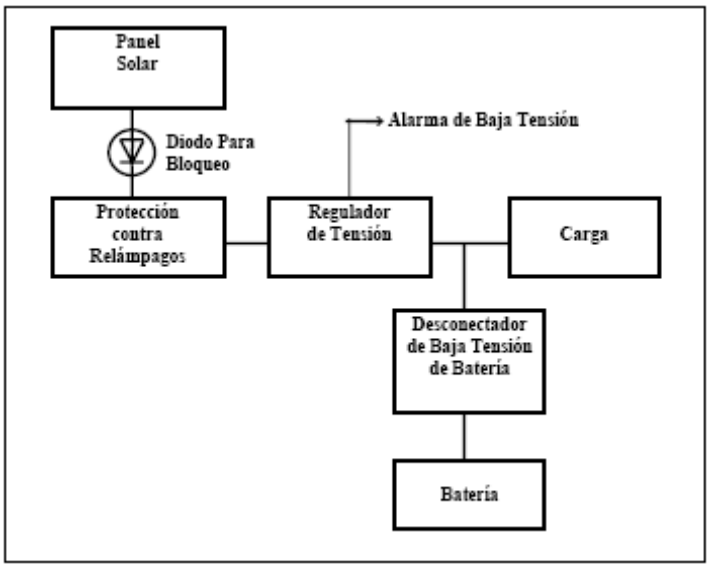


Figura B.3. Diagrama de funcionamiento del Sistema de Suministro de Energía Solar

En donde se describen a continuación:

- Panel solar.

Cómo hemos visto el panel solar, genera energía eléctrica a partir de la radiación solar y la construcción del él depende a las exigencias de tamaño, capacidad y resistencia a la radiación, entre otras.
La característica más importante de una celda solar para una prueba eléctrica es la dependencia de la corriente que por ella circula en función de la tensión aplicada, manteniendo constante tanto la intensidad de la radiación incidente como la temperatura.

Se tiene que especificar las condiciones estándares de prueba:
• Irradiación solar - KW/m2;
• Masa de aire a una temperatura de célula de 25°C (± 3°C);
• Voltaje de circuito abierto (Vca);
• Corriente de corto circuito (Icc);
• Potencia pico (Pp).

- Regulación de voltaje.

El regulador es un componente electrónico cuyo objetivo es evitar la sobrecarga o descarga profunda de la batería.
Para la regulación del voltaje es importante indicar el tipo de regulador, si el circuito es en serie o en paralelo, especificar los límites de regulación a 25°C y también especificar si el aparato incluye una función de alarma para batería de bajo voltaje. Es importante incluir una unidad de protección contra bajo voltaje. Esta unidad desconectará la carga cuando el voltaje de la batería llegue a un cierto porcentaje de su capacidad máxima para impedir daños al equipo.

- Batería

La batería, almacena energía para que sea utilizada cuando el panel solar no genere la potencia suficiente.
Para la elección de las baterías se tiene que adquirir las especificaciones completas para el tipo de batería. Para cada sitio remoto, se suministrará las baterías conectadas en paralelo o en serie según sea el caso. Las baterías estarán selladas, adecuadas para climas severos y diseñadas para usarlas con un sistema de suministro de energía solar.
Una batería esta compuesta por una serie de celdas. Estas pueden ser de diferentes tipos, entre las comerciales más desarrollados se encuentra la batería de plomo-acido y la de níquel-cadmio.

- Diodo de bloqueo

El diodo de bloqueo impedirá la descarga de la batería cuando el panel solar está inactivo.

- Protección contra relámpagos

Se insertará una unidad de protección contra relámpagos entre el panel solar y el regulador de voltaje

B.3. Ventajas y limitaciones del sistema

- Ventajas.

Diversas son las características que confieren al sistema fotovoltaico el carácter de tecnología apropiada para las comunidades rurales:

El sol es una fuente de energía gratuita, ilimitada y considerada con el medio ambiente, favorece el autoabastecimiento energético.

Es una tecnología de diseño modular, que produce energía a cualquier escala permaneciendo constante el coste de la energía generada y flexible o de fácil extensión.
Su manejo es sencillo y el mantenimiento básico puede realizarse en el ámbito local.

- Limitaciones

Pese a que los sistemas fotovoltaicos suelen contar con un elemento acumulador, ello no asegura una disponibilidad ilimitada de energía. Si el consumo de electricidad procedente de los elementos generador y acumulador es superior al ritmo de recarga del este ultimo, provocará un agotamiento temporal de la instalación, hasta que el sol restablezca de nuevo energía disponible. Es de importancia máxima la educación del usuario sobre la fuente energética y su forma de utilización.

Hasta el presente se necesita un electricista experimentado para conectar el sistema fotovoltaico a la luz eléctrica. Las salidas de corriente continua de los módulos se combinan y alimentan un sencillo inversor cuya salida se conecta a la luz eléctrica.

ANEXO C

C. **MÓDEM V.90**

El estándar más habitual y el más moderno está basado en la actual norma V.90. Uno de los primeros parámetros que lo definen es su velocidad, cuya velocidad máxima está en los 56 kbps (Kilobites por segundo). Esta norma se caracteriza por un funcionamiento asimétrico, puesto que la mayor velocidad sólo es alcanzable en sentido descendente, ya que en el envío de datos está limitada a 33,6 kbps.

La base de la tecnología V.90 es la siguiente: el ruido de cuantificación, que se produce por el hecho de que las muestras son finitas, afecta sólo a la conversación analógico-digital, pero no al digital-analógico. Por lo tanto, si no hay conversión analógico-digital entre el módem y la red telefonía (digital), no existe ruido de cuantificación y utilizando todo el canal, se podrían conseguir 64kbps en el canal descendente, pero debido a que los conversores digita-analógico no son lineales, en el caso de las señales con poca potencia la cuantificación es susceptible al ruido, por lo que se limita a conseguir a 56kbps. En el canal ascendente existe transformación de analógico a digital, lo que limita su velocidad a 33,6kbps.

Otra consideración importante es que para poder llegar a esta velocidad máxima se deben dar una serie de circunstancias que no siempre están presentes y que dependen totalmente de la compañía telefónica que nos presta sus servicios, pudiendo ser en algunos casos bastante inferiores.

Esta nueva recomendación, intenta que todos los módems de 56k actualizados, o fabricados en adelante, sean compatibles entre sí, independientemente de quién sea el fabricante, algo que beneficia sobre todo a proveedores de acceso a Internet y a usuarios, han sido optimizados para utilizarse en conexiones a Internet, permitiendo un ancho de banda teórico entre el usuario y el servidor remoto del proveedor de acceso de 56kbps. cuando se descargan datos, y de 28.8 o 33. 6kbps cuando se envían o cuando se conecta directamente con otro módem V. 34 o V. 90.

Por lo general, los módems son compatibles hacia abajo, es decir, que el dominio de una norma mejor incluye también las capacidades de la norma anterior.

BIBLIOGRAFÍA

Maderey Rascón, Laura Elena, **El agua de escurrimiento en la República Mexicana** UNAM 1977

AB, Carlson, **Communicatios System**.

Herschy, R.W., **Hidrometry: principles and practices, 2ª edición1999**, Ed. John Wiley & Suns

Pallas Areny, Ramon, **Sensores y acondicionadores de señal**, Ed. Marcombo Barcelona 1994.

Huidoro Moya, José Manuel, **Manual de telecomunicaciones**, Alfaomega 2004

Guy Pujole, Telemática -**Técnicas informáticas de transmisión y procesos de datos; Redes de datos**, 2a edición 1988, Ed. Paraninfo.

Huidoro Moya, José Manuel, **Comunicaciones interfaces, módems, protocolos, redes y normas**, Ed. Paraninfo Madrid 1992

Ray, Eugenio, **Telecomunicaciones Móviles, Serie mundo electrónico,** Ed. Alfaomega 1993

Goleniewski, Lillian, **Telecommunications Essentials**,Ed. Addison-Wesley 2003.

Tomasi, Wayne, Ed. **Electronic Communications Systems** 5ª edición, Pearson Prentice Hall 2004.

Tisal, Joachim, Red GSM, Ed. Paraninfo 2000

Sutton, Roger J., **Secure Communications applications and management**,Ed. John Wiley & Sons England 2002

L. Floyd Thomas. **Fundamentos de Electrónica Digital**. Limusa.

M. Dodero Pablo.,**Telefonia y telefonos celulares**, editorial quark, 2004.

Tarvenier Cristian, **Circuitos lógicos programables**, Madrid Paraninfo 1994

Sanfford, Edgard L. **Introducción a la fibra óptica**, Madrid: Paraninfo 1988

Jardón Aguilar, Hildeberto, Linares y Miranda, Roberto, **Sistemas de comunicación por fibra óptica,** Alfaomega, México 1995

Green, Martín, **Energía Fotovoltaica De la luz Solar a la electricidad usando células solares**, Acribia, S.A.

García Villas, Marianella, **Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo, Ingeniería sin fronteras**, Lepala

Madron, Thomas W., **Redes de área local**, Grupo Noriega Editores 1992

Mouteira, Rubén, I**nstalación de equipos y sistemas de comunicaciones radio electrónicos Guía de técnicas y procedimientos para la verificación y puesta a punto** Ed. Ideaspropias 2004

Pagel Lindow, Sigfredo, Pérez Fontán, Fernando, **Técnicas de radiofrecuencia**, Ed. Tórculo

Asos site Technical manual s100, **automated surface observing system**, US department of commerce 2004.

Tipping Bucket rain gauge user's manual, all weather inc

NFPA 75 **Norma para la protección de equipos de computación electrónicos/equipos procesadores de datos**, NFPA edición 1999.

Intech México automatización, Año 5 No 2 Abril/junio 2006 Cuatro tecnologías que impactarán el futuro de la adquisición de datos pag 16.

Sitios de interés.

http://www.ops1.nws.noaa.gov/ASOS/S100-STM.htm

http://www.ccvm.org.mx/indice_titulo.htm para la instrumentación de medición del agua

http://www.telefonos-moviles.com/search/default.asp?key=gprs

http://www.telefonos-moviles.com/glossary/default.asp

http://es.gsmbox.com/gprs/

http://www.monografias.com/