

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**DISEÑO DE UNA RED DE SINCRONISMO  
UTILIZANDO UN RECEPTOR GPS**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. LUIS ENRIQUE EGÚSQUIZA MONTEAGUDO**

**CALLAO – PERU**

**2004**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA  
MODALIDAD DE TESIS**

A los 28 días del mes de *April* del 2004 siendo las 20:15 horas se reunió el Jurado Examinador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica conformado por los siguientes Docentes Ordinarios de la Universidad Nacional del Callao, ( Res. N° 398 - 2002 - DFIEE )

Ing. <i>Pedro Custodio Diez</i>	.....	Presidente
Ing. <i>Wilbert Chávez Iraxabal</i>	.....	Secretario
Ing. <i>Armando Cruz Ramírez</i>	.....	Vocal
Ing. <i>Jaine Vallejos Laos</i>	.....	Asesor

Con el fin de dar inicio a la exposición de Tesis del Señor Bachiller *Eguquiza Montesquedo, Luis Enrique*, quien habiendo cumplido con los requisitos para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico tal como lo señalan los Arts. N° 12 al 15 del Reglamento de Grados y Títulos, sustentará la Tesis titulada .....

*Diseño de una Red de Simulación Utilizando un Receptor GPS*

con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición, considerando lo establecido en los Art. N° 14 y 17 del Reglamento de Grados y Títulos dado por Resolución N° 047-92-CU, en el Capítulo N° 06, correspondiente al otorgamiento del Título Profesional con Tesis, efectuadas las deliberaciones pertinentes se acordó:

Dar por *aprobado por conveniencia* Calificativo *Muy Bueno* nota: *diecisiete* al expositor Señor Bachiller *Eguquiza Montesquedo, Luis Enrique*, con lo cual se dio por concluida la sesión, siendo las 21:20 horas del día del mes y año en curso.

Es copia fiel del folio N° 04 Del libro de Actas de Sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica - UNAC.

*[Signature]*

PRESIDENTE

Ing. Pedro Custodio Diez

*[Signature]*

SECRETARIO

Ing. WILBERT CHÁVEZ IRAXABAL

—

VOCAL

Ing. ARMANDO CRUZ RAMÍREZ

*[Signature]*

ASESOR

Ing. JAINE VALLEJOS LAOS

*[Signature]*

INVITADO



R.C.U 638

*A mis Padres y hermanos los cuales son la fuente de mi vida y alimentan mi alma cada día con su sola presencia. A ellos les debo todo lo que soy. Gracias por sus sabios consejos.*

*A mis tíos, primos y familiares que me alentaron para finalizar este proyecto.*

*A mis amigos de infancia, de Universidad y de trabajo que me apoyaron incondicionalmente.*

*A la mujer que amo y que es una gran inspiración en mi vida.*

*Y muy en especial a la persona que siempre vela por mí y que ahora está en el cielo al lado de Nuestro Señor.*

## **PREFACIO**

En los países desarrollados la Modernización y la Tecnología de punta son factores indispensables en toda Industria. Es por ello que por lo general los Sistemas de Control Computarizado en sus Subestaciones (SE) de Energía son de la más alta Tecnología.

El Perú es uno de los países en vías de desarrollo y debido a la inversión privada en el sector de Energía, se ha optado en muchos casos por la modernización de las SE Generadoras de Energía Eléctrica.

Si se quiere tener una alta confiabilidad en el control, protección y monitoreo de los datos de campo es preciso que todos los equipos electrónicos inteligentes (IED) y ordenadores, que se encuentran en una SE estén sincronizados a la misma hora y día local. Y que esta sincronización sea permanente y muy confiable.

# INDICE

PORTADA		
DEDICATORIA.....	ii	
PREFACIO.....	iii	
INDICE.....	iv	
CAPITULO I	INTRODUCCION.....	1
1.1	OBJETIVO.....	3
1.2	ALCANCES.....	4
1.3	ANTECEDENTES .....	5
1.4	CARACTERISTICAS .....	6
CAPITULO II	DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL.....	9
2.1	DESCRIPCION DEL SISTEMA DE COMPUTO.....	12
2.2	DESCRIPCION DE LOS IED'S.....	13
2.3	DEMANDA ACTUAL .....	15
CAPITULO III	ALTERNATIVAS DE SOLUCION PROPUESTAS.....	18
CAPITULO IV	PROPUESTA DE SOLUCION OPTIMA: "SINCRONISMO A TRAVES DE GPS" .....	21
4.1	GENERALIDADES .....	21
4.2	ESTRUCTURA DEL GPS .....	25
4.2.1	SEGMENTO ESPACIAL .....	25
4.2.2	SEGMENTO DE CONTROL.....	27
4.2.3	SEGMENTO DE USUARIO .....	28
4.3	SEÑALES Y MEDIDAS.....	29
4.3.1	ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE CODIGO.....	30

4.3.2	CODIGOS C/A Y P(Y).....	33
4.3.3	MENSAJE DE NAVEGACION.....	34
4.4	RECEPTORES GPS .....	36
4.4.1	SEGÚN SU ARQUITECTURA .....	36
4.4.2	SEGÚN SU APLICACION .....	38
CAPITULO V CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS Y ACCESORIOS .....		40
5.1	RELOJ CONTROLADO POR SATELITE GPS .....	40
5.1.1	SALIDAS BNC CONFIGURABLES.....	48
5.1.2	BUS DE DISTRIBUCION IRIG-B, AUTOMONITOR Y SEGUNDO PUERTO RS-232 .....	50
5.1.3	SALIDAS DE FIBRA OPTICA.....	59
5.1.4	SERVIDOR DE PROTOCOLO DE TIEMPO DE RED INTERNO .....	61
5.1.5	ANTENA GPS .....	69
5.2	SWITCH INDUSTRIAL ETHERNET 10/100 BASE-TX.....	73
5.2.1	ESPECIFICACIONES .....	74
5.3	DISPOSITIVOS ELECTRONICOS INTELIGENTES (IED's) .....	81
5.3.1	RELES UNIVERSALES UR.....	83
5.3.2	ACOPLADOR ESTRELLA.....	87
5.3.3	CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE .....	90
5.4	CABLE DE FIBRA OPTICA MULTIMODO .....	94
5.5	CABLE DE LA ANTENA.....	99
5.6	CABLE PAREADO PARA INSTRUMENTACION Y CONTROL... ..	106
5.7	CABLE COAXIAL PARA TRANSMISION RG-58.....	107
5.8	CABLE UTP CAT 5E .....	109
5.9	ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.....	112

5.9.1	RACKS DE COMUNICACIONES .....	112
5.9.2	DUCTOS DE COMUNICACION .....	114
5.9.3	TRAMO AEREO .....	115
5.9.4	ACCESORIOS PARA EL CONEXIONADO DE LA FO AL RACK DE COMUNICACIONES .....	116
CAPITULO VI DISEÑO DE LAS INSTALACIONES .....		120
6.1	OBJETIVO.....	120
6.2	CARACTERISTICAS DEL SISTEMA PROYECTADO.....	121
6.3	PROYECCION DE LA DEMANDA.....	124
6.4	CALCULOS JUSTIFICADOS.....	124
6.4.1	MAXIMA DEMANDA .....	125
6.4.2	ETAPA DE RECEPCION DE LA SEÑAL PROVENIENTE DE LOS SATELITES .....	127
6.4.3	ETAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LA SEÑAL IRIG-B MODULADA A TRAVÉS DE LAS SALIDAS BNC CONFIGURABLES .....	137
6.4.4	ETAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LA SEÑAL DE PULSO PROGRAMABLE A TRAVÉS DE LAS SALIDAS ST DE FO CONFIGURABLES .....	141
6.4.5	ETAPA DE DISTRIBUCION DE LA SEÑAL DE SINCRONISMO A TRAVÉS DE LA SALIDA RJ45 .....	146
6.4.6	RASTREO DEL SATELITE .....	146
6.4.7	CALCULO DE LA POSICION .....	148
6.4.8	CALCULO DEL TIEMPO .....	151
6.4.9	SINCRONIZACION .....	152
CAPITULO VII CARACTERISTICAS TECNICAS DE INSTALACION.....		157
7.1	INSTALACION DE LOS EQUIPOS .....	157
7.1.1	INSTALACION DEL RELOJ CONTROLADO POR SATELITE GPS .....	157

7.1.2	INSTALACION DE LA ANTENA GPS.....	158
7.1.3	INSTALACION DEL SWITCH INDUSTRIAL .....	162
7.1.4	CONEXION A LOS RELES UNIVERSALES UR.....	164
7.1.5	CONEXION A LOS ACOPLADORES ESTRELLA.....	166
7.2	TENDIDO DE LOS CABLES.....	167
7.2.1	TENDIDO AEREO .....	167
7.2.2	TENDIDO SUBTERRANEO .....	175
7.3	NORMAS Y ESTANDARES.....	177
7.4	PRUEBAS ELECTRICAS .....	178
7.4.1	AISLAMIENTO.....	178
7.4.2	CONTINUIDAD .....	179
7.5	SUSTITUCION DE MATERIALES.....	182
7.6	MANO DE OBRA .....	183
CAPITULO VIII	PLANEAMIENTO.....	185
8.1	ALTERNATIVAS PARA DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE SINCRONISMO .....	185
8.2	COSTO DE EQUIPOS Y ACCESORIOS.....	187
8.3	COSTO DE INSTALACION .....	187
8.4	VENTAJA DE LA INSTALACION DEL SISTEMA DE SINCRONISMO .....	188
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	190
	BIBLIOGRAFIA .....	191
	APENDICE 1 : PLANOS DE DISTRIBUCION	
	APENDICE 2 : GRAFICOS	
	APENDICE 3 : CUADROS	

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

Realizaré este proyecto de tesis sobre la base de las demandas actuales en cuanto a la Modernización de las Subestaciones se refiere. Para ello se hará un análisis exhaustivo en lo que respecta a la importancia y diseño de una red de sincronismo para los equipos electrónicos que operan en una Subestación Automatizada.

En la actualidad todas las Subestaciones que deseen modernizarse y contar con una alta confiabilidad en su Sistema de Protección de Líneas, Control Computarizado y obtener una Adquisición de Datos en Tiempo Real, necesitan sincronizar todos sus equipos. Esta sincronización se realizará por medio de un receptor GPS (Sistema de Posicionamiento Global) el cual toma la señal de radio que envían una constelación de 24 satélites conocida como NAVSTAR, cada uno de estos satélites está equipado con relojes atómicos que garantizan una precisión total, ofreciendo un error estimado en un segundo cada 70,000 años.

La aplicación más usada y conocida por los receptores GPS es la de dar una ubicación o posición exacta de un objeto sobre la Tierra, esto se logra cuando este receptor GPS hace una triangulación con los satélites que tenga a la vista. Pero para nuestros fines se utilizará como medio Sincronizador de equipos.

Actualmente en el mercado existen muchas marcas de GPS pero este Proyecto de Tesis se basará en el Reloj Controlado por Satélite GPS modelo 1088B de Arbiter Systems el cual es uno de los más completos y el mejor de esta marca. Su capacidad modular nos dará una gran posibilidad de variables para cumplir con todos los requerimientos que la Empresa exige.

Sus opciones nos dan la posibilidad de sincronizar dispositivos electrónicos inteligentes (IED's) siempre y cuando estos equipos cuenten con la interfase necesaria para ser sincronizados (interfase IRIG-B). Esta señal de sincronismo puede viajar grandes distancias utilizando Fibra Óptica y/o Cable Coaxial; o a cortas distancias utilizando interfase serial RS-232, RS-422 o RS-485. También puede sincronizar una red de cómputo ya que cuenta con un Servidor de Protocolo de Tiempo de Red Interno (NTP) vía el medio físico de cable UTP.

Este Sistema de Sincronismo para una Red de Cómputo e IED's cubre cualquier necesidad actual o futura en una Subestación al modificar su trazado y el número de opciones de los elementos constituyentes.

Pero esta aplicación no solo será válida para Subestaciones ya que también podrá aplicarse en cualquier Industria que cuente con Dispositivos Electrónicos Inteligentes.

El modelo de receptor GPS en el cual me basaré para hacer mi estudio se encuentra actualmente operando en la SE Huallanca y en la SE Cañón del Pato ubicados en el departamento de Ancash, pero para este Proyecto de Tesis diseñaré una Subestación ficticia a fin de darle el mayor rendimiento al receptor GPS.

## **1.1 OBJETIVO**

El objetivo de este Proyecto de Tesis es darle una mayor confiabilidad al Sistema de Protección en Líneas de Transmisión en una SE Automatizada puesto que las estampas de tiempos cuando se acciona una alarma necesitan seguir una secuencia en el tiempo que sea confiable a fin de poder analizarla y evitar futuras fallas. Para obtener esto se impartirá el conocimiento necesario de cómo realizar una implementación de una Red o Sistema de Sincronización de Tiempo que sea segura y confiable para los equipos más comunes con los que cuenta una Subestación (SE). Para ello estos equipos deben de contar con una interfase de sincronismo que está estandarizada, esta se denomina IRIG-B.

Los equipos que se integrarán en la red de sincronización serán Relés Universales UR de General Electric, Acopladores Estrella de ABB, PLC de

Telemecanique y ordenadores como son los Servidores y Estaciones de Trabajo.

## **1.2 ALCANCES**

Los alcances generales son los siguientes:

- a. Realizaré la Ingeniería de detalle necesaria para una correcta instalación del Sistema de Sincronismo de Tiempo en una Subestación con sus gabinetes, partes, componentes, materiales, cables y sus programas, como un GPS para la sincronización del tiempo del sistema; y en general todos los equipos y programas necesarios para implantar el Sistema de Sincronismo.
- b. Propondré todo el equipamiento auxiliar tal como cables, conectores, cajas de paso, soportes, etc. para el buen funcionamiento y estética del equipamiento principal.
- c. Propondré los equipos que podrían ser sincronizados y que son los más usuales en una Subestación Automatizada como: PLC (Controlador Lógico Programable), Relés de Protección, Acopladores Estrella, Servidores, Estaciones de Trabajo, etc.
- d. Daré un costo aproximado basándose en los datos proporcionados por los proveedores en el mercado peruano.

### **1.3 ANTECEDENTES**

En los países desarrollados la Modernización y la Tecnología de punta son factores indispensables en toda Industria. Es por ello que por lo general los Sistemas de Control Computarizado en sus Subestaciones (SE) de Energía son de la más alta Tecnología.

El Perú es uno de los países en vías de desarrollo y debido a la inversión privada en el sector de Energía, se ha optado en muchos casos por la modernización de las SE Generadoras de Energía Eléctrica.

Uno de estos casos es el de la Empresa Norteamericana Duke Energy International (DEI) Egenor la cual tiene a su cargo la SE Cañón del Pato y la SE Huallanca ubicados en el Departamento de Ancash, Perú. Dichas SE's están en un proceso de Modernización y para ello cuentan con un gran capital a fin de realizar dicho proyecto.

En el Proyecto de Modernización de una SE por lo general se opta por incluir equipos como PLC's, RTU's, PC's, etc... y su Sistema SCADA (Sistema de Control y Adquisición de Datos) el cual visualizará y controlará los eventos que suceden a nivel Bahía en tiempo real. Pero para que estas funciones sean ejecutadas y visualizadas correctamente en "Tiempo Real" es necesario sincronizar los relojes internos de todos los equipos que forman parte de este proceso.

Este Proyecto de Tesis será basado en estos antecedentes con la certeza que este sistema operará correctamente. Pero para fines de Tesis aumentaré otras aplicaciones dando a este sistema su mayor rendimiento.

## **1.4 CARACTERISTICAS**

Primeramente se realizará un diagnóstico del sistema actual que opera en una Subestación (SE), este es llamado Sistema de Control Computarizado.

Después de hacer dicho diagnóstico el cliente o empresa dará a conocer sus necesidades o demanda actual, en este caso específico su demanda será la instalación de una red o sistema de sincronismo con la finalidad de sincronizar todos los equipos que estén presentes en el Sistema de Control Computarizado.

Seguidamente se planteará propuestas de soluciones a la demanda actual, pero de estas propuestas solo se optará por la solución que cuente con la mejor confiabilidad, calidad y costo. Ya que no sería conveniente una solución muy económica pero que a la vez no sea segura.

Basándose en el análisis correspondiente se optará por la solución más óptima la cual será realizar este sincronismo a través de un receptor GPS el cual captará las señales emitidas por la constelación de satélites NAVSTAR los cuales cuentan con relojes atómicos de la más alta precisión.

A continuación se hará un marco teórico de como funciona el sistema GPS, este resumen se basará en los 3 segmentos con los que cuenta este sistema: segmento espacial, segmento de control y segmento de usuario.

Como este Proyecto de Tesis se basa en el segmento de usuario, es que se desarrollará íntegramente este segmento y en especial su aplicación específica como medio sincronizador. Se elegirá un modelo de receptor GPS que mejor se adapte a los requerimientos de la SE y de la Empresa.

Luego se desarrollará las características técnicas del receptor GPS y una breve descripción técnica de los equipos a los cuales sincronizará ya que para esta aplicación sólo nos interesará que cuenten con la interfase necesaria para que sean sincronizados.

También se detallará las características técnicas de los medios físicos por los cuales pasará la señal de sincronismo desde el receptor GPS hasta los equipos a sincronizar y que servirán para realizar los cálculos teóricos y técnicos para el diseño de la red. Una vez que se sabe con que se cuenta y que se requiere el siguiente paso es realizar los cálculos teóricos y técnicos con la finalidad de que la instalación sea segura y que cumpla con todas las normas.

Corroborando todos los cálculos teóricos y técnicos el siguiente paso será hacer la instalación de los equipos que intervienen en esta red de sincronismo,

así como el tendido de los cables o medios físicos por los cuales pasará la señal de sincronismo.

Una vez concluida la instalación sobre la base de las normas y estándares internacionales se procederá a las pruebas eléctricas y Protocolos de Prueba y Entrega a fin de verificar que las instalaciones estén correctamente hechas.

Luego se dará una serie de posibles cambios que podría pedir el cliente y que nuestro receptor GPS ya instalado puede solucionarlo sobre la base de sus características multifuncionales.

Seguidamente se harán cuadros de costos tanto de materiales como de montaje para dar una referencia económica de cuanto podría costar dicha instalación.

Finalmente se darán las ventajas de este sistema así como sus respectivas conclusiones y recomendaciones de la misma. Se anexarán gráficos, planos y cronograma de trabajo.

## **CAPITULO II**

### **DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL**

Una Subestación (SE) Automatizada cuenta con un Sistema de Control Computarizado, para ello utiliza ordenadores (Servidores y Workstation) los cuales cuentan con un Sistema SCADA que trabaja en entorno Windows NT.

SCADA viene de las siglas de "Supervisory Control And Data Acquisition", es decir: adquisición de datos y control de supervisión. Se trata de una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

En este tipo de sistemas usualmente existe un ordenador (PC), que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos. La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

Los programas necesarios, y en su caso el hardware adicional que se necesite, se denomina en general sistema SCADA.

Un paquete SCADA debe estar en disposición de ofrecer las siguientes prestaciones:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómeta, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Con ellas, se pueden desarrollar aplicaciones para ordenadores (tipo PC, por ejemplo), con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en

pantalla, envío de resultados a disco e impresora, etc. Además, todas estas acciones se llevan a cabo mediante un paquete de funciones que incluye zonas de programación en un lenguaje de uso general (como C, Pascal, o Basic), lo cual confiere una potencia muy elevada y una gran versatilidad. Algunos SCADA ofrecen librerías de funciones para lenguajes de uso general que permiten personalizar de manera muy amplia la aplicación que desee realizarse con dicho SCADA.

Este Sistema cumple la función de Control y Monitoreo de los equipos que actúan en la SE, como los Relés Universales, PLC's, etc. más conocidos como IED's (Dispositivos Electrónicos Inteligentes).

Todos los equipos de comunicación (servidores, concentradores, router's, patch panel's, etc.) Se encuentran ubicados en la Sala de Control pero los IED's se encuentran distribuidos en todo el Patio de Llaves; además existe una Casa Fuerza la cual, para complicar más nuestro diseño, estará ubicada a más de 500 metros de la Sala de Control en la cual se encuentran 5 IED's más como se muestran en el **Plano no. 1** del apéndice.

Cada grupo de IED's, los cuales están instalados en unos racks, se les denominará Bahías. Cada Bahía tiene la función de controlar y monitorear cierto sector de los buses de campo, pero este es un tema aparte.

## 2.1 DESCRIPCION DE LA RED DE CÓMPUTO

Como se dijo anteriormente, la red de cómputo cuenta con Servidores y Estaciones de Trabajo (Workstation) las cuales están interconectadas en topología estrella mediante Cableado Estructurado, es decir, están en red. Este Cableado Estructurado está bajo las normas de la IEEE 802.3. Utiliza cable UTP CAT 5E y trabaja a 100 BASE-TX.

Para ello cuenta con un Switch 10/100 BASE-T(x) autosensing el cual será el concentrador de las PC's y a la vez controlará el flujo de tráfico en la red de cómputo.

Estas PC's, Servidores y Estaciones de Trabajo, operan en la plataforma de Windows NT 4.0 pero para recabar los datos de los IED's requieren de un software SCADA que se instala en las PC's a fin de poder leer la información de los eventos sucedidos así como los reportes de todos los sucesos en Tiempo Real.

Este software SCADA permitirá al operador visualizar y controlar en tiempo real los eventos que suceden en una subestación, como telealarmas, telemidas y telecontrol de las mismas. Además este software cuenta con su propia base de datos.

Como se mostró en el **Plano no. 1**, existen 10 Bahías las cuales cada una cuenta con una Estación de Trabajo lo que nos da 10 Estaciones de Trabajo en

el patio de Llaves, además se cuentan con dos servidores (Principal y Respaldo) que están ubicados en la Sala de Control lo cual nos dará una suma total de 12 ordenadores las cuales se debe de sincronizar su reloj interno.

## **2.2 DESCRIPCION DE LOS IED´S**

Los Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IED's) con los que actualmente cuenta esta SE son: PLC (Controladores Lógico Programables) de Telemecanique, los UR (Relés Universales) de GE (General Electric) y los Acopladores Estrella de ABB.

El PLC está ubicado en la Sala de Control y cumplirá las funciones de Control y Supervisión de los diferentes dispositivos y sensores que se encuentran a nivel Bahía ya que este equipo cuenta con múltiples E/S Análogas y Digitales. También cuenta con puertos de comunicación RS-232, RS-485 y puerto Ethernet TCP/IP. Sobre la base de las características técnicas del PLC, solo será necesario sincronizar el PLC que se configure como Master y este distribuirá la misma señal de sincronismo de tiempo a los PLC que se configuren como Slave.

Los Relés UR son multifunción están distribuidos en el Patio de Llaves en unos tableros llamados tableros de protección y cumplen funciones de control y protección para líneas de transmisión. Es por eso que cuenta con E/S Análogas y Digitales. Además de contar con un puerto de comunicación RS-485 para comunicación entre Relés y/o con PC's.

En cambio los Acopladores Estrella RER 111 están ubicados en Casa Fuerza e interconectan varios equipos los cuales en nuestro caso serán los SCU REF542 de ABB a través de un Bus LON (Red de Operación Local) los cuales también cumplen función de control, monitoreo y protección al nivel de Bahía pero además cuentan con una pantalla en la cual se verán los eventos. Sobre la base de las características técnicas de este equipo, solo es necesario sincronizar el Acoplador Estrella y este distribuirá la señal de sincronismo a los SCU.

Cada Bahía cuenta con una Estación de Trabajo, y cada estación de trabajo tiene dos (2) IED's los cuales están interconectados entre sí, y como en esta Estación de Trabajo está instalado un SCADA se pueden jalar los datos provenientes de los IED's. Además existen cinco (5) IED's en Casa de Fuerza y uno (1) en Sala de Control.

Por lo tanto se cuenta con un total de 26 IED's que deben ser sincronizados.

Más adelante se detallará las principales características del PLC, de los UR y de los RER 111 pero hay que hacer énfasis en que solo haremos un análisis profundo a la entrada de sincronismo que es nuestro tema en cuestión.

### **2.3 DEMANDA ACTUAL**

Como ya se explicó anteriormente, si se quiere tener una alta confiabilidad en el control, protección y monitoreo de los datos de campo es preciso que todos los equipos electrónicos inteligentes (IED) y ordenadores, que se encuentran en una SE estén sincronizados a la misma hora y día local. Y que esta sincronización sea permanente y muy confiable.

Si esto no sucede puede ocasionar reportes falsos y/o operaciones no efectuadas o desfasadas en el tiempo dentro de lo establecido en la programación de los equipos; ya que si por ejemplo el reloj de un ordenador está a las 14:00 horas (Tiempo Real) y el reloj interno del relé está a las 14:05 horas cuando suceda una alarma el reporte (estampa de tiempo) mostrará que esta alarma sucedió a las 14:05 horas pero en realidad el evento sucedió cinco minutos antes y si el operador ve el reporte en ese mismo momento tendrá la duda que esa alarma aún no sucede ya que si la corrobora con el reloj del ordenador observará que son el realidad las 14:00 horas.

En un caso más crítico, si por ejemplo se programa al PLC para que ejecute una acción a las 9:00 AM (Tiempo Real) y el ordenador está a las 9:00 AM pero repentinamente el reloj del PLC se detiene o se desfasa. Entonces la orden no se cumplirá u ocurrirá en un tiempo no correcto de lo establecido.

En muchos casos cuando se programa en tiempos establecidos el encendido y apagado de motores, con la finalidad de ahorrar energía y/o no forzar la

máquina y que esta no se sobrecaliente; estas ordenes al no cumplirse pueden ocasionar que el motor se quemara, con lo cual no cumplirá el proceso al cual está destinado, o que halla un consumo de energía mucho mayor a lo apropiado. Y si esta falla la transformamos a costos podemos estar hablando de un problema catastrófico.

Otro ejemplo, el cual puede ser el más importante, es que si uno de los relés de protección se configura para que abra una Línea de TX en el momento que detecte un corto circuito luego de 10 mseg, y el relé de respaldo luego de 30 mseg. de detectado el corto circuito; si el reloj interno de estos relés no están sincronizados entonces al momento de observar el reporte en el SCADA (estampa de tiempo) instalado en el WorkStation, cuando se quiera hacer un análisis de la posible falla y acciones tomadas por los relés de protección, se necesita tener una secuencia en el tiempo lo más exacta posible ya que estas estampas de tiempo diferirán en unos milisegundos. Teniendo sincronizados todos los equipos esta secuencia será precisa.

Es por ello que es de suma importancia requerir que los 12 ordenadores (Servidores y Workstation) y los 26 IED's, estén sincronizados a un mismo tiempo a fin de dar seguridad y confiabilidad al monitoreo, protección y control de datos en tiempo real del Sistema de Control Computarizado.

Este medio de sincronismo puede ser cualquier sistema que reúna los siguientes requisitos:

- Alta Confiabilidad.
- Gran Seguridad.
- Economía.
- Precisión de tiempo con total exactitud.
- Facilidad de manejo.
- Facilidad de instalación.
- De última tecnología.
- Opción de crecimiento futuro.

Se tendrá en cuenta las dimensiones del ambiente en donde se instalará los equipos así como los tramos físicos por donde se hará el tendido de los cables.

## **CAPITULO III**

### **ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES PROPUESTAS**

Para cumplir el objetivo, que es el de sincronizar los relojes internos de los equipos que operan en una SE Automatizada, se proponen las siguientes alternativas:

1. Supervisión manual de los equipos cada cierto periodo de tiempo, la cual sería diariamente para darle mayor confianza al sistema.
2. Mediante un software NTP (Protocolo de Tiempo de Red) el cual se puede descargar desde Internet.
3. Utilizando un receptor GPS.

Analizaremos cada una de estas alternativas. Y nos quedaremos con la más conveniente.

**Primera Alternativa (Supervisión Manual):**

Es el modo más simple y económico pero el error humano sigue latente, además que se tendría que utilizar mayor mano de obra ya que se debe designar una persona o grupo de personas para que diariamente sincronicen los equipos con una referencia no exacta.

Esta opción queda totalmente descartada por no cumplir con los puntos de alta confiabilidad y precisión exacta ya que nada me garantiza que en un lapso de una hora o menos el reloj interno de un equipo pueda retrasarse o adelantarse es decir desfasarse en el tiempo.

**Segunda Alternativa (Software NTP):**

El software NTP (Protocolo de Tiempo de Red) me dará una precisión casi exacta debido a que el servidor de donde se obtenga el tiempo estará alejado físicamente por lo que el tiempo de establecimiento se sumará al tiempo real del servidor de donde se obtendrá el tiempo referencial. Los costos están dentro del margen pero este sincronismo se limita a la red de cómputo, es decir, todos los equipos que están en red y que manejen este protocolo pueden ser sincronizados.

Esto me garantiza que las PC's (Servidores y Workstation) estarán sincronizados pero los IED's para ser sincronizados externamente necesitan utilizar su entrada estandarizada IRIG-B u otra entrada de sincronismo. Por lo que se concluye que esta opción queda descartada.

### **Tercera Alternativa (Receptor GPS):**

El receptor GPS nos dará una gran confiabilidad y precisión ya que obtiene la señal UTC (Contador de Tiempo Universal) de la constelación de satélites NAVSTAR los cuales están supervisados y controlados por la Fuerza Aérea Norteamericana. El costo para la instalación de este sistema es más elevado que las anteriores alternativas pero ésta puede sincronizar los ordenadores y los IED's al mismo tiempo y con mucha facilidad. Además con el paso del tiempo será más una inversión que un gasto como se explicó anteriormente.

Por lo tanto esta opción es la más acertada ya que cumple con todos los requisitos anteriormente mencionados. En el capítulo siguiente se describirá un marco teórico de este Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

## **CAPITULO IV**

### **PROPUESTA DE SOLUCION OPTIMA: “SINCRONISMO A TRAVES DE GPS”**

#### **4.1 GENERALIDADES**

Existen sistemas con base en tierra, y sistemas que emiten sus señales desde el espacio. Los primeros que se desarrollaron permitían fijar la posición tras analizar durante 10 o 15 minutos las señales recibidas. Resultaban, por tanto, de utilidad de navegación marítima, dada la baja velocidad de movimiento de los barcos, sin embargo, no eran aplicables a la navegación aérea, ni en cualquier aplicación donde el móvil viaje a cierta velocidad.

El GPS es un sistema de radionavegación basado en la emisión de señales desde una constelación de 24 satélites. Se encuentra completamente operativo desde 1995, y fue diseñado y promovido por el Departamento de Defensa de

los Estados Unidos con fines principalmente militares, aunque también es posible el acceso público a una versión degradada, de menor precisión, de las señales que emiten los satélites.

El GPS permite a un número ilimitado de usuarios calcular con gran precisión y de forma continua tres parámetros:

- Posición 3D. Coordenadas y altura del usuario.
- Tiempo. Los satélites emiten información temporal en UTC (Universal Time Coordinated).
- Velocidad del móvil. Esta información requiere de un equipo receptor especial.

El cálculo de la posición en el sistema GPS se basa en la idea de que las coordenadas (X, Y, Z) pueden determinarse a partir de las distancias a objetos cuya posición es conocida. En la **Figura 1** se muestra gráficamente como un receptor recibe señales de diferentes satélites.

Los satélites emiten una posición instantánea y su hora local. La distancia a cada uno de ellos se calcula midiendo el tiempo de tránsito de la señal, es decir el tiempo que tarda en llegar al receptor. Esto supone que el receptor dispone de un reloj sincronizado con el sistema de satélites. Sin embargo, el tiempo puede obtenerse como una coordenada más a partir de los parámetros de 4 satélites (4 medidas).

El GPS ofrece dos servicios: Estándar y de precisión, conocidos como SPS (Servicio de Posicionamiento Estándar) y PPS (Servicio de Posicionamiento de Precisión).

Las principales características del PPS son:

- Precisión de 10 m. en el Plano horizontal, y 13.8 m. en el vertical.
- Ofrece información temporal en UTC con una precisión de 100 nseg, referenciada al observatorio de la marina Americana UTC (USNO).
- La velocidad puede calcularse con un error de 0.1 m/seg.
- Los usuarios principales del PPS son los militares, agencias del gobierno americano, y civiles autorizados.

El acceso PPS está controlado mediante dos sistemas criptográficos con el objetivo de ocultar y degradar las señales del GPS.

- AS (Antispoofing). Esta característica limita el acceso a las señales a través de criptografía, con el objetivo de impedir que un adversario pueda generar y emitir una señal GPS que confunda al receptor.
- SA (Selective Availability). El reloj del satélite se degrada produciendo desviaciones en las marcas temporales (aumentando la imprecisión por inestabilidad de la base de tiempos como se muestra en la **Figura 2**). Un segundo sistema de degradación, que aparentemente no suele

emplearse con frecuencia, consiste en la emisión de datos erróneos sobre la posición de los satélites.

El servicio SPS utiliza las señales degradadas del GPS, y las características que ofrece son las siguientes:

- Ofrece una precisión de 100 m en el plano horizontal y 156 m en altura.
- Permite fijar el tiempo con un error de 340 nseg.
- Disponibilidad para cualquier usuario en cualquier parte del mundo.
- No hay restricciones de límites de uso.

Muchas aplicaciones civiles requieren mayor precisión en el posicionamiento de la que ofrecen SPS o PPS: maniobras de aproximación y de aterrizaje de aviones, agricultura, exploración petrolífera, energía, minería, geología, etc. Para éstas, es necesario emplear técnicas que reducen drásticamente el error, y que se conocen genéricamente como DGPS o GPS diferencial. Los métodos diferenciales se basan en la idea de que es posible reducir el error si se utilizan o correlacionan las distancias medidas de dos o más receptores GPS a los mismos satélites.

## 4.2 ESTRUCTURA DEL GPS

El sistema GPS consta de 3 segmentos cuyas funciones y características principales son las siguientes:

- **Segmento Espacial.** Lo forman el conjunto de satélites en órbita.
- **Segmento de Control.** Tiene su base en tierra, y se encarga de hacer el seguimiento y la predicción de las órbitas, verificar la integridad de las señales, calcular las correcciones de los relojes, etc.
- **Segmento de Usuario.** Lo conforman los equipos de receptores, de navegación, temporización, vigilancia, etc.

Justamente en la aplicación como temporizador en el segmento de usuario es en la que me basaré para realizar este Proyecto de Tesis.

### 4.2.1 SEGMENTO ESPACIAL

El segmento espacial está conformado por una constelación de 24 satélites como se muestran en la **Figura 3** con las siguientes características:

- Órbitas cuasi-circulares de 26.600 Km de radio.
- 6 planos orbitales, con 4 satélites por plano.
- 55 grados de inclinación respecto al ecuador (referencia de latitud).

- 60 grados de separación en longitud.
- Período orbital de  $\frac{1}{2}$  día sideral: 11h 58 min.

Los satélites se han ido sustituyendo por versiones más complejas, aunque desde el punto de vista del usuario, las señales que emiten son idénticas a las versiones previas. La mayoría de los que actualmente se encuentran orbitando poseen las siguientes características:

- Tres relojes atómicos: uno de Cesio y dos de Rubidio, lo que aumenta la fiabilidad y operatividad.
- Sistema de paneles solares.
- Un conjunto de antenas para la emisión de las señales GPS, la comunicación con las estaciones de tierra, y para la comunicación entre satélites.
- Un sistema de navegación autónoma (AutoNav) que les permite mantener su órbita y su reloj interno durante 180 días.

En la **Figura 4** se visualiza la posición nominal de la constelación de satélites GPS tanto de los activos como los de reserva.

#### **4.2.2 SEGMENTO DE CONTROL**

La Fuerza Aérea Norteamericana (USAF) es responsable del segmento de control, que se encarga de:

- Planificar el sistema y lanzar nuevos satélites.
- Efectuar tareas de mantenimiento (P.ej. comprobar los paneles solares, los relojes internos, etc).
- Medir las posiciones de los satélites y predecir sus órbitas.
- Medir y ajustar los relojes atómicos.
- Analizar las señales emitidas.
- Transmitir los datos y las correcciones a los satélites.

Los satélites son seguidos desde 5 estaciones terrestres repartidas por todo el mundo: Isla Ascensión, Diego García, Kwajalein, Hawai y Colorado. Desde las 3 primeras, además del seguimiento pueden también enviarse a los satélites los datos que deben emitir. En la **Figura 5** se muestra la ubicación exacta de las estaciones terrestres en el planisferio.

Las estaciones terrestres poseen dos relojes atómicos de Cesio referenciados al sistema de tiempo del GPS. De forma continua, calculan las posiciones y la hora de todos los satélites que tenga a la vista. Estos cálculos se efectúan con una precisión extrema, teniéndose en cuenta incluso el estado de la atmósfera y su influencia en la refracción de las señales. Con estos datos, se calculan las

órbitas y las correcciones temporales para los siguientes 210 días. Estos resultados se envían a los satélites cada 30 días.

#### **4.2.3 EL SEGMENTO DE USUARIO**

Lo forman los equipos receptores y la comunidad de usuarios del GPS. Los receptores GPS convierten las señales recibidas desde los satélites en Posición, Velocidad y Tiempo (PVT). Se necesitan 4 satélites para calcular las 4 dimensiones X, Y, Z y Tiempo como se muestra en la **Figura 6**. Los receptores GPS se utilizan para navegación, posicionamiento, difusión del tiempo, etc.

La navegación en 3D es la aplicación principal del GPS. Los receptores se emplean en aviones, barcos, vehículos terrestres, y aparatos de mano.

El posicionamiento de precisión puede conseguirse empleando técnicas de GPS diferencial. Como ejemplo de aplicaciones están la vigilancia y el estudio de movimiento de placas tectónicas.

La difusión del tiempo es otra de las aplicaciones del GPS, útil en aquellos casos en los que interesa disponer de una referencia temporal de cierta precisión: Observaciones astronómicas, instalaciones de telecomunicaciones, etc.

### 4.3 SEÑALES Y MEDIDAS

Los satélites emiten dos señales L1 y L2 en la banda de las microondas. L1 (1575.42 MHz) transporta el mensaje de navegación y las señales del servicio de posicionamiento estándar SPS. La frecuencia L2 (1227.60 MHz) se emplea para el servicio de posicionamiento de precisión PPS, y para medir los retrasos de propagación de las señales en la atmósfera.

Las señales L1 y L2 modulan y transportan información que podríamos clasificar en los 3 niveles que se muestran en la **Figura 7**.

Las principales características de la Onda Portadora son las siguientes:

El sistema de modulación de las señales L1 y L2 es del tipo: BPSK (BiPhase Shift Keying) que se muestra en la **Figura 8**. Este método es uno de los más adecuados si se desea calcular a partir de la señal la distancia recorrida desde el satélite al receptor.

La información que se modula en este nivel corresponde a las secuencias PRN, no a los datos de navegación. En el sistema GPS se emplean dos secuencias PRN:

- Secuencia de Adquisición Común : Datos  $\otimes$  Código C/A
- Secuencia de Precisión : Datos  $\otimes$  Código P(Y)

En la **Figura 9** se muestra cómo se transporta estas secuencias en la banda L1 y L2.

Como puede observarse, L1 transporta las dos secuencias numéricas: Datos  $\otimes$  Código C/A, y Datos  $\otimes$  Código P(Y).

La señal L2 en cambio transporta una única secuencia numérica seleccionable de entre las tres siguientes: Datos  $\otimes$  Código C/A, Datos  $\otimes$  Código P(Y), ó Código P(Y).

#### **4.3.1 CDMA, ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE CODIGO**

Todos los satélites emplean el mismo sistema y las mismas frecuencias portadoras. Se plantea entonces la cuestión de sí las señales de distintos satélites interfieren entre sí en el receptor. La respuesta es que sí.

Sin embargo, la forma en que se han generado las secuencias binarias permite recuperar los datos de cada satélite de forma individual, conociendo y empleando una clave asociada a cada uno de ellos. Este método de acceso a un canal de comunicación se conoce como CDMA (Code Division Multiple Access).

En la **Figura 10** se muestra este tipo de acceso y en el que se incluye un Modulador de Espectro Disperso por Secuencia Directa (DSS)

A cada bit se le asocia un tren de pulsos, diferente para cada emisor, construido bajo los siguientes criterios:

- El tiempo de duración de un bit se subdivide en intervalos iguales. Cada intervalo se le denomina **CHIP**.
- Empleando como base de tiempos los chips, los trenes de pulsos deben ser tales que no exista coincidencia completa entre ellos, sea cual sea el origen de tiempos.

Aunque desplazemos a izquierda y derecha las secuencias de la **Figura 11**, la coincidencia será menor de 50%. Este proceso de comparación se conoce como *Correlación* de las secuencias de bits.

En **Figura 12** se ve como puede extraerse la información mediante la correlación entre la señal recibida y los patrones de bits:

La señal recibida es el resultado de la interferencia entre un "1" del emisor 1, y un bit desconocido del emisor 2.

Se puede observar cómo el proceso de correlación, o medida de coincidencia permite encontrar la información emitida.

En la **Figura 13** se muestra que la señal recibida es una interferencia entre un "0" del emisor 1 y un "1" del emisor 2.

Por lo tanto, los bits emitidos pueden ser comparados con los patrones asociados a cada emisor. Si no se conocen los patrones de un emisor, no es posible encontrar la información enviada.

Desde el punto de vista práctico, resultaría imposible calcular los patrones de bit con un gran número de chips, para muchos emisores diferentes, asegurándonos además de su baja correlación. Sin embargo, existen algoritmos que permiten, a partir de una clave o número inicial, generar secuencias de bit con las características anteriores. Como es el ejemplo de la **Figura 14**.

Las secuencias generadas mediante registros de desplazamiento se conocen como Secuencias Pseudo aleatorias (PRN - Pseudorandom number) El nombre se debe a dos motivos: en primer lugar, la baja correlación es una característica típica de señales aleatorias, y el segundo motivo es que debido al tamaño finito del registro de desplazamiento, esas secuencias se repiten periódicamente cada cierto número de chips.

La estructura de un modulador de espectro disperso es como se muestra en la **Figura 15**.

### 4.3.2 CODIGOS C/A Y P(Y)

El GPS emplea dos tipos de moduladores DSS, que emplean dos generadores de secuencias pseudo aleatorias diferentes.

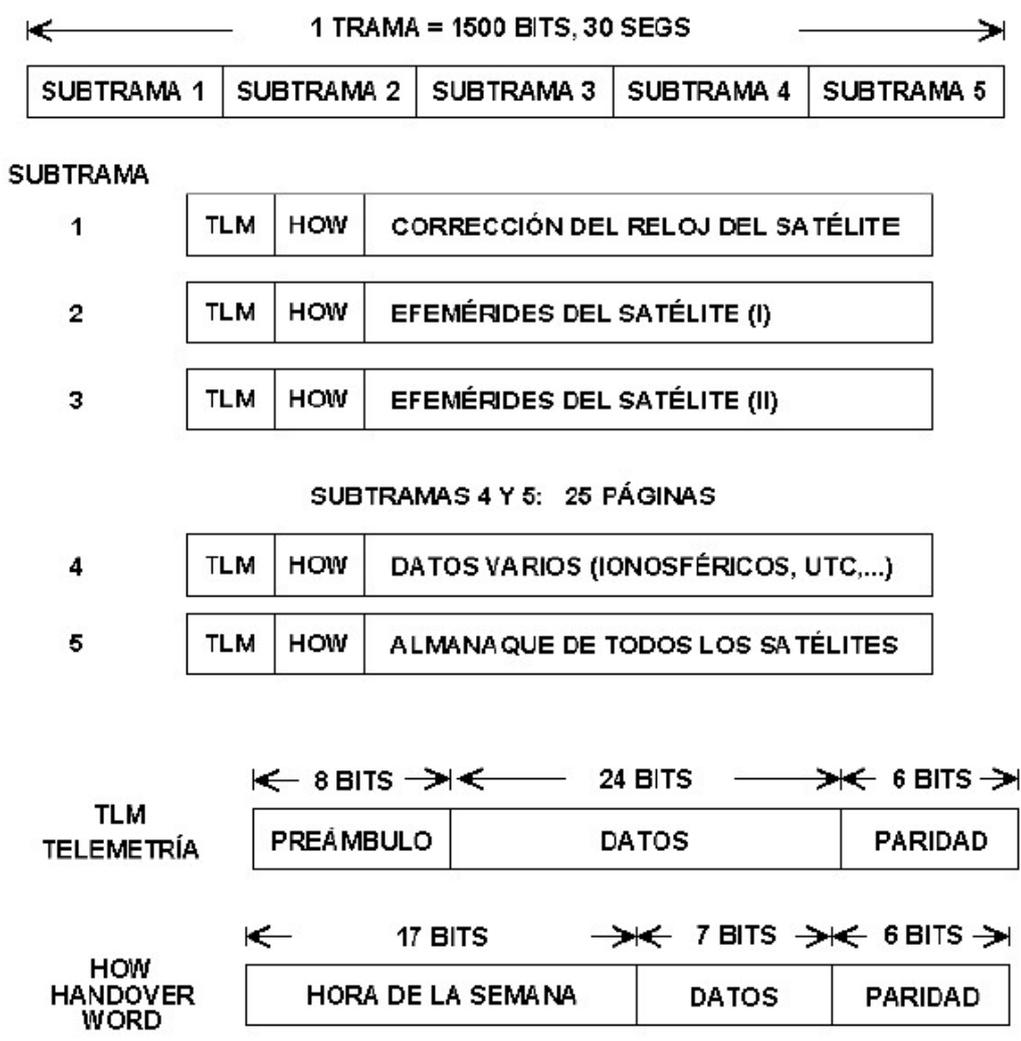
- Códigos C/A (Adquisición Común). La señal generada con estos códigos C/A (Datos  $\otimes$  C/A) se utiliza en el servicio de posicionamiento estándar, el de menor precisión.
- Códigos P(Y) (Precisión - Código Y). La señal Datos  $\otimes$  P se emplea en el servicio de posicionamiento de precisión. El código Y es un sistema de cifrado que impide acceder a las secuencias P cuando se utiliza. En ocasiones puede emitirse la señal P sin codificar.

Los códigos C/A poseen una periodicidad de 1023 chips, mientras que los códigos P(Y) tienen una repetitividad de  $6.187 \times 10^{12}$  chips. En la **Figura 16** se muestra los dos tipos de moduladores.

Y en la **Figura 17** se muestra la composición, periodos y frecuencias de las señales generadas y emitidas.

### 4.3.3 MENSAJE DE NAVEGACION

El mensaje de navegación es una tira de 1500 bits compuesta de 5 subtramas de 300 bits que se transmiten y actualizan de forma periódica a una velocidad de 50 bits/seg (30 segundos en total). La estructura de datos es la siguiente:



Donde

TLM : Datos de Telemetría.

HOW : (Handover Word). La principal información que contiene es:

- El tiempo transcurrido desde el comienzo de la semana en unidades de 1.5 seg.
- El número de subtrama.

SUBTRAMA 1 : Contiene información para calcular el reloj, la precisión esperada y evaluar el estado operativo del satélite.

SUBTRAMAS 2 Y 3: Contiene información para calcular la posición del satélite.

SUBTRAMAS 4 Y 5: Contiene mensajes en páginas, cambian sus contenidos en cada ciclo. Son como una ventana a través de la cual puede conocerse el estado y posición de otros satélites. La información que transporta puede clasificarse como sigue:

- Almanaque de los satélites. Es una versión reducida en bits, de menor precisión, de los parámetros para el cálculo del reloj y la posición de todos los satélites.
- Verificación funcional de los satélites.
- Datos ionosféricos para la corrección de la velocidad de propagación.
- UTC (Universal Time Counting). Contador de la hora universal.

## **4.4 RECEPTORES GPS**

Los receptores GPS son equipos diseñados para captar y procesar las señales emitidas por los satélites GPS. En el mercado existe una gran variedad, aunque su diseño y características difieren dependiendo de varios aspectos.

- Arquitectura de Hardware.
- Modo de Operación.
- Aplicación para la que se diseña.
- Técnica de procesado que aplican las señales.

La complejidad de la arquitectura de hardware, y por tanto de sus prestaciones, se mide por número de canales disponibles en el receptor, y su forma de gestionarlos. Un canal Hardware es el conjunto de recursos físicos dedicados al análisis y seguimiento de la señal emitida por un satélite.

### **4.4.1 SEGUN SU ARQUITECTURA**

#### **RECEPTORES CONTINUOS**

Disponen de 5 o más canales hardware para seguir a un mínimo de 4 satélites que utilizaría en el posicionamiento si fuera necesario. Los receptores GPS continuos son los más complejos, aunque ofrecen las mejores prestaciones.

**Ventajas**

- Fijan su primera posición de forma muy rápida, característica fundamental en algunas aplicaciones. P. ej en submarinos.
- Adecuado para vehículos de alta dinámica como aviones.

**Inconvenientes**

- Coste

**RECEPTORES SECUENCIALES**

Dispone de 1 o 2 canales de hardware. Siguen a un sólo satélite a la vez, miden la distancia al mismo y anotan el instante de la medida. Este proceso Se repite con otros tres satélites.

**Ventajas**

- Son los receptores más económicos.

**Inconvenientes**

- La fijación de su primera posición es lenta.

## **RECEPTORES MULTIPLEXADOS**

Dispone de un único canal de hardware, pero cambian el satélite que se está siguiendo a una gran frecuencia (típicamente 50 Hz), de este modo mantienen entre 2 y 8 algoritmos de software trabajando simultáneamente.

### ***Ventajas***

- Coste

### ***Inconvenientes***

- Son menos inmunes a interferencias intencionadas.

## **4.4.2 SEGUN SU APLICACION**

### **RECEPTORES DE PROPOSITO GENERAL**

Pequeños, compactos y económicos. Permiten presentación con mapas cartográficos. Son los más comerciales y permite dar posición exacta.

### **RECEPTORES COMO SENSORES DE NAVEGACION**

Integrables dentro de un sistema de navegación junto a otros sensores como es el caso de las marcas FURUNO, GARMIN, JRC (inerciales, magnéticos,...). Además contienen cartas de navegación para el ploteo.

## **RECEPTORES PARA TRAZADO DE MAPAS Y MEDICIONES**

Portátiles, permiten el almacenamiento de múltiples medidas para su uso posterior o post-proceso.

## **RECEPTORES DE REFERENCIA TEMPORAL**

Se emplea para el cálculo preciso del tiempo. Sobre la base de esta aplicación de receptor GPS es que se basará este Proyecto de Tesis.

En los Capítulos posteriores se hablará de como realizar la instalación de una Red o Sistema de Sincronismo en una Subestación Automatizada utilizando un receptor GPS de referencia temporal de tipo continuo ya que puede seguir hasta 8 satélites a la vez. Este será el reloj controlado por satélite GPS Modelo 1088B de Arbiter Systems, Inc.

## **CAPITULO V**

### **CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS Y ACCESORIOS**

#### ***5.1 RELOJ CONTROLADO POR SATELITE GPS***

El reloj controlado por satélite GPS Modelo 1088B de Arbiter Systems, Inc., provee flexibilidad, desempeño y valor para aplicaciones de sincronización mundial sin precedentes. Combinando la precisión GPS y la facilidad de usarla con características y opciones de interfase excepcionalmente flexibles en un

paquete que ahorra espacio, el Modelo 1088B ofrece un valor sin igual en los relojes sincronizados GPS.

Ofreciendo operación estándar de las fuentes de potencia de CA mundiales, de 110 a 275Vdc (también estándar), el Modelo 1088B se integra en la mayoría de los ambientes sin que se requiera de opciones. Las configuraciones opcionales de potencia incluyen enchufe de alimentación de terminal strip (1088opt07), capacidad de resistir a sobre voltajes (1088opt15) y operación con 10 a 85Vcd (1088opt08).

Las capacidades de entrada/salida (E/S) estándar configurable por el usuario, proveen más de 260,000 configuraciones posibles, con 22 diferentes señales disponibles, en una unidad estándar sola. Con la adición de las opciones disponibles son posibles trillones de combinaciones.

Las opciones de E/S disponibles añaden una amplia variedad de capacidades al Modelo 1088B. Salidas adicionales están disponibles en una variedad de formatos, incluyendo fibra óptica. Osciladores internos de alto desempeño también están disponibles.

## ***CARACTERISTICAS GENERALES DEL RECEPTOR***

### **Precisión de sincronización**

Las especificaciones aplican a la salida de 1PPS, en la presencia de Capacidad Selectiva (SA).

UTC/USNO +50ns cuando está recibiendo cuatro o más satélites y el modo de mantener posición está encendido.

UTC/USNO +100ns cuando está recibiendo un solo satélite y el modo de mantener posición está encendido.

UTC/USNO +200ns cuando está recibiendo cuatro o más satélites y el modo de mantener posición está apagado.

### **Sincronización**

Las señales CMOS de salida están sincronizadas a la salida de 1PPS, +50ns máximo.

IRIG-B modulada, + 1 $\mu$ s, máximo.

### **Precisión de la posición**

- 25 metros, SA apagada.
- 100 metros, SA encendida.
- Altitud, 140 metros, SA encendida.

- Todas las especificaciones rms, 95% de confiabilidad, con el modo de mantener posición apagado y recibiendo al menos 4 satélites.

### **Rastreo del satélite**

8 canales, código C/A (1575.42 MHz). El receptor rastrea simultáneamente hasta un máximo de 8 satélites. Los resultados del rastreo de todos los satélites son promediados en el modo de mantener posición o, en el modo de mantener posición apagado, usando la estimación de mínimos de cuadrados.

La batería de respaldo de información GPS está incluida en el Modelo 1088B. Esta característica mejora el tiempo de adquisición al suministrar alimentación constante al reloj de tiempo real y a la RAM en el módulo de receptor GPS.

## ***CONFIGURACIÓN E/S***

### **Conectores**

Cuatro BNC, configurables por el usuario. Cada conector es configurable como una entrada específica o como cualesquiera de las 22 funciones de salida, listadas abajo, por medio de jumpers internos (push-on). Cada conector de salida se almacena independientemente. La configuración puede ser cambiada fácilmente en el campo.

Las salidas análogas son amplificadores operacionales (LF353) seguidores con resistencias de protección de 560 ohmios.

Las salidas digitales CMOS son de tipo buffer (74HC123) con resistencias de fuente de 47 ohmios.

### Funciones de salida

Análoga      IRIG-B, 1KHz modulada, 10Vp-p Desviación de 1PPS; + 5V a  
10ms/V

5V CMOS      IRIG-B, E,D, o H, cambio de nivel CD

1 PPS, 1 PPM, 1 PPH

1, 10, 50, 60 o 100 PPS

1, 10, o 100 kPPS

1, 5, 10 MPPS

Enlazado

Pulso programable

IRIG-B Manchester modificado (IEEE estándar 1344)

En la **Figura 18** se observa la vista delantera de este receptor GPS.

### INTERFACE

**Operador**

Pantalla	Pantalla de cristal líquido de 2 x 20 caracteres supertwist
Funciones	Tiempo: UTC o Local Posición: latitud, longitud, altitud Estado del receptor y reloj Desviación de 1PPS (entrada) Tiempo de evento
LEDs de	Operando (verde)
Estados	En línea (verde) No enlazado (rojo) Falla (rojo)
Teclado	Ocho teclas

**Sistema**

RS-232	1200-19200 baudios; 7/8 bits de datos; 1 ó 2 bits de parada, paridad par/impar/sin paridad. Tiene modo de interrogar (normal) y seis modos de emisión: ASCII estándar (IRIG-J), Despliegue largo vorne, estado/alarma,
--------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ASCII extendido, información de evento, y ASCII con calidad de tiempo.

Disponible segundo puerto, macho de 9-pines D-sub (orden número 1088opt17A).

## REQUERIMIENTOS DE POTENCIA

### Estándar

Voltaje 85-264Vca, 47-440Hz, 20VA máx. o 110-275 Vcd, 15 máx.

Enchufe IEC-320 con fusible y cordón.

## GENERAL

### Físico

Tamaño 1 unidad de montaje en rack (1UR) o de mesa, de 26mm de profundidad (FMS). Montaje del rack incluido.

Peso 2 kg (4.5 lbs.) neto

8 Kg (17 lbs.) transporte

Antena Externa, montaje de tubo con rosca de  $\frac{3}{4}$  “  
Tamaño: 77.3 dia x 74.6 mm (3.04”x2.94”)  
Peso: 100 gramos (3.5 oz)

Cable de la Antena Tipo RG-6, 15m (50 pie) provee

Peso: 0.69 kg (1.52 lbs.) por 15m

### **Ambiente**

Temperatura Operando : 0° a +50° C (-20° a +70° C típ.)

No operando: -40 a +75° C

Humedad Sin condensación

### **Opciones**

Hay dos ranuras de opción internas (A y B) en el modelo 1088B y las opciones se arreglan en dos categorías: aquellas que requieren espacio de ranura de opción interna, y aquellas que no. Solamente una opción puede ocupar las ranuras de opción individuales. Las opciones las cuales utilizaremos según nuestra demanda actual para este Proyecto serán la opción 20A (para la ranura A) y la opción 32 (para la ranura B).

Para futuras expansiones se hace un breve análisis de la opción 18 ya que se trata de un megabus IRIG-B con automonitoreo y segundo puerto serial RS232. Esta opción se puede utilizar si en una futura expansión en la red de sincronismo si se coloca otro reloj GPS redundante. En este caso la opción 18 puede insertarse en la ranura B del nuevo 1088B.

Seguidamente se describe las salidas BNC predeterminadas en el reloj GPS, las dos opciones a utilizar, la opción 18 y finalmente la antena receptora.

### **5.1.1 SALIDAS BNC CONFIGURABLES**

Cuatro salidas en el panel trasero, las funciones que se pueden seleccionar individualmente para 2 señales analógicas o 19 señales digitales. La configuración de las cuatro salidas puede cambiarse cuando se quiera vía las posiciones de los jumpers internos.

## **ESPECIFICACIONES**

### ***General***

Conectores de salida: Tipo BNC conectores de RF (4).

**Salidas Analógicas**

- El Tipo de Salida : Salida de amplificador operacional (LF353), con resistencia en serie de 560 ohm.
- Salidas disponibles : Todas las salidas disponibles en el reloj Modelo 1088B.
- IRIG-B Modulada : IRIG formato B código de tiempo, modulado hacia 1 kHz con 10 Vpp onda portadora senoidal.
- Desviación :  $\pm 5$  voltios análogos, correspondiendo a 1 PPS desviación canal A o B. La proporción es 1 V por 10 $\mu$ s de desviación ( $\pm 50 \mu$ s escala llena).

**Salidas Digitales**

- Tipo de Salida : CMOS de gran velocidad (74HC123), 0 a 5 voltios, con resistencia en serie de 47 ohm.

**Salidas Disponibles**

- IRIG-B : IRIG formato B código de tiempo (no-modulada).
- IRIG-D : IRIG formato D código de tiempo.
- IRIG-E : IRIG formato E código de tiempo.

IRIG-H	:	IRIG formato H código de tiempo.
10 MPPS	:	10,000,000 pulsos-por-segundo (PPS) onda cuadrada, síncrono para salida de 1PPS.
5 MPPS	:	5,000,000 PPS onda cuadrada, síncrono para salida 1PPS.
1 MPPS	:	1,000,000 PPS onda cuadrada, síncrono para salida 1PPS.
100 kPPS	:	100,000 PPS onda cuadrada, síncrono para salida 1PPS.
10 kPPS	:	10,000 PPS onda cuadrada, síncrono para salida 1PPS.

Si en caso las cuatro salidas BNC configurables fueran insuficientes para las necesidades que se exigen, el modelo 1088B admite la opción 03 la cual tiene disponible 4 salidas adicionales configurables. Esta opción 03 puede insertarse en la ranura A de receptor GPS.

En la **Figura 19** se muestra la tarjeta interna de las entrada/salidas del modelo 1088B, se puede apreciar que para la elección del tipo de entrada o salida se debe de cambiar la posición de los jumpers.

### **5.1.2 BUS DE DISTRIBUCIÓN IRIG-B, AUTOMONITOR Y SEGUNDO**

#### **PUERTO RS-232**

La opción 18 para el modelo 1088B, la cual para nuestro caso en particular solo se incluirá en caso de expansión futura, agrega varias capacidades al reloj que se utilizan a menudo en aplicaciones de estos sistemas. Éstos incluyen un amplificador del bus de distribución IRIG-B, que puede conducir docenas de cargas con cientos de distancias; un monitor de incidente que amplía la

capacidad del modelo 1088B de detectar incidentes internos; un segundo acceso serial (RS-232), que puede ser utilizado como guardián de acontecimiento del estatus, para una salida de tiempo, para conectar una segunda PC; o como interfaz de reloj redundante que permite que dos relojes modelo 1088B sean interconectados para formar un sistema redundante de sincronización.

## ESPECIFICACIONES

### Bus De Distribución IRIG-B

Conector De Salida:	Tira terminal pluggable, centros de 5mm.
Cargas	: Con la carga de los taps modelo 10882A.
Longitud del bus	: Limitada por la configuración de bus; conducirá 500 m. del cable de conductor doble retorcido AWG18 en una configuración lineal.
Retardo	: Menos de 100 microsegundos, típico; depende de las cargas y de la configuración del bus.
Nivel de Salida	: Salida de Tap 6,4 - 11 Vpp, circuito-abierto; 3,2 - 5,5 Vpp, en carga de 600 ohmios.

## Monitoreo De Incidentes

Indicación : Vía el relé del panel - posterior, la visualización del panel de delante, o el acceso serial.

### ***Incidentes Detectados:***

Distribución De IRIG-B: Tres modos de incidentes generarán un alarmar: Cualquier corte en el megabus de la distribución; Un corto circuito, o impedancia de la carga debajo de 50 ohmios; o cualquier pérdida de la señal de mecanismo impulsor de señal IRIG-B.

## SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN IRIG-B

La opción 18 para el modelo 1088B GPS Satellite-Controlled Clock proporciona un bus de distribución IRIG-B que sea capaz de conducir 24 taps separados, con carga de 600 ohmios, concluyendo una longitud de 500 metros de cable. Longitudes de cable más largo, o más taps ligeramente, pueden ser posibles, dependiendo de los niveles de cargas y de señal requeridos.

La opción 18 incluye un monitoreo incorporado del sistema de la distribución, que controla continuamente si hay dos condiciones: La presencia de una señal

de IRIG en las terminales de salida del bus y continuidad eléctrica de la C.C. en el cable del bus de distribución. Cualquier incidente en la unidad central del reloj o la tarjeta de la opción 18 que dan lugar a la pérdida de mecanismo impulsor de IRIG, cualquier cortocircuito del bus a aproximadamente un kilómetro del reloj (o más, dependiendo de la configuración de bus y de la carga total), y cualquier circuito abierto eléctrico (un corte de cable, por ejemplo) será detectado y señalado como INCIDENTE vía el LED de Falla del panel delantero, la salida de Falla de relés y RS-232.

Incluso en la presencia de una rotura en el cable, el servicio se puede mantener en todos los taps, y la rotura detectada y señalada para el mantenimiento, usando el adaptador de la distribución Redundant-Ring (anillo redundante) del modelo 10885A IRIG-B con un anillo o un bus bucle-loop-configured de la distribución (donde el “extremo lejano” del bus se trae físicamente de nuevo al comienzo). Esto permite que el sistema ofrezca un grado substancial de supervivencia con respecto a los cables quebrados, mientras que no obstante señalando el problema para la acción correctiva. El modelo 10885A también proporciona 3750 Vrms de aislamientos del extremo de vuelta del bus en la unidad central del reloj, para evitar que los voltajes inducidos en el bucle del bus hagan fluir corrientes en el bus de distribución o en su blindaje.

El TAP modelo 10882A se utiliza para proporcionar una señal de salida desbalanceada, aislada a sus cargas de sistema. La impedancia de fuente de este tap es aproximadamente 600 ohmios, y proporcionará un nivel de la señal

en circuito-abierto de 6,4 a 11 Vpp, dependiendo de la carga total del sistema y la distancia de la unidad central del reloj. Cada tap proporcionar 3750 Vrms de aislamiento en la distribución del bus con carga, así como supresión y filtro EMI. Los taps con aislamiento capacitivo aíslan al bus de C.C. que vigila la corriente.

El divisor modelo 10883A se utiliza para conducir una ramificación del bus principal de distribución, o para partir un bus en dos ramificaciones. Conduce las dos ramificaciones hechas para salir en paralelo por lo que la señal de IRIG-B, mientras que están conectadas en serie para el bucle de C.C. que monitorea la corriente.

Un terminal modelo 10884A está situado en el extremo de un bus lineal de la distribución, y de uno a otro extremo de cada ramificación. Este terminal inductivo proporcionar una alta impedancia para la señal IRIG-B mientras que proporcionar un camino de vuelta para C.C. bucle de corriente para utilizar el continuo monitoreo.

### **Configuraciones del Bus**

Usando estos tres componentes, una red lineal o ramificada se puede ensamblar en cualquier configuración requerida, mientras que mantienen la capacidad del monitor del bus de la opción 18 de detectar un incidente de circuito-abierto en cualquier punta a lo largo del bus o cualquier ramificación. Si el adaptador es redundante-anillo del modelo 10885A que se utiliza para

construir una red básica del anillo, entonces el terminal del modelo 10884A y el divisor modelo 10883A no se requieren. Sin embargo, según lo mostrado en las figuras de acompañamiento, un sistema complejo se puede construir usando los anillos, las ramificaciones, y los segmentos lineales en varias combinaciones como sea necesario para satisfacer sus requisitos.

### **Determinación Nivel de Salida de Señal Actual**

Los niveles reales de la señal en las salidas de los varios taps se pueden aproximar con exactitud aceptable tratando la red como arsenal o arreglo de resistencias. La impedancia de la fuente de la salida del bus de la opción 18 es aproximadamente 21 ohmios. El cable recomendado (***Belden 8760 el cual se detalla más adelante***). El adaptador del redundante-anillo del modelo 10885A tiene una resistencia eficaz en serie a la señal de la CA de aproximadamente 10 ohmios. El divisor del modelo 10883A tiene una resistencia eficaz en serie de menos de un ohmio.

Cada tap del modelo 10882A pone una carga a través del bus de aproximadamente 580 ohmios más la impedancia de la carga que está conduciendo; es decir el tap actúa como un resistor de los 580-ohmios en serie con la carga, con la cual forma un divisor del voltaje. El adaptador terminal modelo 10884A se puede tratar como circuito abierto en cuanto se refiere la señal de IRIG.

Usando estos números, junto con las impedancias de la carga, en un programa conveniente de análisis de circuitos, o solucionando las ecuaciones del bucle manualmente, la atenuación de la salida del bus de la opción 18 a la carga en cada tap puede ser determinada. El nivel de la salida en circuito abierto en la salida del bus de la opción 18 es nominalmente 11 voltios de pico a pico con una tolerancia de +5%; sabiendo esto, junto con los valores de la atenuación, usted puede calcular el nivel de la señal en cada tap.

### **Límite Total de la Resistencia en C.C. - Monitoreo del Bus**

Este es un límite de 500-ohmios en la resistencia total de la C.C. del sistema de la distribución para asegurar la operación apropiada del monitoreo de continuidad del bus. Este límite no será normalmente un factor en diseño del sistema. No obstante, la resistencia en C.C. del bucle se debe calcular para cada sistema.

Puesto que todos los componentes que pasan la corriente en C.C. están con eficacia en serie por la corriente C.C., las resistencias pueden ser resumidas simplemente. Si el total es menos de 500 ohmios, se asegura la operación apropiada.

La resistencia del cable es 43 ohms/km (13 ohms/Mft.) para la corriente de monitoreo en C.C.. La resistencia en C.C. del adaptador del redundante-anillo del modelo 10885A es 4 ohmios. La resistencia en C.C. de cada adaptador terminal del modelo 10884A y de cada divisor del modelo 10883A es 30

ohmios. El número de taps no tiene ningún efecto en la resistencia del sistema en C.C.. La magnitud de la corriente del monitoreo en C.C. es 10 mA +10% con un voltaje máximo en circuito abierto C.C. de 8,5 voltios.

### **Detección de corto circuitos; Capacidad de Mecanismo Impulsor**

La salida del bus de la opción 18 se piensa para conducir una carga de CA total de 50 ohmios o mayor, aunque continuará funcionando sin la distorsión excesiva de la señal en cualquier impedancia. El monitoreo del bus incluye un circuito que detecte la presencia de la señal de IRIG-B en la salida de sistema. El monitoreo del bus es sensible a ambas formas de onda de la señal en la salida del bus (debe parecer una señal modulada de IRIG-B), y al nivel de esa señal.

Si la impedancia de la carga cae debajo de aproximadamente 40 ohmios, una caída en el nivel de la señal ocurrirá debido a la resistencia de la fuente de 21-ohmios del conductor del bus. En este punto, el nivel de la salida caerá debajo del umbral requerido por el monitoreo del bus, alternadamente haciendo un INCIDENTE del bus y será señalado. Puesto que en la operación normal la carga de sistema excede 50 ohmios, tal incidente debe ser el resultado de un cortocircuito en una cierta punta a lo largo del bus.

Así, la función del monitoreo del bus de la salida de la distribución de la opción 18 IRIG-B es capaz de detectar los tres tipos más probable de incidente del sistema: incidente de la señal de mecanismo impulsor de IRIG-B en la fuente, un circuito abierto a lo largo del bus de la distribución, o un cortocircuito del bus de la distribución.

## Instalación

La instalación del bus de la distribución IRIG-B es directa para los experimentados con la instalación de cableado de control y de la comunicación. No se requiere ninguna herramienta especial. Todos los componentes se terminan con los bloques de terminales pluggable, tipo tornillo. Un destornillador plano de 3 milímetros (1/8"), cortador de alambre y los separadores son todo que se requiere para terminar el cable.

En la **Figura 20** se muestran topologías típicas de la red como demostración. Los varios componentes se pueden conectar juntos en cualquier configuración deseada, a condición de que las reglas básicas descritas arriba no estén rotas. Las ramificaciones múltiples o los bucles pueden ser utilizados, y el número de taps es limitado solamente por los requisitos de carga total y de la señal descritos arriba. El límite de 24 taps se aplica solamente si todos se cargan con 600 ohmios; para impedancias más altas o más bajas de la carga, un mayor o poco número de taps será posible.

Al conectar la red, observe la polaridad de todos los componentes. La señal de IRIG-B y la C.C. colocan en monitoreo que la corriente tiene polaridad y que se debe observar para la operación apropiada. Todos los componentes necesitados para ensamblar su sistema están marcados para la polaridad.

La salida de los taps es aislada y flotante, y cualquier extremo puede ser puesto a tierra. Sin embargo, si la polaridad de la señal es incorrecta, el dispositivo que es conducido por el tap puede no funcionar correctamente.

En la **Figura 21** se muestran los dispositivos que componen esta red así como la forma de su conexionado.

### **5.1.3 SALIDAS DE FIBRA ÓPTICA**

La Opción 20A proporciona cuatro salidas de fibra óptica individualmente seleccionables con conectores tipo ST y transmisores de 820nm compatible con fibra multimodo.

## **ESPECIFICACIONES**

Cada salida de fibra óptica es configurable con jumper para salida de señal digital estándar (CMOS). Las señales analógicas, IRIG-B Modulada, y  $\pm 5v$  Registrado no son seleccionables.

Opción 20A proporciona una potencia de salida óptica de -15dBm mínimo (-12dBm típico) en fibra de 62.5/125  $\mu\text{m}$ .

La señal óptica es enviada siempre que la señal de la lógica seleccionada sea HI. El ancho de banda (BW) del transmisor es compatible con todas las señales lógicas disponibles.

Opción 20A puede instalarse en la ranura A o B del Modelo normal 1088B. Pero como la ranura B estará ocupada por la opción32, entonces se colocará en la ranura A.

### **Salida Habilitada (JMP5)**

Este jumper es usado en fábrica para poder habilitar las salidas para los transmisores ópticos. Para el funcionamiento normal, posicionar el jumper en "A". Con dos relojes que contienen Opción 18 y configurado para el funcionamiento redundante, este jumper puede posicionarse en "B", permitiendo las salidas ópticas sean externamente paralelas y manejadas por el reloj en línea. Normalmente, este jumper será configurado como requerido cuando se entrega de fábrica.

### **Salida Habilitada Jumper (JMP1-JMP4)**

Las señales de salida digital estándar (CMOS) pueden estar seleccionadas para funcionar como una vía de salida de fibra óptica poniendo los jumpers

JMP1 a través de JMP4 en la Tabla de la Opción Fibra óptica. En la **Figura 22** se ilustra la Placa Impresa de la opción 20.

## **Output Transmitter**

CR1

CR2

CR3

### **5.1.4 SERVIDOR DE PROTOCOLO DE TIEMPO DE RED INTERNO**

El NTP (Protocolo de Tiempo de Red) está diseñado para distribuir el tiempo en un conjunto de redes interconectadas, adoptado como estándar para sincronización de relojes a través de Internet. Sus propiedades principales son:

- Proveer un servicio que permita a clientes a lo largo de Internet estar sincronizados con precisión con el UTC.
- Prever un servicio fiable que pueda sobrevivir a pérdidas largas de conectividad.
- Permitir que los clientes puedan resincronizarse con suficiente frecuencia.
- Uso de técnicas de autenticación para verificar el origen de los datos.

Los Servidores Primario (estrato 1) están conectados a UTC. Servidores Secundarios (estrato 2) están sincronizados por los servidores primarios. El

nivel más bajo de la sub-red lo constituye los servidores de tiempo de las máquinas de los usuarios.

Hay que tener muy en cuenta que los relojes internos de los ordenadores serán menos precisos cuanto mayor es el número de estratos, entonces el NTP tiene en cuenta el Tiempo de Ciclo total del mensaje hasta la raíz y en caso de falla se hace una reorganización de la sub-red (resincronización).

Es por ello que es necesario utilizar un NTP Server que cumpla la función de servidor primario y que sincronizará a los de nivel más bajo (Servidores y WorkStation).

El receptor GPS incluye una opción (opción 32) NTP Server Interno con la cual será mucho más precisa la sincronización de los ordenadores ya que este Servidor NTP Interno del receptor GPS será el estrato 1, los 12 ordenadores pasarán a ser el estrato 2 y el PLC pasará a ser el estrato 3 ya que tomará el tiempo con respecto de una PC a la cual esté conectada directamente.

## **DESCRIPCION GENERAL**

La opción 32 permite al reloj actuar como servidor de tiempo sobre una red ethernet usando protocolo de tiempo red operando en modo servidor. El tiempo es distribuido sobre la interfaz de la red a las computadoras, controladores y otro equipo que necesitan el tiempo correcto (sincronismo). La Opción 32 entiende marcos de NTP Versión 1, Versión 2 y Versión 3, y

opcionalmente soporta autenticación para el chequeo total criptográfico. Si la autenticación no es usada, el controlador puede usarse típicamente para centenares de clientes sin cargarlo excesivamente.

La autenticación requiere 40ms típicamente para verificar y generar los criptogramas que son cubiertos y promediados fuera del protocolo. La opción 32 soporta la totalidad de SNTP y todas las funciones de NTP requerido para el funcionamiento fiable del servidor.

## **ESPECIFICACIONES**

La opción 32 consiste en dos bloques; un OEM módulo de NTP y una interfaz para el reloj del GPS. El Servidor NTP (Opción 32) es conectado a la tarjeta principal vía la opción de cable estándar de 50 pines. El Servidor de NTP tiene dos conectores externos, un RS-232 (DB-9 macho) y un 10 Base-T (RJ-45). Además de los conectores hay tres LED's de estado colocados en el panel trasero. En la **Figura 23** se muestra este módulo de interfase.

### ***Conectores Externos***

El conector RS-232 puede usarse para interrogar al reloj o para configurar el módulo NTP dependiendo de las posiciones de los jumpers. Los parámetros del puerto se ponen a 9600, N, 8, 1. Este puerto RS-232 no es operacional

durante el uso normal. El puerto de ethernet se usa para distribuir el tiempo y también puede usarse para configurar el módulo NTP.

El puerto RS-232 usa un conector de 9 pines (DB-9). Este conector se configura como un dispositivo DTE como sigue:

Transmita (TXD)	Pin 2
Reciba (RXD)	Pin 3
Tierra (GND)	Pin 5

La opción 32 usa el estándar de conexión 10 base-T para conectarse a ethernet mediante el puerto RJ-45. A continuación se indica la función de sus pines.

Txd +	Pin 1
Txd -	Pin 2
Rxd +	Pin 3
Rxd -	Pin 6

### ***LED's de Estado***

Hay tres LED's de estados en el panel trasero de la Opción 32. Los LED's son de Enlace (verde), Sincronismo (verde) y Error (rojo). La Opción 32 realizará una prueba inicial cuando se encienda. Después una fase de prueba inicial

dónde todos los LED's de estado deben encenderse, los LED's indicarán el estado del Servidor NTP.

El LED de enlace (verde) está encendido cuando: la conexión ethernet 10 base-T es buena.

El LED de sincronismo (verde) está encendido cuando la señal de tiempo está sincronizado, la recepción de datos de tiempo es correcta, requiere ser sincronizado el reloj controlado por satélite. Si el LED de sincronismo destella con un ciclo de trabajo de 50% significa que un poco de información se recibió, pero no está sincronizado fiablemente.

Si el LED de Error está encendido o pestañeando el LED Synch darán un código de diagnóstico. Si el LED de Error (rojo) está encendido establemente, LED Synch (verde) destella.

- 1x: El error de EPROM-chequeo total
- 2x: El RAM-error
- 3x: El error de controlador de red
- 4x: E<sup>2</sup>PROM chequeo total error o malo
- 5x: Dirección IP ya es usada en red

El LED Error destellando, LED Synch destellando

- 4x: La conexión de la red es defectuosa
- 5x: Ninguna contestación de DHCP fue recibida

### ***Posiciones de los Jumpers***

Hay tres jumpers en la Opción 32. Los jumpers 1 y 2 (JMP1 y JMP2) controlan el puerto serial. Cuando JMP1 y JMP2 están en la posición A (arriba), Opción 32 operará como un Servidor NTP. Poniendo JMP1 y JMP2 a la posición B (al medio) permite interrogar al reloj. Ambos JMP1 y JMP2 deben ponerse en la posición C (abajo) para configurar el módulo de NTP vía el puerto RS-232. El jumper 3 (JMP3) es fijo según modelo del reloj.

Posición	Función
A	Reloj conectado al módulo NTP (predeterminado)
B	Reloj conectado al puerto externo RS-232
C	Módulo NTP conectado al puerto externo RS-232

JMP1 y JMP2 deben estar en la misma posición y deben exigir estar en la posición A para el normal funcionamiento de la Opción 32.

Posición	Función
A	Para la instalación en el modelo 1088B
B	Para la instalación en el modelo 1084A/B/C o Modelo 1093A/B/C

**Panel Frontal**

- a) Se aplica poder y se observa el despliegue del panel delantero, cuando “CLOCK STATUS STARTUP” se visualiza en la pantalla, se presiona el botón SETUP.
  
- b) Navegar a través de la serie de selecciones del menú, usando los botones DOWN, UP o SETUP, hasta que aparezca en pantalla la opción SET OPTION BOARD.
  
- c) Se presiona ENTER, y entonces se aprieta el botón UP hasta que la Opción 32 se visualiza. Luego se presiona ENTER.

Las modificaciones a los parámetros de operación (como formato Calidad de Tiempo o tiempo UTC/Local) pueden hacerse sin la reinicialización después de que la tarjeta se ha instalado e inicializado. Si el arreglo de la opción básica ha cambiado entonces la reinicialización pueden ser necesarias.

**Módulo de NTP**

El módulo de NTP puede configurarse sobre el puerto de ethernet o la opción del puerto RS-232. El ethernet es el puerto preferido.

**Ethernet**

Para configurar el módulo de NTP sobre la red, una conexión Telnet para puerto superior a 9999 debe ser establecido. El numero IP predefinidos para el ethernet es 192.168.0.232. Si la dirección IP del Servidor NTP (NTS) es desconocida o indefinida, los pasos siguientes para una dirección IP temporal son los siguientes:

- a) Fijar un ARP estático con la dirección IP deseada usando la dirección del hardware del NTS que está impreso en la etiqueta del producto. La dirección también puede calcularse por el número de serie. Debajo del comando ejemplo para WinNT/Win95, usando la sugerencia de DOS, cuando la dirección del hardware del NTS es el 00-20-4A-02-64-0B.

```
arp - s 192.168.0.232 00-20-4A-02-64-0B
```

- b) Abrir una conexión del telnet para el puerto número 1. Esta conexión fallará, pero el NTS cambiará su dirección IP al deseado en ese paso.

```
telnet 192.168.0.232 1
```

- c) Abra una conexión de telnet para el puerto 9999 y poner todos los parámetros requeridos.

```
telnet 192.168.0.232 9999
```

*NOTA:* La dirección IP temporal se revierte después de cada reestablecimiento de poder (RESET POWER) del NTS. Se debe estar seguro de entrar en la configuración y guarda los parámetros para que los cambios sean permanentes.

### ***Serial***

Un terminal PC con una emulación de terminal pueden conectarse a la opción de puerto RS-232, pero deben ponerse JMP1 y JMP2 en la posición "C". El terminal (o PC) debe configurarse a 9600 Baudios, ninguna paridad, 8 bit-datos, 1 bit de para. Las pruebas empiezan después de encender el equipo. Sobre un medio-segundo después el LED Error (rojo) estará pestañeando. Ahora se escriben tres letras minúsculas con caracteres "x" para el Servidor NTP. Estos caracteres deben todos enviarse dentro de uno segundo al empezar el modo de la configuración.

#### **5.1.5 ANTENA GPS**

El módulo de antena proporcionado con el Reloj del Satélite estándar se diseña para el uso al aire libre en todas las condiciones de tiempo. El rango de temperatura que opera se extiende de -40°C a +85°C (-40°F a +185°F), y el módulo es impermeable. Para recibir la máxima señal y la capacidad de adquisición de satélite la antena debe montarse al aire libre y fuera de grandes

estructuras. Montado en altura no es particularmente crítico, con tal de que la antena tenga la más clara vista al cielo posible en todas las direcciones.

Alternativamente, montar la antena debajo de una estructura a que son transparentes la energía RF a la frecuencia de GPS-L1 de 1.575 GHz. Cuando hay duda acerca de la conveniencia de una estructura, no causa daño probándolo. Tal como que una instalación puede reducir en costos y mejorar la fiabilidad, porque la antena y cable son para montura al aire libre, la vida útil se extenderá por la exposición a un ambiente más benigno.

## ESPECIFICACIONES

Cuando el módulo de la antena se monta verticalmente, el lóbulo de ganancia máximo se extiende verticalmente sobre la antena, y es casi esférico en la forma. Por consiguiente, la antena debe orientarse con la superficie de la montura paralela a la tierra, es decir montada el asta verticalmente. En esta posición, la ganancia de la antena sobre el horizonte será casi uniforme en todas las direcciones que permitirá la mejor recepción global de satélites visibles.

En la **Figura 24** se observa la antena receptora GPS a describir.

## Montura de la Antena

El módulo estándar de la antena se diseña para la montura en polarización vertical de 26-mm (DO 1.05-pulgadas o DI  $\frac{3}{4}$  -pulgadas para tuberías). El conector Tipo-F dentro del módulo de la antena es protegido de la exposición directa a los elementos cuando la antena está montada de esta manera. Esto extenderá la vida operacional de la interfaz antena-cable.

Al montar la antena, primero se dirige el cable de la antena proporcionado a través del mástil. Entonces, se ajusta el conector Tipo-F, en el fin del cable, al conector de la unión dentro de la montura de antena, se enchufa antes de montar en el asta. Es posible, para reducir la tensión en el cable y la conexión, permitir que el cable gire libremente al atornillar la antena hacia el asta. Alternativamente, se gira el asta mientras se esta sosteniendo la antena en una posición fija.

## Características Técnicas

Consumo de Corriente	30 mA máximo
Impedancia de salida	50 $\Omega$
Frecuencia	1575.42 MHz +/- 1.023 MHz
Polarización	Circular Mano-Derecha (RHPC)
VSWR	2.0 máximo
Relación Axial	90° : 4 dB máx, 10° : 6 dB máx.
Ganancia	35 dB +/- 3dB

Ruido	3.3 dB máximo (25°C +/- 5°C)
Ancho de Banda	50 MHz
Cobertura Azimut	360° (omni-direccional)
Cobertura de elevación	0° a 90° elevación (hemisférica)

Sus dimensiones y tipo de conector son como se ilustran en la **Figura 25**:

### **Cables para Antena disponibles y Accesorios para Longitudes más Largas**

Arbiter Systems ofrece cables de antena para longitudes más largas cuando el Cable estándar de 15 metros (50 pies) es inadecuado. El cable RG-6 da demasiadas pérdidas para longitudes de 250 pies a 500 pies, Arbiter ofrece un amplificador de 21dB en-línea, P/N AS0044700 el cual puede compensar las pérdidas. Un cable RG-11 de menos pérdidas que el RG-6 está disponible (P/N WC0004900, 305-m / 1000-pies el rollo), que puede usarse para longitudes de 120 metros (400 pies) sin necesidad del preamplificador en-línea, o 240 metros (800 pies) con el amplificador de AS0044700.

Se resumen los cables disponibles y accesorios aquí:

No. de Parte	Descripción	Retardo, ns	Pérdidas
CA0021315	Cable RG-6 de 15-m (50 pies), triple-pantalla (estándar)	60 ns	-5dB
CA0021330	Cable RG-6 de 30-m (100 pies)	119 ns	-9dB

CA0021345	Cable RG-6 de 45-m (150 pies)	177 ns	-13dB
CA0021360	Cable RG-6 de 60-m (200 pies)	236 ns	-17dB
CA0021375	Cable RG-6 de 75-m (250 pies)	295 ns	-21dB
WC0004900	Rollo de Cable RG-11 de 305-m (1000 pies), cuádruple-pantalla	3.92 ns/m	-17.5 dB/100m
AS0044800	Kit, crimp tool y 25 conectores para cable RJ-11	N/A	N/A
AS0044700	Amplificador en-línea de 21dB	1 ns	+21dB

## 5.2 SWITCH INDUSTRIAL ETHERNET 10/100 BaseT(x)

Debido a que el Servidor de Protocolo de Tiempo de Red Interno (NTP) cuenta con un puerto RJ-45 a 10 BaseT, es necesario contar con un medio de distribución para que se una con las PC's puesto que las PC's están en red (condiciones iniciales) por medio de un sistema de Cableado Estructurado, pero su sistema trabaja a 100 BaseTx es por ello que se necesita un medio convertidor de velocidad, pero como un Media-Converter de 10 BaseT a 100 BaseTx es muy costoso se opta por un Switch Industrial EtherTRAK fabricado por SIXNET el cual es auto-sensing y nos dará mejores resultados a menor precio. Este switch además puede unirse al Switch existente mediante un cross-over y funcionarán como si fuera un solo switch.

Para nuestro caso específico como solo requerimos de un puerto libre, se utilizará el modelo de 5 puertos RJ-45 (ET-GT-5ES-1) quedando 3 puertos

libres para futuras ampliaciones en la red (un puerto será utilizado para enlazarlo con el otro switch existente mediante un cross-over de DCE a DCE). A diferencia de un Hub (concentrador) de Ethernet que transmite mensajes fuera de todos los puertos, el EtherTRAK Industrial Ethernet Switch dirigirá inteligentemente sólo los mensajes de Ethernet fuera del puerto apropiado. Esto aumentará los beneficios de ancho de banda y velocidad, reducción o eliminación de mensaje causantes de colisiones, con lo que determina una alta performance con los sistemas en real-tiempo.

El EtherTRAK Switch Industrial Ethernet soporta ambas velocidades de 10BaseT (10 Mbps) y 100BaseTx (100 Mbps) en sus puertos de RJ45. Cada uno de estos puertos auto-sensitivo (auto-sensing o auto-detecting) el cual detecta automáticamente la velocidad en cada puerto independientemente, permitiéndole unir dispositivos de Ethernet de regulares o rápidos. Algunos modelos también tienen un 100BaseFX (100 Mbps) con puerto para fibra óptica.

### **5.2.1 ESPECIFICACIONES**

El EtherTRAK Switch Industrial Ethernet tiene LED's para cada puerto de comunicación y un LED de Poder. En la **Figura 26** se muestra este modelo de switch.

El LED de poder estará encendido cuando se ha aplicado el poder apropiado a la unidad.

Las indicaciones de actividad (ACT) y enlace (LNK) se combina en un LED (etiquetado "ACT/LNK") en el EtherTRAK Switch Industrial de Ethernet. Hay uno de estos LEDs por cada puerto (5 en total).

LED OFF - Esto indicaría que no hay una conexión de Ethernet apropiada (enlace) entre el puerto y otro dispositivo de Ethernet. Se debe asegurar que el tipo de cable apropiado esté en uso y que se ha conectado correctamente los plug RJ-45 a ambos extremos del cable.

LED IN (no-destellando)- Esto indicaría que hay una conexión de Ethernet apropiada (enlace) entre el puerto y otro dispositivo de Ethernet, pero ninguna actividad de comunicaciones se detecta.

LED Destellando - Esto indicaría que hay una conexión de Ethernet apropiada (enlace) entre el puerto y otro dispositivo de Ethernet, y que hay actividad de comunicaciones.

El LED 10/100 indica qué velocidad de comunicaciones se detecta en el puerto.

OFF – Se detecta conexión a 10 Mbps (10BaseT).

ON – Se detecta conexión a 100 Mbps (100BaseTx).

### **Distancia del Cable**

La máxima longitud del cable para un 10/100 BaseTx es de 100 metros (328

pies) tanto de switch a switch como de switch a otro dispositivo ethernet (PC, PLC, etc..).

### **Principales Características del Switch**

A continuación daré una breve explicación de las principales características del Switch Industrial EtherTRAK de SIXNET modelo ET-GT-5ES-1.

- El estándar Ethernet (10BaseT) tiene una velocidad máxima de 10 Mbps (megabits por segundo). El Fast Ethernet (100BaseTx) tiene una velocidad máxima de 100 Mbps. Los puertos RJ45 soportan ambos tipos de velocidades automáticamente.
- Ancho de Banda combinado 1.4 Gbps (5ES)
- Auto-Sensibilidad en Velocidad y Control de Flujo. Los puertos RJ45 del Switch Industrial EtherTRAK de Ethernet auto-negociarán con el dispositivo conectado para determinar la velocidad óptima (10 Mbps vs. 100 Mbps) y controlaran el flujo de información para cada puerto.
- Economía de potencia automática. Si no hay ningún cable en uno de los puertos, la gran mayoría de la circuitería interna para ese puerto se desactiva automáticamente con la finalidad de ahorrar potencia.

- El Switch Industrial EtherTRAK de Ethernet dejará caer un paquete después de 16 colisiones.
- Opción para Half-Duplex. El Switch Industrial EtherTRAK de Ethernet posee un interruptor en la parte superior de la unidad la cual dará la opción de funcionamiento del equipo como half-duplex o full-duplex. Esta característica reducirá la congestión en las redes ocupadas.
- Buffering. El SRAM se usa como buffer (almacenamiento temporal) de los mensajes. Los 5ES tienen 128KB (32Kx32) y tiene 1024 buffers (205 por puerto para el modelo 5ES). Cada buffer es de 128 bytes.
- Operación no Administrable. El Switch Industrial EtherTRAK de Ethernet no requiere de proceso de supervisión para operar propiamente.
- Control de Flujo. El Switch Industrial EtherTRAK de Ethernet soporta automáticamente control de flujo de tramas en ambos sentidos de transmisión y recepción.
- Remitiendo. El Switch Industrial EtherTRAK de Ethernet soporta los modos de almacenamiento y envío (remitir). Remitirá los mensajes con las direcciones conocidas sólo al puerto apropiado. Los mensajes con direcciones desconocidas se remitirán como multicast, es decir, fuera de todos los puertos excepto al puerto fuente (de donde se envió el mensaje).

El Switch de EtherTRAK no remitirá paquetes de error, tramos de pausa 802.3x, o paquetes "local".

- Tramas Ilegales. Las tramas ilegales definidas por la IEEE 802.3 se dejarán caer. Esto incluye tramas cortas, las tramas largas, y tramas de error FCS.
- IEEE 802.3. El Switch Industrial EtherTRAK de Ethernet se rige estrictamente a la norma IEEE 802.3 para 10BaseT, 100BaseTX, y 100BaseFX para comunicaciones de Ethernet.
- Colisión Tardía. Si un paquete experimenta colisiones después de 512 bits tiempo de transmisión, el paquete se dejará caer.
- Conecte e Inicio. Esto significa que la mayoría de las funciones o parámetros del Switch Industrial EtherTRAK de Ethernet es automático y que hay un mínimo o ningún parámetro optativo que necesita ser puesto. Simplemente se ajusta los plugs de las conexiones correctamente, se aplica poder, y la unidad empezará a operar inmediatamente.
- Protocolo Independiente. El Switch Industrial EtherTRAK de Ethernet trabajará con todos los protocolos de redes Ethernet más populares como TCP/IP, la Internet (IP), UDP, NetBEUI, y muchos más. Es compatible con todos los protocolos que operan en el estándar Ethernet (IEEE 802.3).

## Especificaciones Técnicas

<b>Puertos 10/100 Base T(x)</b>	
Puertos 10/100 Base T(x)	RJ45 apantallado
Protocolos que soporta	Todo los estándar IEEE 802.3
Ethernet	IEEE 802.3
Operación auto-sensing	Full y Half Duplex
Auto-negociación	10BaseT y 100BaseTx
Control de flujo	Automático
Aislamiento Ethernet	1200 Vrms 1 minuto
Conexión e inicio	Si
Cable requerido	Par trenzado (Cat 5)
Distancia máxima de cable	100 metros

<b>General</b>	
Modo remitir	Almacenamiento y envío
Ancho de banda de memoria	1.4 Gbps
Dirección MAC	1K
Aprendizaje de dirección	Automático
Envejecimiento de dirección	Renueva la vieja dirección cada 300s
Migración de dirección	Automático
Operación backoff	Cae después de 16 colisiones
Operación half-duplex	Automático
Memoria de buffer	128KB (32K x 32)

Buffers (total)	1024
Buffer por puerto	205
Tamaño del buffer	128 bytes por buffer

<b><i>Ambiental</i></b>	
Voltaje de fuente requerido	10 – 30 VDC
Consumo de potencia (típico)	2 W
Economía de potencia	Automático
Rango de temperatura operacional	-40 a 85 C
Humedad	5 a 95% (no-condensado)
Flamable	UL materiales 94V-0
Seguridad eléctrica	UL508, CSA C22/14; EN61010-1 (IEC1010), CE
Emisiones EMI	FCC parte 15, ICES 003, EN55022; Clase B; CE
Inmunidad EMC	EN61326-1 (EN61000-4-2, 3, 4, y 6), CE
Resistencia de fuente	IEEE-472 (ANSI C37.90)
Vibración	IEC68-2-6
Localización de peligro	UL1604, CSA C22.2/213 (Clase 1, Div. 2), Cenelec EN50021 (Zona 2)
Dimensiones	3.25" x 4.75"
Montaje	Barril DIN o directo a panel

### ***5.3 DISPOSITIVOS ELECTRONICOS INTELIGENTES (IED's)***

Históricamente, las funciones de protección, control y medición en la subestación se realizaron con equipos electromecánicos. Esta primera

generación de equipos se reemplazó gradualmente por equipos electrónicos analógicos, la mayoría de los cuales emulaban funciones simples. Ambas tecnologías requerían de un cableado caro y equipos auxiliares para producir el funcionamiento de los sistemas.

Recientemente, el equipo electrónico digital ha empezado a proporcionar funciones de protección, control, y medición. Inicialmente, este equipo era de una sola función o de capacidad multi-función muy limitada, y no redujo el cableado significativamente y aún se requería de equipos auxiliares. Sin embargo, los recientes equipos digitales son multifuncionales, con lo que se reduce el cableado y los equipos auxiliares significativamente. Estos dispositivos también transfieren datos a los medios de mando centrales e interfases Hombre-Máquina que usan comunicaciones electrónicas. Las funciones realizadas por estos productos han abarcado tanto que los usuarios prefieren ahora el término IED (Dispositivo Electrónico Inteligente).

Los usuarios de equipos de potencia también están interesados en reducir los costos mejorando la calidad de poder y productividad del personal, y como siempre, en la fiabilidad creciente y eficacia del sistema. Estos objetivos se complementan a través de software que se usa y que realice las funciones a niveles de supervisión en la estación. El uso de estos sistemas está creciendo rápidamente. Se exigen comunicaciones de altas velocidades para transferencia de datos en el Moderno Control y Monitoreo de Sistemas.

Los IED's con las capacidades perfiladas también proporcionarán

significativamente más datos de potencia del sistema que estén presentemente disponible, reforzando funcionamientos y mantenimiento, y permite el uso de la configuración del sistema de protección y control.

Como se explicó anteriormente, se requiere de sincronizar tres tipos de IED's; los Relés Universales UR de GE ubicados en el Patio de Llaves, los Acopladores Estrella RER 111 de ABB ubicados en Casa de Fuerza y un PLC Telemecanique ubicado en Sala de Control.

A continuación se detallan cada uno de estos equipos.

### **5.3.1 RELES UNIVERSALES UR**

Esta nueva generación de equipo también debe incorporarse fácilmente en los sistemas de automatización, en la estación y a niveles de la empresa. La GE Power Management Relay Universal (UR) se ha desarrollado para encontrarse con estas metas.

### **ESPECIFICACIONES**

Dependiendo del modelo de UR es que varían las características pero siempre guardan cierta similitud, en un caso muy especial nos basaremos en el modelo D60 en cual dispone de tres puertos de comunicación que operan independiente y simultáneamente. El puerto RS232 es accesible desde el

frontal del equipo. El puerto RS485 soporta protocolos ModBus® RTU y DNP 3.0 y alcanza una velocidad de comunicación de 115 kbps. El tercer puerto de comunicación puede ser RS485 o Ethernet de 10 Mbps, utilizando protocolos MMS/UCA2, DNP 3.0, y ModBus®/TCP.

El puerto físico de Ethernet puede ser 10BaseF o 10BaseF redundante. La alta velocidad de estos puertos facilita una amplia capacidad de comunicación sin sacrificar la velocidad. En la **Figura 27** se muestra dicho relé.

### **Protección y Control**

- Cuatro zonas de protección de distancia.
- S/I de fase, tierra y neutro.
- Fallo de interruptor.

### **Medida y Monitorización**

- Medida de intensidad, tensión y potencia.
- Fasores de intensidad y tensión.
- Estado de los ajustes de protección.
- Registro de 1024 eventos.
- Auto-diagnóstico.

## Interfaces de Usuario

- Software URPC para ajustes y monitorización.
- Puerto frontal RS232.
- Puerto RS485 (115 kbps, protocolos ModBus® RTU y DNP 3.0).
- Segundo puerto RS485 o Ethernet: 10BaseF o 10BaseF redundante, con protocolo MMS/UCA2, DNP 3.0 y ModBus® /TCP.
- Teclado y display de 2x20 caracteres.
- Indicadores LED.

## Características

- FlexLogic y FlexLogic distribuida
- E/S virtuales (reducción del hardware)
- Capacidad de E/S ampliable
- Módulos extraíbles para facilitar el mantenimiento
- Módulos comunes (reducción de repuestos)
- Modo de prueba para forzar los estados de los contactos de E/S
- Sincronización IRIG-B

Para este caso muy específico de diseño de una red de sincronismo, sólo analizaremos la entrada de sincronización IRIG-B; ubicación, tipo de entrada, modo de conectarla, especificaciones técnicas de entrada y configuración.

### **Especificaciones Técnicas de Entrada IRIG-B**

Amplitud Modulada	1 - 10 Vpp
DC Shift	TTL
Impedancia de entrada	22K $\Omega$

### **Configuración**

La fecha y la hora del reloj interno del relé pueden sincronizarse con otros relés usando una señal IRIG-B.

Una señal IRIG-B puede conectarse al relé para sincronizar el reloj a una base de tiempo conocida y a otros relés. Si una señal IRIG-B es usada, sólo el año actual necesita ser ingresado.

Puede ingresarse en la fecha y hora vía el teclado pequeño del faceplate, con tal de que la señal IRIG-B no esté usándose. La fecha completa, como mínimo, debe ingresarse para permitir la ejecución de este comando. El nuevo tiempo se tomará en el momento que se presione la tecla ENTER.



Es decir, si ya se le ingreso la señal IRIG-B al momento de reiniciar el relé automáticamente reconoce la señal y se sincroniza a la misma fecha y hora

que el receptor GPS. Por lo que ya no sería necesario ingresar a este comando.

Hay que tener en cuenta que el tipo de señal que debe ingresar al relé es IRIG-B modulada pero puede haber el caso en el cual debe ingresarse IRIG-B no modulada (demodulada) como es el caso de Sistema modular de Protección Diferencial de Barras BUS 2000 de GE para ello como se sabe que el modelo 1088B tiene 4 salidas configurables se puede usar una de ellas como salida IRIG-B no-modulada y las otras 3 como IRIG-B modulada.

### **5.3.2 ACOPLADOR ESTRELLA**

El Acoplador Estrella para Bus LON (Red de Operación Local) RER 111 de ABB, es un dispositivo que habilita varios números de dispositivos que están interconectados a través de un Bus LON. Un Bus LON es un Sistema de Comunicación entre múltiples dispositivos, con ella se forma una red LonWorks y le corresponde el Protocolo LonTalk. Las características de este sistema de comunicación son:

- velocidad 1.25 Mbit/s
- comunicación múltiple
- bajo mantenimiento

- equipamiento multi-vendor
- Bajo costo de soporte.

La unidad RER 111 proporciona una conexión tipo estrella donde otros dispositivos LON pueden estar conectados. Esta unidad es modular, con tarjetas opcionales, tiene nueve ranuras (slots) disponibles. Cada opción de tarjeta tiene una función específica para el sistema de Bus LON. El estándar RER 111 incluye:

- Unidad de fuente de poder con opción simple o auxiliariamente doble con un rango de voltaje de entrada de 110...240 VAC/DC o 24...60 VDC.
- tarjeta input/output (I/O)
- tarjeta madre (main board)
- 9 ranuras para tarjetas opcionales.

En la **Figura 28** se puede apreciar el Acoplador Estrella RER 111

## ESPECIFICACIONES

### Tarjetas Opcionales

- Opción tarjeta de Fibra Óptica SFIBER-C que proporciona tres pares de transceivers de fibra-óptica para interconectar dispositivos a nivel bahía, para conectar dos unidades RER 111 con una tarjeta opcional de fibra-óptica, o para conectar dispositivos de alto nivel, e.j. un MicroSCADA.
- Opción tarjeta SRS485-C- es usada para conectar un dispositivo usando la interfase RS485 para la red LonWorks.
- Opción tarjeta adaptadora LonTalk serial SLTA-C- proporciona una conexión RS232 para conectar dispositivos de alto nivel (e.j. terminales de monitoreo, una PC, etc.) de la red LonWorks. Este también puede ser usado para interconectar unidades RER 111 para usar los pares de transceivers (TRX) de fibra-óptica. Físicamente el SLTA-C- proporciona una interfase RS232 para la red.
- Opción tarjeta Router SROUT-C- es usada para conectar dispositivos con pares trenzados (TP/XF-78 o TP/XF-1250) transceivers y/o pares transceivers de fibra-óptica.
- Opción tarjeta Reloj Maestro Acoplador Estrella LON con interfase RS232/TTL SLCM-C, y Opción tarjeta Reloj Maestro Acoplador Estrella LON con interfase con interfase de fibra-óptica SLCMFO-C. Dependiendo del tipo de dispositivo, a nivel bahía, se usará la precisión requerida, son cinco diferentes métodos de sincronización de tiempo disponibles.

Como se puede apreciar, nuestro interés recaerá únicamente en la entrada de sincronismo con interfase de fibra óptica, es decir la tarjeta SLCMFO-C como se muestra en la **Figura 29**.

## **Interfaces de Fibra Óptica del SLCMFO**

En la tarjeta opción SLCMFO de interfase serial, para un dispositivo de referencia de tiempo utiliza un par de transceiver de fibra óptica. La interfase serial tiene un LED, con el cual pulsa cuando un mensaje es recibido.

El conector de fibra óptica del SLMCFO es de tipo ST. Esta tarjeta no tiene conexión de FO para la red LON. Este solo es un colector de bus para la red LON. Es decir, la señal de sincronismo proveniente del receptor GPS llega hasta la entrada de FO de la tarjeta SLMCFO, como esta tarjeta es parte del acoplador estrella RER 111 y este acoplador a su vez está conectado con otros dispositivos a través de un bus LON, entonces todos los equipos que estén dentro de este bus serán sincronizados automáticamente.

### **5.3.3 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE**

Se entiende por controlador lógico programable (PLC), o autómeta programable, a toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Esta definición se está quedando un poco desfasada, ya que han aparecido los micro-PLC's, destinados a pequeñas necesidades y al alcance de cualquier persona.

Todos los autómetas programables, poseen una de las siguientes estructuras:

- Compacta: en un solo bloque están todos lo elementos.
- Modular:

- Estructura americana: separa las E/S del resto del autómata.
- Estructura europea: cada módulo es una función (fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.).

### ***Unidades de E/S***

Generalmente vamos a disponer de dos tipos de E/S:

- Digital.
- Analógica.

Las E/S digitales se basan en el principio de todo o nada, es decir o no conducen señal alguna o poseen un nivel mínimo de tensión. Estas E/S se manejan a nivel bit dentro del programa de usuario.

Las E/S analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Se basan en convertidores A/D y D/A aislados de la CPU (ópticamente o por etapa de potencia). Estas señales se manejan a nivel byte o palabra (8/16 bits) dentro del programa de usuario.

### ***Interfaces***

Todo autómata, salvo casos excepcionales, posee la virtud de poder comunicarse con otros dispositivos (como un PC).

Lo normal es que posea una E/S serie del tipo RS-232 / RS-422. A través de esta línea se pueden manejar todas las características internas del autómata, incluida la programación del mismo, y suele emplearse para monitorización del

proceso en otro lugar separado.

### ***Equipos o unidades de programación***

El autómata debe disponer de alguna forma de programación, la cual se suele realizar empleando alguno de los siguientes elementos:

- Unidad de programación: suele ser en forma de calculadora. Es la forma más simple de programar el autómata, y se suele reservar para pequeñas modificaciones del programa o la lectura de datos en el lugar de colocación del autómata.
- Consola de programación: es un terminal a modo de ordenador que proporciona una forma más cómoda de realizar el programa de usuario y observar parámetros internos del autómata. Desfasado actualmente.
- PC: es el modo más potente y empleado en la actualidad. Permite programar desde un ordenador personal estándar, con todo lo que ello supone: herramientas más potentes, posibilidad de almacenamiento en soporte magnético, impresión, transferencia de datos, monitorización mediante software SCADA, etc.

Para cada caso el fabricante proporciona lo necesario, bien el equipo o el software/cables adecuados. Cada equipo, dependiendo del modelo y fabricante, puede poseer una conexión a uno o varios de los elementos anteriores. En el caso de los micro-plc se escoge la programación por PC o por

unidad de programación integrada en la propia CPU.

### ***Dispositivos periféricos***

El autómata programable, en la mayoría de los casos, puede ser ampliable. Las ampliaciones abarcan un gran abanico de posibilidades, que van desde las redes internas (LAN, etc.), módulos auxiliares de E/S, memoria adicional... hasta la conexión con otros autómatas del mismo modelo. Cada fabricante facilita las posibilidades de ampliación de sus modelos, los cuales pueden variar incluso entre modelos de la misma serie.

Aunque los buses de campo continuarán dominando las redes industriales, las soluciones basadas en Ethernet se están utilizando cada vez más en el sector de las tecnologías de automatización, donde las secuencias de procesos y producción son controladas por un modelo cliente/servidor con controladores, PLC y sistemas ERP (Planificación de los recursos de la empresa), teniendo acceso a cada sensor que se conecta a la red.

En principio, los medios de transmisión para Ethernet que hoy están disponibles son, por una parte y como solución más habitual, el cable coaxial para 10Mbits/seg, el cable Thin-Ethernet-BNC para 10Base2 y el cable thick-Ethernet para 10Base5. Por otra parte, para 10Mbit/seg o 100 Mbits/seg (4 líneas de cable trenzado, tanto apantallado como sin apantallar) se utilizan cables de par trenzado.

Una efectiva solución para realizar una aplicación de control de procesos industriales es utilizar tecnología de *gateway* con el cual podemos utilizar la red corporativa (sea esta ethernet, ATM, WLAN, FDDI o Token Ring) e integrar dicha red al monitoreo, supervisión, control y aplicaciones de adquisición de datos. De esta forma podemos hacer control desde estaciones de monitoreo (que pueden ser remotas si existe la necesidad) conectadas directamente a la red TCP/IP de la empresa.

Un ejemplo real para aplicar una red industrial es en el PLC Premium de Telemecanique el cual se aprecia en la **Figura 30**, el cual incluye un módulo para conectarse al ethernet mediante un puerto RJ-45.

El módulo TSX ETY 110 del PLC Premium, el cual se muestra en la **Figura 31** se usa para transferir bloques de datos entre una aplicación de PLC y una aplicación remota vía una conexión de TCP/IP establecida a la iniciativa de la aplicación remota. La aplicación remota se ejecuta en un dispositivo que soporta una comunicación de TCP/IP.

Este módulo posee una Conexión 10 base T (RJ45) para doble par trenzado el cual será enlace hacia un concentrador, conmutador u ordenador. También posee una Conexión DB-15 AUI (enlace hacia el transceiver). Finalmente posee ruedas codificadoras hexa "Red / Estación".

#### **5.4 CABLE DE FIBRA OPTICA MULTIMODO**

El cable de fibra óptica Fitel Lucent Tecnologías PowerGuide es de alta performance para redes de distribución y transmisión de potencia, tal como las aplicaciones aéreas. El cable es todo dieléctrico, y auto soportado PowerGuide Double Jacket, All-Dielectric, Self-Supporting (ADSS) es ideal para espacios de rangos hasta 3.281 pies (1,000 metros) o más, dependiendo de las condiciones de carga y posee un contador de fibra.

PowerGuide es diseñado para clientes con aplicaciones que no requieren mensajeros preinstalados. Se puede instalar el cable rápidamente en un solo paso usando una simple conexión de hardware, normalmente sin interrupciones de servicio eléctrico. En la **Figura 32** se muestra este tipo de cable de FO multimodo ADSS en sus dos vistas, de perfil y con corte transversal.

Este es un cable para uso externo de doble chaqueta que contiene 6 fibras de vidrio multimodo en un solo buffer con código de color, cada tubo buffer está relleno de gel para el aislamiento. El tubo buffer y sus rellenos es guiado por un dieléctrico central robusto el cual también posee menos gel para protegerlo de la humedad. Sobre estos hay una chaqueta de polietileno y cuando hay más fibras de vidrio se le provee una robustez adicional. La capa superior del cable consiste de un polietileno negro. El cable que se propone es Lucent Technologic con código AT-RU927L6-006-CLCB.

Este cable con Certificación Fibra Laser LCF es usado para aplicaciones en tendidos por ductos, directos o aéreos.

### ***Especificaciones Del Cable***

#### **a) *Fibra Óptica***

Número de Fibras		6
Número de tubos buffer máximo		6
Tipo de fibra		Índice gradual
Diámetro del núcleo		62.5 +/- 3 micrones
Diámetro de la cubierta		125 +/- 1 micrón
Diámetro del revestimiento		245 +/- 10 micrones
Atenuación	@ 850 nm	3.5 dB/Km máximo
	@ 1300 nm	1.0 dB/Km máximo
Ancho de Banda	@ 850 nm	220 MHz-Km mínimo
	@ 1300 nm	600 MHz-Km mínimo
Apertura numérica		0.275 nominal
Prueba de demostración		100 KPSI

#### **b) *Construcción del Cable***

### ***Dimensiones***

Tubo buffer D. externo	0.098"
Chaqueta interna D. Externo	0.397"

Chaqueta externa D. Externo	0.522"
-----------------------------	--------

### ***Materiales***

Revestimiento de fibra	UV Acrílico
Tubo buffer	Ingeniería de plástico
Rellenos	Ingeniería de plástico
Componente de inundación	Color neutral
	No-tóxico &
	Seguridad dermatológica
Ripcord	Cordón para rasgar de poliéster
	Interior en cada chaqueta
Miembros de robustez	Varilla FGE central/Hilo arami
Chaqueta interna	Polietileno negro
Chaqueta externa	Polietileno negro

### ***c) Características Físicas***

Peso	84 Lbs/1000 pies
Máxima carga para instalación	600 Lbs (2669 N.)
Máxima carga para aplicaciones extensas	180 Lbs (800 N.)
Mínimo radio de curvatura para instalación	10.6"
Mínimo radio de curvatura para aplicaciones extensas	5.3"
Rango de temperatura de operación	-40 a +80 °C
Rango de temperatura de almacenamiento	-40 a +80 °C

Resistencia a la radiación solar	Alta
Resistencia al fuego	Ninguna

Código de colores de la Fibra y del Tubo Buffer

1. Azul	4. Marrón
2. Naranja	5. Gris
3. Verde	6. Blanco

### **Aplicaciones**

- Uso Aéreo; auto soportado sin mensajero.
- Ideal para redes de transmisión y distribución.
- Uso directo en ductos, permitiendo un costo efectivo y una simple transición aéreo hacia conductos.
- Dispone de una tecnología de bloqueo de agua DryBlock para una amistosa destreza, el centro del cable esta libre de gel, permitiendo una rápida preparación y empalme del mismo.

### **Diseño**

Se usa un diseño de tubo holgado con campo probado y altamente fiable como el centro del cable PowerGuide. Para construir este cable de tubo holgado, se colocan las fibras ópticas dentro de tubos buffer llenados de gel para protegerlos estos de fuerzas mecánicas y medioambientales.

Es importante destacar que en los cables ópticos con recubrimiento dieléctrico, tanto autoportantes -ADSS- como sostenidos por hilo mensajero (messenger wire) se consigue una reducción sustancial de los efectos de inducción electrostática sobre la cubierta dieléctrica, evitando la degradación de ésta por efectos electromagnéticos (dry-band arcing, tracking, etc).

## **5.5 CABLE DE LA ANTENA**

El cable de la antena estándar incluida con el reloj, usa una longitud de 15 metros (50 pies) de cable coaxial de baja-pérdida RG-6, con terminales con conectores de RF Tipo-F macho.

### **Efectos de Parámetros del Cable**

Para recibir la señal GPS y operar apropiadamente el reloj, el tipo y longitud del cable son importantes. Debido a su efecto en parámetros específicos descritos en los párrafos siguientes, deben hacerse cambios a la longitud y/o tipo de cable de la antena cuidadosamente. Los cables dañados pueden que también afecte la performance.

### **Retardo del Cable**

El factor velocidad y longitud física del cable determinan el retardo del cable. Durante la calibración inicial del reloj en fábrica, un valor para el retardo del cable (basado en la longitud y tipo de cable proporcionado) entra en la memoria del reloj. Este parámetro inicial neutraliza el efecto que el retardo tiene en el

GPS que cronometra la exactitud. El valor que ingresa para un estándar de 15 metros de cable es de 60 nanosegundos. Para otras opciones de cable, el retardo se clasifica mas adelante pero la fórmula para el retardo del cable es:

$$T = \lambda \frac{1}{Ck_v} + 1ns$$

Donde:

- T = el retardo del Cable, en nanosegundos;  
 $\lambda$  = la longitud del Cable, en metros;  
C = la Velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  metros por segundo);  
 $K_v$  = la velocidad Nominal de propagación (0.85).

Un nanosegundo se agrega al valor calculado para responder a la longitud y factor de velocidad del cable corto de conexión dentro del reloj.

### **Atenuación**

La atenuación depende de la longitud del cable, y la pérdida por unidad de longitud. La atenuación total debe ser límite a 21dB (el máximo) para una frecuencia L1 GPS de 1575.42 MHz. La pérdida a 42dB puede que se acomode separadamente con un pre-amplificador de 21dB en línea.

## Resistencia DC

El área de sección cruzada y longitud de los conductores en el cable determinan la resistencia del dc. Subsecuentemente la potencia del preamplificador de RF en el módulo de la antena se proporciona vía el cable de la antena, la resistencia en DC excesiva degradará la actuación.

Debido a los factores anteriores, deben hacerse cambios a la longitud y/o tipo de cable de la antena cuidadosamente. Los cables dañados también pueden afectar la actuación.

## Cables para Antena disponibles y Accesorios para Longitudes más Largas

Arbiter Systems ofrece cables de antena para longitudes más largas cuando el Cable estándar de 15 metros (50 pies) es inadecuado. El cable RG-6 da demasiadas pérdidas para longitudes de 250 pies a 500 pies, Arbiter ofrece un amplificador de 21dB en-línea, el cual puede compensar las pérdidas. Un cable RG-11 de menos pérdidas que el RG-6 también puede utilizarse, que puede usarse para longitudes de 120 metros (400 pies) sin necesidad del preamplificador en-línea, o 240 metros (800 pies) con el amplificador de AS0044700.

No. de Parte	Descripción	Retardo, ns	Pérdidas
CA0021315	Cable RG-6 de 15-m (50 pies), triple-	60 ns	-5dB

	pantalla (estándar)		
CA0021330	Cable RG-6 de 30-m (100 pies)	119 ns	-9dB
CA0021345	Cable RG-6 de 45-m (150 pies)	177 ns	-13dB
CA0021360	Cable RG-6 de 60-m (200 pies)	236 ns	-17dB
CA0021375	Cable RG-6 de 75-m (250 pies)	295 ns	-21dB
WC0004900	Rollo de Cable RG-11 de 305-m (1000 pies), cuádruple-pantalla	3.92 ns/m	-17.5 dB/100m
AS0044800	Kit, crimp tool y 25 conectores para cable RJ-11	N/A	N/A
AS0044700	Amplificador en-línea de 21dB	1 ns	+21dB

### Protecciones Físicas

Al enrutar el cable de la antena, se debe proteger del daño físico que puede ser el resultado de cerrar las puertas, los objetos cayentes, el pie de tráfico, etc. También, al enrutar alrededor de las esquinas, se debe permitir suficiente radio (doble) para prevenir rotura de cable (que se doble). La longitud extra debe permitirse a ambos terminales del cable para prevenir la tensión en los conectores que podrían causar daño. La longitud extra es útil como un servicio doble, en caso que un conector necesite ser reemplazado. No se debe estirar el medio-aire del cable por encima de cualquier distancia apreciable sin el apoyo necesario, la degradación del cable o la falla podría ocasionarse.

La tasa de temperatura máxima para el tipo de cable proporcionado con el reloj es de 60°C (140°F). Se debe evitar el enrutado del cable cerca de fuentes de calor para evitar daño en dicho cable.

### **Señales Adyacentes**

Aunque los cables RG-6 estándar son de triple-pantalla el cual tienen las propiedades de apantallamiento excelentes, se debe ser cauto al enrutarlo cerca de fuentes de alto poder de RF o junto a cables que llevan un alto poder RF, como los cables del transmisor. En estas aplicaciones, se debe considerar usar el cable RG-11. Está diseñado con cuádruple-pantalla proporcionando un mayor aislamiento.

### **Módulo de Poder de la Antena**

El pre-amplificador de RF dentro del módulo de la antena requiere de 5 Vdc a 22 mA para su correcto funcionamiento. Una fuente de poder dentro del reloj genera este voltaje que se aplica al módulo de la antena vía los dos conductores del cable coaxial de la antena. Hay que evitar poner en cortocircuito el conductor central de cobre y la pantalla metálica del cable coaxial para no dañar el pre-amplificador. Recíprocamente, una conexión de alta-resistencia o de circuito abierto privaría de alimentación de potencia al pre-amplificador. Un corto-circuito o un circuito-abierto en el cable de la antena darán in operabilidad al reloj. Antes de iniciar el funcionamiento o si se

sospecha la posibilidad de problemas, se debe realizar la Prueba Operacional Antena/Cable, el procedimiento se describe más adelante.

### **Conexión a la Antena**

El conector Tipo-F macho de RF debe estar puesto al final del cable de la antena para insertarse con el conector Tipo-F hembra ubicado en el módulo de la antena. Hay que evitar poner tensión mecánica a la conexión entre el cable y el módulo de la antena.

### **Conexión Al Reloj**

El conector Tipo-F macho de RF debe estar puesto al final del cable de la antena para insertarse con el conector Tipo-F hembra ubicado en el panel trasero del Reloj Satelital.

### **Prueba Operacional de Cable y Antena**

Antes de iniciar el funcionamiento o se sospecha posibles problemas entre antena/cable, se realiza el siguiente procedimiento:

- a) Se desconecta el cable de la antena del panel trasero del reloj.

- b) Al conector de la antena del panel trasero, se conecta un voltímetro entre el conductor central y la tierra. El voltaje medido debe ser aproximadamente +5 Vdc.
- c) Se conecta un ohmímetro entre el conductor central del cable y la pantalla del cable. La resistencia DC debe ser aproximadamente 4 k $\Omega$  pero no debe exceder los 10 k $\Omega$  (típicamente entre 2 - 8 k $\Omega$ ).
- d) Si la resistencia medida excede 10 k $\Omega$ , una condición de circuito-abierto puede estar presente (típicamente si mide > 100 k $\Omega$  está abierto).
- e) Si la resistencia medida es menor de 1 k $\Omega$ , una condición del corto-circuito puede estar presente (típicamente las medidas menores de 100  $\Omega$  indican un corto-circuito).

PRECAUCION: No se debe intentar operar el reloj hasta que todos los errores se corrijan. Cualquier error encontrado durante esta prueba prevendrá el funcionamiento apropiado.

## 5.6 CABLE PAREADO PARA INSTRUMENTACION Y CONTROL

Dos conductores pareados de 18 AWG (16x30) cobre estañado, aislamiento de polietileno, par trenzado apantallado beldfoil, cable de alambre estañado cobrizo para drenaje de 20 AWG, chaqueta de PVC. Código Belden 8760. En la **Figura 33** se observa este cable.

### **Características Eléctricas**

Máximo voltaje que opera	300 V rms
Máxima corriente continua por conductor @ 25 deg. c	5.2 A
Capacitancia nom. Entre conductor @ 1 khz	24 pf/ft
Capacitancia nom. de conductor a pantalla @ 1 khz	44 pf/ft
Inductancia nom. de par	18 micro-H/ft
Resistencia en DC nom. @ 20 °C	13 ohms/1000 f
Impedancia Nominal	60 ohms

### **Características Físicas**

Rango de Temperatura	-20 a +60 deg.c
Material de Aislamiento	polietileno
Material de la chaqueta (color)	PVC (cromo)
Tipo de pantalla y % de cubierta	alum/polyester 100%

Par trenzado por longitud	1.5" (8 trenzas/ft)
Máxima tensión aplicada	62 lbs.
Min. radio de curvatura	2.25"
Nom. peso/1000 pies	26.6 lbs.
Código de colores	negro & claro
Diámetro nom.	0.222"
Resistencia al fuego	bandeja vertic. UL1581

### **5.7 CABLE COAXIAL PARA TRANSMISIÓN RG-58**

Cable Coaxial tipo RG-58, con barra sólida de cobre central de 20 AWG. Código Belden 9310. En la **Figura 34** se observa este tipo de Cable.

#### ***Características Eléctricas***

Impedancia Nominal	50 ohms
Capacitancia nom. de conductor a pantalla	30.8 pf/ft
Inductancia nom.	0.090 micro-H/ft
Velocidad de Propagación nom.	66%
Retardo nom.	1.54 ns/ft
Atenuación Nominal	

Mhz	DB/100 ft
1	0.16
10	1.4
50	2.8
100	3.8
200	5.4
400	7.9
700	11.1
900	12.8
1000	13.9

Resistencia en DC de pantalla @ 20 °C	8.0 ohms/1000 pies
Resistencia en DC de conductor @ 20 °C	9.4 ohms/1000 pies
Máximo voltaje que opera	30 V rms (UL)
	1400 Vrms (no-UL)

### ***Características Físicas***

Nom. peso/1000 pies	20 lbs.
Min. radio de curvatura	2.0"
Rango de Temperatura	-40 a +60 °C
Tipo de pantalla y % de cubierta	copolymero/Alum polipropileno/Alum +56% trenza de cobre bañado en estaño

Material de Aislamiento	polietileno 0.114" de d.
Máxima tensión aplicada	27 lbs.
Material de la chaqueta (color)	PVC (negro)
Diámetro nom.	0.193"

## **5.8 CABLE UTP CAT 5E**

Cable UTP (unshielded twisted par) de 4 pares de 24 AWG, de cobre sólido desnudo, aislamiento individual, chaqueta de FEP. Chaqueta está marcada secuencialmente en intervalos de dos pie. Código Belden 1585LC. En la **Figura 35** se observa este tipo de Cable.

### ***Aplicaciones***

Soporta aplicaciones en categoría cinco reforzada como 100 Base Tx, soportará aplicaciones de categoría cinco reforzada futura para Gigabit Ethernet.

### ***Características Eléctricas***

Máximo. Voltaje que opera:	300 v rms
Capacitancia nom. @ 1 khz:	15 pf/ft.
Velocidad de propagación nom:	72%
Impedancia de entrada (ohms):	1.0 - 100.0 mhz, 100+ / - 15

100 - 200.0 mhz, 100+ / - 25

Pérdidas por retorno (dB):

1.0 - 10.0 mhz,  $20 + 5 \cdot \log(f)$

10.0 - 20.0 Mhz, 25

20.0 - 100.0 mhz,  $25 - 7 \cdot \log(f/20)$

100.0 - 200.0 mhz,  $22 - 7 \cdot \log(f/20)$

Pérdida por retorno estructural (dB):

1.0 - 20.0 mhz, 23

20.0 - 200.0 mhz,  $23 - 10 \cdot \log(f/20)$

Máxima Atenuación (dB/100 m):  $1.967 \cdot \sqrt{f} + 0.023 \cdot f + 0.05/\sqrt{f}$

donde f es la frecuencia de 0.772 a 200 Mhz.

### **Características Físicas**

Rango de temperatura: -40 a 150 °C

Material de aislamiento: FEP (Propileno Etileno Fluorizado)

Material de la chaqueta: FEP

Máxima. tensión de estirado: 35 lbs.

min. D.O de conductor: 0.019"

min. D.O del aislamiento: 0.034"

nom. weight/1000 pies: 25 lbs.

min. Radio de curvatura: 0.5"

nom. diámetro: 0.184"

las especificaciones aplicables:

ANSI/TIA/EIA-568-B.2 categoría 5E

ISO/IEC 11801 categoría 5

NEMA WC-63.1 categoría 5E

Prueba y rango de llama:

UL CMP combustible limitado (CMP-50),

UL 910 (NFPA-262), NFPA-259,

UL 723 (nfpa-255), C(UL) CMP, CSA ft6

### ***Código De Colores***

Par #1:	Blanco/Azul & Azul
Par #2:	Blanco/Naranja & Naranja
Par #3:	Blanco/Verde & Verde
Par #4:	Blanco/Marrón & Marrón

## **5.9 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS**

### **5.9.1 RACKS DE COMUNICACIONES**

También llamados bastidores, los cuales pueden ser a su vez de tipo:

- Gabinetes
- Bastidor abierto
- Bastidor de pared

En cualquiera de estas estructuras se pueden instalar los aparatos para hacer las conexiones. El cuadro de distribución provee un concentrador para el alambrado de comunicaciones y del equipo. En nuestro caso específico para instalar el receptor GPS, panel de fibra y switch.

Se sabe que el receptor GPS ocupa 1UR, el panel de fibra 1UR y el switch 2UR; con lo cual necesitaríamos un espacio disponible de 4UR en el bastidor existente. De no ser así sería recomendable utilizar un bastidor de pared.

#### **Gabinetes**

Es el modelo más atractivo en lo que racks de comunicaciones se refiere. Está totalmente equipado ya que cuenta con panel fijo y está disponible en diferentes altura. Pueden ser cerrados (con puertas trasera y delantera) o abiertos. Su base es de 800 x 800 o 800 x 600 mm. Además posee accesorios

disponibles como: Lámparas fluorescentes, zapatillas de energía, cubierta con ventiladores, guantera para documentos y estante de 19”.

### **Bastidor Abierto**

El bastidor abierto, el cual se empotra al piso, tiene 42 posiciones (42UR o 42 unidades de rack) de montura en bastidor, cada una de 1.75 pulgadas (4.44 cm.) de altura. Se puede dividir en tres secciones con 14UR en cada una. Los puntales cruzados están disponibles para la parte superior e inferior. El diseño de bastidor abierto provee fácil acceso para la instalación y el mantenimiento. Los cables que entran son terminados en la parte posterior, separándolos así de las interconexiones que están instaladas al frente. Se recomienda que se deje en blanco una o más secciones para uso futuro. El ensamblaje es fácil con tornillos de oreja y la parte superior se fija con una abrazadera a una pared paralela usando el juego de montura con puntales.

Las dimensiones del bastidor más alto son: 20.4” de ancho x 84.0” de alto x 15.0” de fondo. (518 mm x 2134 mm x 381 mm). Y un peso aproximado de 33 Lbs (15 Kg.)

### **Bastidores de Pared**

Puede ser montado uno encima del otro para expansión futura. Están disponibles en 2, 4, y 14 UR, montura profunda y poco profunda y están contruidos de acero enchapado negro. Los bastidores de montura profunda

acomodarán los equipos activos. Todos los bastidores pueden ser instalados usando tornillos acodados o anclas de pared.

Si en caso en el rack existente no hubiese espacio para colocar los nuevos equipos; entonces se recomienda adquirir: Un bastidor de pared de 4 UR profundo, el cual tiene las siguientes dimensiones: 19.25" de ancho x 7.0" de alto x 8.0" de fondo (489 mm x 178 mm x 203 mm). Con un peso aproximado de 7 Lbs (3.2 Kg.).

### **5.9.2 DUCTOS DE COMUNICACION**

En una SE Automatizada se aduce que existen buzones y ductos de comunicación por donde pasan los cables de telecomunicaciones y de control.

Sobre la base de esta hipótesis sólo nos quedaría aclarar que en el Patio de Llaves se hará el tendido del cable coaxial RG-58 y este cable tiene un diámetro de 0.193".

Entonces, necesitaríamos un diámetro disponible mínimo en los ductos de:

$$D_{\min} = D_{\text{cable}} + 30\%$$

$$D_{\min} = 0.193" + (0.193") \times (0.3)$$

$$D_{\min} = 0.2509" = 1/4"$$

En caso no hubiese este espacio mínimo en los ductos existentes, entonces se optará por instalar tubos de PVC de mínimo 1/4" desde la Sala de Control hacia las Bahías siguiendo los 2 tramos que se explicarán en el punto 6.4.3.

### **5.9.3 TRAMO AEREO**

En este tramo se utilizarán Anclaje de Retención para Poste o Torre y conjunto de Anclaje para Cables de Fibra Óptica – FDDE a fin de llevar la FO multimodo ADSS hacia Casa de Fuerza donde se sincronizarán los 5 IED's.

El Conjunto de Anclaje – FDDE fue desarrollado específicamente para cables ópticos dieléctricos aéreos auto-soportado. Es aplicado para garantizar la integridad mecánica estructural del cable óptico, y es formado por dos componentes:

- a.) Protector preformado: Es aplicado directamente sobre una cobertura del cable y recibe todos los esfuerzos ejercidos y los distribuye a través de todo el alambre preformado de anclaje, sin provocar daños al cable de fibra óptica.
- b.) Alambre Preformada de Anclaje: Esta aplicada siempre sobre el protector preformado y los componentes que efectivamente ejerce un anclaje del cable.

Nota Importante:

Para asegurar aplicaciones correctas del conjunto de anclaje son necesarias herramientas adicionales. En la **Figura 36** se muestran los accesorios para este tipo de anclaje.

#### **5.9.4 ACCESORIOS PARA EL CONEXIONADO DE LA FO AL RACK DE COMUNICACIONES**

##### **CONECTOR ST**

Este tipo de conector, que es el que se utilizará en este proyecto, tiene un diseño de tipo bayoneta muy similar al BNC usado con el cable coaxial como se muestra en la **Figura 37** donde está representado el macho a la izquierda y la hembra a la derecha. El conector ST tiene las caras de las fibras en contacto físico entre si y bajo presión. Se reducen de esta forma las pérdidas por efecto de la reflexión de Fresnel.

La férula tiene un diámetro de 2.5 mm y originariamente se construía siempre en material cerámico. La carcasa exterior presenta un elemento de codificación mecánico o chaveta que al encastrar obliga a la férula adoptar una única posición de trabajo.

Para mantener ambos extremos de las fibras ópticas bajo presión las férulas están sometidas a presión con sendos muelles con lo que lógicamente este conector no necesita mantener una distancia prefijada entre férulas.

Para el inter-conexionado de los conectores ST, se utiliza un acoplador ST que presenta la peculiaridad de que la pieza central de guiado construida en material cerámico es amigable con la parte mecánica exterior del acoplador ST construida de metal.

Su utilización es indistinta para fibras ópticas monomodo y multimodo, y los valores de atenuación de estos conectores oscilan entre 0.1 dB y 0.4 dB.

### **AMP PATCH CORD ST-PC/ST-PC**

El ensamblado del cable de fibra óptica duplex ST-ST se construyen y prueban individualmente asegurando baja pérdida y años de funcionamiento confiable. Están ensamblados de conectores AMP y cables de fibra óptica AMP/ Pirelli.

### **Especificaciones**

Los cables de fibras ópticas deben ser terminados usando 62,5 micrones multimodo, 50 micrones multimodo o cable monomodo.

El cable duplex debe utilizar conectores ST con férula de polímero o cerámico en ambos terminales.

### **Materiales:**

- Cuerpo del conector : Termoplástico
- Cable Óptico : PVC outer jacket

En la **Figura 38** se observa este tipo de patch cord de fibra.

### **AMP PANEL DE 6 ACOPLADORES ST**

Los Paneles AMP Acopladores ST están contruidos con fibra simple de alta calidad. Estos ofrecen una rápida y fácil instalación en montajes de rack de gabinetes de fibra óptica.

#### **Especificaciones:**

Los gabinetes de fibra óptica tienen que estar equipados con paneles de acopladores. En cada acoplador se incluye 6 tomas ST como se muestra en la **Figura 39**. El número de parte de los Paneles Acopladores AMP es 559515-X, donde X denota el tipo de fibra óptica (1 multimodo, 2 monomodo)

#### **Materiales:**

- Termoplásticos:
- Panel de Acoplador (negro)
- Fasteners (white)

### **AMP BANDEJA FO 19" 1 RU**

Características de los productos:

- Acepta 3 módulos de adaptador o Cassettes MPO, ver **Figura 40**.
- Cajón inclinable y deslizable.
- Tablero frontal de carga rápida.
- Ayuda a forzar el cable e incluye una cerca
- Adelante, Dejar o retirar el montaje

## **CAPITULO VI**

### **DISEÑO DE LAS INSTALACIONES**

#### **6.1 OBJETIVO**

Una vez que se sabe cuales son las características técnicas de los equipos, el siguiente paso es hacer los cálculos teóricos para dar seguridad a que el nivel de señal de sincronismo que recepcione los equipos a sincronizar sea la más óptima, estos cálculos se realizarán en base a dichas características y a las distancias entre equipos existentes ya que se debe instalar una red por el cual debe enviarse las señales de sincronismo.

El principal objetivo de este capítulo es, basándose en la demanda, realizar una serie de cálculos que nos darán una confiabilidad y respaldo teórico al momento de instalar la red o sistema de sincronismo.

## **6.2 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA PROYECTADO**

La antena GPS será instalada en un poste exterior cerca a la Sala de Control.

El receptor GPS será instalado en la Sala de Control junto con los otros equipos de comunicaciones existentes. En esta sala de Control debe existir un rack de comunicaciones de 19" y en el cual debe tener disponible 1UR en donde se pueda montar el receptor GPS modelo 1088B de la marca Arbiter Systems. En caso contrario, se optará por adquirir un rack de pared.

Se hará el tendido de cables (UTP, RG-58 y FO) los cuales llevarán las señales de sincronismo provenientes del receptor GPS a los diferentes equipos que se quiere sincronizar.

El cable UTP (Par Trenzado Sin pantalla) irá desde el receptor GPS al switch Ethernet existente siempre y cuando este switch tenga un puerto RJ45 libre, caso contrario se optará por adquirir un switch EtherTRAK de SIXNET. Esta etapa sincronizará los relojes internos de los 12 ordenadores y del PLC el cual también se encuentra en red.

El bus de cable coaxial RG-58 irá desde el receptor GPS y será distribuido hacia las Bahías para que en ella pueda colgarse los 20 IED's (Relés Universales).

Mientras tanto el cable de Fibra Óptica será enviado desde el receptor GPS hacia la Casa de Fuerza por medio de un tramo aéreo para sincronizar los 5 IED's restantes (Acopladores Estrella).

Luego se harán las conexiones en ambos extremos de los cables para finalmente configurar el receptor GPS.

Para sincronizar la Red Cómputo existente será necesario los siguientes procedimientos:

- Que el puerto RJ45 del NTP Server Interno (opción 32), del Reloj Controlado por Satélite GPS modelo 1088B de Arbiter Systems, ingrese al switch principal.
  
- Como el puerto RJ45 de la opción 32 trabaja a 10BaseT es necesario que el switch principal sea 10/100BaseT(x) auto-sensing y que tenga un puerto libre, caso contrario se incluirá un Switch Industrial EtherTRAK de SIXNET de 5 puertos que es un 10/100BaseT(x) auto-sensing y seguidamente mediante un cross-over se conecte este Switch de SIXNET al Switch existente. Con ello se conseguirá compatibilidad y probabilidad de crecimiento futuro ya que quedarán 3 puertos libres en el Switch Industrial de SIXNET. El medio físico que se utilizará para dichas conexiones será el cable de par trenzado UTP Cat. 5E.

- El software utilizado para este sincronismo será el Protocolo de Tiempo de Red (NTP) que será instalado en el receptor GPS.

Para sincronizar los IED's restantes será necesario los siguientes procedimientos:

- Se debe agrupar los IED's entre los que aceptan señales de sincronismo de tipo IRIG-B modulada y los que necesitan IRIG-B no-modulada.
- Luego de agruparlos se debe de tener presente las distancias que se encuentran uno del otro así como la distancia máxima entre la ubicación del receptor GPS y del IED más lejano. Es decir que para una gran distancia, más de 500 metros, será recomendable utilizar Fibra Óptica (FO) y para distancias menores el cable coaxial RG-58.
- Es el caso de los IED's que se encuentran en Casa de Fuerza el cual está alejado a unos 500 metros, y para evitar pérdidas en el nivel de señal es indispensable utilizar FO para llegar hasta dichos IED's.
- En un caso muy específico se utilizará el Bus distribuido IRIG-B (opción 18) ya que este es un megabus en el cual se pueden colgar cientos de equipos para ser sincronizados. Es decir, se hará su estudio pero quedará como una alternativa para un crecimiento futuro en la red de sincronismo ya que la demanda actual no exige tal cantidad de equipos para ser sincronizados.

### **6.3 PROYECCION DE LA DEMANDA**

Sobre la base de lo que se requiere, lo que se tiene y lo que se quiere realizar se cubrirá con absolutamente todas las expectativas ya que no quedará un equipo sin ser sincronizado.

Además se tendrá como parte de crecimiento futuro un bus especial en el cual se podrán sincronizar cientos IED's. Y en lo que respecta al sincronismo de los ordenadores la opción 32 NTP Server Interno podrá sincronizar también cientos de PC's siempre y cuando estas estén dentro de una LAN (Red de Área Local).

### **6.4 CALCULOS JUSTIFICADOS**

Los cálculos para este sistema se dividirán en 5 etapas:

1. Etapa de recepción de la señal proveniente de los satélites GPS, desde satélite hasta el receptor GPS.
2. Etapa de distribución de la señal IRIG-B modulada a través de las salidas BNC configurables, mediante bus de cables coaxial RG-58 desde el reloj 1088B ubicado en la Sala de Control hacia los 20 IED's ubicados en el patio de llaves.

3. Etapa de distribución de la señal de pulso programable a través de las salidas ST de FO configurables (opción 20A), mediante bus de cable de Fibra Óptica multimodo 820 nm desde el reloj 1088B ubicado en la Sala de Control hacia los 5 IED's ubicados en Casa de Fuerza.
4. Etapa de distribución de señal de sincronismo a través de la salida RJ45 (opción 32), mediante cable UTP Cat 5E desde el reloj 1088B ubicado en la Sala de Control hacia las 10 Workstation ubicadas en el patio de llaves, además de los 2 Servidores y el PLC ubicados en Sala de Control.
5. Etapa de cálculos de rastreo, posición, tiempo y sincronización que realiza internamente el receptor GPS.

#### **6.4.1 MAXIMA DEMANDA**

Para la primera etapa, la máxima demanda será una sola antena receptora GPS. Pero el sistema de constelación de satélites puede dar datos a infinitas antenas receptoras GPS.

Para la segunda etapa tan solo será necesario sincronizar 20 IED's que en este caso serán 20 Relés Universales D60 de General Eléctric. Pero este sistema puede sincronizar tantos equipos como la Impedancia total del sistema para cada bus (4 buses de cable coaxial RG-58) lo permita. Es decir; cuanto mayor sea la impedancia de entrada de sincronismo de los IED's, mayor será la cantidad de equipos a sincronizar; y viceversa.

Para la tercera etapa tan solo será necesario sincronizar 5 IED's que en nuestro caso serán 5 Acopladores Estrella RER111 de ABB. Pero este sistema puede sincronizar tantos equipos como nivel de señal de recepción para cada bus (4 buses de FO multimodo 820 nm) lo permita. Es decir, basándose en cálculos la Potencia de recepción para cada equipo es mayor a la sensibilidad de recepción de dicho equipo (según sus especificaciones técnicas), entonces el equipo puede sincronizarse.

Para la cuarta etapa sólo será necesario sincronizar 12 PC's (10 WorkStation y 2 Server) y un PLC. Pero la NTP Server puede sincronizar cientos de ordenadores.

La quinta etapa será calculada internamente por el receptor GPS, se mostrarán unos breves cálculos a fin de dar una noción de cómo se realizan estos cálculos aunque en la práctica no será necesario realizarlo.

A continuación se harán los cálculos para cada una de las etapas:

#### **6.4.2 ETAPA DE RECEPCIÓN DE LA SEÑAL PROVENIENTE DE LOS SATELITES**

En esta etapa se realizará el análisis detallado del diagrama de radiación de la antena receptora GPS, la relación portadora a ruido en el receptor GPS (C/N) y la probabilidad de error ( $P_e$ ).

Con respecto al transmisor, como ya se explicó en el marco teórico, la constelación de satélites GPS (NAVSTAR) giran alrededor de la tierra con órbita no circular y con un periodo orbital de casi dos vueltas por día. Además la antena GPS siempre tendrá a la vista varios satélites a la vez y nuestro modelo de reloj GPS puede recepcionar hasta 8 satélites a la vez.

Es por eso que para cuestiones netamente teóricas se calculará en el peor de los casos. Es decir, se asumirá que el receptor GPS tiene solo un satélite a la vista y está a una distancia máxima de alejamiento con respecto al receptor GPS. Se asume un PIRE promedio para los satélites a esa órbita.

Con respecto al receptor, como ya se explicó en las características técnicas del Reloj Controlado por Satélite modelo 1088B de Arbiter Systems y de su antena GPS, se tendrá en cuenta los principales datos para realizar este análisis los cuales son Figura de Ruido (NF), Ganancias (G) y Atenuaciones (L)

Las principales características técnicas son:

**Para el Transmisor (TX)**

Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE)	:	35 dBW
Frecuencia (f)	:	1575.42 Mhz
Distancia (d)	:	26 600 Km.
Tipo de Modulación Digital	:	BPSK
Velocidad de Transmisión ( $V_{TX}$ )	:	50 bps
Velocidad de Símbolo ( $V_S$ )	:	50 Mbps (DSSS)

**Para el Receptor (RX)**

Ganancia de antena ( $G_A$ )	:	35 dB
Figura de Ruido de la antena ( $N_{FA}$ )	:	3.3 dB
Atenuación por 15 m de Cable Coaxial ( $L_{CC}$ )	:	5 dB
Ganancia del LNB ( $G_{LNB}$ )	:	4 dB
Figura de Ruido del LNB ( $N_{LNB}$ )	:	1.2 dB
Temperatura del Receptor ( $T_{RX}$ )	:	25°C
Temperatura ambiente ( $T_o$ )	:	17°C

Donde

LNB : Es un Amplificador de Bajo Ruido (LNA) mas un Convertidor  
Descendente de Frecuencia (Down-Converter)

Lcc : En los atenuadores su NF es igual a su atenuación.

Para un análisis más comprensivo será necesario realizar diagramas de bloques y junto con ello sus principales características técnicas como se muestra en la **Figura 41**.

### **Cálculo del Diagrama de Radiación de la Antena Receptora GPS**

Las principales características técnicas de la antena receptora GPS son:

Voltaje de alimentación	:	+5 Volts DC ( $\pm 10\%$ )
Consumo de Potencia	:	30 mA maximum
Impedancia de Salida	:	50 $\Omega$
Frecuencia	:	1575.42 MHz $\pm$ 1.023 MHz
Polarización	:	Circular Mano Derecha (RHCP)
VSWR (ROE)	:	2.0 máximo
Razón Axial	:	90°: 4.0 dB máx; 10°: 6.0 dB máx.
Ganancia	:	35 dB $\pm$ 3 dB
Figura de Ruido	:	3.3 dB máximo (25°C $\pm$ 5°C)
Anchura Pasa-Banda	:	50 MHz
Fuera de la Banda de Rechazo	:	fo: 1575.42 MHz fo $\pm$ 20 MHz : 7dB min fo $\pm$ 30 MHz : 12dB min fo $\pm$ 40 MHz : 20dB min fo $\pm$ 100 MHz : 100dB min
Cobertura Azimut	:	360° (omni-direccional)
Cobertura de Elevación	:	0° a 90° elevación (hemisférica)

De estos datos se pueden hacer los siguientes cálculos:

### **Cálculo del Coeficiente de Reflexión ( $\rho$ )**

Se sabe que la impedancia característica ( $Z_0$ ) del cable coaxial RG-6 de la antena es de 75 ohmios. Y que la impedancia de entrada al receptor GPS ( $Z_i$ ) es de 50 ohmios. Por lo que se tiene que:

$$\rho = \frac{Z_0 - Z_i}{Z_0 + Z_i}$$

$$\rho = \frac{75 - 50}{75 + 50}$$

$$\rho = 0.2$$

### **Cálculo de la Relación Onda Estacionaria (ROE)**

$$ROE = \frac{1 + \rho}{1 - \rho}$$

$$ROE = \frac{1 + 0.2}{1 - 0.2}$$

$$ROE = 1.5$$

Por lo cual está dentro del rango, ya que se debe tener un máximo de 2.0 para el ROE según las especificaciones técnicas.

**Cálculo del Diagrama de Relación Axial (AR)**

A 90° :

$$AR = 4 \text{ dB}$$

$$AR = 10^{4/10}$$

$$AR = 2.51$$

A 10° :

$$AR = 6 \text{ dB}$$

$$AR = 10^{6/10}$$

$$AR = 3.98$$

Por lo tanto el Diagrama de Radiación será como se muestra en la **Figura 42**, en el cual se muestra todas sus vistas.

**Cálculo de la Relación Portadora a Ruido Térmico (C/N):**

Primeramente se calcula la Atenuación causada por el Medio Ambiente ( $A_o$ )

$$A_o = 32.44 + 20 \times \text{Log}(d_{\text{km}} \times f_{\text{MHz}})$$

$$A_o = 32.44 + 20 \times \text{Log}(26\ 600 \times 1575.42)$$

$$A_o = 184.88 \text{ dB}$$

Seguidamente se calcula la Temperatura Equivalente en el Sistema ( $T_{\text{SYS}}$ )

$$T_{SYS} = [(T_A + T_{CC}) \times G_{CC} + T_{LNB}] \times G_{LNB} + T_{RX}$$

Se sabe que

$$T_e = (NF-1) \times T_o$$

$$G = 1/L$$

$$T_{\text{°K}} = 273 + T_{\text{°C}}$$

$$N = N_o \times B \dots \dots \dots \text{Potencia de Ruido}$$

$$N_o = K \times T_{SYS} \dots \dots \dots \text{Ruido Gaussiano o Densidad Espectral de N}$$

Donde

K : Constante de Boltzman

T<sub>SYS</sub> : Temperatura en grados Kelvin

B : Ancho de Banda en Hertz

Por lo tanto

$$T_{SYS} = [((NF_A - 1) \times T_o + (NF_{CC} - 1) \times T_o) \times G_{CC} + (NF_{LNB} - 1) \times T_o] \times G_{LNB} + T_{RX}$$

$$T_{SYS} = \left[ \left( (10^{0.33} - 1) \times 290 + (10^{0.5} - 1) \times 290 \right) \times \frac{1}{10^{0.5}} + (10^{0.12} - 1) \times 290 \right] \times 10^{0.4} + 298$$

$$T_{SYS} = 1290.02 \text{ °K}$$

$$T_{SYS} = 31.1 \text{ dB °K}$$

Luego se calcula la Ganancia en el Receptor ( $G_{RX}$ )

$$G_{RX} = G_A + G_{cc} + G_{LNB}$$

$$G_{RX} = 35 \text{ dB} - 5 \text{ dB} + 4 \text{ dB}$$

$$G_{RX} = 34 \text{ dB}$$

Finalmente se calcula relación portadora a ruido térmico

$$\frac{C}{N} = PIRE - A_o + G_{RX} - N$$

$$\frac{C}{N} = PIRE - A_o + G_{RX} - N_o - B$$

$$\frac{C}{N} = PIRE - A_o + G_{RX} - K - T_{SYS} - B$$

$$\frac{C}{N} = 35 \text{ dBW} - 184.88 \text{ dB} + 34 \text{ dB} + 228.6 \text{ dB/J}^\circ\text{K} - 31.1 \text{ dB}^\circ\text{K} - 10 \text{ Log}(50 \times 10^6) \text{ dBHz}$$

$$\frac{C}{N} = 4.63 \text{ dB}$$

### **Cálculo de la Probabilidad de Error (Pe):**

Como ya se mencionó anteriormente el tipo de modulación digital que se utiliza para la transmisión de los datos desde el satélite hacia el receptor GPS es la BPSK y además se incluye un Modulador de Espectro Expandido por Secuencia Directa (DSSS). Por lo tanto la probabilidad de error Gaussiana estaría dada por:

**a) Sin Interferencias:**

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right)$$

Donde

$$E_b \quad : \quad \text{Energía por Bit} \left( \frac{C}{V_{TX}} \right)$$

Por lo tanto

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N}$$

Reemplazando valores

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{10^{0.463}} \right)$$

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(1.704)$$

$$P_e = 7.98 \times 10^{-3}$$

**b) Con Interferencias:**

Primeramente se calcula la Potencia de Recepción (C)

$$C = \text{PIRE} - A_o + G_{RX}$$

$$C = 35\text{dBW} - 184.88\text{dB} + 34\text{dB}$$

$$C = -115.88\text{dBW}$$

$$C = 2.582 \times 10^{-12} \text{ W}$$

Seguidamente se calcula el Tiempo de Bit ( $T_b$ )

$$T_b = \frac{1}{V_s}$$

$$T_b = \frac{1}{50 \times 10^6}$$

$$T_b = 2 \times 10^{-8} \text{ seg}$$

Luego se calcula la Variable de perturbación (VAR)

$$\text{VAR}(L_j) = b R_j T_p T_b$$

$$\text{VAR}(L_1) = \text{VAR}(L_2) = \text{VAR}(L_3) = \dots$$

Donde

$b = 1$ .....interferencia de tono

$b = 2/3$ ...interferencia de código

$R_j \approx C$ .....Potencia Recibida por el elemento perturbador (Wattios)

$T_p$  .....Tiempo de Bit con DSSS (seg)

Luego

$$\frac{T_b}{T_p} = \frac{W}{B}$$

$$\frac{T_b}{T_p} = \frac{50 \text{ MHz}}{50 \text{ Hz}}$$

$$\frac{T_b}{T_p} = 1000$$

Para fines de ejemplo práctico supongamos que el receptor GPS sólo tiene 4 satélites a la vista; el primero es el que le da la información y los otros tres le causan interferencia de código.

$$\text{VAR}(L_1) = \frac{2}{3} \times (2.582 \times 10^{-12}) \times \frac{T_b}{1000} \times T_b$$

$$\text{VAR}(L_1) = (1.72 \times 10^{-15}) \times (2 \times 10^{-8}) \times T_b$$

$$\text{VAR}(L_1) = 3.443 \times 10^{-23} \times T_b$$

Finalmente se calcula la Probabilidad de Error con interferencias

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{E_b \times T_b}{N_0 \times T_b + \text{VAR}(L_1) + \text{VAR}(L_2) + \text{VAR}(L_3) + \dots}} \right)$$

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{5.164 \times 10^{-20} \times T_b}{1.78 \times 10^{-20} \times T_b + 3 \times 3.443 \times 10^{-23} \times T_b}} \right)$$

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(1.7)$$

$$P_e = 8.2 \times 10^{-3}$$

### **6.4.3 ETAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LA SEÑAL IRIG-B MODULADA A TRAVÉS DE LAS SALIDAS BNC CONFIGURABLES**

#### **Cálculo de las Impedancias:**

Este cálculo será válido únicamente para las 4 salidas configurables con conectores tipo BNC del Reloj 1088B.

Sobre la base de las especificaciones técnicas se sabe que las 4 salidas configurables tienen amplificadores operacionales los cuales darán una gran ganancia de corriente. Esto nos dará a entender que una sola de las salidas BNC podrá sincronizar los 20 IED's ubicados en el Patio de Llaves, pero por motivos de margen de seguridad se recomienda no forzar las salidas.

Es por ello que se utilizará la primera salida para generar el primer tramo (bus 1), y la segunda salida para generar el segundo tramo (bus 2).

Puesto que es necesario dejar salidas libres para futuras ampliaciones, y teniendo en cuenta la mejor distribución del cable sobre la base de los planos de los equipos existentes, se utilizarán solo dos salidas quedando las otras dos de reserva.

El primer tramo irá desde la Sala de Control (donde está ubicado el reloj 1088B) hasta la Bahía 6 pasando por las Bahías 1, 2, 3, 4 y 5 con una extensión de cable coaxial RG-58 de aproximadamente 200 metros.

El segundo tramo irá desde la Sala de Control hasta la Bahía 7 pasando por las Bahías 10, 9 y 8 con una extensión de cable coaxial RG-58 de aproximadamente 100 metros.

Como ya se sabe cada Bahía cuenta con 2 IED's. Cada IED tiene una impedancia de entrada IRIG-B de  $22\text{ K}\Omega$  ( $Z_{in}$ ) y cada salida BNC del reloj 1088B tiene una impedancia de  $560\ \Omega$  ( $Z_{out}$ ). Por lo tanto los cálculos de la impedancia serán como sigue.

Primeramente se calcula de la Impedancia Total en el Primer Tramo:

$$\frac{1}{Z_{eq1}} = \frac{1}{Z_{in1}} + \frac{1}{Z_{in2}} + \frac{1}{Z_{in3}} + \dots + \frac{1}{Z_{in12}}$$

$$\frac{1}{Z_{eq1}} = \frac{12}{22\text{K}\Omega}$$

$$Z_{eq1} = 1.83\text{ K}\Omega$$

Pero la impedancia característica del cable RG-58 es  $50\ \Omega$  por lo que la impedancia total será aproximadamente:

$$Z_{total1} = 1833\ \Omega + 50\ \Omega$$

$$\mathbf{Z_{total1} = 1883\ \Omega}$$

Seguidamente se calcula de la Impedancia Total en el Segundo Tramo:

$$\frac{1}{Z_{eq2}} = \frac{1}{Z_{in1}} + \frac{1}{Z_{in2}} + \frac{1}{Z_{in3}} + \dots + \frac{1}{Z_{in8}}$$

$$\frac{1}{Z_{eq2}} = \frac{8}{22K\Omega}$$

$$Z_{eq2} = 2.75 K\Omega$$

Pero la impedancia característica del cable RG-58 es  $50 \Omega$  por lo que la impedancia total será aproximadamente:

$$Z_{total2} = 2750 \Omega + 50 \Omega$$

$$\mathbf{Z_{total2} = 2800 \Omega}$$

### Cálculo de la Corriente Nominal:

Se sabe que el voltaje de salida de IRIG-B modulada del reloj 1088B es de 10 voltios pico-pico por lo que su voltaje eficaz será:

$$V_{eff} = \frac{10V}{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 3.53V$$

Por lo tanto su corriente máxima que necesitará cada tramo será como sigue:

Primeramente se calcula de la Corriente Máxima en el Primer Tramo:

$$I_{m1} = \frac{V_{eff}}{Z_{total1} + Z_{OUT}}$$

$$I_{m1} = \frac{3.53}{1883 + 560}$$

$$I_{m1} = 1.44 \text{ mA}$$

Seguidamente se calcula de la Corriente Máxima en el Segundo Tramo:

$$I_{m2} = \frac{V_{eff}}{Z_{total2} + Z_{OUT}}$$

$$I_{m2} = \frac{3.53}{2800 + 560}$$

$$I_{m2} = 1.05 \text{ mA}$$

Por lo tanto el Diagrama Circuital será como se muestra en la **Figura 43**.

#### **6.4.4 ETAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LA SEÑAL DE PULSO**

##### **PROGRAMABLE A TRAVÉS DE LAS SALIDAS ST DE FO**

##### **CONFIGURABLES**

En esta etapa se hará el análisis detallado del enlace entre el reloj 1088B (opción 20A) y los 5 IED's ubicados en Casa Fuerza mediante un bus de FO multimodo que se instalará aéreamente.

Sobre la base de las especificaciones técnicas de la FO multimodo ADSS de Lucent Technologies, se tiene que:

Dimensiones de la FO	:	62.5/125 $\mu\text{m}$
Ventana de Comunicaciones	:	1ra. Ventana (820nm)
Índice de refracción del revestimiento (n2)	:	1.48
Índice de refracción relativo ( $\Delta$ )	:	1%

Sobre la base de las especificaciones técnicas de la opción 20 A del reloj controlado por satélite modelo 1088B, se tiene que:

Tipo de transmisor	:	LED
Potencia de emisión (Pe)	:	0.9 mW
Área emisión	:	50 x 70 $\mu\text{m}$

Los datos que faltan deben ser asumidos pero de forma coherente, es decir, por ser el transmisor de tipo LED entonces:

Anchura espectral ( $\Delta\lambda$ ) : 20 nm

Factor de dispersión espacial (m) : 3

Además se deben asumir otros datos como:

Pérdida por conector ( $\alpha_c$ ) : 0.6 dB

Pérdida por empalme de arco fusión ( $\alpha_e$ ) : 0.2 dB

Margen de seguridad por envejecimiento (Ms) : 7 dB

Pérdidas en la planta interna ( $\alpha_{pi}$ ) : 3 dB

Estos datos serán suficientes para verificar si el nivel de recepción (potencia de recepción) es mayor que la sensibilidad del receptor a fin de no poner ningún repetidor en el trayecto. Seguidamente inician los cálculos:

### **Cálculo de la Apertura Numérica (AN):**

Primeramente calculamos el índice de refracción del núcleo de la fibra.

$$\Delta = 1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}$$

$$0.01 = 1 - \frac{1.48^2}{n_1^2}$$

$$n_1 = 1.4949$$

Entonces:

$$AN = n_1 \sqrt{2\Delta}$$

$$AN = 1.4949\sqrt{2 \times 0.01}$$

$$AN = 0.2114$$

### **Cálculo de la Potencia de Acoplamiento (Pc):**

Si se hace un corte a la FO y se le marca la potencia efectiva emitida, sé vera como en la **Figura 44**.

Primeramente hallamos el valor del ángulo  $\alpha$

$$\text{sen}\alpha = \frac{L1}{r}$$

$$\text{sen}\alpha = \frac{25}{\frac{62.5}{2}}$$

$$\alpha = 53.13^\circ$$

Luego calculamos el valor del área del sector circular (A1)

$$A1 = \frac{\pi r^2 \times 2 \times \alpha}{360^\circ}$$

$$A1 = \frac{\pi \times \left(\frac{62.5}{2}\right)^2 \times 2 \times 53.13^\circ}{360^\circ}$$

$$A1 = 905.56 \mu\text{m}^2$$

Seguidamente calculamos el valor del área triangular (A2)

$$A2 = \frac{(L1 \times L2)}{2}$$

$$A2 = \frac{(L1 \times 2 \sqrt{r^2 - L1^2})}{2}$$

$$A2 = \frac{(25) \times \left( 2 \times \sqrt{\left( \frac{62.5}{2} \right)^2 - 25^2} \right)}{2}$$

$$A2 = 468.75 \mu\text{m}^2$$

Por lo que el área total efectiva de emisión será:

$$A_f = 2 \times (A1 + A2)$$

$$A_f = 2748.62 \mu\text{m}^2$$

Finalmente la Potencia de Acoplamiento será:

$$P_c = \left( \frac{m+1}{2} \right) \times \left( \frac{A_f}{A_e} \right) \times A N^2 \times P_e$$

$$P_c = \left( \frac{3+1}{2} \right) \times \left( \frac{2748.62}{50 \times 70} \right) \times 0.2114^2 \times 0.9$$

$$P_c = 0.0631 \text{ mW}$$

$$P_c = -12 \text{ dBm}$$

**Cálculo de la Potencia de Recepción:**

$$Prx = Pc - Ms - \alpha_{pi} - 2(\alpha_c) - \alpha_{FO} \times L$$

Donde:

$\alpha_{FO}$  = Pérdidas en la FO por trabajar en 1ra. ventana de comunicaciones 820 nm

L = Longitud de la FO

Por lo tanto:

$$Prx = -12\text{dBm} - 7\text{dB} - 3\text{dB} - 2(0.6\text{ dB}) - (3.4\text{ dB/Km})(0.6\text{ Km})$$

$$\mathbf{Prx = -25.24\text{ dBm}}$$

Como la Sensibilidad de Recepción ( $S_{rx}$ ) es de **-38 dBm** según las especificaciones técnicas del acoplador estrella, por lo tanto la señal IRIG-B Digital podrá sincronizar este IED.

#### **6.4.5 ETAPA DE DISTRIBUCIÓN DE SEÑAL DE SINCRONISMO A TRAVÉS DE LA SALIDA RJ45**

En esta etapa no será necesario realizar cálculos algunos ya que solo se debe tener en consideración que la máxima distancia del cable UTP Categoría 5E no debe exceder los 100 metros y la velocidad de transmisión no debe ser mayor a 300 MHz por estar normalizado.

Todas las PC's (Servidores y Estaciones de Trabajo) y el PLC que estén colgados en dicha red pueden ser sincronizados.

#### **6.4.6 RASTREO DEL SATELITE**

Los mensajes de navegación se actualizan cada 30 segundos aproximadamente. En este intervalo, y a la velocidad a la que se mueven los satélites en el espacio, su posición puede variar en kilómetros. Si en el mensaje de navegación se ofreciera simplemente la posición, no sería posible emplear el GPS en aplicaciones que requiera calcular el posicionamiento de modo continuo, aviones por ejemplo. Por este motivo, en lugar de la posición, se envían todos los parámetros necesarios para que el receptor calcule con gran precisión la posición orbital del satélite en todo instante. Sin embargo existen numerosas causas de perturbación, como la atracción gravitatoria del sol y la luna, presión de la radiación solar, etc.

En general todas estas perturbaciones introducen un efecto que debe ser corregido de la órbita ideal. La órbita ideal es una elipse, sin embargo, para el

cálculo de la órbita real se debe tener en cuenta todas las perturbaciones, algunas de las cuales pueden aparecer o cambiar de forma impredecible como se ve en la **Figura 45**.

La predicción a largo plazo de las órbitas no es posible si se desea gran exactitud, por lo que los parámetros empleados para su cálculo son válidos sólo durante cortos periodos de tiempo. Estos parámetros de referencia se denominan EPHEMERIS (Efemérides), y el instante en que se fijan EPOCH (época). Para minimizar las perturbaciones, los satélites vuelan en órbitas cuasi-circulares con eje semi-mayor “b” de 26.560 Km, con un periodo orbital (1 vuelta completa) de 11h: 58 min. Las efemérides se incluyen en el mensaje de navegación emitido por los satélites GPS, y se actualizan cada vez que sea necesario, garantizando de este modo una gran precisión para calcular el posicionamiento del satélite.

El modelo 1088B tiene 8 canales, es decir, rastrea simultáneamente hasta 8 satélites y los resultados del rastreo de todos los satélites a la vista de la antena del receptor GPS son promediados cuando el modo “Mantener Posición” está encendido, o son estimados por mínimos cuadrados cuando el modo “Mantener Posición” está apagado.

Por lo tanto, al tener mayor cantidad de satélites a la vista se puede obtener con mayor exactitud la localización del receptor GPS en la tierra.

### 6.4.7 CALCULO DE LA POSICIÓN

En el sistema GPS el posicionamiento se basa en la medida de la distancia del receptor a varios satélites. Esta distancia se obtiene midiendo el tiempo que tarda la señal en alcanzarle. Se supone, por tanto, que el receptor dispone de un reloj sincronizado con el sistema de emisión. Esta última hipótesis no es cierta, en general, esta desincronización puede calcularse a partir de las distancias emitidas a 4 satélites.

En general, el receptor mide la diferencia temporal entre la recepción de la señal y el instante en que considera que se produjo la emisión. Este intervalo se calcula en función del desplazamiento que se ha necesitado para que las secuencias pseudo aleatorias se alineen. La **Figura 46** ilustra esta técnica.

Donde

$T_s$  = Origen de tiempos de la emisión (referenciado al reloj del sistema)

$T_u$  = Instante en que la señal alcanza al receptor (según el reloj del sistema)

$t_u$  = Desviación del reloj del receptor

$T'_s$  = Origen de tiempos de emisión (según el reloj del receptor)

$T'_u$  = Instante en que la señal alcanza al receptor (según el reloj del receptor)

Al alinear la secuencia, el receptor mide como instante de llegada  $T'_u$ , y

considera la emisión se produjo en  $T_s$ . Por tanto, el receptor determina que la distancia recorrida por la señal es.

$$D = c \cdot t$$

$$c \cdot \Delta t = c \cdot (T'_u - T_s)$$

$$c \cdot \Delta t = c \cdot (T_u + t_u - T_s)$$

Sin embargo, la distancia real es otra:

$$c \cdot \Delta t = c \cdot (T_u - T_s)$$

La distancia aparente medida por el receptor se conoce como pseudo rango. De todas las posibles fuentes de error, la desincronización que representa el término  $t_u$  es la más significativa. Tal y como se observa en la **Figura 47**, la relación entre la posición del usuario, del satélite y el pseudo rango es:

$$D = c \cdot \Delta t$$

$$D = c \cdot (T_u + t_u - T_s) = D_{\text{real}} + c t_u$$

$$D_{\text{real}} = D - c t_u$$

$$r = A - u$$

La precisión que cabe esperar de esta técnica dependerá del tamaño del chip de la secuencia. En nuestro caso, como el receptor recibe códigos C/A, el tamaño del chip es de  $1\mu\text{s}$ . como se muestra en la **Figura 48**.

La correlación permite alinear los chips con una precisión de 5% (95 % de

confiabilidad con mínimo 4 satélites a la vista según las especificaciones técnicas del modelo 1088B), es decir  $0.05\mu\text{s}$ . lo que permite una resolución de:

$$c \cdot \Delta t = (3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) \times (0.05 \cdot 10^{-6} \text{ s}) = 15\text{m}.$$

Como ya se explicó anteriormente, como nuestro modelo de receptor GPS posee la Capacidad Selectiva (SA) este incluirá cierto error dentro de la confiabilidad del sistema, es decir, que cuando se enciende la SA la precisión será de unos 33.3% (66.6% de confiabilidad) lo que permite una resolución de:

$$c \cdot \Delta t = (3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) \times (0.333 \cdot 10^{-6} \text{ s}) = 100\text{m}.$$

Lo que cumple con las especificaciones técnicas que se dan en el manual del modelo 1088B de Arbiter Systems.

En ambos casos, cuanta mayor cantidad de satélites tenga a la vista, mayor será la confiabilidad del receptor GPS y mejor será el porcentaje de precisión; por lo que aumentará la precisión en la posición.

### **6.4.8 CALCULO DEL TIEMPO**

No existe un reloj Universal que marque la hora y sirva de referencia temporal. El sistema GPS permite calcular el tiempo (hora) referido al sistema UTC/USNO – Universal Time Coodinated mantenido por US Navigation Office. La hora GPS es una medida continua de tiempo, cuya relación con la UTC/USNO varía debido entre otras causas a las correcciones que periódicamente se realizan sobre esta última. En el mensaje de navegación la información que facilita el cálculo de la FECHA/HORA se envía en dos campos:

SUBTRAMA 1: Campo: Número de Semana (10 bits)

Indica el número de semanas transcurridas desde la referencia, que se situaba inicialmente el 6 ENE 1980 a las 00:00 horas. Al pasar la semana 1023 (19 años y 36 semanas después 21 AGO de 1999) este número desbordó, comenzando desde 0 (como el efecto 2000). La nueva fecha es ahora la referencia semanal.

HOW-Handover Word: Campo: TOW (Time of Week) (19 bits)

Este campo se sitúa en todas las subtramas, por lo que se emite cada 6 seg (300 bits/50 bps). Mide en unidades de 1.5 seg. el tiempo transcurrido desde el comienzo de la semana. Este comienzo se sitúa en la medianoche del sábado al domingo (DOM 00:00:00 horas). Es un número de 19 bits que varía entre 0 – 403.199. La semana tiene 7 días y se obtiene de la siguiente manera:

7 días \* 24 horas \* 60 minutos \* 60 segundos / 1.5 segundos = 403.200

Con estos datos se puede determinar la fecha exacta, y la hora con una precisión de 1.5 seg. El reloj del receptor puede sincronizarse con estos datos, ofreciendo además una medida continua y más exacta del tiempo como es el caso de nuestro modelo de receptor:

$$UTC_{USNO} = t_{RCV} + t_U + t_n$$

$t_{RCV}$  = Hora del reloj del receptor

$t_U$  = Desviación del reloj del receptor

$t_n$  = Diferencia entre la hora GPS y UCT/USNO. Se calcula a partir del mensaje de navegación.

#### **6.4.9 SINCRONIZACION**

Como ya se explicó anteriormente, nuestro receptor GPS tiene múltiples funciones de salidas para poder sincronizar los IED's, pero las que se usarán serán:

- Salida análoga, IRIG-B modulada para sincronizar los equipos en el Patio de Llaves mediante el bus de cable coaxial RG-58.

- Salida digital, Pulso programable para sincronizar los equipos en Casa de Fuerza mediante el bus de FO multimodo.

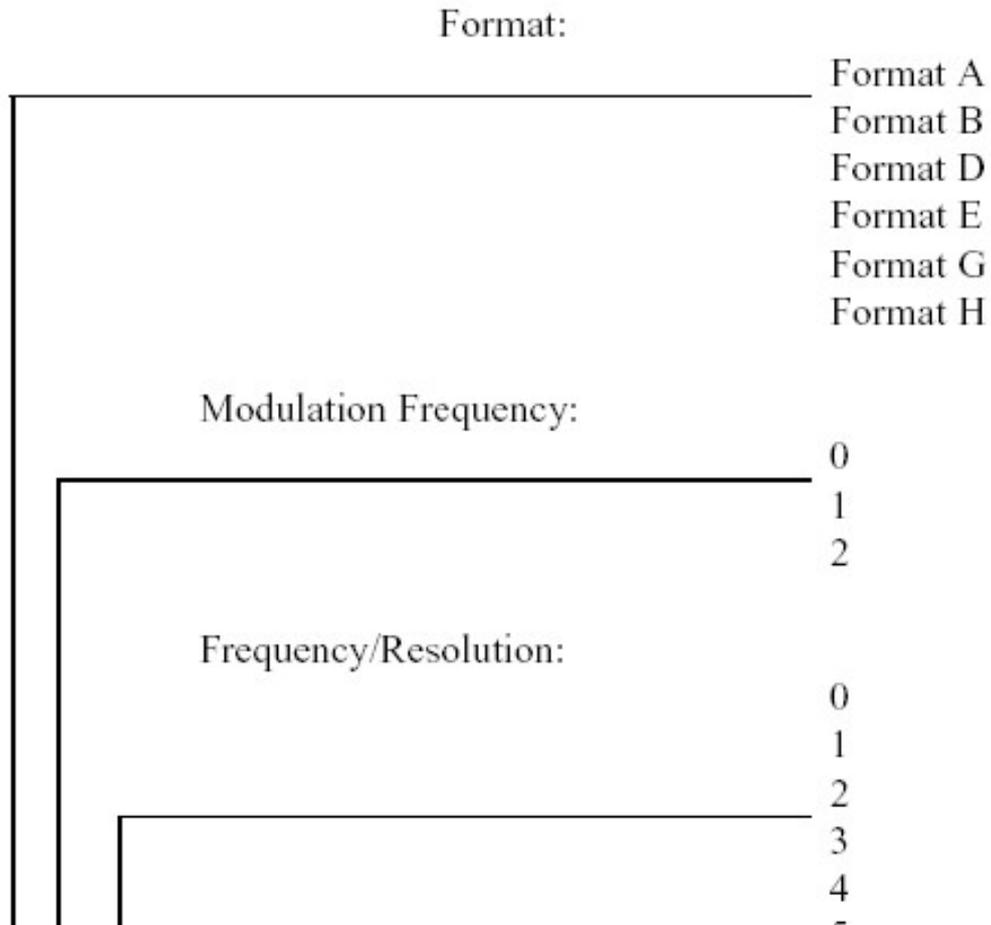
Para entender más sobre este tipo de señal de sincronismo se hará una breve descripción.

### **Descripción General de la Norma**

Esta norma consiste en una familia de códigos seriales de tiempo con formatos que contienen a tres expresiones codificadas o palabras. La primera palabra es la trama de código de tiempo, tiempo del año en código decimal binario (BCD) anotaciones en días, horas, minutos, segundos y fragmentos de segundos. La segunda palabra es un juego de bits reservados para poner en código el control, identificación y otras funciones de propósito especial. La tercera palabra es segundos de día llamado segundos binarios rectos (SBS).

### **Descripción Detallada de Formatos**

La familia de formatos de código de tiempo serial se designa alfabéticamente en A, B, D, E, G y H. Varias combinaciones de subtramas y formas de señal constituyen una palabra de código de tiempo. Todos los formatos no contienen expresiones codificadas estándar y varias formas de señales son posibles. Para diferenciar entre estas formas los números de identificación de señales se asignan a cada combinación según el procedimiento siguiente.



En nuestro caso solo nos basaremos en el formato B ya que este será la señal de sincronismo que aceptarán los IED's según su fabricante.

### ***Formato B de Código de Tiempo***

El formato B genera 100 PPS (pulsos por segundo). El código de tiempo de 74 bits contiene 30 bits de información BCD tiempo-de-año en días, horas, minutos, y segundos; 17 bits de segundos-de-día de SBS; y 27 bits para funciones de control.

El código BCD (segundos subtrama) empieza el índice con cuenta 1 (LSB primero) y están entre los identificadores de posición P0 y P5: 7 bits para segundos, 7 para minutos, 6 para horas, y 10 para días, para completar la trama BCD. El código de tiempo BCD se recicla anualmente.

La palabra SBS empieza al índice con el conteo 80 y está entre los identificadores de posición P8 y P0 con un bit identificador de posición (P9) entre el 9no. y 10mo. bit SBS. El código de tiempo SBS se recicla por periodos de 24 horas.

Los bits de Control están entre los identificadores de posición P5 y P8, con un identificador de posición cada 10 bits.

El rango de trama es de 1.0 segundo con una resolución de 10 ms (cambio de nivel DC ) y 1 ms (portadora modulada a 1 kHz).

Es por ello que según las especificaciones técnicas del modelo 1088B, las señales a utilizar serán:

**B 1 2 2** : Formato B, Amplitud Modulada, 1Khz modulada/1 ms resolución, contiene las expresiones de código BCD.

Esta señal saldrá de las 4 salidas configurables con conectores BNC, es decir, irán por el bus de cable coaxial RG-58 a los IED's ubicados en el Patio de Llaves (Relés Universales UR).

Un estándar de frecuencia es la onda senoidal como portador para la modulación por amplitud para los códigos de tiempo de sincronizado. Una proporción del marca-espacio de 10:3 es normal con un rango de 3:1 a 6:1. Luego se grafica la señal modulada típica. En la **Figura 49** se ilustra dicha señal.

**B 0 0 2** : Formato B, código de anchura de pulso, sin portadora cambio de nivel CD, contiene las expresiones de código BCD.

Esta señal saldrá de las 4 salidas de Fibra Óptica (FO) con conectores tipo ST, es decir, irán por el bus de FO multimodo a 820 nm a los IED's ubicados en Casa de Fuerza (Acopladores Estrella).

## **CAPITULO VII**

### **CARACTERISTICAS TECNICAS DE INSTALACION**

#### ***7.1 INSTALACION DE LOS EQUIPOS***

##### ***7.1.1 INSTALACION DEL RELOJ CONTROLADO POR SATELITE GPS***

Como se dijo en las características técnicas, el reloj controlado por satélite GPS modelo 1088B tiene un tamaño de 1 unidad de montaje en rack o de mesa (1 UR), de 26 mm de profundidad; por lo que su instalación es muy sencilla.

Se debe tener un espacio disponible de 1 UR en el rack, el receptor GPS incluye dos abrazaderas, dos pernos con hilo y dos tuercas con la finalidad que pueda ser fijado al rack de 19”.

Los cables que salen por la parte posterior del reloj GPS deben estar ordenados en el rack para un fácil mantenimiento futuro.

Se recomienda que esté instalado a una altura prudente para poder visualizar cómodamente en su pantalla de cristal líquido datos como la hora, fecha, posición y estado del receptor y reloj. Además se sobreentiende que la hora y fecha que visualice el reloj será la hora y fecha de todos los equipos a los cuales se sincronizó. En la **Figura 50** se observa la vista delantera y posterior de este reloj receptor GPS.

### **7.1.2 INSTALACION DE LA ANTENA GPS**

La serie AS0044600, Montura de Antena GPS, se diseña específicamente para el uso con antenas fabricadas los Relojes Controlados por Satélite de Arbiter Systems. El hardware incluye un soporte para instalación de la antena en un mástil o sujeta a tuberías de aproximadamente 2" de diámetro, y un ajustador diferente que puede sustituirse para usarse con una tubería de diámetro más grande. También, el soporte puede montarse en una pared, un tejado, o cualquier otra superficie llana.

Adicionalmente, la antena puede girarse para compensar el montaje sobre objetos o superficies que no son absolutamente verticales u horizontales. Esto permite el posicionamiento óptimo de la antena para la mejor recepción posible con el satélite.

A continuación se nombra la lista de partes con las cuales se incluye junto con la antena GPS:

Cantidad	Descripción	N/P
----------	-------------	-----

1	Soporte de montura para Antena GPS	HD0052700
1	Perno-U de 1 x 1/8" de acero inoxidable, con 2 tuercas hexagonales	HP0014700
1	Tubo de 3/4" x 4" de PVC	HP0014804
1	Abrazadera (cinta-gusano) de acero inoxidable	HP0014900
1	Soporte estabilizador para montaje	HD0054200

Los cuales se muestran en la **Figura 51**.

### **Preparación de la antena**

Antes de la instalación del soporte de la antena GPS, debe configurarse como sigue.

- a) Usando un alicate de punta o de pinza, se retira la capa protectora de caucho del conector tipo -F en la antena GPS. Con cuidado para evitar dañar los hilos.
- b) Se atraviesa el cable coaxial de la antena a través del centro del tubo de PVC, entonces, se conecta el conector F macho del terminal del cable al conector F hembra ubicado en la antena. Usando la llave de 7/16", se ajusta el barril del conector macho.
- c) Se ajusta manualmente el tubo de PVC en la base de la antena.

### **Montando el Soporte de la Antena**

El soporte incluido con el equipo ofrece que agujeros diseñaron para acomodar numerosas configuraciones para diferentes monturas. La **Figura 52** muestra los agujeros.

Seguidamente se detalla la manera de como montar el soporte de la antena.

- a) Se atraviesa el perno-U a través de las dos hendiduras del estabilizador de soporte de montura, para que el estabilizador se anide en el perno-U.
- b) El espacio dejado entre el perno-U y el estabilizador, ingresa el tubo de PVC de 4" donde la antena es montada.
- c) Se ajusta el perno-U a través de los agujeros apropiados en el soporte de montura. En caso la superficie no fuera completamente plana o completamente horizontal, se utilizaran los demás orificios.
- d) Se coloca el plato de apoyo entre el estabilizador y las dos tuercas.

### **Montando el Soporte en una Superficie Plana**

El soporte para la montura ofrece dos agujeros que pueden usarse para fijarlo a una superficie llana. Los agujeros de la montura se diseñan para acomodar

cualquier hardware de 1/4". La **Figura 53** muestra el soporte de la antena para montar en una superficie vertical plana.

### **Montando el Soporte en una Tubería**

El soporte de la montura también ofrece dos hendiduras para acomodar la abrazadera ajustable que se incluye con el equipo. Esto permite la atadura a las cañerías de dos pulgadas de diámetro, en la **Figura 54** se muestra y seguidamente sus instrucciones de instalación.

- a) Se abre la abrazadera para envolver la tubería ajustando en sentido contrario a las agujas del reloj.
- b) La abrazadera debe pasar por las ranuras existentes en el soporte de montaje, para así hacer presión con la tubería.
- c) Se ata el soporte al mástil o tuberías, y se ajusta usando los desatornilladores de 5/16". Opcionalmente, una venda pequeña de caucho o material similar puede usarse bajo del soporte para prevenir el desprendimiento.

### **Montando el Soporte en un Superficie Inclinada**

En cualquier GPS, para asegurar la correcta recepción de la señal enviada por el satélite, es importante asegurar que la antena se oriente tan horizontalmente

como sea posible. Esto proporcionará la mayor vista al cielo posible, produciendo recepción óptima de señal del satélite. La mala instalación en este requisito aumentará la probabilidad de interrupciones en la sincronización con el satélite.

En la **Figura 55** se muestra como puede instalarse el soporte de la antena a una tubería que está con cierto grado de inclinación. Los agujeros adicionales están presentes en el soporte para acomodar tales instalaciones.

Estos agujeros permitirán ajustes angulares de la antena en incrementos de 18°. Utilizando los agujeros adicionales y cambiando la orientación del soporte, debe ser posible compensar cualquier ángulo en un mástil-montado o montura inclinada al momento de la instalación.

### **7.1.3 INSTALACION DEL SWITCH INDUSTRIAL**

El Switch Industrial EtherTRAK de Ethernet tiene un soporte metálico en la parte posterior el mismo que servirá para ajustarse a tablero plano o en una superficie para ser atornillado mediante los orificios que tiene en las esquinas como se muestra en la **Figura 56**.

Las conexiones de Ethernet para el modelo ET-GT-5ES-1 (5 puertos RJ-45) salen del panel delantero de la unidad. Las conexiones de Ethernet para todos los otros modelos salen de la parte superior.

### **Cableado de Power**

Se necesita ser aplicado a los terminales 2 y 3 voltajes entre 10 a 30 VDC como se muestra en la **Figura 57**. El terminal 1 debe sujetarse a los tableros o al chasis para hacer tierra.

El RM-PS-024-01 puede usarse para alimentar el Switch Industrial EtherTRAK de Ethernet. Opera en 85-264 VAC (47-63 Hz) o 120-370 VDC de entrada con salida de 24 VDC a 1 Amperio.

### **Cableado Ethernet**

El Switch Industrial EtherTRAK de Ethernet proporciona conexiones a los dispositivos de Ethernet. Típicamente el uplink (enlace-ascendente) se usa para conectar a otro Switch de Ethernet se conecta al backbone principal de Ethernet. Los otros puertos de Ethernet son conectados a los dispositivos de Ethernet como PLC's, Ethernet I/O, o las computadoras industriales. En nuestro caso particular se conectará al Reloj Controlado por Satélite GPS. También se mantiene el aislamiento eléctrico en los puertos de Ethernet con lo que la fiabilidad aumenta.

Para una buena calidad de transmisión de datos se recomienda utilizar estándar categoría 5E. Y para una mejor performance se podría utilizar cable apantallado. Se puede hacer las conexiones utilizando cable recto straight-thru (EIA/TIA 568A – 568A o EIA/TIA 568B – 568B) o cable cruzado cross-over (EIA/TIA 568A - 568B).

La conexión de los pines es de la siguiente forma:

Cableado Straight-thru			Cableado Cross-over	
Pin 1	Pin 1		Pin 1	Pin 3
Pin 2	Pin 2		Pin 2	Pin 6
Pin 3	Pin 3		Pin 3	Pin 1
Pin 6	Pin 6		Pin 6	Pin 2

Se ilustran en la **Figura 58**.

#### **7.1.4 CONEXIÓN A LOS RELES UNIVERSALES UR**

En la **Figura 59** se muestra el modo de conectar el relay a un generador de señal IRIG-B el cual a su vez toma la señal proveniente de nuestro receptor GPS. Esta conexión entre el relay y el receptor GPS se realiza mediante un cable coaxial RG58/59, en nuestro caso usaremos el RG58 debido a su menor impedancia característica.

Como ya se sabe que tipo de medio físico utilizar para realizar dicha conexión, el siguiente paso es saber donde conectarlo. En la **Figura 60** se muestra la conexión exacta en el relay (relé).

En la familia de los Relés Universales de GE (General Electric), todas las conexiones se realizan en la parte posterior del equipo. Es decir, poseen en su

parte trasera una bornera la cual está numerada y etiquetada, como se aprecia en el gráfico anterior la entrada para la señal IRIG-B está etiquetada y numerada mediante “D5a” para el polo positivo y “D6a” para el polo negativo el cual a su vez debe estar conectado a la tierra del equipo receptor GPS (Reloj Controlado por Satélite GPS) que en este caso será el modelo 1088B de Arbiter Systems.

Hay que tener en cuenta que una vez conectado a un relay (relé) los demás relay pueden conectarse en paralelo (colgarse del bus) con un máximo de relés dependiendo de la máxima corriente de salida IRIG-B del receptor GPS.

Como el conector en el UR es tipo bornera, y los cables físicos que llegarán será el RG-58 o el cable pareado trenzado.

Si el cable es el pareado trenzado no habría problema en conectarlo, ya que son dos hilos de conductores diferentes y se puede distinguir la polaridad al momento de ajustarlo a la bornera. Pero en el cable coaxial RG-58 se debe tener en claro que la barra de cobre central (núcleo) es el polo positivo y la malla metálica será el polo negativo.

Para ajustarlo a la bornera se debe utilizar un desarmador estrella pequeño. Se deben de seguir los siguientes pasos para conectar el coaxial:

- a) Se debe pelar el RG-58 dejando el núcleo de cobre unos 4 cm. al descubierto.

- b) La malla de metálica también debe ser descubierta unos 5 cm. pero esta será trenzada para que se pueda ajustar a la bornera.
- c) Finalmente se ajustan dichos polos a la bornera correspondiente.

### **7.1.5 CONEXIÓN A LOS ACOPLADORES ESTRELLA**

En la tarjeta opción SLCMFO de interfase serial, para un dispositivo de referencia de tiempo utiliza un par de transceiver de fibra óptica. La interfase serial tiene un LED, con el cual pulsa cuando un mensaje es recibido.

El conector de fibra óptica del SLMCFO es de tipo ST. Esta tarjeta no tiene conexión de FO para la red LON. Este solo es un colector de bus para la red LON. Es decir, la señal de sincronismo proveniente del receptor GPS llega hasta la entrada de FO de la tarjeta SLMCFO, como esta tarjeta es parte del acoplador estrella RER 111 y este acoplador a su vez está conectado con otros dispositivos a través de un bus LON, entonces todos los equipos que estén dentro de este bus serán sincronizados.

En la **Figura 61** se aprecia como es la conexión el modo de conexión, además si existiesen más RER 111 de los que se puedan sincronizar directamente, entonces se usará la salida Pi para llevar la señal de sincronismo hasta otra tarjeta SLMCFO insertada en otro RER 111 y así sucesivamente.

Por lo que la red final quedará como se muestra en la **Figura 62**, pero la nueva serie de equipos para Subestaciones de ABB tendrán interfase IRIG-B con lo cual no necesitarán del RER 111 para sincronizar sus relojes internos. Como es el caso de las Unidades de Control y Protección de Bahía SCU REF542 Plus o cualquier otro equipo que tenga interfase a Bus LON.

## **7.2 TENDIDO DE LOS CABLES**

### **7.2.1 TENDIDO AEREO**

En esta etapa se realizará el tendido de fibra óptica aérea desde la Sala de Control de la SE hasta la Casa de Fuerza, para ésta conexión se utilizará:

*Cable de fibra óptica Fitel-Lucent PowerGuide 12 SMF ADSS*, el módulo opción 20A del receptor GPS 1088B tiene 4 salidas de FO multimodo a 820nm estas serán llevadas por medio de dos Patch Cord Duplex para FO multimodo con conectores ST/ST de tantos metros como sea necesario para llegar hasta un Patch Panel de FO multimodo con 6 acopladores ST quedando así 2 de reserva. Desde este Patch Panel saldrá el Cable de FO para ser tendido aéreamente hasta llegar a Casa de Fuerza.

En Casa de Fuerza se hará el mismo procedimiento, es decir, en un rack de 19" se instalará un Patch panel de FO multimodo con 6 acopladores ST. Desde el Patch Panel saldrán los Patch Cord de FO multimodo con conectores ST/ST los cuales irán hacia la entrada de sincronismo de los Acopladores Estrella

RER 111 (IED's) que estaría en su tarjeta SLCMFO-C. El trayecto de la fibra óptica desde la Sala de Control de la SE hacia la Sala de Control de la Casa de Fuerza se realiza como sigue:

De la Sala de Control ubicada en la SE hasta una torre que le denominaremos estructura 1 donde se dejará reserva de cable de fibra óptica, luego se dirigirá hacia otra estructura 2 ubicada casi en medio del trayecto, seguidamente llegará hasta una estructura 3 y de ahí llegará a la Casa de Fuerza donde la conexión de esta fibra óptica se realizará en un gabinete con conectores ST, que se tendrá que suministrar a la sala de Casa de Fuerza y estará ubicado en el tablero de control de la Sala de Control ubicada en Casa de Fuerza.

Hay que tener en cuenta que para motivos de dificultar este Proyecto de Tesis se hace ficticio estas estructuras, es decir que supuestamente son existentes. Y no hay otra manera de comunicación entre Sala de Control y Casa de Fuerza.

### **Estructura 1**

Estructura ubicada cerca de la Sala de Control de la SE. El tendido se realiza desde este punto hasta una segunda estructura ubicada casi al medio del trayecto entre la Sala de Control y Casa de Fuerza de aproximado de 250 mts. Además, hay que tener presente que es recomendable dejar una reserva de cable de un 10% aproximadamente.

## **Estructura 2**

La estructura 2 que viene hacer el paso de la fibra óptica aérea entre la estructura 1 y la estructura 3, en esta estructura se dejará una reserva de 30 mts, de este punto se dirigirá a la estructura 3 también existe un trayecto de 250 metros aproximadamente.

## **Estructura 3**

Esta estructura está ubicada cerca de Casa Fuerza, en esta estructura se dejará una reserva de FO para futuro. Desde esta estructura se bajará nuevamente el cable para insertarse en el Panel de FO ubicado en Casa de Fuerza.

## **TENDIDO DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA**

Es necesario dejar muy claro que los problemas derivados de una mala técnica de tendido son muy graves por lo que la aplicación de unos criterios básicos logrará minimizar estos problemas.

### **Requisitos que hay que cumplir**

Los requisitos que habrá de cumplir un buen tendido de fibra óptica son los siguientes:

- Tender siempre la mayor longitud posible de cable con objeto de realizar el menor número de empalmes intermedios posibles, minimizando de esta forma la atenuación que estos introducen a la par que se eliminan posibles puntos de falta de estanqueidad del cable.
- Utilización de las líneas aéreas de alta tensión como vías alternativas en zonas agrestes o de muy difícil acceso.
- Cumplimiento de los parámetros del tendido suministrado por el fabricante del cable y que son los siguientes:
  - Radio de curvatura repetitiva del cable óptico.
  - Radio de curvatura no repetitivo del cable óptico.
  - Fuerza de tracción tolerable por el cable óptico
- Utilización de herramientas y útiles especiales de tendidos para cables de fibra óptica, como son los cabezales pasa cables con compensación de torsión incorporada y los codos pasa cables con rodillos, elementos que disminuyen considerablemente los esfuerzos de tracción que soportan los cables al eliminar los rozamientos y proporcionan un correcto guiado de los cables durante el tendido.

## **Métodos de Tendido**

Se deben respetar las condicionantes impuestas por las características del cable óptico:

- Tensión de trabajo.
- Tensión de Tendido.
- Radio de curvatura no repetitivo.
- Radio de curvatura repetitiva.
- Márgenes de temperatura de tendido.

Los métodos de tendido son:

- Tendido en canalizaciones. Se realiza manualmente.
- Tendidos en Líneas Aéreas de LTA tensión.

## **Empalme de la Fibra Óptica**

El empalme de la fibra óptica es aquel proceso o dispositivo que nos permite garantizar un conexionado permanente de las fibras ópticas preservando las características de transmisión de las mismas.

El conector óptico sería aquel dispositivo desconectable a voluntad que nos permite interconectar fibras ópticas. La interconexión es una parte crítica en los enlaces de fibras ópticas.

La misión de un empalme o de un conector de fibra óptica es la de proporcionar una interconexión que introduzca el valor mas bajo posible de perdidas.

De los métodos de empalmes de fibra óptica se ha impuesto de una forma definitiva la soldadura de la fibra por fusión con arco eléctrico.

### **Proceso de Preparación y/o Empalme por Fusión**

El proceso de empalme por fusión de fibras ópticas se puede desglosar en una serie de labores previas dado que, muy raramente, las fibras ópticas que hay que empalmar se encuentran desnudas. Cuando se quiere empalmar cables de fibra ópticas a otros cables o cordones monofibra que están conectorizados en un solo extremo, que se denominan habitualmente latiguillos o pigtails.

El desnudado consiste en eliminar las distintas cubiertas y protecciones de que consta el cable como pueden ser: P.V.C., polietileno, acero, aluminio, cloruro de polietileno, compuestos aramídicos.

La limpieza consiste en eliminar mediante el uso de disolventes, todas las sustancias de relleno que se encuentran en las distintas capas y protecciones que conforman los cables ópticos. Estas sustancias siempre están compuestas por 'geles', los disolventes que habitualmente se utilizan para la limpieza de las sustancias de relleno son alcohol isopropílico, tricloroetano y eneptano.

## Proceso de Fusión

Para empalmar las fibras ópticas multimodo y monomodo se utilizan máquinas que realizan la soldadura mediante el proceso de fusión de la fibra óptica, como consecuencia del pequeño diámetro del núcleo de las fibras ópticas, especialmente las monomodos, es fundamental que el alineamiento de las fibras ópticas, previo a la función de estas, sea perfecto.

Una vez alineadas perfectamente las fibras ópticas, la máquina hace saltar entre sus electrodos un arco eléctrico cuantificable y temporizable en función del tipo y de las características de la fibra óptica que hay que empalmar.

Los criterios de diseño adoptados por el fabricante de la máquina de fusión, son:

- Corriente continua o corriente alterna.
- Frecuencia de la corriente alterna.
- Números de fibras ópticas que hay que empalmar por fusión.
- Tensión de arcos por electrodos.
- Distancia entre electrodos y fibras ópticas

En ocasiones las condiciones ambientales de descarga del arco, temperatura, grado de humedad, pueden alterar ligeramente los parámetros establecidos para una determinada fibra óptica.

Se obtienen mejores valores para máquinas que trabajan conforme al método L.I.D. con valores de atenuación media, medida por empalme, alrededor de 0.02 dB.

En este método no debiera existir desviación entre el valor estimado y el valor medido; sin embargo, se producen, en ocasiones, notables diferencias entre ambos valores que se deben a la falta de resolución de los métodos de proceso de imagen que emplean los fabricantes de estos equipos.

### **Protección de los Empalmes de Fusión**

Realizaremos el empalme e independientemente del método, es necesario dotar de una protección mecánica al empalme.

Utilizaremos protectores de tubo termo contráctil armado internamente con una varilla de acero que le confiere una gran rigidez mecánica.

Este tubo termo contráctil se introduce en el interior de las fibras ópticas que se quiere soldar antes de realizar la función, para cerrar el citado protector termo contráctil, es necesaria la utilización de un horno con temperatura controlada.

La experiencia demuestra que la utilización de estos protectores y el cerrado de los mismos mediante la aplicación de calor puede llegar a modificar en ocasiones sustancialmente las características de atenuación de los empalmes de fusión. Los empalmes una vez protegidos mecánicamente, se almacenan en el interior de unos contenedores especiales o módulos de empalme que nos

permita respetar los radios de curvatura mínimos que han de mantener las fibras ópticas desnudas.

### **7.2.2 TENDIDO SUBTERRANEO**

Como se explicó en el punto 5.9.2, referente a los ductos de comunicación.

Son los cables RG-58 (o en un futuro el Belden 8760 para la opción 18) que irán hacia las Bahías ubicadas en le Patio de Llaves.

Como se explicó en el punto 6.4.3, irán dos buses de RG-58 como se aprecia en el **Plano no. 2** del apéndice.

#### **Requisitos que hay que cumplir**

Los requisitos que habrá de cumplir un buen tendido de cable coaxial son los siguientes:

Tender siempre la mayor longitud posible de cable entre taps con objeto maniobrar cómodamente al momento de hacer el conexionado, minimizando de esta forma la atenuación por mal contacto.

Utilización racional de las canalizaciones existentes mediante la inclusión de subconductos, aún en el supuesto del tendido de un único cable por conducto.

De esta forma se optimiza la futura ocupación de las canalizaciones y se racionaliza su uso.

Cumplimiento de los parámetros de tendido suministrado por el fabricante del cable y que son los siguientes:

- Radio de curvatura repetitivo del cable.
- Radio de curvatura no repetitivo del cable.
- Fuerza de tracción tolerable por el cable.

Utilización de herramientas y útiles especiales de tendidos para cables coaxiales.

### **Métodos de Tendido**

Se deben respetar las condicionantes impuestas por las características del cable óptico:

- Tensión de trabajo.
- Tensión de Tendido.
- Radio de curvatura no repetitivo.
- Radio de curvatura repetitivo.
- Márgenes de temperatura de tendido.

El método de tendido a utilizarse será el Tendido en canalizaciones y se realiza manualmente.

### **7.3 *NORMAS Y ESTÁNDARES***

Dentro del Capítulo V el cual se denomina Características Técnicas de los Equipos y Accesorios, se encontrarán las normas y estándares que cumplen cada uno de los equipos, cables y accesorios que se utilizan en este Proyecto de Tesis.

## **7.4 PRUEBAS ELÉCTRICAS**

Una vez concluida la totalidad de las instalaciones y antes de encender los equipos, se debe verificar el correcto conexionado y aislamiento de los equipos para que el sistema pueda funcionar correctamente con su máxima capacidad de operación y no halla la posibilidad de corto circuitos, circuitos abiertos o pérdidas de señal.

### **7.4.1 AISLAMIENTO**

Dentro de las especificaciones técnicas de los equipos y accesorios vistos en el Capítulo V, se pudo apreciar que una de sus características es el aislamiento.

Para evitar interferencia de señales y corrientes parásitas, todos los equipos deben tener su chasis a tierra, esta tierra debe ser común para todos. Se recomienda que el valor de ohmiaje del pozo a tierra y que sea preparado según especificaciones del fabricante (Thor Gel, Prote Gel, etc.) esté entre 3 y 5 ohmios.

Con la ayuda de equipos de medición, como el mego-metro, se verificará que las conexiones y los cables no estén cruzados (en corto).

También se recomienda que los cables de señal y los cables de energía pase por ductos diferentes ya que esto aumentará su aislamiento y evitará posible inducción eléctrica.

### **7.4.2 CONTINUIDAD**

Puesto que existen tres medios físicos diferentes por donde se enviará la señal de sincronismo desde el receptor GPS. Se hará tres métodos diferentes para probar la continuidad en cada uno de estos medios.

#### **Cable Coaxial**

Para el bus de cable coaxial RG-58, con ayuda de un multítester, se debe medir continuidad para cada uno de los tramos en los cuales no hay un TAP (conector coaxial BNC tipo T) de por medio. Esta medida se realiza del siguiente modo:

1. Se desconecta el conector BNC macho del equipo receptor GPS, y se le desconecta también el conector BNC macho que está en el primer TAP. De este modo se tendrá un cable coaxial con un conector BNC macho en cada extremo.
2. Luego, en uno de los extremos se une el conductor central del coaxial con el terminal negativo que vendría a ser la rosca del conector BNC. Y en el otro extremo se mide continuidad con el multítester colocando una punta en el conductor central y la otra punta en el terminal negativo. El multítester solo debe marcar la impedancia característica del cable.

3. Si la lectura es correcta se vuelven a conectar el cable en su posición original.
4. Esta prueba se hace sucesivamente para cada tramo del cable. Esta misma prueba se puede utilizar para medir continuidad en el cable coaxial de la antena receptora GPS.

### **Cable UTP**

En cuanto a los cables UTP se debe utilizar un probador de cable, este consta de dos partes un master y un slave. La prueba de continuidad se realiza de la siguiente forma:

1. Se desconecta el plug RJ45 que está insertado en la opción 32 y se desconecta también el otro extremo que está dirigiendo hacia un patch panel de RJ45 o directamente al switch.
2. Seguidamente un extremo del cable se inserta al master ya que este posee un jack RJ45, y el otro extremo se conecta al slave que también posee un jack RJ45.
3. Finalmente se presiona el botón de START del master y este por medio de led's nos dirá las condiciones en las cuales se encuentra el cable UTP (corto, abierto, cruzado, etc).

4. Si el cable está en correcto estado, entonces se conecta en su posición original. Y si no se le puede cambiar o revisar sus plugs.

### **Cable FO**

Para probar el cable de FO se debe utilizar un medidor de atenuación total de un tramo (medición de potencia). Para medir la atenuación total de un enlace de FO, se utiliza una fuente y un medidor que se conectará en ambos extremos de la FO a medir. Para ello se siguen los siguientes pasos

1. Primero mediremos la atenuación en un hilo de FO, para ello se desconectan ambos extremos que están en la parte delantera del panel de acopladores ST, en la parte posterior del panel de acopladores ST está siempre conectado ya que ahí está conectada la FO aérea.
2. Luego colocamos la fuente en un extremo y el medidor en el otro, encendemos ambos equipos, ajustamos la longitud de onda, elegimos la ventana y almacenamos el valor.
3. A este valor se le debe descontar la atenuación producida por los jumper entre el equipo y el panel de acopladores ST a fin de obtener un valor más real.
4. Este valor de atenuación debe estar dentro de los rangos establecidos en las especificaciones técnicas del cable de FO según la ventana en la que se

está trabajando; en nuestro caso será en 1ra. ventana por lo que la atenuación debe estar entre 3 a 4 dB/Km.

5. Si el valor medido no está dentro del rango se opta por revisar la instalación ya que hay una probabilidad de curvatura muy pronunciada en algún tramo, o sino se puede utilizar un hilo de FO de reserva. En caso contrario se vuelven a su posición original.
6. Este mismo procedimiento se realiza para las 3 fibras restantes.

## **7.5 SUSTITUCION DE MATERIALES**

Todos los equipos, elementos constructivos, cables y accesorios que presenten fallas después de las pruebas, y que se han descartado fallas por mala instalación, se optará por sustituirlos.

Los equipos cuentan con garantía la cual es válida para la reparación del mismo o el cambio inmediato por otro del mismo modelo y marca. De esto se responsabiliza el proveedor.

Los elementos constructivos, cables y accesorios también cuentan con una garantía la cual es válida para el cambio de estos por otros del mismo modelo y marca o equivalentes. De esto también se responsabiliza el proveedor.

## **7.6 MANO DE OBRA**

En el **cuadro No 5** se muestra el equipo de trabajo en función a las necesidades de lo que se desea implementar, será necesario un equipo de trabajo que esté compuesto por un supervisor, dos técnicos y un ayudante los cuales cumplirán las siguientes funciones:

### ***Supervisor***

El cual deberá ser un Ingeniero el cual cumplirá la función de ser el responsable de la implementación, dirección, ejecución y culminación de este sistema, manejo de personal a cargo, verificación del correcto funcionamiento del sistema implementado, revisión del protocolo de pruebas y elaboración del informe final.

### ***Técnicos***

Los cuales cumplirán funciones manuales, es decir la instalación de los equipos, el tendido de los cables, los conexionados y la pruebas eléctricas. Su labor será verificada por el supervisor a cargo.

### ***Ayudante***

El cual cumplirá funciones de apoyo a los técnicos, y realizará instalaciones sólo con indicaciones del supervisor y/o técnico a cargo.

El tiempo que se estima para la instalación del Sistema de Sincronismo en una SE Automatizada, según las dimensiones que se han planteado y el equipo de trabajo, es de 9 días útiles tal y como se indica en el **cuadro No 6**. Lógicamente si aumentamos la mano de obra, en lo que respecta a técnicos y/o ayudantes, disminuirá el tiempo de instalación.

## **CAPITULO VIII**

### **PLANEAMIENTO**

#### **8.1 ALTERNATIVAS PARA LA DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE SINCRONISMO**

Como ya se explicó anteriormente, se puede aumentar la capacidad de equipos a sincronizar utilizando la opción 18 la cual es un sistema de distribución IRIG-B con automonitor. Dependiendo de la impedancia de entrada de la interfase de sincronismo en el equipo se pueden sincronizar tantos equipos como sean posibles.

Otra posibilidad, pero que no será utilizada en este caso, es la utilización del puerto serial RS-232 del reloj GPS el cual no solo se utiliza para configurar el reloj GPS sino que también cuenta con modos de emisión como: IRIG-J, despliegue largo vorne, ASCII, estado/alarma e información de evento.

Como todos los equipos a sincronizar no cuentan con interfase de sincronismo IRIG-J ni ASCII no será necesario la utilización de esta salida, pero cabría la posibilidad futura de su utilización.

En cuanto al despliegue largo vorne, se utilizará siempre y cuando se desee que el tiempo no solo se visualice en el display de pantalla líquida que está en el reloj GPS, sino que sea visualizado en un display externo de mayores dimensiones a fin que pueda verse el tiempo real en el cual están todos los equipos.

Como se sabe, la interfase serial estándar RS-232 maneja velocidades entre 1200 a 19200 bps y su alcance es de unos 15.6 metros (50 pies) por lo que el display externo no debe estar alejado del reloj GPS a más de 15.6 metros. Si hubiese el caso que se desee instalar el display externo a mayor distancia, existen actualmente convertidores de estándar, es decir, mediante un convertidor RS-232/RS-485 podemos hacer la conversión del estándar RS-232 al estándar RS-485 o RS-422 el cual opera a una velocidad de transmisión máxima de 460 Kbps y tiene un alcance de 1.2 Km (4000 pies).

Con ello podemos solucionar cualquier problema de distancia, además se deja en claro que para nuestro caso el display externo debe ser marca Vorne ya que el reloj GPS de Arbiter Systems maneja sólo este protocolo de comunicación en lo que respecta a visualización de tiempo en display externo.

## **8.2 COSTO DE EQUIPOS Y ACCESORIOS**

En los **cuadros No 1 y No 2** se muestran los costos por suministros y accesorios. La primera tabla da un costo total por los suministros y accesorios básicos, es decir si las instalaciones existentes nos permiten usar la menor cantidad de suministros. La segunda tabla da un costo por los suministros y accesorios extras que se deben incluir en caso las instalaciones existentes no sean suficientes y/o la demanda sea mayor.

Estos costos son en el mercado peruano y fueron proporcionados por proveedores autorizados los cuales son:

- FERCHALE & Associates, y
- NEXUS Technologics

## **8.3 COSTO DE INSTALACION**

En los **cuadros No 3 y No 4** se muestran los costos referente a la Mano de Obra por la instalación de los equipos y accesorios. La primera tabla da un costo total por la instalación básica, es decir solo instalando los suministros y accesorios básicos. La segunda tabla da un costo por las instalaciones extras que se deben incluir en caso se hagan las instalaciones de los suministros y accesorios extras.

## **8.4 VENTAJA DE LA INSTALACION DEL SISTEMA DE SINCRONISMO**

Las ventajas por la instalación de este Sistema de Sincronismo en una Subestación Automatizada son las siguientes:

- Alta Confiabilidad en el reporte de datos del Sistema SCADA, ya que todos los equipos electrónicos inteligentes incluyendo ordenadores estarán sincronizados a la misma hora.
- Gran confiabilidad en lo que respecta a la respuesta de los equipos cuando se les ha programado para ejecutar una acción en un tiempo determinado.
- Gran Seguridad en lo que respecta al error humano, ya que la interacción hombre-máquina solo es necesaria para configurar el receptor GPS al momento de su instalación. Con la seguridad que todos los relojes internos de los equipos están a la misma hora.
- La seguridad también se extiende a la protección de los equipos en la SE ya que si realizan una acción o no la realizan a una hora designada pueden generar en el peor de los casos que el equipo se deteriore y falle.

- Mayor confiabilidad al sistema de protección en las Líneas de Transmisión en una SE Automatizada ya que las estampas de tiempo, cuando se acciona una alarma, necesitan seguir una secuencia en el tiempo que sea muy precisa a fin de poder analizarla y evitar futuras fallas. Estas estampas de tiempo son visualizadas tanto localmente en los relés de protección como en el SCADA instalado en las Workstation.
- Precisión de tiempo exacta ya que este tiempo es tomado de la constelación de satélites GPS los cuales están siendo controlados y supervisados por la Fuerza Aérea Norteamericana.
- Facilidad de manejo para darle mantenimiento y configurarlo tanto por una PC como por el teclado en el panel frontal del reloj receptor GPS.
- Facilidad de instalación ya que los equipos son de poco peso y el tendido de los cables se puede realizar con dos personas.
- De última tecnología debido a que la recepción de la señal es del sistema GPS y la distribución de la señal de sincronismo es IRIG-B la cual es el último estándar para sincronismo de equipos; además los equipos IED's de última generación cuentan con esta interfase de sincronismo IRIG-B.
- Opción de crecimiento futuro puesto que solo es necesario colgar los equipos que deseen ser sincronizados al bus de sincronismo, la cantidad

de equipos dependerá de la impedancia de entrada de sincronismo del equipo IED y de las distancias del medio físico por el cual se enviará la señal de sincronismo.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Las conclusiones y recomendaciones por la instalación de este Sistema de Sincronismo en una Subestación Automatizada son las siguientes:

- La inversión económica para el diseño de una red de sincronismo será recuperada en poco tiempo si es que se toma en cuenta que la mala o falta de producción en una planta de energía puede generar pérdidas millonarias.
- Antes de diseñar una red de esta envergadura se debe de realizar un estudio de campo para ver las necesidades e infraestructura actual con la que cuenta una SE Automatizada ya que no todas poseen en sus instalaciones los mismos equipos electrónicos inteligentes.
- Generará utilidades para la Empresa a la cual se le ha instalado esta Red o Sistema de Sincronismo ya que con un reporte de eventos tan exacto se optimizará la generación de energía en una SE.
- Debido a la gran confiabilidad en el funcionamiento y ejecución de las ordenes asignadas a los equipos electrónicos, luego de instalarse esta

red de sincronismo, se tendrá la certeza de que no se producirán pérdidas en la producción de energía.

- El diseño de una red de sincronismo no solo puede aplicarse en una SE Automatizada sino en cualquier ambiente en el cual se utilice equipos electrónicos inteligentes, ordenadores y/o Sistema SCADA.
- No existe actualmente una mejor opción para obtener una señal de sincronismo que un receptor GPS.

## **BIBLIOGRAFIA**

### ***Libros:***

- Torres Bardales, Metodología de la Investigación Científica. Perú, Séptima Edición, Editorial Libros Y Publicaciones
- Comunicaciones Ópticas, España, Segunda Edición
- Strembler, Telecomunicaciones
- CREUS, Antonio. "Instrumentación Industrial". 6ta edición Alfaomega. 1998

### ***Manuales:***

- Model 1088B Satellite-Controlled Clock, Operation Manual, Arbiter Systems, Inc. Paso Robles, California U.S.A.

- User Manual, Sixnet EtherTRAK Industrial Ethernet Switches and Fiber Converter
- D60 Line Distance Relay UR Series Instruction Manual
- SLCM Option Card for LON Star Coupler RER 111 Technical Reference Manual, ABB Automation
- Installation Instructions for Arbiter Systems GPS Antenna Mounting Bracket Order Number AS0044600
- Catálogo de productos de sincronización y frecuencia 2001, Megawatt Marketing International, Inc. ARBITER SYSTEMS Exclusive Distributor
- Arbiter Systems, Inc. Model 1088B Satellite-Controlled Clock Option List
- IRIG STANDARD 200-98, IRIG Serial Time Code Formats, MAY 1998  
Prepared by Timing Committee Telecommunications And Timing Group  
Range Commanders Council. Published by Secretariat Range  
Commanders Council U.S. Army White Sands Missile Range, New  
Mexico 88002-5110
- TSX ETY 110 WS Premium PLCs TCPIP Free Messaging System DFBs,  
Operating Modes Manual

***Brochures y Data Sheet:***

- Model 1088B GPS Satellite-Controlled Clock, Arbiter Systems
- Premium PLCs, Telemecanique Schneider Electric
- REF542 plus Bay Protection and Control Unit, ABB
- LON bus Connection Devices RER 1MRS 750435-MBG, ABB

- Sistema de Automatización de Subestaciones 1MRB520087-Bes, ABB Power Automation
- LON OPC Server Software solution, ABB Substation Automation
- Timing and Frequency Products Options and Accessories, ARBITER SYSTEMS
- Internal Network Time Protocol Server, ARBITER SYSTEMS

**Referencias:**

- Molina Cantero, Global Positioning System. España.
- REDES INDUSTRIALES, Ing. Julio César Caicedo Eraso
- Cómo funciona el GPS, Por Miguel Ghezzi (Margón) Ilustraciones: Max Ghezzi (Kayak)
- Network Time Protocol (NTP) General Overview, David L. Mills University of Delaware

**Páginas Web:**

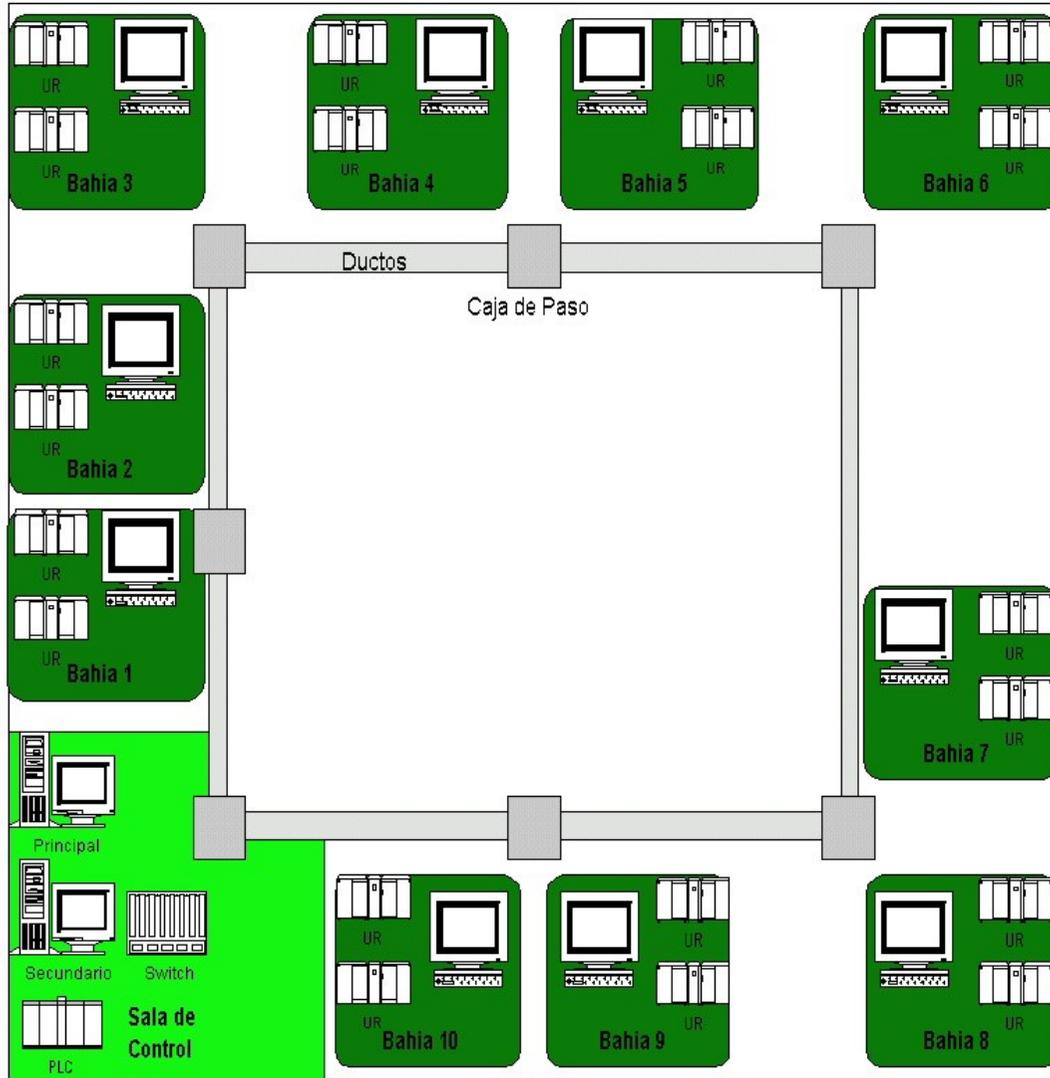
- [www.arbiter.com](http://www.arbiter.com)
- [www.geindustrial.com](http://www.geindustrial.com)
- [www.abb.com](http://www.abb.com)
- [www.sixnetio.com](http://www.sixnetio.com)
- [www.telemecanique.com](http://www.telemecanique.com)
- [www.trimble.com](http://www.trimble.com)
- [www.belden.com](http://www.belden.com)

- [www.amp.com](http://www.amp.com)
- [www.automatas.org](http://www.automatas.org)
- [www.ntp.org](http://www.ntp.org)

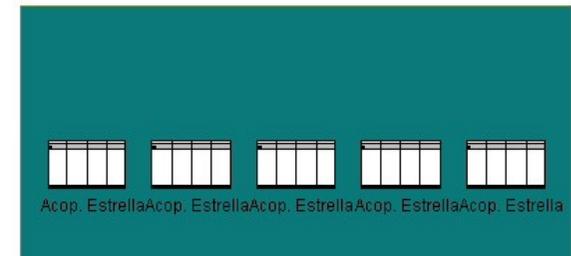
# APÉNDICE 1

## *PLANOS DE DISTRIBUCIÓN*

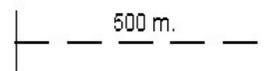
Plano No 1	Distribución Inicial de los Equipos Existentes
Plano No 2	Distribución Final del Sistema de Sincronismo
Plano No 3	Diagrama de Interconexión del Sistema de Sincronismo



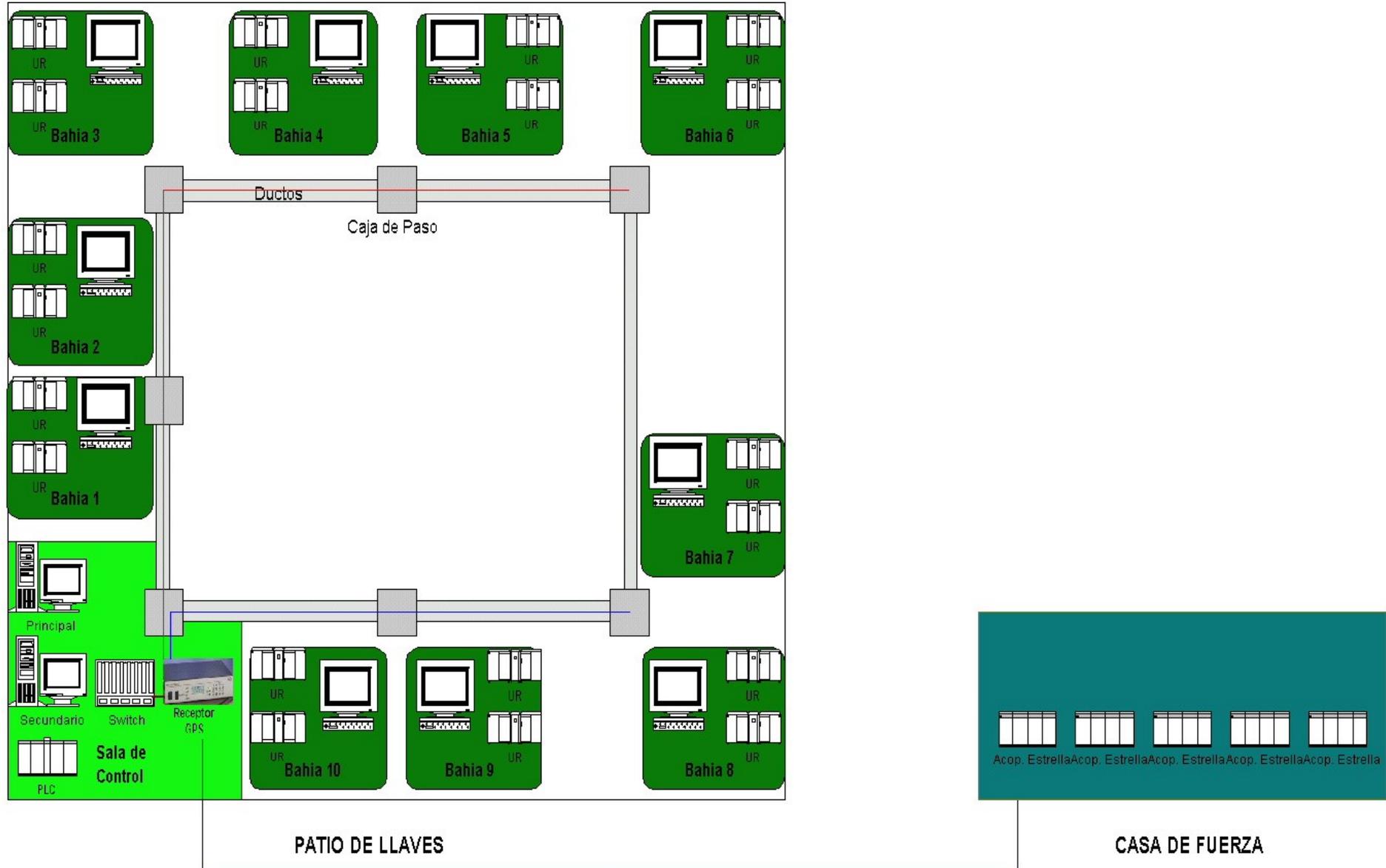
**PATIO DE LLAVES**



**CASA DE FUERZA**



**DISTRIBUCION INICIAL DE LOS EQUIPOS EXISTENTES**



**DISTRIBUCION FINAL DEL SISTEMA DE SINCRONISMO**

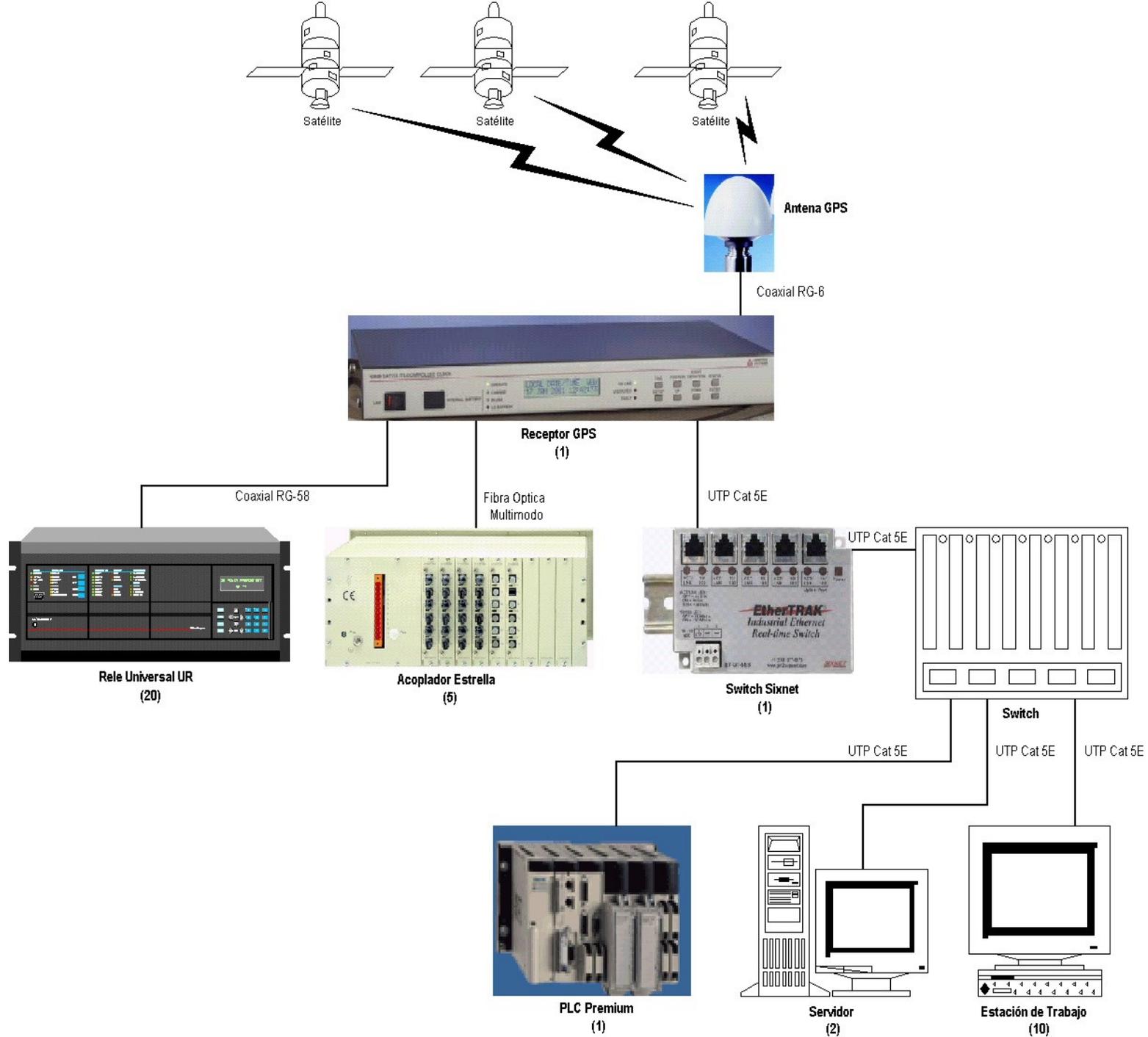


DIAGRAMA DE INTERCONEXION DEL SISTEMA DE SINCRONISMO

## APÉNDICE 2

### **GRAFICOS**

Figura 1	Recepción de Señales GPS
Figura 2	Desviaciones en las marcas temporales
Figura 3	Constelación de 24 satélites GPS
Figura 4	Posición nominal de la constelación de satélites GPS
Figura 5	Ubicación de estacione terrestres GPS
Figura 6	Señales PVT
Figura 7	Señales enviadas por el satélite GPS
Figura 8	Modulación de señales GPS
Figura 9	Generación de señales
Figura 10	Tipo de acceso
Figura 11	Análisis de BIT
Figura 12	Extracción de señal mediante correlación
Figura 13	Señal recibida
Figura 14	Registro de desplazamiento
Figura 15	Modulador de espectro disperso
Figura 16	Moduladores GPS
Figura 17	Composición de señales
Figura 18	Receptor GPS
Figura 19	Salidas BNC configurables
Figura 20	Bus de Distribución IRIG-B
Figura 21	Componentes del Bus de Distribución

Figura 22	Salidas de FO
Figura 23	Salida NTP
Figura 24	Antena GPS
Figura 25	Dimensiones y tipo de conector de antena GPS
Figura 26	Switch Industrial Ethernet
Figura 27	Relé Universal UR
Figura 28	Acoplador Estrella
Figura 29	Interfase de FO para acoplador estrella
Figura 30	PLC Premium
Figura 31	Interfase de Red para PLC
Figura 32	Cable de FO
Figura 33	Cable pareado
Figura 34	Cable coaxial RG-58
Figura 35	Cable UTP Cat 5E
Figura 36	Accesorios para montaje aéreo de FO
Figura 37	Conector ST
Figura 38	Patch Cord ST-ST
Figura 39	Panel de 6 acopladores ST
Figura 40	Bandeja de FO
Figura 41	Enlace Satelital con receptor GPS
Figura 42	Diagrama de Radiación
Figura 43	Diagrama Impedancias para señal IRIG-B
Figura 44	Corte transversal a la FO
Figura 45	Orbita de satélite GPS
Figura 46	Diferencia temporal

Figura 47	Relación de Posición
Figura 48	Precisión en el tiempo
Figura 49	Señal IRIG-B
Figura 50	Receptor GPS
Figura 51	Antena GPS con soporte, vista frontal
Figura 52	Soporte de antena GPS
Figura 53	Antena GPS con soporte, vista posterior
Figura 54	Montaje de antena GPS en superficie plana
Figura 55	Montaje de antena GPS en superficie inclinada
Figura 56	Montaje de Switch Industrial
Figura 57	Alimentación del Switch Industrial
Figura 58	Puerto de Red RJ-45
Figura 59	Conexión al Relé Universal UR
Figura 60	Conexión IRIG-B al UR
Figura 61	Conexión al acoplador estrella
Figura 62	Bus LON

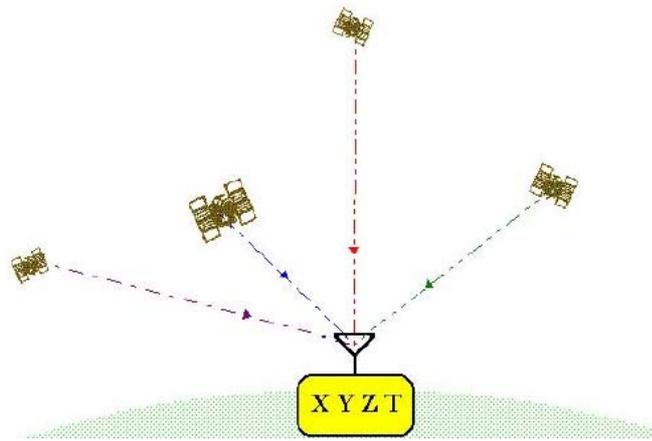


Figura 1

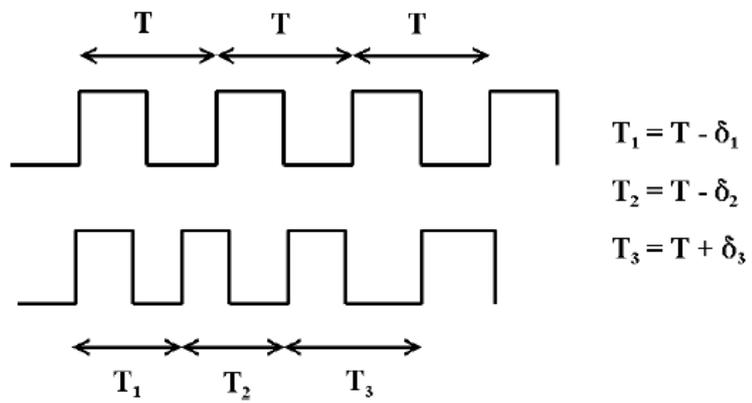


Figura 2

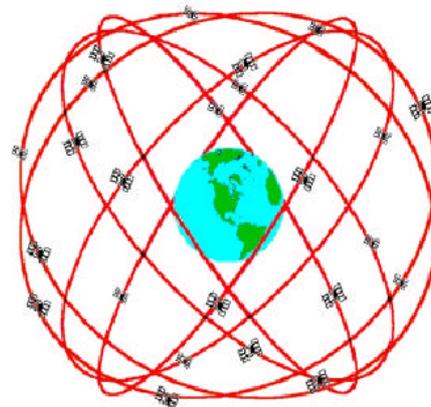
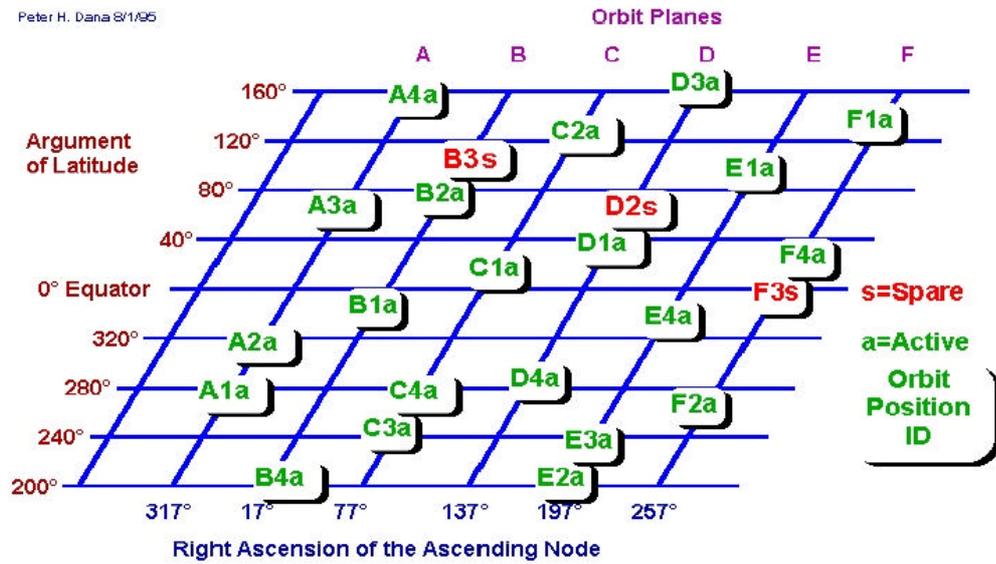
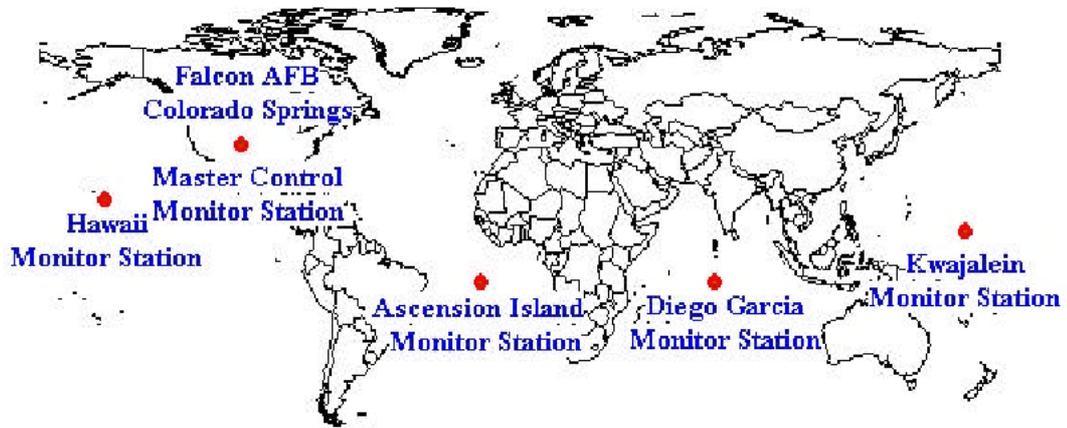


Figura 3



**Simplified Representation of Nominal GPS Constellation**

Figura 4



**Global Positioning System (GPS) Master Control and Monitor Station Network**

Figura 5

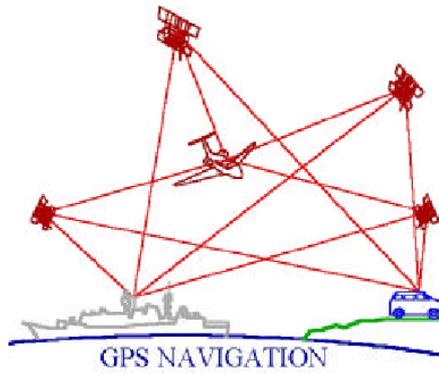


Figura 6

NIVEL	TIPO DE SEÑAL	APLICACIÓN
<i>Datos de navegación</i>	Secuencia de bits 	Datos de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posición de los satélites</li> <li>• Hora GPS</li> <li>• Estado funcional, ...</li> </ul>
<i>Secuencias PRN</i>	Secuencia de bits 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medida de la distancia al satélite</li> <li>• Acceso cifrado a los datos de navegación</li> </ul>
<i>Onda portadora</i>	Micro-ondas 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulación de las secuencias binarias</li> <li>• Medición de distancia</li> </ul>

Figura 7

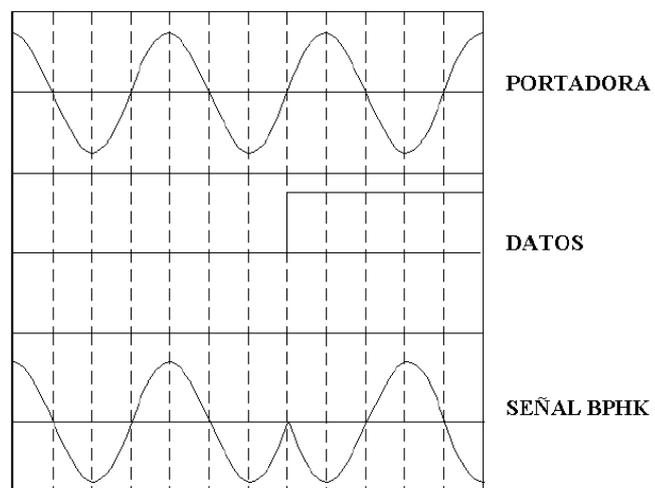


Figura 8

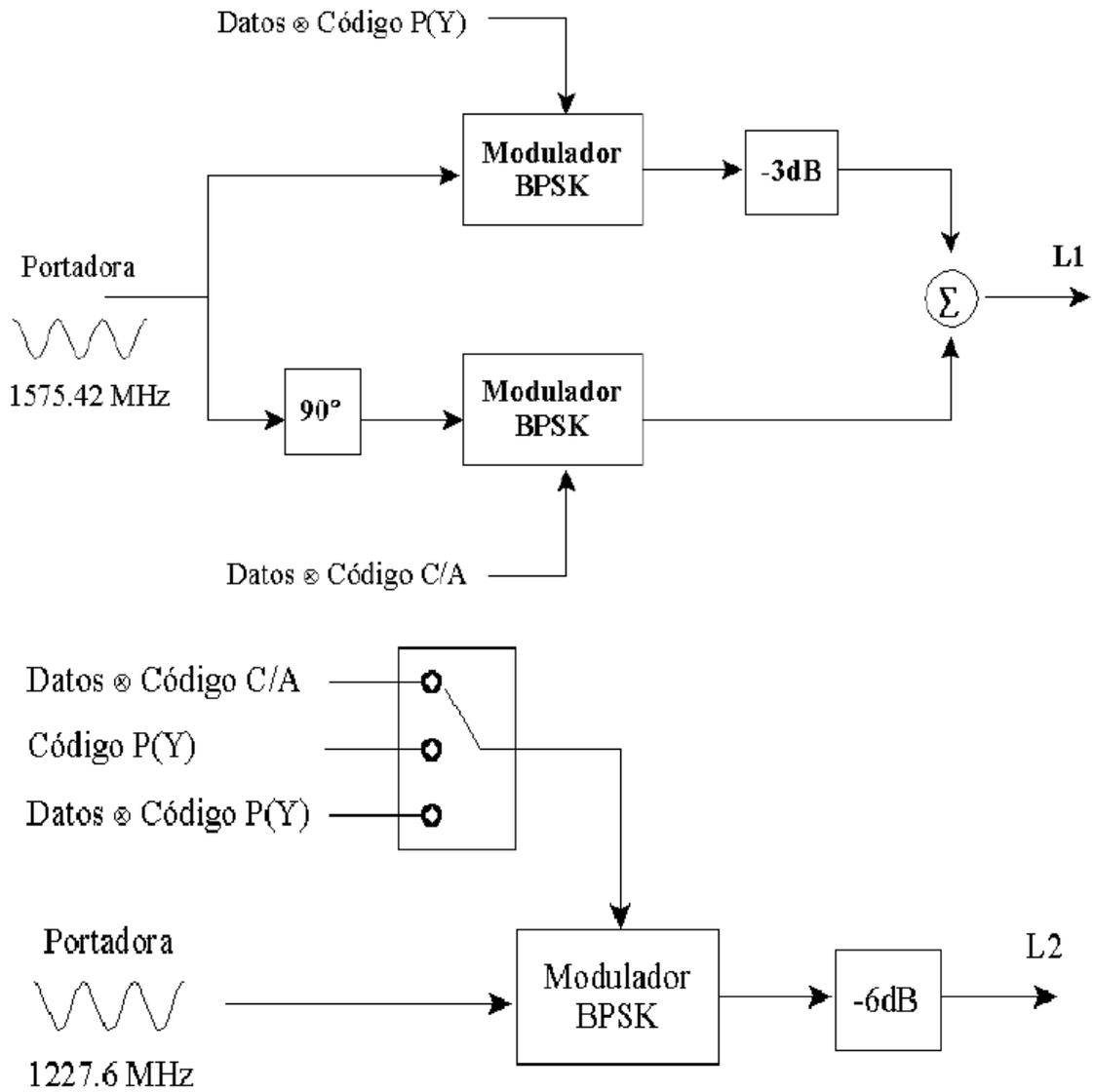


Figura 9

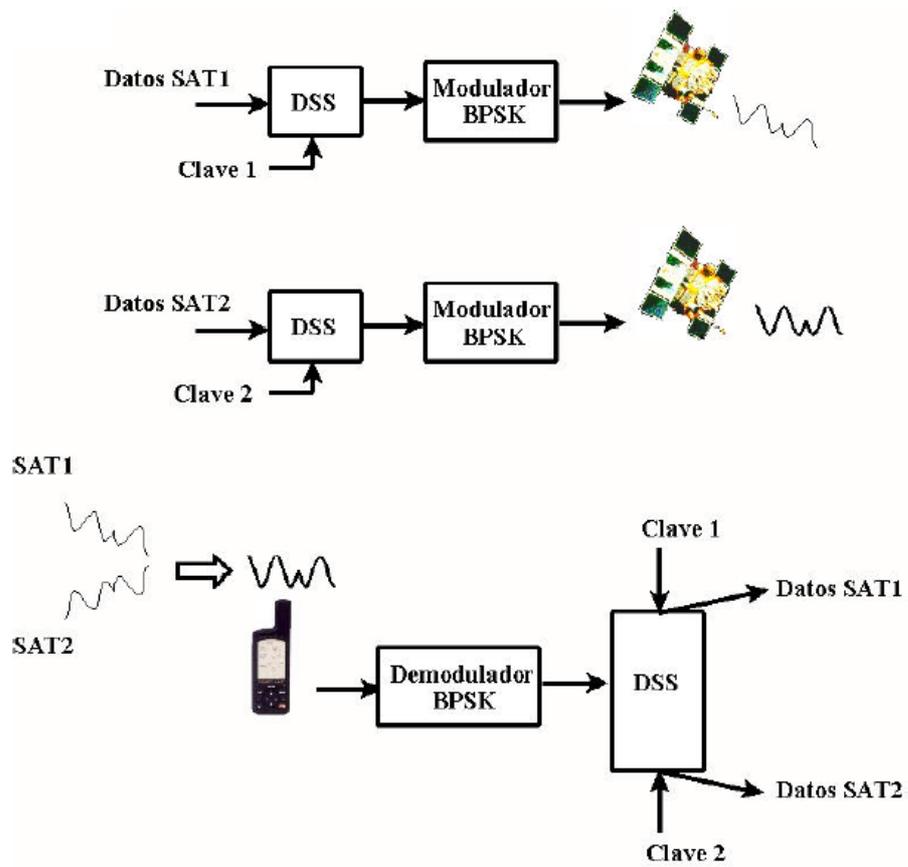


Figura 10

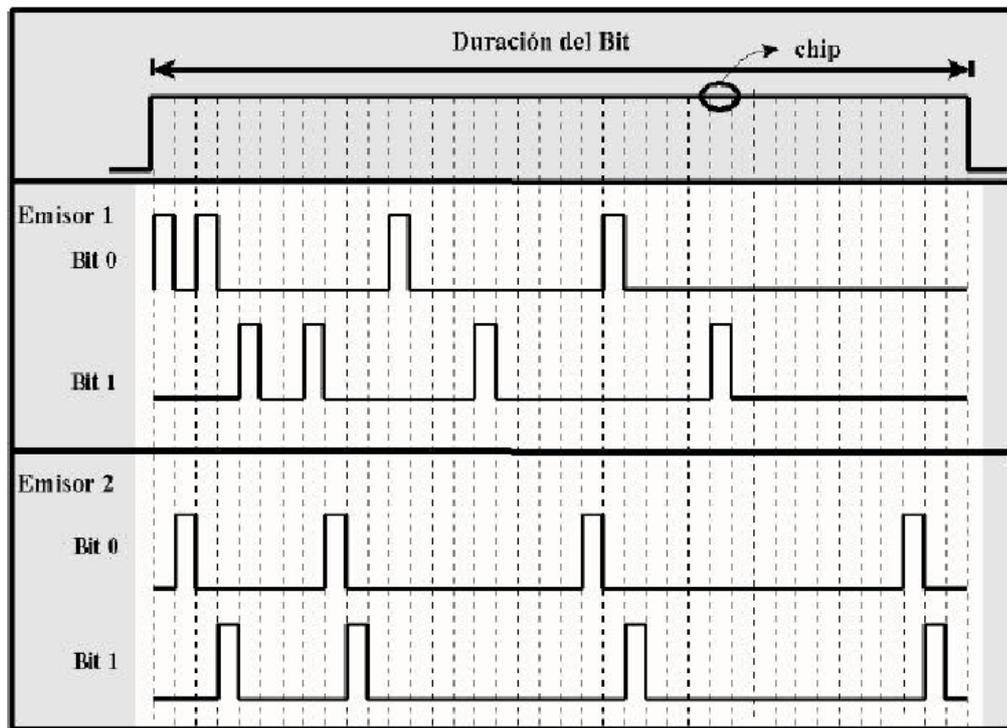


Figura 11

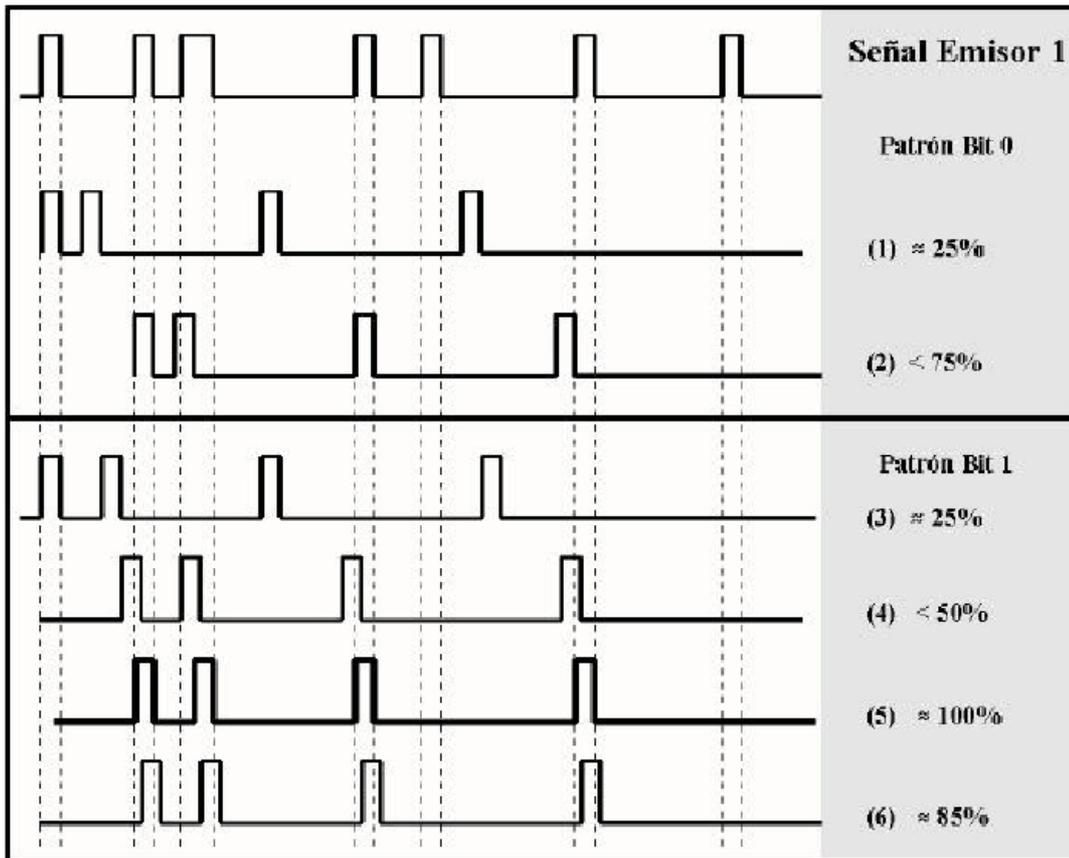


Figura 12

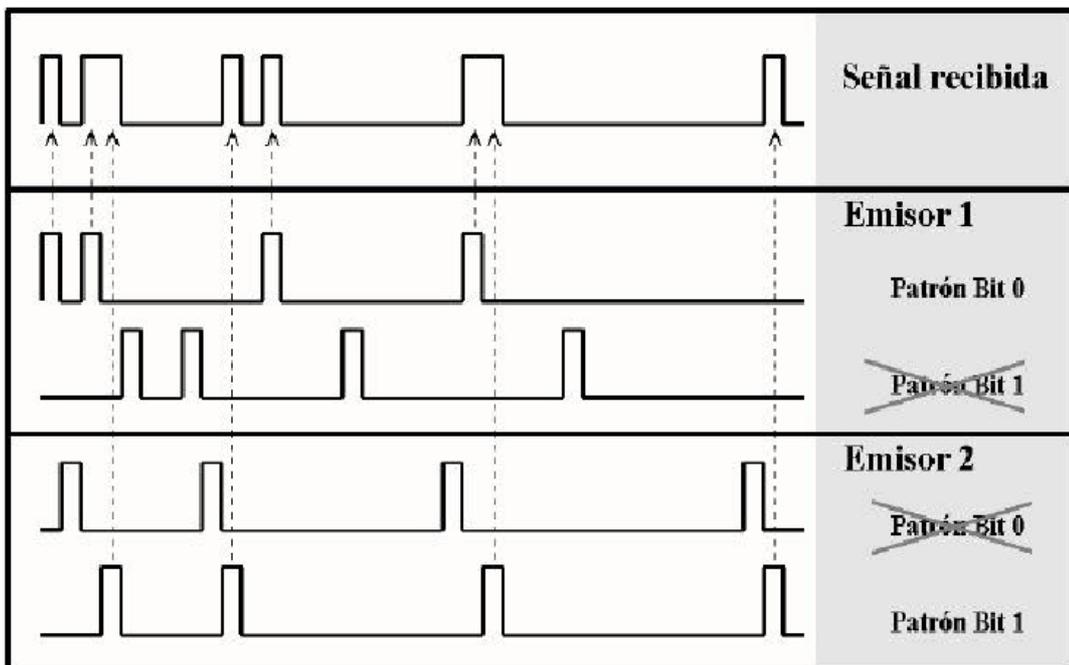


Figura 13

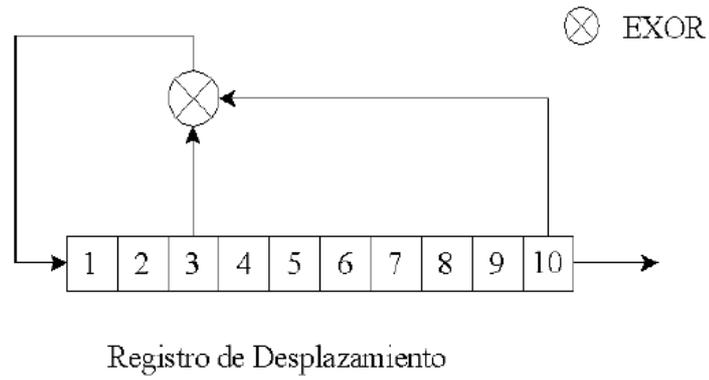


Figura 14

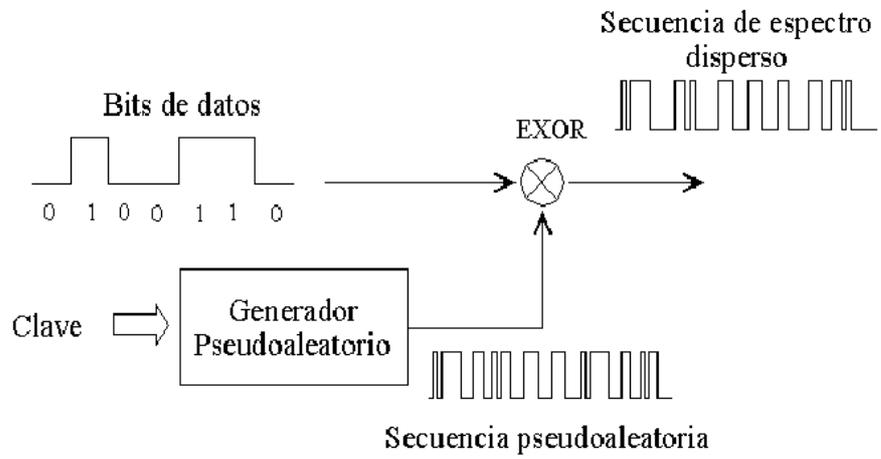


Figura 15

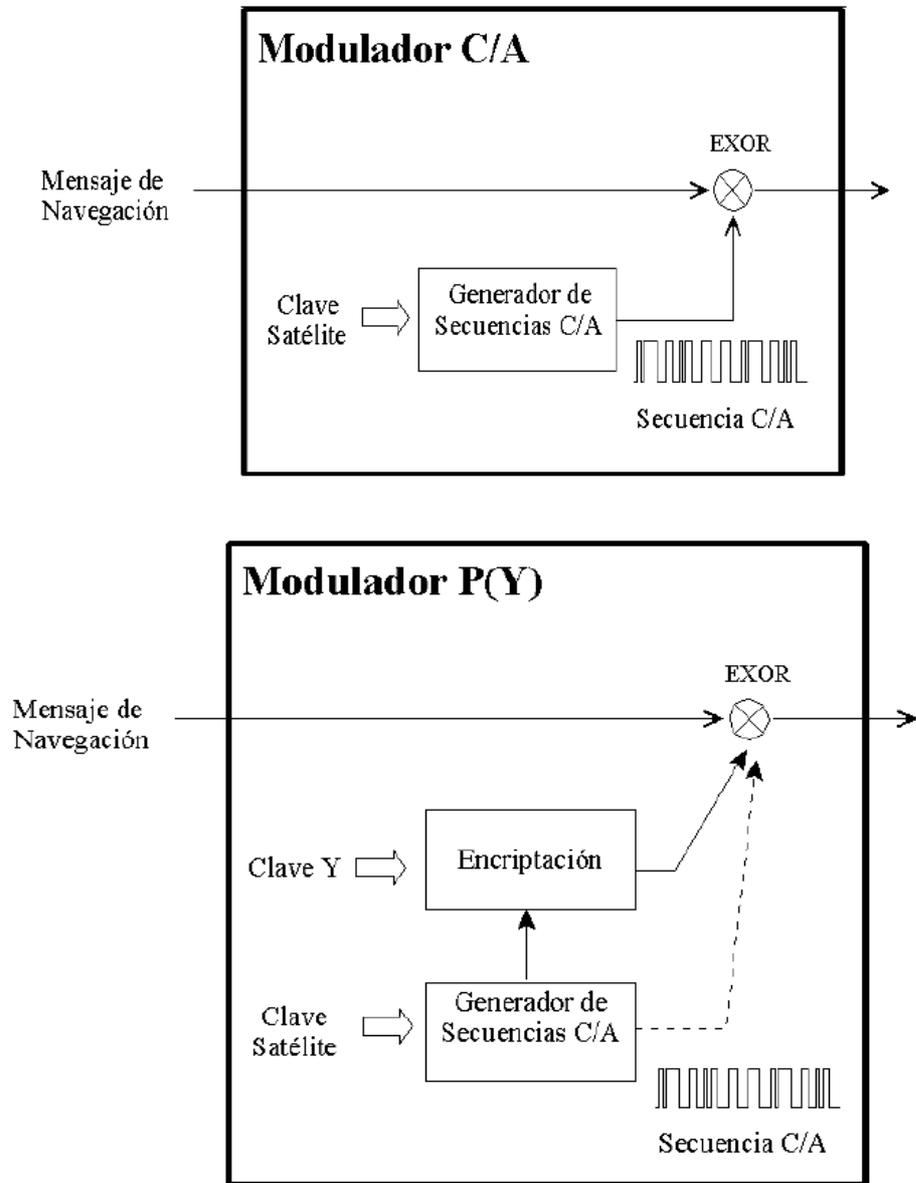


Figura 16

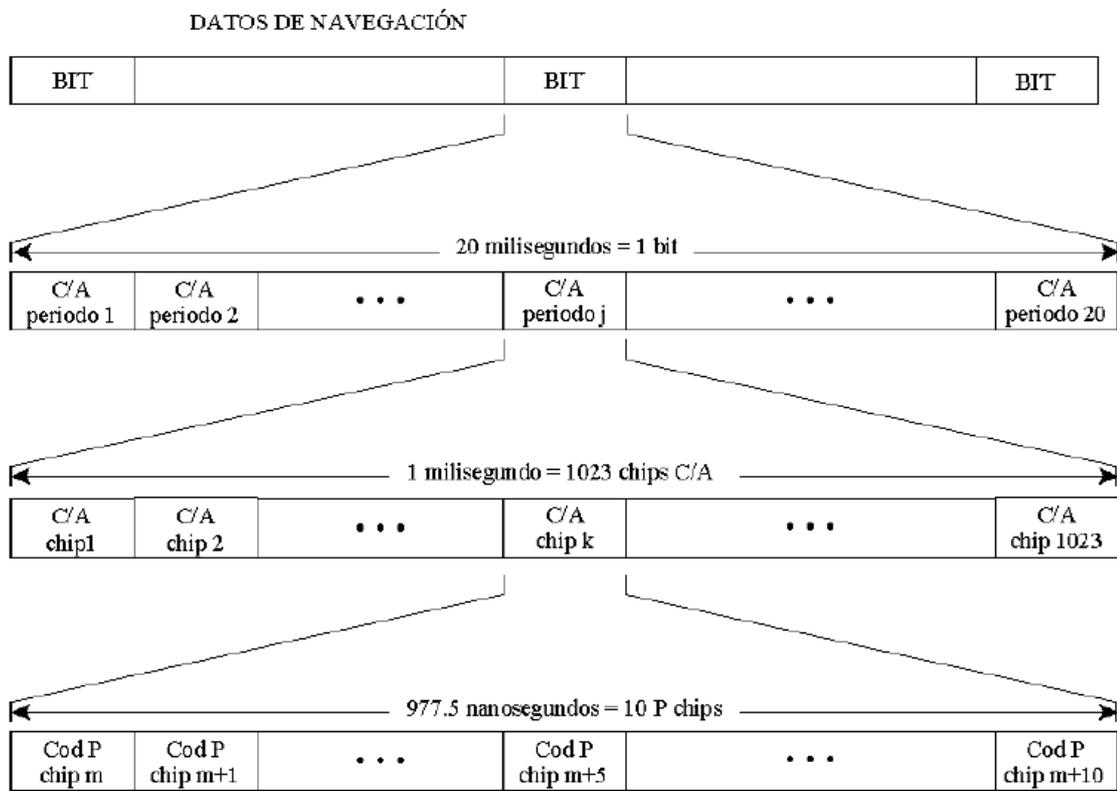


Figura 17



Figura 18

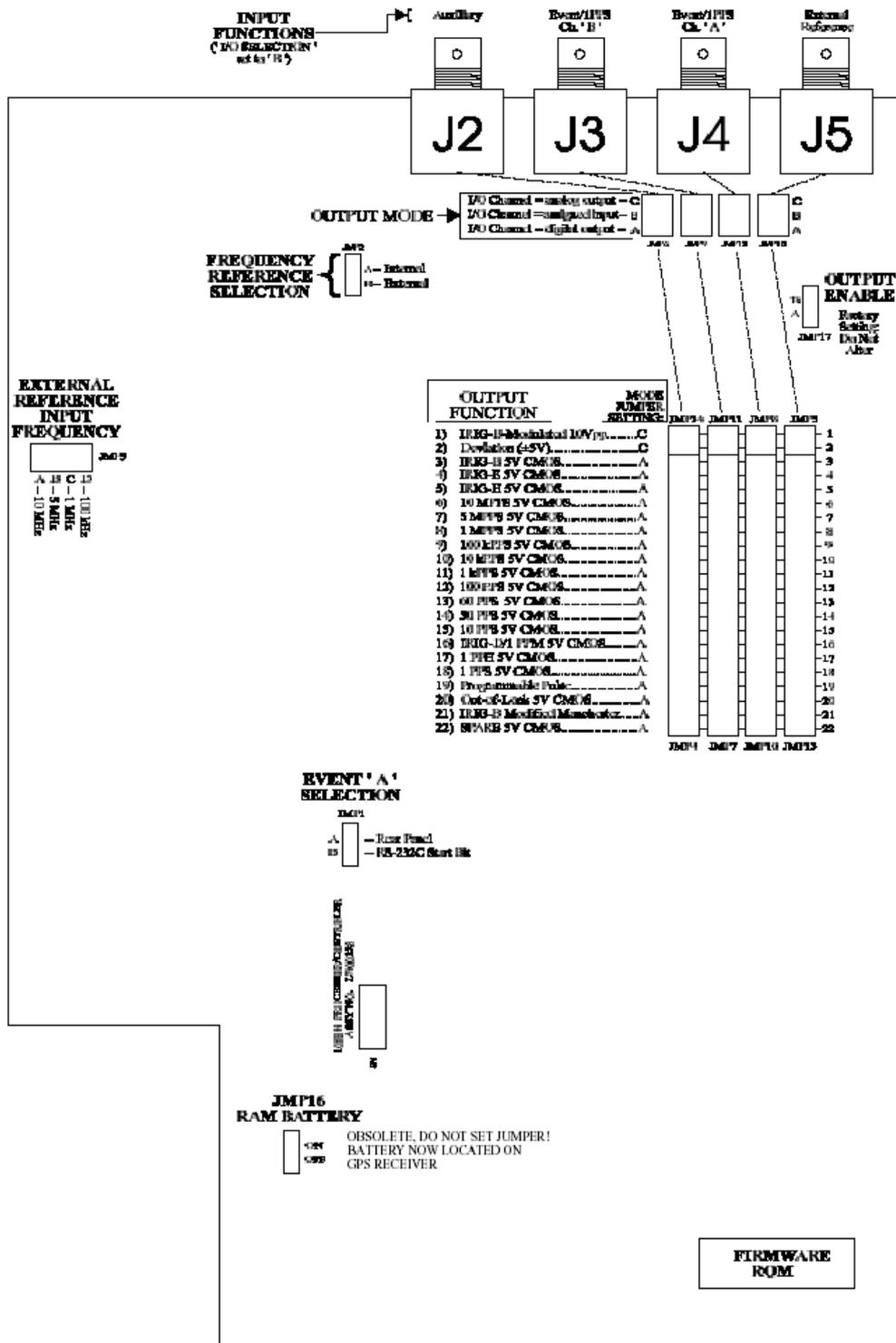
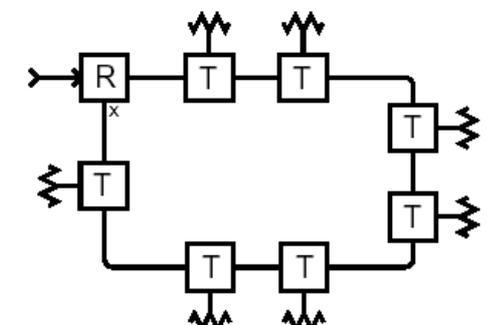
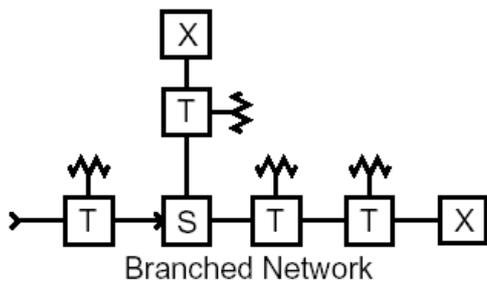
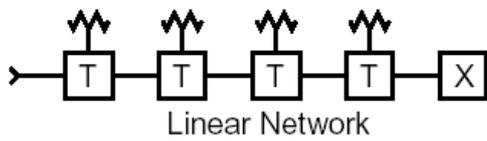
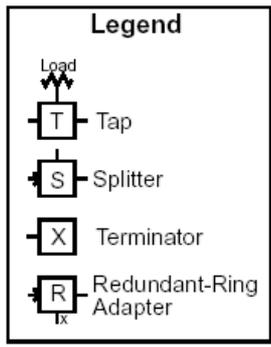
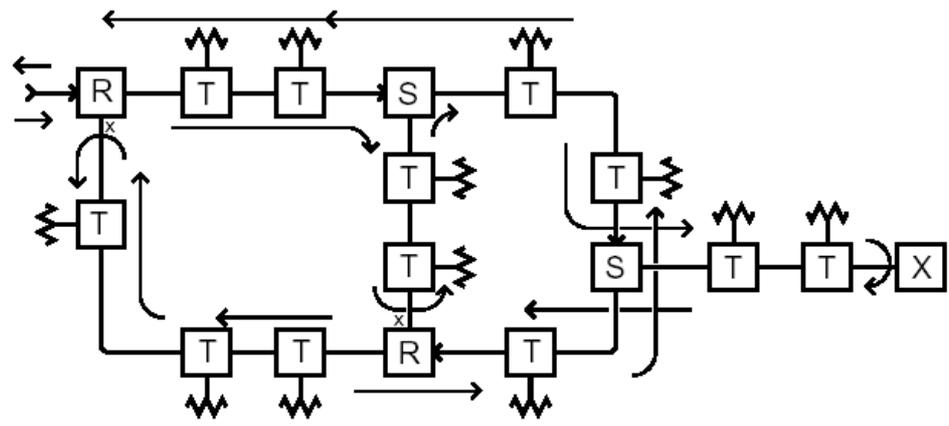


Figura 19



May also include one or more (non-redundant) branches, if desired.

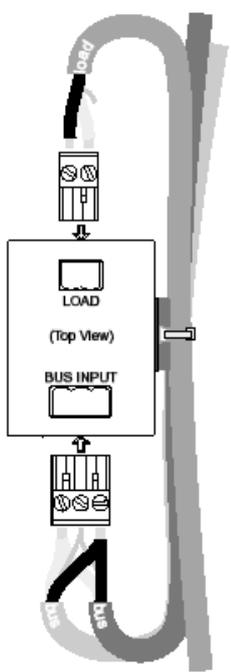


Bus Cable: Belden 8760 or equivalent; 18 AWG pair with foil-polyester shield and 20 AWG drain wire.

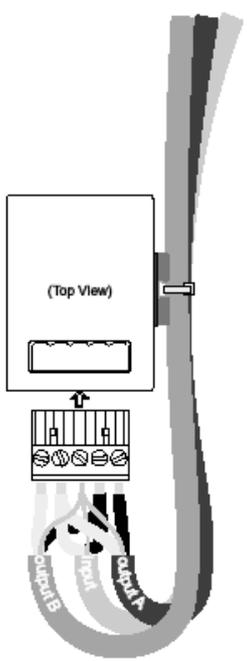
**Typical Network Configurations**

Figura 20

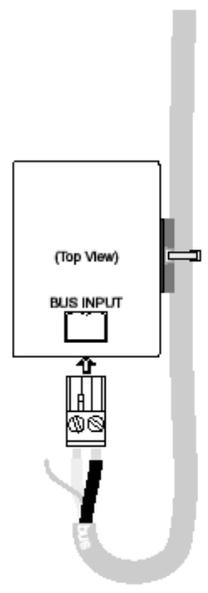
**MODEL 10882A  
IRIG-B DISTRIBUTION TAP**



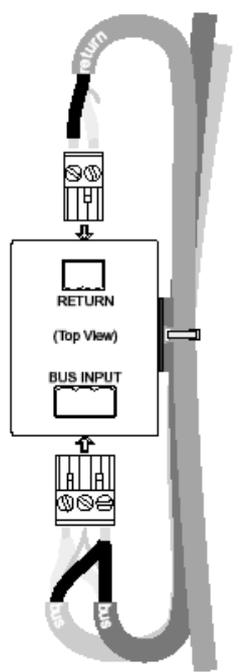
**MODEL 10882A  
IRIG-B DISTRIBUTION  
SPLITTER**



**MODEL 10884A  
IRIG-B DISTRIBUTION  
TERMINATOR**



**MODEL 10884A  
IRIG-B REDUNDANT PING  
ADAPTER**



**Component Wiring Diagrams**

Figura 21

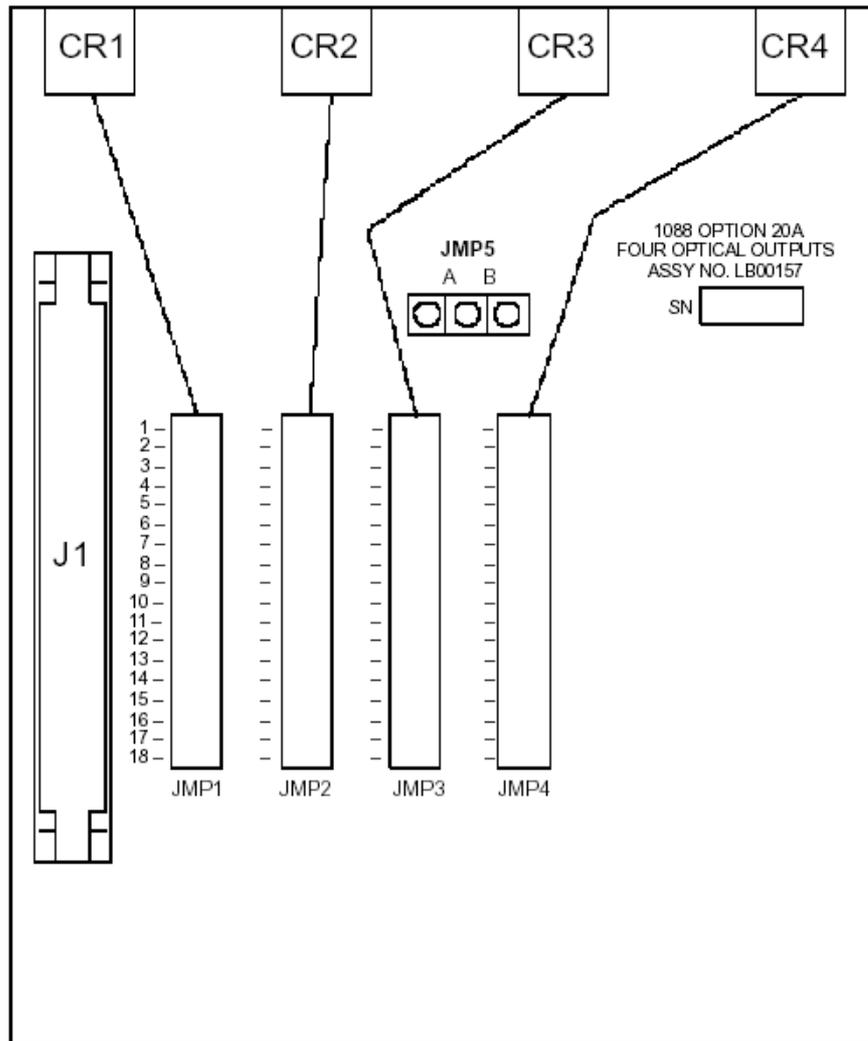


Figura 22

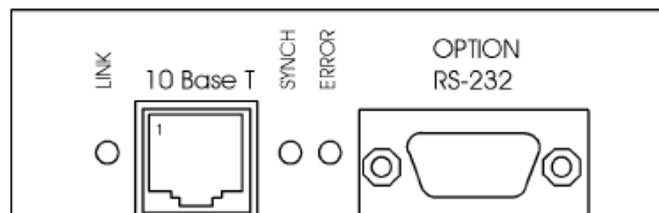


Figura 23



Figura 24

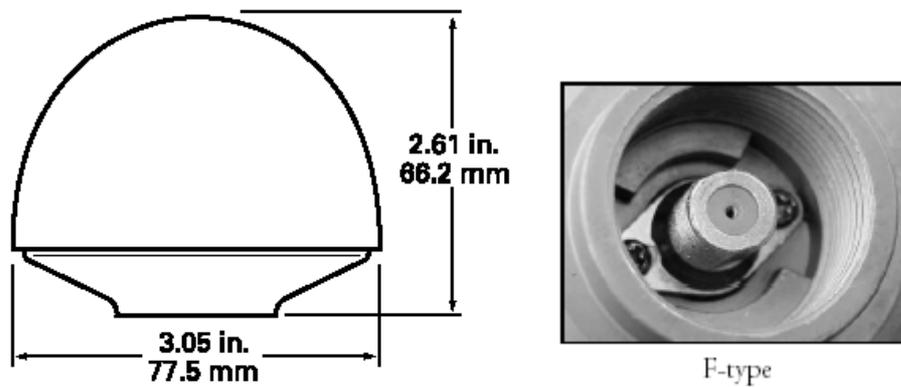
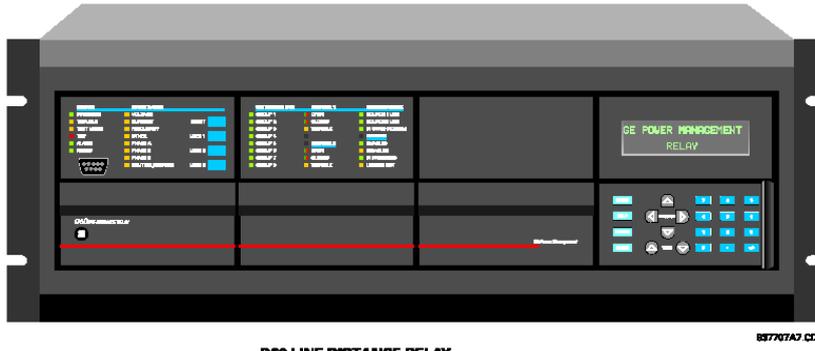


Figura 25



Figura 26



D60 LINE DISTANCE RELAY

657707A7 CDR

Figura 27



Figura 28



Figura 29

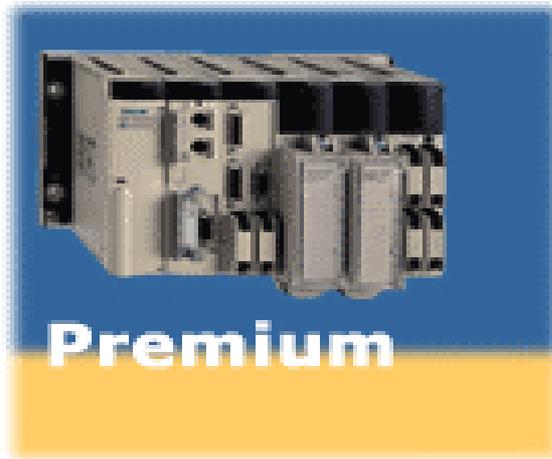


Figura 30

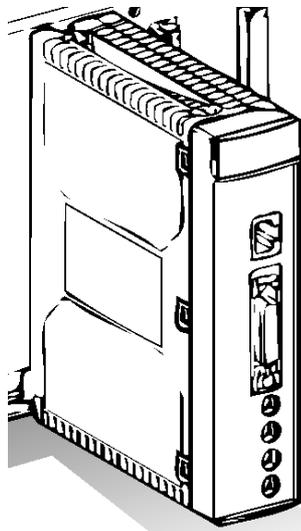


Figura 31

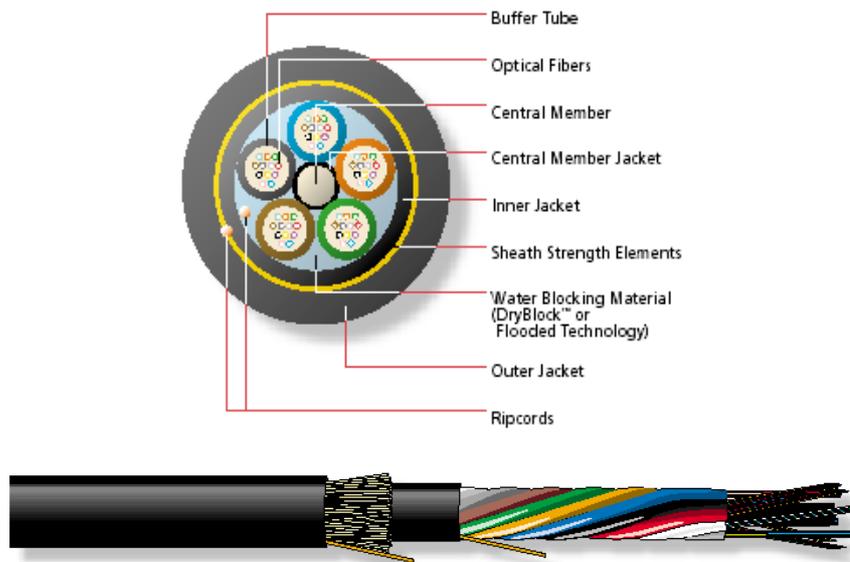


Figura 32

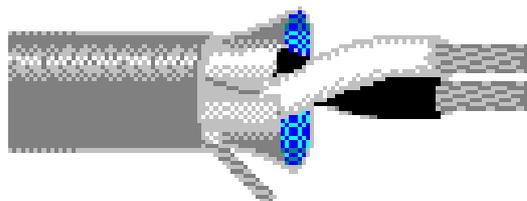


Figura 33

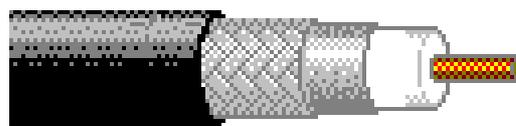


Figura 34



Figura 35

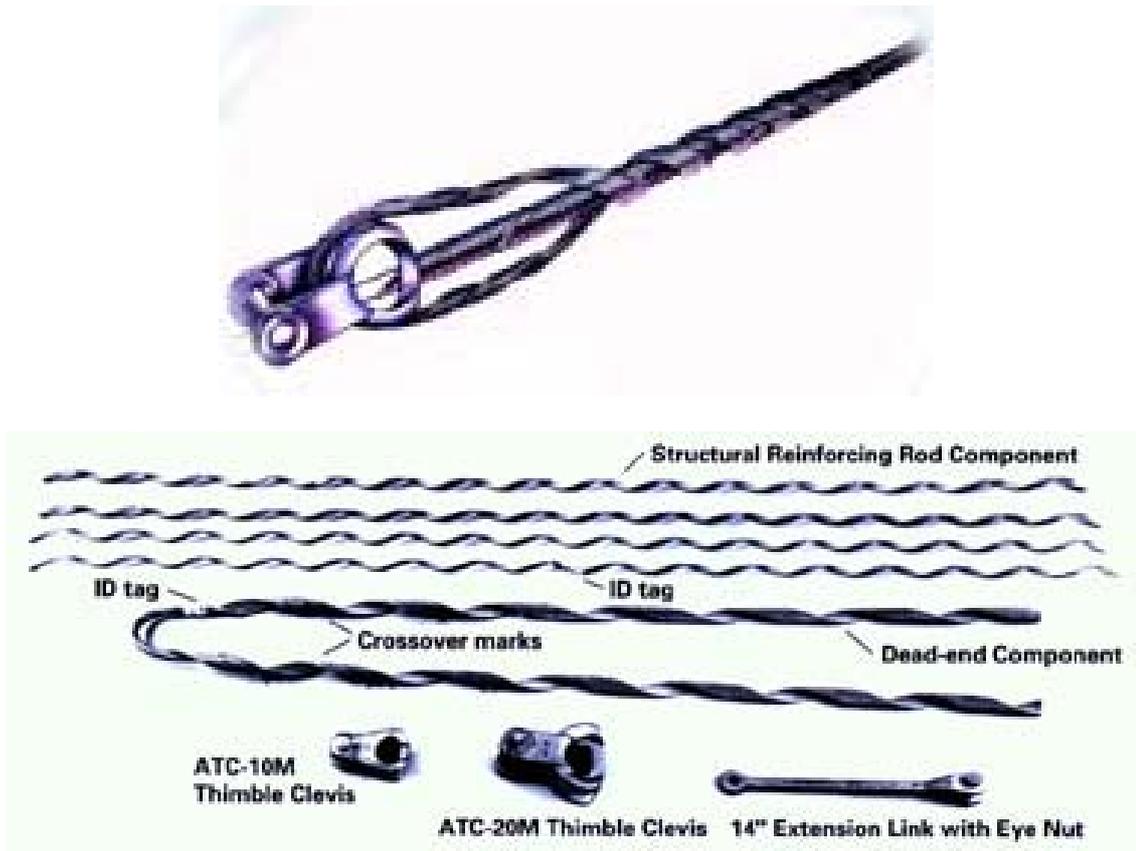


Figura 36



Figura 37

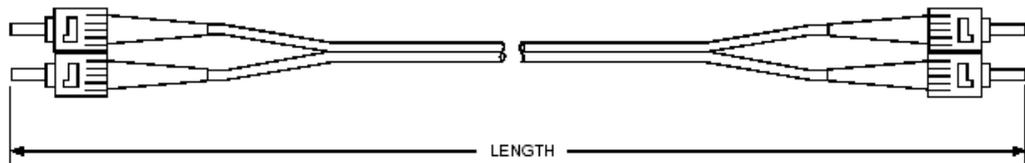


Figura 38



Figura 39



Rack Mount Enclosure

Figura 40

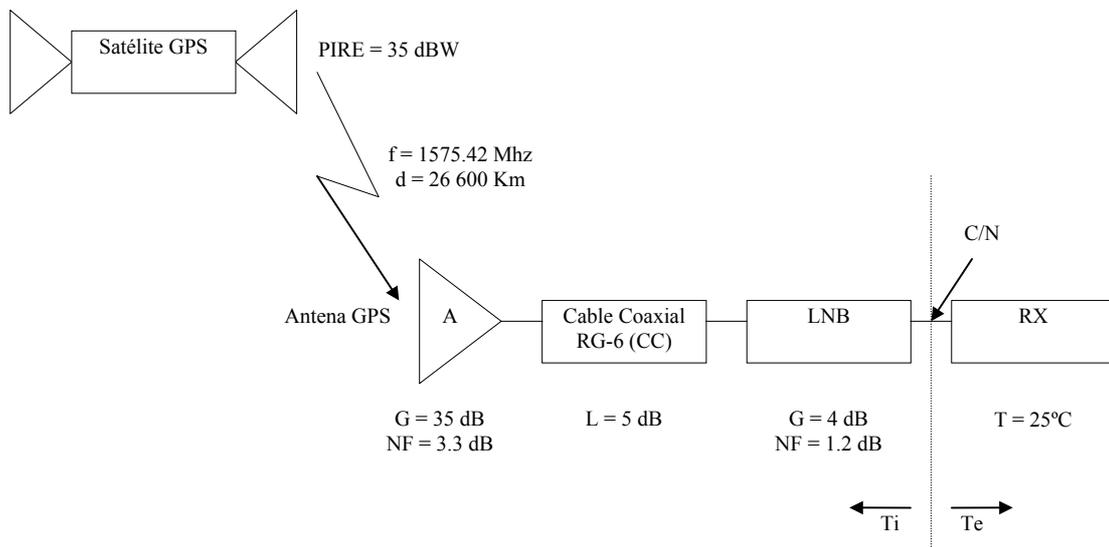
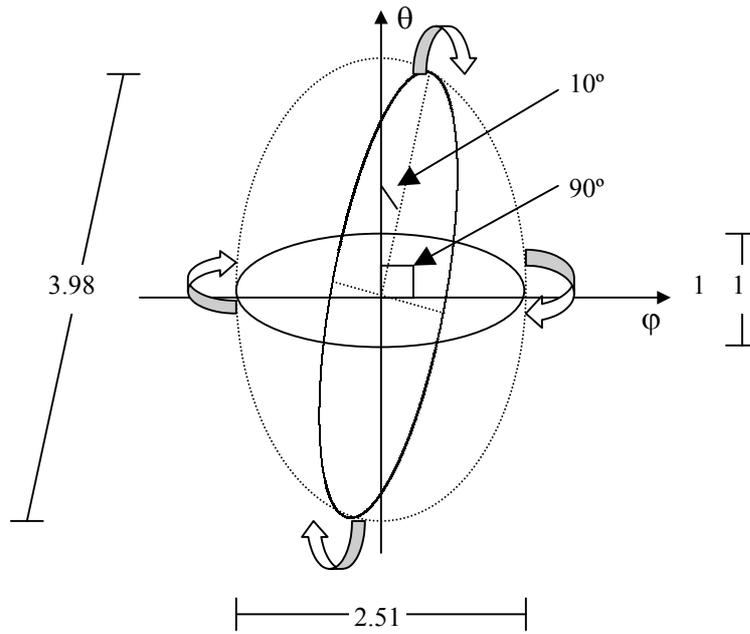
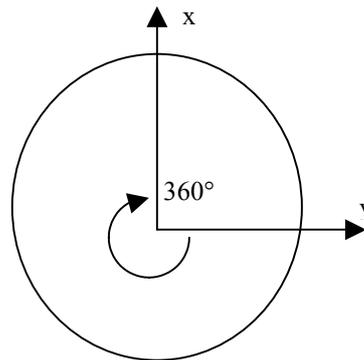


Figura 41



*Vista Superior:*

Cobertura ángulo azimut =  $360^\circ$



*Vista Lateral:*

$$0 \leq \theta \leq 90^\circ$$

$$0 \leq \phi \leq 360^\circ$$

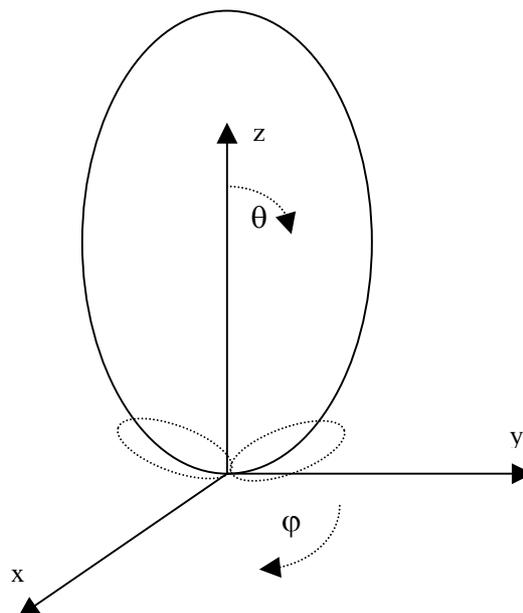


Figura 42

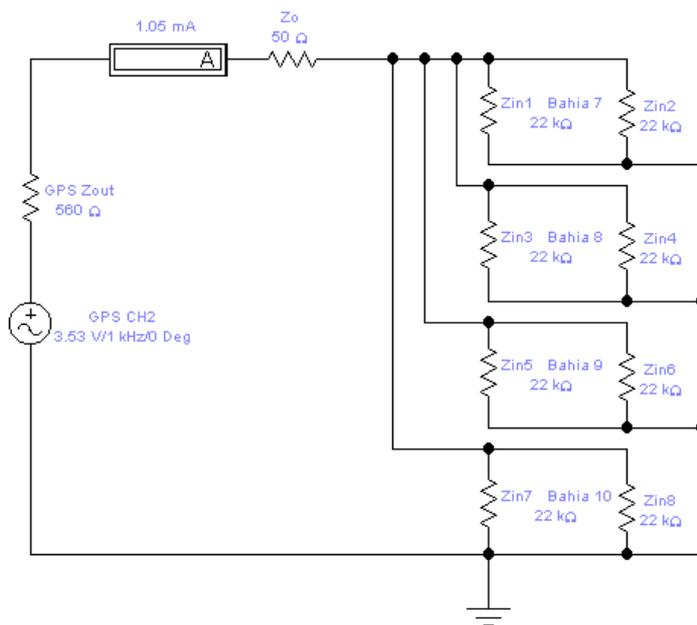
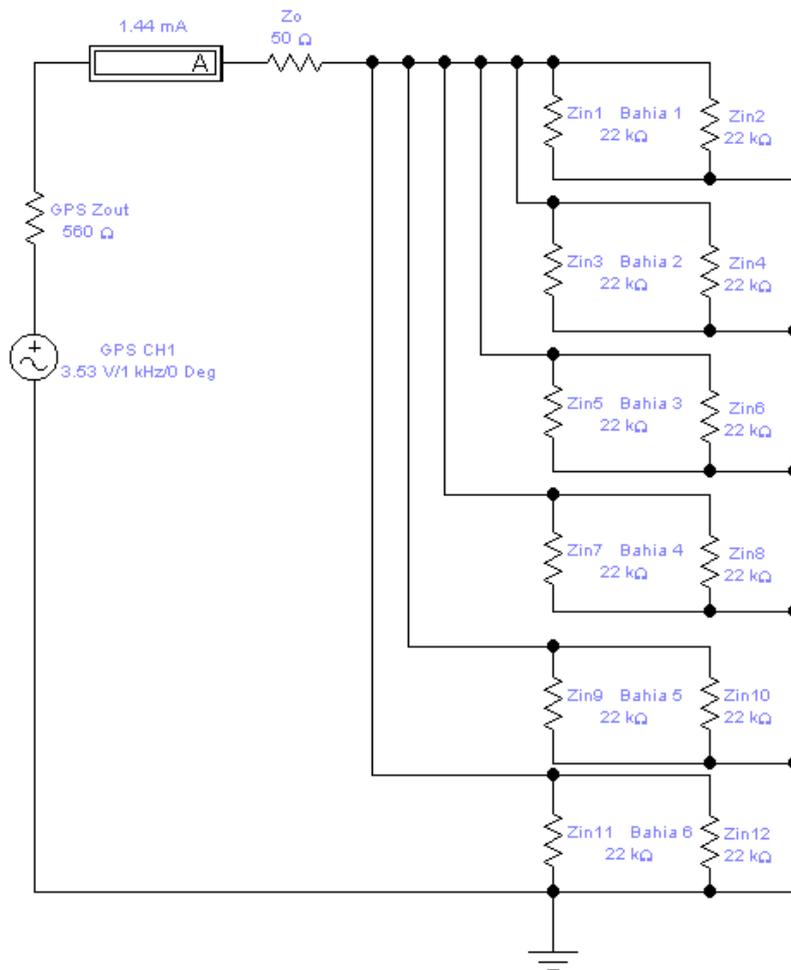


Figura 43

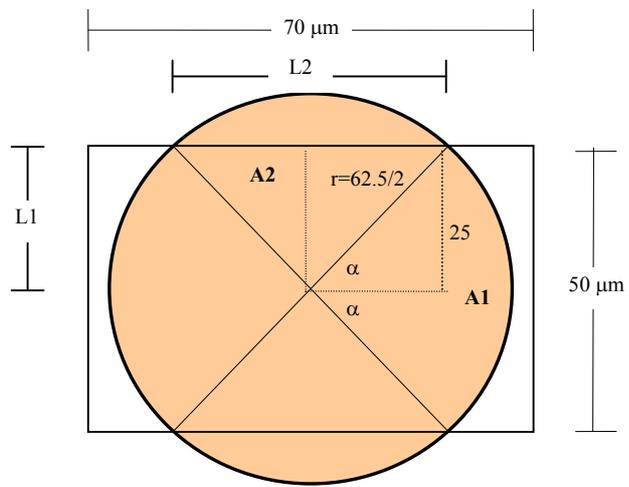


Figura 44

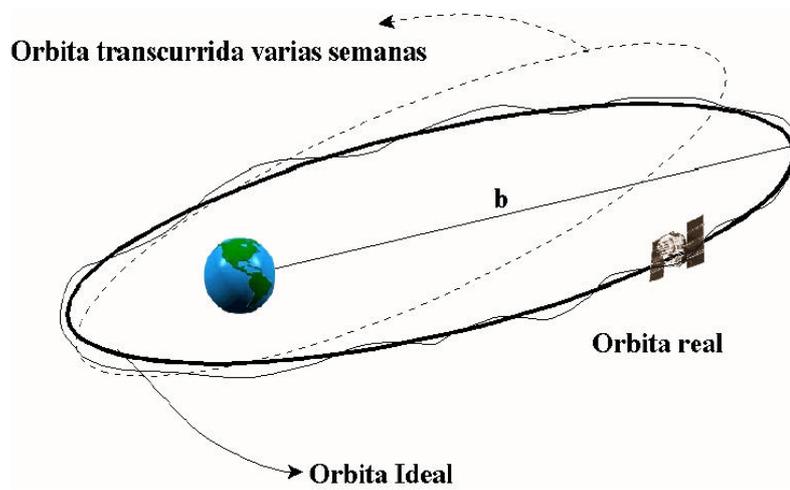


Figura 45

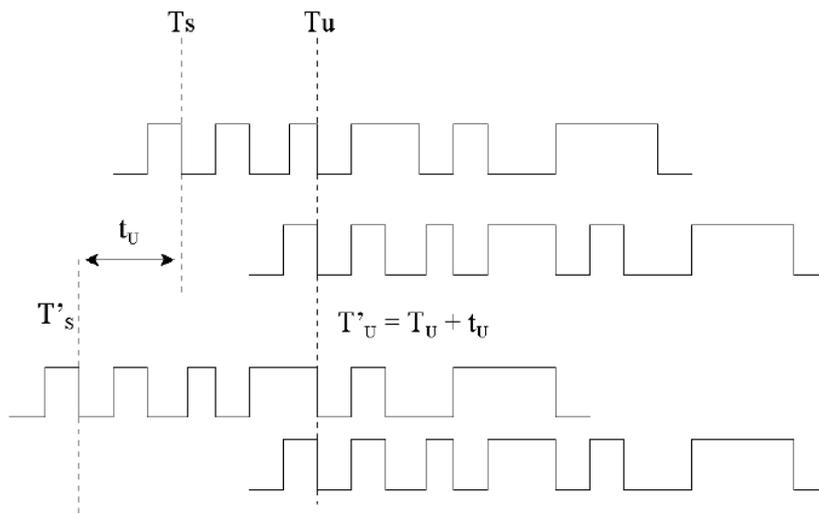


Figura 46

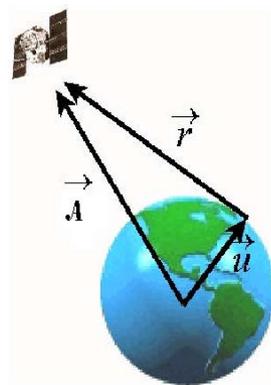


Figura 47

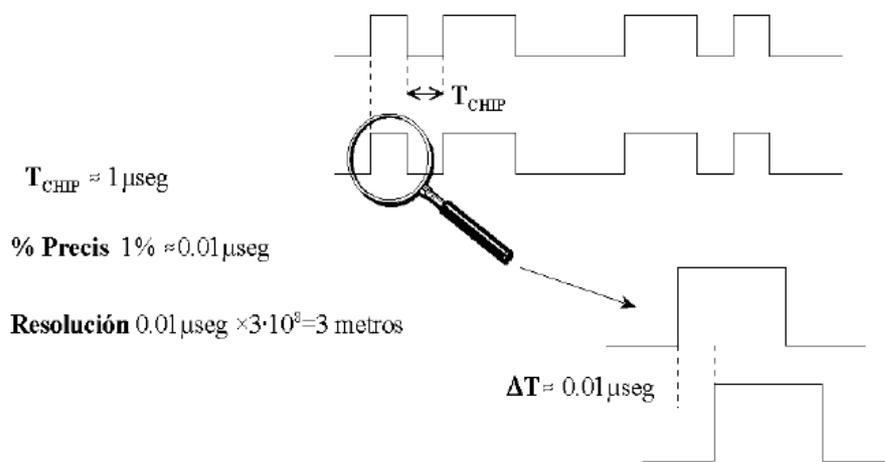
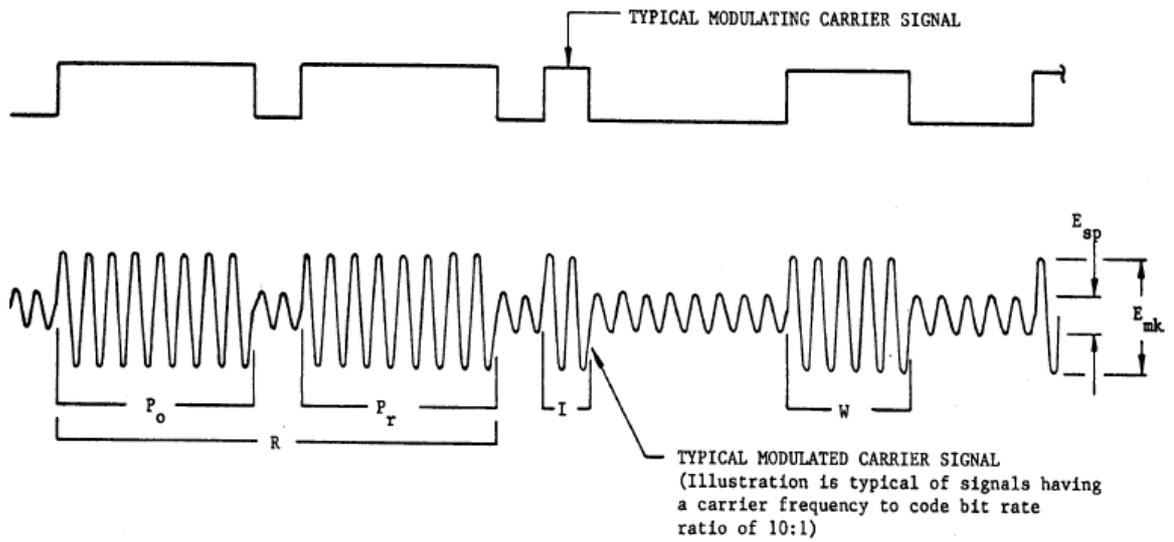


Figura 48



- R - REFERENCE MARKER
- P<sub>o</sub> - POSITION IDENTIFIER
- P<sub>r</sub> - REFERENCE BIT
- W - WEIGHTED CODE DIGIT
- I - UNWEIGHTED CODE DIGITS AND INDEX MARKERS
- E<sub>sp</sub> - SPACE AMPLITUDE
- E<sub>mk</sub> - MARK AMPLITUDE

STANDARD CONDITIONS:

- A) CARRIER WAVEFORM - SINUSOIDAL, AMPLITUDE MODULATED.
- B) CARRIER PHASING - POSITIVE GOING ZERO AXIS CROSSING OF CARRIER IS COINCIDENT WITH LEADING EDGE OF MODULATING SIGNAL.
- C) CARRIER FREQUENCY - CARRIER FREQUENCIES ARE AN INTEGRAL MULTIPLE OF THE MODULATING SIGNAL BIT RATE. APPLICABLE CARRIERS ARE SPECIFIED FOR EACH FORMAT.
- D) MARK-TO-SPACE RATIO-  $E_{mk}/E_{sp} = 10/3$  (Range of 3:1 to 6:1)

Figura 49

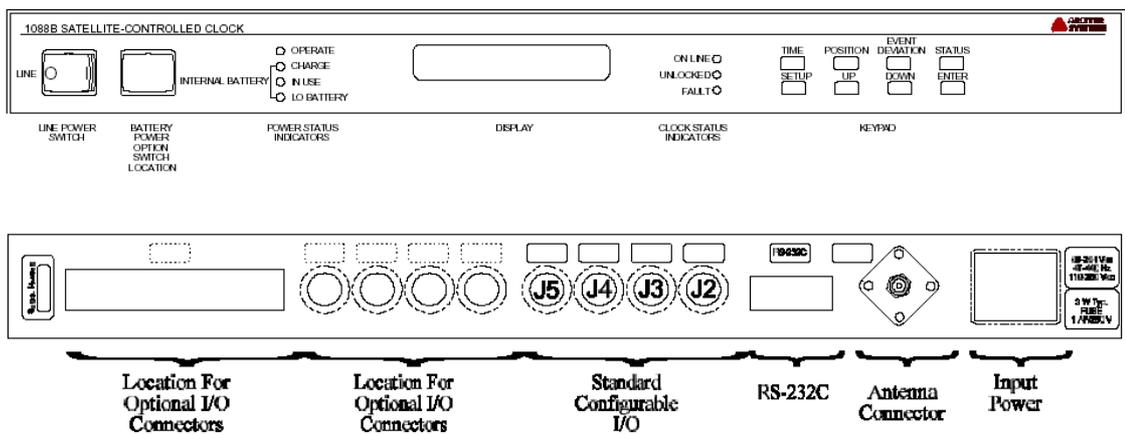


Figura 50

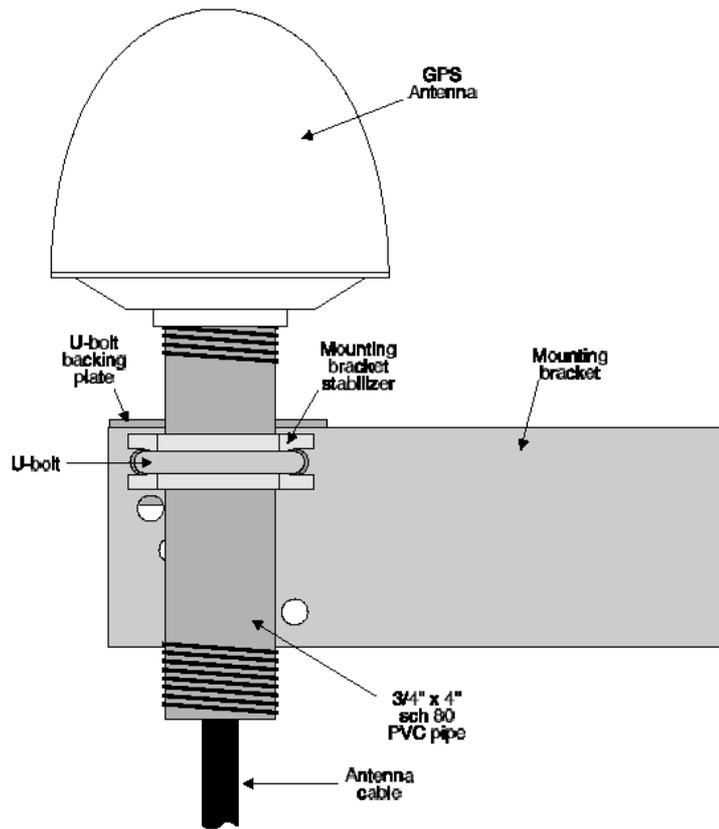


Figura 51

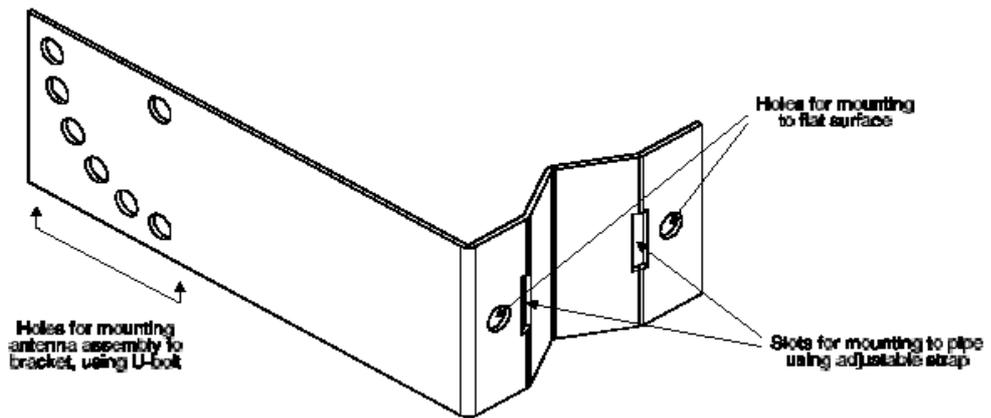


Figura 52

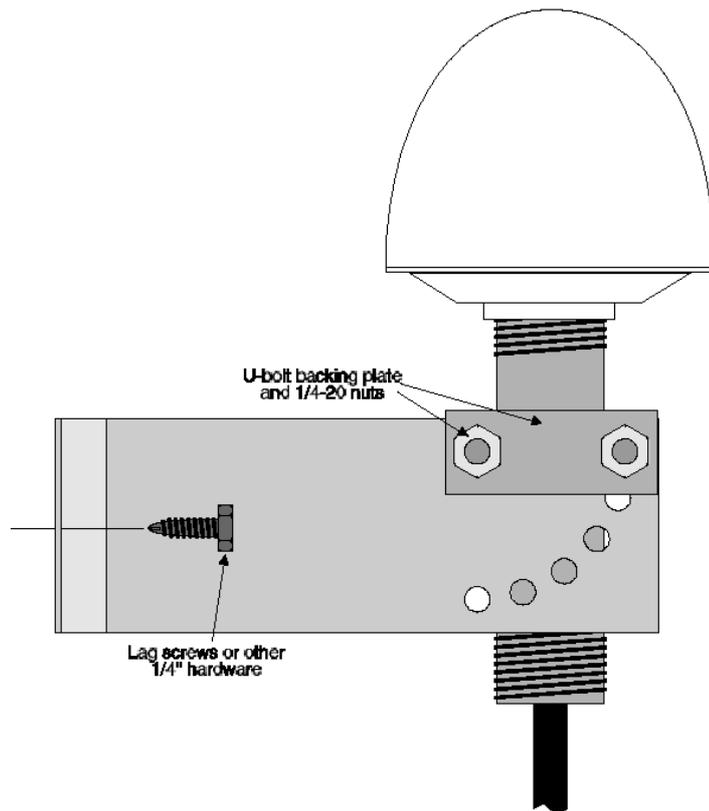


Figura 53

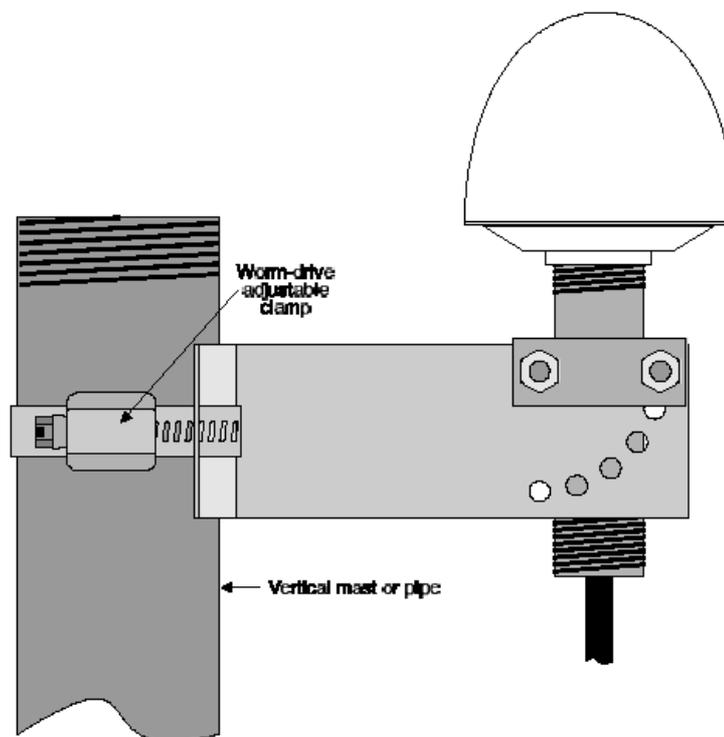


Figura 54

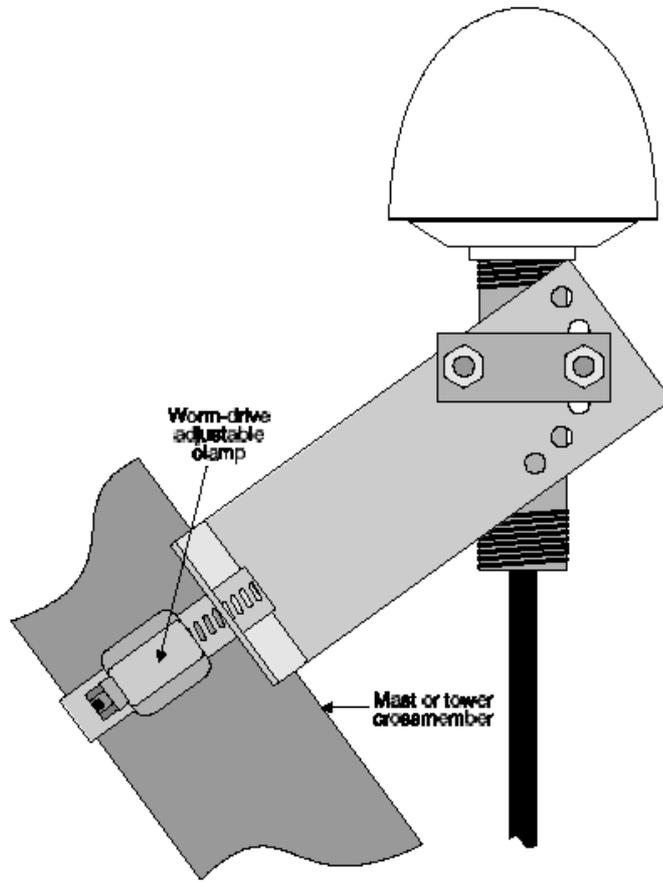


Figura 55

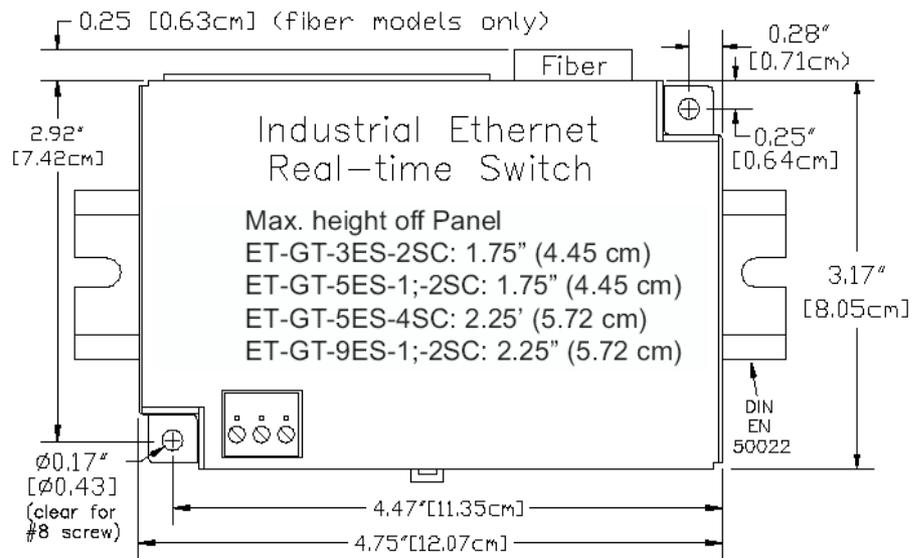


Figura 56

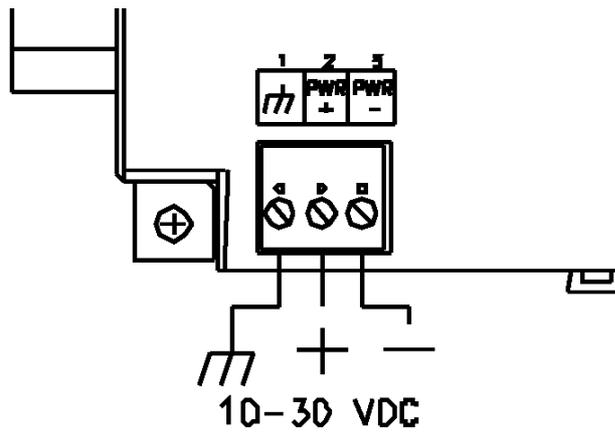
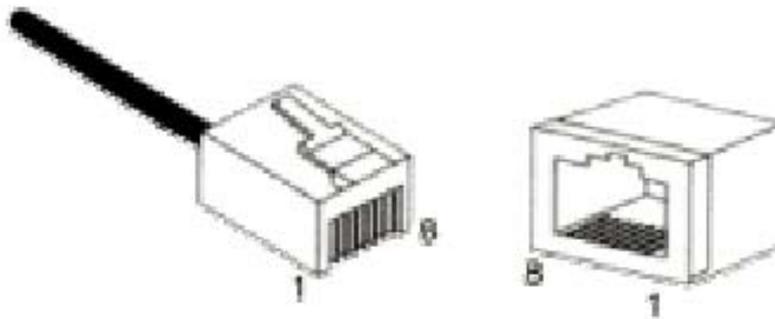


Figura 57



Pin #	Switch Standard (MDI-X) Port	Switch Uplink (MDI) Port	Ethernet Device Port
1	TX+	RX+	RX+
2	TX-	RX-	RX-
3	RX+	TX+	TX+
6	RX-	TX-	TX-

Ethernet Connector Pin Assignments

Figura 58

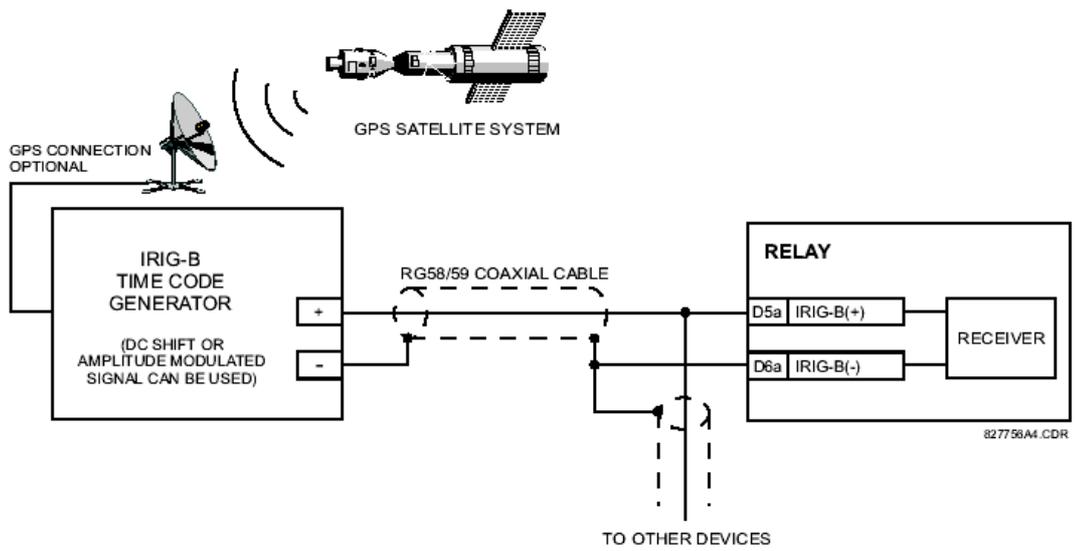


Figura 59

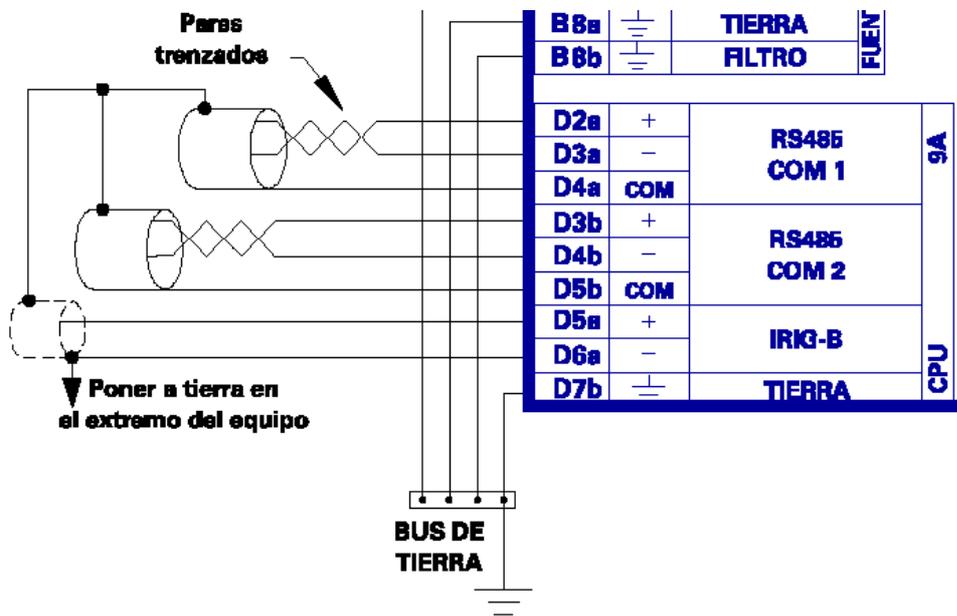


Figura 60

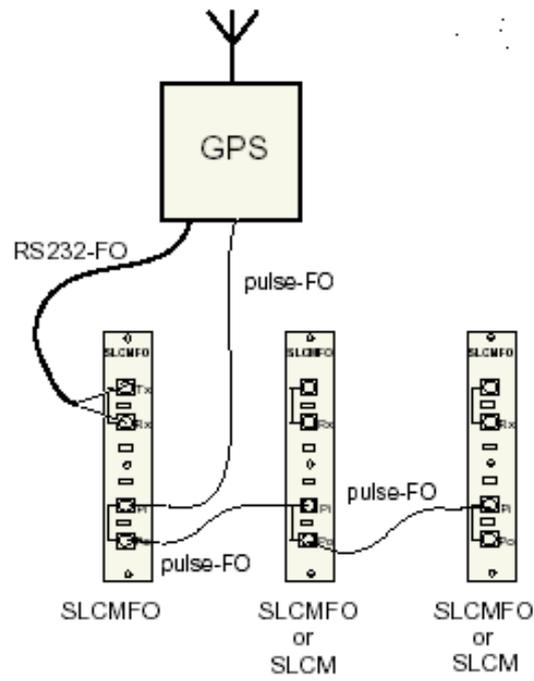


Figura 61

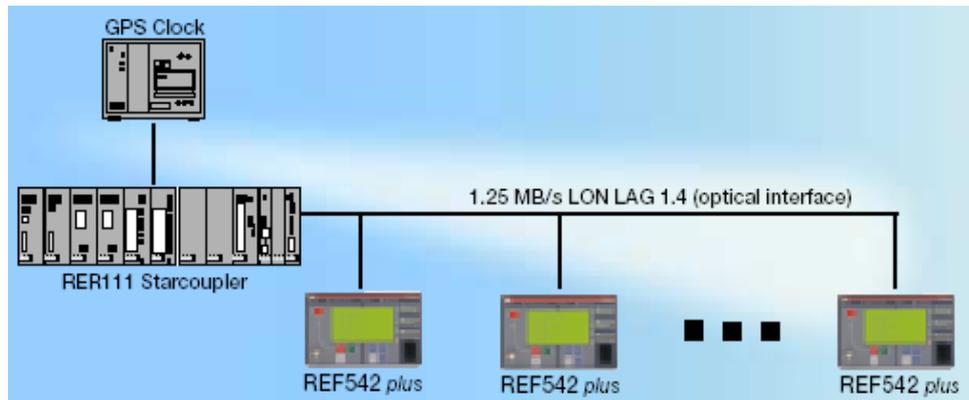


Figura 62

## APÉNDICE 3

### **CUADROS**

Cuadro No 1	Costos de Equipos y Accesorios Básicos
Cuadro No 2	Costos de Equipos y Accesorios Adicionales
Cuadro No 3	Costos por Mano de Obra, Instalación Básica
Cuadro No 4	Costos por Mano de Obra, Instalación Adicional
Cuadro No 5	Equipo de Trabajo
Cuadro No 6	Cronograma de Trabajo

## COSTOS DE EQUIPOS Y ACCESORIOS

### SUMINISTROS Y ACCESORIOS

#### A) BÁSICOS

Item	Descripción	Código/No. De Orden	Unidad	Cantid.	P.U.(US\$)	Parcial (US\$)	Total (US\$)
<b>1</b>	<b>RELOJ CONTROLADO POR SATELITE GPS</b>						8,653.75
1.1	Reloj Controlado por Satélite GPS modelo 1088B de Arbiter Systems <b>Incluye:</b> * Antena GPS, para montaje en tubo * 15m de cable de antena RG-6 * Equipo de montaje del rack * Manual de Operación * Cordón de Alimentación	1088B  AP0004800 CA0021315 AS0028200 AS0029900 P01-P10	un	1	5,687.50	5,687.50	
1.2	Opción 20A: Cuatro Salidas de Fibra Optica Configurables	1088Opt20A	un	1	1,137.50	1,137.50	
1.3	Opcion 32 : Servidor de Protocolo de Tiempo de Red (NTP)	1088Opt32	un	1	1,750.00	1,750.00	
1.4	kit Bracket de Montaje Antena GPS	AS0044600	un	1	78.75	78.75	
<b>2</b>	<b>CABLES</b>						2,548.46
2.1	LUCENT Cable de FO Multimodo ( 62.5/125 um) Tipo ADSS 6 Fibras-Exterior	AT-RU927L6-006-CLCB	m	600	3.90	2,340.00	
2.2	Belden Coaxial RG58/U	9310	R x 305m	300	208.00	204.59	
2.3	Belden UTP Categoría 5E	1585LC	R x 305m	20	59.00	3.87	
<b>3</b>	<b>ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS</b>						1,251.44
3.1	AMP Conector ST Cerámico para Fibra Optica Multimodo	501380-1	un	8	6.50	52.00	
3.2	AMP Patch Cord Duplex de FO multimodo con conectores ST-ST 2 metros	503994-2	un	4	24.00	96.00	
3.3	AMP Panel con 6 Acopladores ST Simplex Multimodo	559515-1	un	2	23.23	46.46	
3.4	AMP Bandeja Deslizante FO 19" 1RU (para 3 paneles)	1348876-4	un	2	98.86	197.72	
3.5	AMP Conector RJ-45 Cat. 5E 24- WG Multifilar	558530-4	un	2	0.35	0.70	
3.6	AMP Capucha para Conector RJ45 Negra	569875-1	un	2	0.28	0.56	
3.7	OEM BNC Conectores coaxiales "T"		un	50	7.95	397.50	
3.8	OEM BNC Conector Coaxial Terminal Clamp		un	50	5.95	297.50	
3.9	OEM BNC Terminador de impedancia Coaxial 50 Ohm		un	2	12.50	25.00	
3.10	OEM Regleta 6 tomas con tierra 1RU 220AC	MTE6H220	un	1	38.00	38.00	
3.11	Conjunto de anclaje para tendido aéreo de FO		Global	1	100.00	100.00	
					COSTO DIRECTO		12,453.65
					GASTOS GENERALES (10%)		1,245.36
					COSTO TOTAL SIN IGV		13,699.01
					I.G.V. (19%)		2,602.81
					<b>COSTO TOTAL INCLUIDO IGV (US\$)</b>		<b>16,301.83</b>

## COSTOS DE EQUIPOS Y ACCESORIOS

### SUMINISTROS Y ACCESORIOS

#### B) ADICIONALES

Item	Descripción	Código/No. De Orden	Unidad	Cantid.	P.U.(US\$)	Parcial (US\$)	Total (US\$)
<b>1</b>	<b>RELOJ CONTROLADO POR SATELITE GPS</b>						1,187.50
1.1	Opción 18: Sistema de Distribución IRIG-B automonitor y segundo puerto RS-232	1088Opt20A	un	1	700.00	700.00	
1.2	Preamplificador en línea de 21 dB	AS0044700	un	1	262.50	262.50	
1.3	Equipo Protector contra sobre voltajes GPS	AS0049000	un	1	225.00	225.00	
<b>2</b>	<b>SWITCH PARA ETHERNET</b>						763.00
2.1	Switch Industrial EtherTRAK 10/100 BaseT(x) autosensing de SIXNET	ET-GT-5ES-1	un	1	672.00	672.00	
2.2	Protector de sobredescargas para Ethernet	SP-ETH-2	un	1	91.00	91.00	
<b>3</b>	<b>CABLES</b>						108.30
3.1	BELDEN Cable Coaxial RG-6/U 75-Ohm 18-AWG Sólido	1530A	R x 305m	75	94.74	23.30	
3.2	BELDEN Cable Pareado para Instrumentación y Control 18-AWG Sólido	8760	R x 305m	305	85.00	85.00	
<b>4</b>	<b>ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS</b>						840.00
4.1	FAYSER Bastidor de pared de 4 UR profundo con bisagra	MD-1004N	un	1	245.00	245.00	
4.2	TAP de Distribución IRIG-B	10882A	un	1	175.00	175.00	
4.3	Splitter para Bus de Distribución IRIG-B	10883A	un	1	105.00	105.00	
4.4	Terminal para Bus de Distribución IRIG-B	10884A	un	1	105.00	105.00	
4.5	Adaptador Anillo Redundante de Distribución IRIG-B	10885A	un	1	210.00	210.00	
COSTO DIRECTO							2,898.80
G.G (10%)							289.88
COSTO TOTAL SIN IGV							3,188.68
I.G.V. (19%)							605.85
<b>COSTO TOTAL INCLUIDO IGV (US\$)</b>							<b>3,794.52</b>





## EQUIPO DE TRABAJO

EQUIPO DE TRABAJO		
Cantid.	Categoría	Funciones
1	SUPERVISOR	implementación, dirección, ejecución y culminación del Proyecto
2	TECNICO	instalación de equipos, tendido de cables, conexiones, pruebas eléctricas
1	AYUDANTE	apoyo a los técnicos

CUADRO No 5

## CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA DE SINCRONISMO

ITEM	DESCRIPCION	Semana 1					Semana 2				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Orden de Trabajo	■									
2	Orden de Pedido de los Suministros y Materiales	■									
3	Replanteo de la Instalación		■	■							
4	Cálculos Teóricos Finales		■	■							
5	Entrega de los Suministros y Materiales				■						
6	Instalación de los Elementos Constructivos				■						
7	Tendido de Cables					■	■				
8	Instalación y Configuración del Receptor GPS						■				
9	Interfases entre el Receptor GPS y los IED's							■			
10	Configuración de los Equipos sincronizados							■			
11	Pruebas Eléctricas								■		
12	Protocolo de Pruebas y Entrega									■	

**Nota:**

Este cronograma está sujeto a la entrega de suministros y materiales por parte del proveedor, así como de los trabajos de soldadura, carpintería, pintado y albañilería si fueran necesarios.