

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

**CONTROL Y SINCRONIZACIÓN DE LA ZONA HORARIA UTC-5 EN LA
RED DE COMUNICACIÓN DEL CENTRO DE METROLOGÍA DE LAS
FF.AA.**

AUTOR:

JONATHAN XAVIER ZAPATA CALDERÓN

TUTOR:

CARLOS AUGUSTO CUICHÁN MORALES

Quito, junio del 2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Jonathan Xavier Zapata Calderón, con documento de identificación N° 0202024477, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “CONTROL Y SINCRONIZACIÓN DE LA ZONA HORARIA UTC-5 EN LA RED DE COMUNICACIÓN DEL CENTRO DE METROLOGÍA DE LAS FF.AA.”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....
Jonathan Xavier Zapata Calderón
C.I. 020202447-7

CARTA DE DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “CONTROL Y SINCRONIZACIÓN DE LA ZONA HORARIA UTC-5 EN LA RED DE COMUNICACIÓN DEL CENTRO DE METROLOGÍA DE LAS FF.AA.”, realizado por Jonathan Xavier Zapata Calderón, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, junio del 2018



.....
Carlos Augusto Cuichán Morales
C.I. 171438972-1

DEDICATORIA

Dedico de manera especial y con infinito amor a mi Madre, ya que es la persona más importante para mí y pilar fundamental, que me supo guiar y apoyar en el desarrollo continuo de mis estudios, mi profesión y mi vida, gracias a las virtudes que tiene de ser siempre valiente, luchadora, excelente profesional y buena madre por eso la admiro, la amo y le agradezco eternamente por creer en mí.

A mis hermanos, Esmeralda, Eduardo y Alexander, por apoyarme y colaborar siempre con disposición absoluta además con su agradable y comfortable hospitalidad.

A mi hija Paula Emilia que es la personita más hermosa de mi vida ya que siempre me transmite amor, fuerza y perseverancia para salir adelante ante las adversidades.

A mi novia Thaly, que es la persona que no solo me supo apoyar y acompañar en los momentos de dificultad, sino que también forma parte de mi vida actual.

Por ultimo a las personas que no creían en mi superación, les dedico mi trabajo, ellos también merecen honores.

Jonathan Zapata

AGRADECIMIENTOS

Los más sinceros agradecimientos al Centro de Metrología de las FF.AA y de manera especial al personal técnico que trabaja en las instalaciones del mismo, entre los principales: Coronel Ing. Luis I. Rodríguez V. Director del CMEE, Capitán Ing. Jorge Noboa Jefe Técnico del CMEE, Sgts Freddy Cárdenas OBT Lab. Tiempo y al Cbop Eduardo Luna OBT Lab. Tiempo, que gracias a su acogida y predisposición supieron llevar a cabo junto a equipo mencionado, el desarrollo del proyecto de titulación en su prestigiosa institución.

Al Ingeniero Carlos Cuichán, que a través de sus estudios, conocimientos y entendimiento, me supo guiar como tutor, para el desarrollo y culminación de mi proyecto de titulación, muchas gracias.

A la Ingeniera Verónica Soria, por la ayuda, atención y entendimiento durante el transcurso de la carrera y en especial en mi proyecto, muchas gracias por todo.

Mi más profundo agradecimiento, mi madre y a mis familiares que siempre supieron manifestar su apoyo en los momentos difíciles y en los más agradables, estoy eternamente agradecido.

A las personas que formaron parte de mi vida y de mi carrera de estudios, a los familiares, amigos y compañeros, que cada día compartieron los momentos de sacrificio y perseverancia además de los de vagancia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
CARTA DE DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
Índice de Tablas	viii
Índice de Figuras	viii
OBJETIVOS:	xiv
- Objetivo General:	xiv
- Objetivos Específicos:.....	xiv
CAPÍTULO 1.....	1
ESTADO ACTUAL DE SINCRONIZACIÓN DE LA RED DE COMUNICACIÓN DEL CMEE	1
1.1 Definición de la Institución.....	1
1.1.1 Historia y evolución del CMEE	1
1.1.2 Funciones principales del CMEE.....	2
1.1.3 Equipamiento y herramientas de calibración metrológicas	2
1.1.4 Centro de Metrología Ejército Ecuatoriano (CMEEE)	3
1.2 Personal a cargo de los Laboratorios del CMEE	4
1.2.1 Personal Directivo.....	4
1.3 Red de Comunicación del CMEE	4
1.3.1 Análisis de la Red de Comunicación del CMEE	4

1.3.2	Red Lógica del CMEE	6
1.4	Sincronización de la Red de Datos del CMEE	7
1.5	Falencias y Potencialidades de la Sincronización de la Red del CMEE.....	8
1.5.1	Causas y Efectos de los fallos	8
1.5.2	Solución Potencial.....	9
CAPÍTULO 2	10
PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN	10
2.1	Generalidades	10
2.2	Selección de la Alternativa.....	13
2.2.1	Servidor NTP. – Symmetricom S350	13
2.2.2	Oscilador de Rubidio – Guillam FEI	15
2.3	Selección de la Propuesta.....	16
2.4	Diseño de la Propuesta	18
2.4.1	Hardware utilizado en el proyecto	18
2.5.2	Software utilizado en el proyecto.....	19
2.6	Entorno de Trabajo de la Propuesta	22
CAPITULO 3	23
IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	23
3.1	Implementación del Hardware para la Propuesta.....	23
3.1.1	Hardware SyncServer Symmetricom - NTP S350.....	23
3.1.3	Hardware SIM Common View	24
3.1.4	Router Huawei Inalámbrico (ISP).....	25
3.1.5	Hardware Router Board - Mikrotik 750 Up.....	26
3.1.6	Hardware Switch Tp–Link Tl–Sl3428.....	26

3.1.7 Hardware Oscilador de Rubidio.....	27
3.2 Implementación y configuración del Software y Aplicaciones para la Propuesta....	28
3.2.1 Configuración SIM Common View	28
3.2.2 Configuración del Software – SyncServer Symmetricom NTP S350	29
3.2.3 Configuración del Software del Oscilador de Rubidio	30
3.2.4 Configuración del Software del Router Board Mikrotik.....	30
3.2.5 Configuración del Software Symm Time	31
3.3 Descripción del Equipo Implementado.....	32
3.3.1 Características del Equipo ya Implementado	32
CAPITULO 4.....	37
PRUEBAS Y RESULTADOS	37
4.1. Descripción de Pruebas Realizadas.....	37
4.1.1 Pruebas de Sincronismo NTP y Georreferenciación.....	37
4.1.2 Referenciación de Patrones de Frecuencia.....	39
4.1.4 Pruebas de Inter Comparación con el Servidor NTP	40
4.2. Resultados obtenidos.....	41
4.2.1 Resultados obtenidos de la Inter comparación.....	41
4.2.2.1 Resultados obtenidos de la Inter comparación mediante el servidor NTP.....	41
4.2.3 Resultados obtenidos de los Patrones de Frecuencia	43
4.2.4 Resultados obtenidos del Servicio de Sincronización.....	45
CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	

Índice de Tablas

Tabla 2.1: Información Servidor NTP – Symmetricom S350.....	14
Tabla 2.2: Información del Oscilador de Rubidio – Guillam FEI	15
Tabla 2.3: Características y parámetros de las propuestas a seleccionar	16
Tabla 3.1: Información del Dispositivo System Common View	25
Tabla 3.2: Nivel jerárquico del servicio NTP	35
Tabla 4.1: Resultados obtenidos de la Sincronización mediante el servidor NTP.....	45

Índice de Figuras

Figura1.1: Logo CMEE.....	1
Figura1.2: Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano	3
Figura 1.3: Diagrama de la Red de Comunicación del CMEE	6
Figura 2.1: Servidor NTP – Symmetricom S350	13
Figura 2.2: Oscilador de Rubidio – Guillam FEI.....	15
Figura 2.3: Software SIM Time Network (SIMTN) - Common View	19
Figura 2.4: Software TranEra-HTBasic del Oscilador de Rubidio.....	20
Figura 2.5.: Software Win Box Loader v2.2.16 - Router Board Mikrotik.....	20
Figura 2.6: Interface Web del Servidor NTP - Symmetricom S350.....	21
Figura 2.7: Software Symmetricom Symm Time	22
Figura 2.8: Croquis e instalaciones	22
Figura 3.1: Hardware SyncServer Symmetricom - NTP S350	23
Figura 3.2: Dispositivo SIM Common View.....	24
Figura 3.3: Router (Huawei ISP)	26
Figura 3.4: Router Board - Mikrotik 750 up.....	26
Figura 3.5: Switch Tp–Link TI-SI3428.....	27
Figura 3.6: Oscilador de Rubidio – Guillam FEI.....	27
Figura 3.7: Coordenadas de la antena GPS - SIM Common View	29
figura 3.8: Configuración del Software -SyncServer Symmetricom NTP S350	29
Figura 3.9: Configuración y Conexión física del Oscilador de Rubidio.....	30

Figura 3.10: Configuración del Software Win Box Loader - Router Board Mikrotik.....	31
Figura 3.11: Interface de configuración del software Symm Time	31
Figura 3.12: Armario de equipos de Referencia de Frecuencia Oscilador de Rubidio....	32
Figura 3.13: Servidor NTP ya implementado	33
Figura 3.14: UNISYNCE - Oscilador de Rubidio ya implementado.	34
Figura 3.15: Dispositivo SIM Common View	35
Figura 3.16: Esquema simplificado del Servicio NTP.....	36
Figura 4.1: Activación Servidor NTP	38
Figura 4.2: Servidor NTP añadido	38
Figura 4.3: Sincronización Status	38
Figura 4.4: Ajustes de diseño	39
Figura 4.7: SIM NTP Comparisons	40
Figura 4.8: Servidores NTP pertenecientes al SIM.....	41
Figura 4.9: Comparación CMEE vs NIST	42
Figura 4.10: CMEE versus NIST a través de Common-View UTC (NIST)	42
Figura 4.11: Referencia de 10MHz - Oscilador de rubidio.....	43
Figura 4.12: Señal Servidor NTP	44
Figura 4.13: Señal de 1PPS del Servidor NTP.....	44
Figura 4.14: Señal de referencia IRIG-B	45

RESUMEN

El Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano, está ubicado en las instalaciones del Fuerte Militar Rumiñahui, se planteó, dar solución a las falencias de sincronización, calibración, referenciación de patrones, que existen en los laboratorios, por tal motivo, se estableció el desarrollo y el análisis, para el control y sincronización de la Zona Horaria UTC-5 a través de un servidor NTP (Network Time Protocol), basado en un oscilador de rubidio; estos ayudan a proporcionar los servicios de sincronización, georreferenciación, calibración y caracterización de equipos de medición y patrones de referencia en las magnitudes eléctricas, tiempo, frecuencia; los resultados creados por los equipos mencionados son comparados en el sistema del Common View, donde se visualiza la información de los desfases y desviaciones de tiempo generadas por los Laboratorios pertenecientes al SIM (Sistema Interamericano de Metrología).

El presente estudio también se realizó con el propósito de establecer el control y la administración del servicio NTP, como aplicativo para la institución y como referenciación de tiempo y frecuencia, a través de las señales 1, 5, 10 MHz, 1PPS, las cuales son requeridas como parámetros de inicialización por parte del BIPM, que es un organismo que rige los estándares para la ejecución del sistema, determinando que el centro, proporcione dichos servicios, con una desviación de tiempo de 1ms con relación al Laboratorio NIST (Instituto Nacional de Normas y Tecnología), donde el tiempo de comparación no sobrepase los 50ns, esto garantiza que los servicios generados por la institución tengan una alta precisión, exactitud y eficiencia.

Palabras Claves: Metrología, UTC-5, Zona Horaria, NTP, Oscilador, Rubidio, Common View, Sincronización, Calibración, Tiempo, Frecuencia, SIM, NIST, BIPM.

ABSTRAC

The Center for Metrology of the Ecuadorian Army (CMEE), is located in the facilities of the Rumiñahui Military Fort, the proposal was proposed to solve the failures of synchronization, calibration, reference of patterns, which exist in laboratories, for this reason, the development and analysis was established, for the control and synchronization of the Time Zone UTC-5 through an NTP server (Network Time Protocol), based on a rubidium oscillator; these help to provide the services of synchronization, georeferencing, calibration and / or characterization of measuring equipment and reference standards in the electrical quantities, time, frequency; The results created by the aforementioned equipment are compared in the Common View system, where the information of the time lags and deviations generated by the Laboratories belonging to the SIM (Inter-American Metrology System) is displayed.

The present study was also carried out with the purpose of establishing the control and administration of the NTP service, as an application for the Metrology Center and as a time and frequency reference through the signals 1, 5, 10 MHz, 1PPS, which they are required as parameters of initialization by the BIPM, which is an organization that governs the standards for the execution of the system, determining that the CMEE, provide said services, with a time deviation of 1ms in relation to the NIST Laboratory (National Institute of Standards and Technology), where the comparison time does not exceed 50ns, this guarantees that the services generated by the institution have a high precision, accuracy and efficiency, for any user that requires it.

Keywords: Metrology, UTC-5, Time Zone, NTP, Oscillator, Rubidium, Common View, Synchronization, Calibration, Time, Frequency, SIM, NIST, BIPM.

INTRODUCCIÓN

El CMEE, ubicado en las instalaciones del Fuerte Militar Rumiñahui, se propuso dar solución y mejoramiento de los servicios de control, sincronización, posicionamiento, calibración y caracterización de equipos, tanto para el desarrollo del servicio NTP y de la misma manera para el desarrollo de operaciones estratégicas de georreferenciación, de tal forma, los cambios generados ayudaran a controlar, monitorizar y sincronizar de forma referencial la Zona Horaria UTC-5 en la red de comunicación existente o para cualquier institución, empresa, organización y usuarios que requiera el servicio.

Para el efecto se tuvo desconocimiento del estado actual del sistema de sincronización y la Red de datos, los cuales están a cargo del Laboratorio de Tiempo. De igual manera se estableció los mecanismos y requerimientos necesarios para implantar el servidor NTP y sincronizar la Zona Horaria UTC-5, los mismos que mejoraron, el servicio de sincronismo en tiempo referencial, también se definió el sistema del servicio NTP adecuado para la implementación de la solución ya que las estampas de tiempo requeridas para la sincronización deben ser menores a 50ms y el dispositivo en conjunto con el oscilador de rubidio, proporcionan un desfase y desviación de tiempo aproximado de 1ms en relación al Laboratorio que se utiliza como referencia de tiempo y frecuencia que es el NIST, dentro de la inter comparación con los laboratorios pertenecientes al SIM, de tal manera que es necesaria una comparación con el tiempo perteneciente al SIM mediante el SIM Common View.

También, se efectuó el análisis del sistema de comunicaciones, además de la ubicación e instalación de los dispositivos dentro de un gabinete o bastidor (RACK), los cuales estarán alojados en lugar estratégico dentro del Laboratorio de Tiempo del Centro de Metrología, dichos dispositivos son: Servidor NTP- Symmetricom s350, Oscilador de Rubidio, SIM Common View, donde se determinó y observó las fortalezas, debilidades y mejoras que pueden existir al momento de requerir peticiones de sincronismo en tiempo referencial de acuerdo a las ubicaciones geográficas de los equipos de transmisión y recepción así como las características del sistema de sincronización en funcionamiento.

Se detalló el entorno de configuración y las conexiones específicas que debe tener el equipamiento además de los mecanismos y parámetros de inicialización mediante las señales de referenciación de tiempo y frecuencia de, 1, 5, 10 MHz, 1PPS, así como corresponde proporcionar un nivel estándar de señal de voltaje que debe estar entre 200 mV y 3.5 V de pico a pico, o de 70 mV a 1.25 V (rms) con una terminación de 50 Ω . Esta señal puede originarse del mismo estándar que la señal de 1 Hz (1PPS) generado por el oscilador de rubidio o el servidor NTP, las cuales son requeridas como parámetros de inicialización por parte del BIPM, que utilizan los dispositivos para que todos los servicios que el servidor preste a los usuarios con una exactitud promedio proporcionada por el centro de metrología, garantizando que los servicios sean efectivos, precisos y eficaces; llegando a determinar, que se obtuvo un desplazamiento promedio de 57.7 ms por cada petición del servicio NTP, permitiendo 7000 peticiones/ min, otorgando una exactitud de 2×10^{-11} /day, gracias a la alta precisión del Oscilador de rubidio y al servidor NTP.

De tal manera el desarrollo del proyecto está constituido por 4 capítulos; el primero trata del estado actual del sincronismo en la red de comunicación del CMEE, el capítulo II se refiere al análisis y a la propuesta de la solución, donde se selecciona la opción para la puesta a punto del proyecto, en el capítulo III, se ejecuta la implementación de la propuesta para el desarrollo del proyecto, mediante la correcta utilización del equipamiento y por último en el capítulo IV, se observa los resultados obtenidos en las pruebas realizadas además de las conclusiones y recomendaciones generadas tras la implementación y ejecución de los servicios, mecanismos, aplicativos presentados por el proyecto.

OBJETIVOS:

- Objetivo General:

Sincronizar la Red de Comunicación del Centro de Metrología de las FFAA con la Zona Horaria UTC-5, mediante la implementación de un servidor NTP basado en un Oscilador de Rubidio, para el control y monitorización en tiempo referencial.

- Objetivos Específicos:

Determinar el estado actual del sistema de sincronización y control de la Zona Horaria UTC-5 del Centro de Metrología de las FFAA, para definir las falencias existentes.

Establecer el entorno de configuración, conexión e implementación del servidor NTP en conjunto con el Oscilador de Rubidio, para la integración con la Red de comunicación dentro del Laboratorio de Tiempo del Centro de Metrología de las FFAA.

Implementar el servidor NTP usando los parámetros seleccionados que mejor se ajusten a los requerimientos de la empresa.

Realizar un análisis comparativo entre las diferentes opciones de servidores NTP que pertenecen al Sistema Interamericano de Metrología a través del SIM Common View, para determinar las mejoras del servicio.

Verificar el funcionamiento del servidor NTP con la Red de Comunicación por medio de pruebas remotas de georreferenciación, sincronización y posicionamiento.

CAPÍTULO 1

ESTADO ACTUAL DE SINCRONIZACIÓN DE LA RED DE COMUNICACIÓN DEL CMEE

1.1 Definición de la Institución

1.1.1 Historia y evolución del CMEE

El Laboratorio del Centro de Metrología fue creado a razón de implementar y mejorar las necesidades de nuevas tecnológicas para calibrar con precisión los equipos de comprobación del Comando de Apoyo Logístico Electrónico de las Fuerzas Armadas, con la finalidad de brindar servicios y trabajos de calibración para instituciones militares, públicas y privadas.

Figura1.1: Logo CMEE



Logo del CMEE, Fuente: (CMEE logo, 2017)

El año de 1992 se realizó en el proyecto “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL LABORATORIO DE METROLOGÍA”, en el cual, los Oficiales y empleados civiles a cargo del trabajo, lograron que, al terminar el mismo año, se ejecute inmediatamente el proyecto de construcción del Centro de Metrología, con la finalidad de solucionar las necesidades generadas especialmente por el ejército ecuatoriano. (CMEE, 2017, pág. 27)

En noviembre de 1995, fueron inauguradas de forma oficial las instalaciones del Centro de Metrología de la Fuerza Terrestre, por el Gral. Paco Moncayo Gallegos, Comandante General de la Fuerza Terrestre, con motivo de conmemorarse un aniversario más de creación de la Armada de Comunicaciones. (CMEE, 2017, págs. 28-29).

1.1.2 Funciones principales del CMEE

Actualmente, prestan los servicios de calibración y caracterización a equipos patrones y de medición en las magnitudes eléctricas, electrónicas, tiempo, frecuencia, termometría y presión para equipos de uso militar y civil, servicios de sincronización en tiempo referencial con elementos tecnológicos como los Patrones de Referencia con Trazabilidad Internacional (NIST), además de alcances de Capacidad de Medida y Calibración (CMC) para dispositivos como cronómetros de alta precisión, horómetros y timer's, relojes atómicos digitales, multi-calibradores digitales hasta 7 ½ dígitos, utilizados en la institución de forma permanente, con alcances mejorados para satisfacer las exigencias de clientes o usuarios. (SOCIEDAD, 2016, pág. 1).

Como objetivos principales el CMEE se ha propuesto:

- Mantener la acreditación internacional permanentemente en el tiempo.
- Implementar el Sistema Metrológico Nacional,
- Fortalecer los laboratorios existentes.
- Alcanzar un reconocimiento importante en la Región Andina
- Participar activamente en la Metrología Científica
- Impulsar la creación e implementación de nuevas áreas de calibración.
- Ser reconocidos como promotores del Desarrollo Nacional. (M., 2015, pág. 4)

1.1.3 Equipamiento y herramientas de calibración metrológicas

La Dirección del Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano, cuyo objetivo principal se encuentra orientado a la conformación de un Sistema Nacional de Laboratorios, que reúna las principales áreas generales de la metrología en el País, a fin de que, apoyados en un trabajo en equipo y la colaboración internacional se establezcan políticas que permitan un aseguramiento en las mediciones, que simpaticen a la protección de la inversión y producción nacionales, dichas mediciones están dentro de un grupo de magnitudes establecidas y que se ejecutan en los laboratorios para realizar cualquier tipo de investigación que estén dentro de su jurisdicción, entre las principales el CMEE ha establecido las siguientes magnitudes: eléctricas, presión, tiempo, termometría, alta y baja frecuencia.

1.1.4 Centro de Metrología Ejército Ecuatoriano (CMEEE)

El Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano, cuenta con una área de 200 m² aproximadamente de construcción, dentro de la misma se encuentran ubicados los laboratorios de las 5 diferentes magnitudes acreditadas por el SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriana), además de la parte administrativa y de servicio al cliente con un área de 200 m² de infraestructura, de tal manera el CMEE se encuentra geográficamente ubicado en la Provincia de Pichincha, en el Distrito Metropolitano de Quito, sector la Kennedy, Av. de Los Pinos E7-105 y Manuel Cabeza de Vaca, en las instalaciones del “Fuerte Militar Rumiñahui”, la misma que se muestra en la Figura 1.1.2, el CMEEE a lo largo del tiempo se ha convertido en una organización que forma parte de las FFAA; alcanzando grandes reconocimientos, que ha servido para la obtención de la acreditación por parte del SAE, por cumplir con los requisitos que se necesitan en la norma NTE INEN ISO/IEC 17025. (CMEE, 2017, pág. 26).

Figura 1.2: Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano



Instalaciones y laboratorios del CMEE. Fuente: (SOCIEDAD, 2016, pág. 2).

Por tal motivo el CMEE proporciona servicios de calibración y/o caracterización a equipos, dispositivos y herramientas que utilicen patrones de medición en las magnitudes Eléctricas, Tiempo, Frecuencia, Termometría y Presión; que pueden ser utilizadas por instituciones militares públicas y privadas; así como el asesoramiento de forma permanente de sus instalaciones para el desarrollo de soluciones tecnológicas y de uso metrológico, con un entorno de infraestructura y profesionales altamente capacitados para satisfacer las necesidades de las FF.AA.

1.2 Personal a cargo de los Laboratorios del CMEE

El CMEE asegura un servicio de calidad, mediante la competencia del personal a través de requisitos para su posterior designación de cargo, por ejemplo: titulación, formación, competencias, experiencia, y si es el caso de cualificación, para cada uno de los puestos de trabajo, existe tres Departamentos especializadas que son: Departamento Técnico, Departamento de Calidad y Departamento Administrativo y su personal a cargo es el siguiente:

1.2.1 Personal Directivo

La Dirección del CMEE está representada por el director, Ing. Luis I. Rodríguez V, mientras que el personal directivo clave está conformado por:

- Jefe del Departamento Técnico (JDT): Ing. Jorge Noboa
- Jefe del Departamento de Calidad (JDC): Ing. Edison Safla
- Jefe del Departamento Administrativo (JDA): Ing. José Velasco. (pág. 10)

1.3 Red de Comunicación del CMEE

La información perteneciente a la red de comunicación así como los dispositivos y herramientas tecnológicas empleadas para el desarrollo del proyecto y utilizadas en el laboratorio de Tiempo del CMEE, serán resaltadas, así como sus principales características, funcionalidades y soluciones, las mismas que ayudaran a determinar los fallos, errores, falencias en las que se encuentran y trabajan los equipos, garantizando el correcto funcionamiento y puesta a punta del proyecto técnico, el cual beneficiara directamente en el control y sincronización de la Zona Horaria UTC-5, además de una mejora en la infraestructura de la red y los servicios que en esta se ejecuta, los mismos que ayudan a obtener un trabajo satisfactorio para cumplir con los objetivos planteados.

1.3.1 Análisis de la Red de Comunicación del CMEE

La red de comunicación que funciona en la actualidad en el CMEE que se muestra en la figura 1.3.1, esta suministrada de forma independiente por el ISP (Proveedor de servicios de Internet) POWERFAST, el mismo que presta los servicios y conecta desde la nube de internet por medio de una WAN hacia el ISP a través de un backbone de

Fibra Óptica llegando al Router Principal del proveedor que actúa también como Router inalámbrico o Central, este se encarga del acceso a la red de datos de forma inalámbrica, por parte de los usuarios y personal a cargo del CMEE; además, por medio de cableado estructurado, se conecta con un Router Mikrotik, el mismo que cumple las funciones de ruteo interno de la información, se encuentra ubicado en el Laboratorio de Tiempo y este a la vez, se conecta a través de una Red LAN (Local Área Network) interna a un switch de distribución que está conectado a otro switch de capa 2 ubicados en un rack dentro del mismo laboratorio, estos se encuentran acoplados en cascada y sirven como medio de conexión, distribución de la información y de los servicios que presta el ISP, hacia los terminales de red y estaciones de trabajo de los diferentes laboratorios de Presión, Termometría, Tiempo, Alta y Baja Frecuencia, así como, conecta también al switch de acceso de capa 2 que se encuentra en la parte administrativa de la institución, a través de cableado estructurado categoría 5e, proporcionando los servicios que requiera o que necesite la misma.

El Router de Borde, se encuentra en la Comandancia General del Fuerte Militar Rumiñahui, de manera particular está conectado a través de una Red LAN interna, proveniente de switch que se encuentra en la parte administrativa del CMEE, este distribuye los servicios del proveedor además del intercambio de la información generada en los laboratorios y requeridas por parte de la comandancia, sin embargo también existe una conexión entre el Router Central y la unidad Agrucomge (Agrupamiento de Comunicaciones y Guerra Electrónica) a través de una aplicación llamada cero papeles que sirve como medio de comunicación e interacción con las aplicaciones del centro, donde también se brinda acceso a información y a todos los servicios que presta la institución.

Todos los dispositivos que se muestran en la Figura 1.3.1, conforman el diagrama de la red de comunicación pertenecientes al CMEE, así como las conexiones para las diferentes unidades y laboratorios que existen en la institución, el diagrama de la topología esta simulada en el software online lucid chart. (Inc, 2017)

direccionamiento IPv4 utilizado para la red interna, es de clase C y para los dispositivos que requieren alguna conexión especial (IP's públicas) las direcciones IPv4 son de clase B, también los principales protocolos que se utilizan en la red de comunicación del CMEE son: TCP, IP, ARP, FTP, UDP, HTTP, POP, DNS, SMTP, NTP, TELNET, SSH, DHCP, MD5 Autentication.

1.4 Sincronización de la Red de Datos del CMEE

La sincronización de la red de comunicación existente actualmente en el CMEE, principalmente parte, en la designación del servicio de Internet, que es proporcionado por el ISP, en este caso es POWER FAST, este suministra el servicio de internet por Fibra Óptica, para todos los Laboratorios y departamentos de administración, pertenecientes al CMEE, el cual, por medio de un hilo de FO, además, está conectado al Router Huawei del ISP, que es el encargado de proveer los servicios de internet y también del enrutamiento de la información que se genera dentro de la red del CMEE; el Router principal conecta a través del puerto ethernet 1, al Router Board - Mikrotik 750 up, que es el Router donde se realiza la intranet del CMEE, a más de conectar al switch de distribución que a su vez está conectado a otro switch de las mismas características en cascada para generar redundancia, en el caso que existiera varias peticiones erróneas de calibración, caracterización, referenciación de patrones, sincronismo, o posicionamiento.

El Router Huawei inalámbrico a través de los 5 puertos que dispone, conecta del puerto Ethernet 2, al dispositivo SIM Common View, que ayuda a determina los niveles de frecuencia con respecto a los estándares nacionales de todos los demás laboratorios que participan o forman parte del Sistema Interamericano de Metrología, el puerto ethernet 3 es reservado para interface de red del servidor NTP y todos los servicios que dispone el mismo, de tal manera, el Oscilador de Rubidio Guillam FEI debido a sus características de patrón de referencia, conexión vía GPS que sirve para controlar la sincronización a través de los niveles de frecuencia de salida y que entre sus características también puede trabajar como NTP, está conectado al puerto Giga ethernet del Switch de distribución L2, que también conecta a las diferentes estaciones de trabajo, dispositivos y herramientas pertenecientes al CMEE.

1.5 Falencias y Potencialidades de la Sincronización de la Red del CMEE

1.5.1 Causas y Efectos de los fallos

Las principales razones por las que se requiere disponer de una solución para mejorar los diferentes tipos de servicios entre ellos el control, sincronización, posicionamiento, calibración y caracterización de equipos para el desarrollo del servicio NTP en la red del CMEE, por tal motivo se resaltan las causas más importantes por las cuales, existen errores, alarmas, fallos y retardos en los equipos y peticiones.

Uno de los problemas sería la conexión defectuosa o mal estructurada en la distribución del conmutador (switch) hacia los diferentes dispositivos, como es el caso del Sistema SIM Common view, en la cual no se utilizan los puertos de mayor velocidad y capacidad, lo que genera retardos y en ocasiones pérdida de sincronización en el desarrollo de soluciones estratégicas de georreferenciación.

Otro motivo sería los fallos e imprecisiones de estrato 1, el mismo que sirve para el servicio NTP, brindado por servidores externos, para los dispositivos que necesiten este tipo de servicio o requieran sincronización en tiempo referencial, generando en ocasiones sobrecarga de peticiones y referencias de patrones, al oscilador de Rubidio, que también cumple la función de NTP entre sus características de funcionamiento, pero está por debajo de los requerimientos del BIPM, que es la oficina de pesos y medidas que recomienda no exceder o sobrepasar los 100 nano segundos, por parte del oscilador o equipo a disposición, complicando y sobre todo disminuyendo su eficiencia de trabajo.

Por otra parte, también se generan problemas en la distribución de la información por la falta de sincronización de estrato 1 – Operación vía satélites GPS, provocando una baja precisión y seguridad de la información en los archivos de registro de sincronismo, retardos en la sincronización de tiempo referencial efectivo en el momento de realizar un proceso de facturación o transacciones electrónicas, fallos en el intercambio de información para los archivos de integridad geográfica en la base de datos, baja sincronización de relojes con redes extensas de datos que necesitan un acelerado

diagnostico dentro la misma, pérdida de soluciones precisas y estratégicas por la falta de sincronización de estrato 2 – Operación vía servidores NTP.

1.5.2 Solución Potencial

El CMEE se ha propuesto dar solución y mejoramiento de los servicios de control, sincronización, posicionamiento, calibración y caracterización de equipos, tanto para el desarrollo del servicio NTP y de la misma manera para el desarrollo de operaciones estratégicas de georreferenciación, de tal forma, los cambios que se generaran, los mismos que ayudaran a controlar, monitorizar y sincronizar de forma referencial la Zona Horaria UTC-5 en la red de comunicación existente, que se encarga de compartir todos los recursos e información que son generados por los usuarios existentes en los laboratorios del CMEE.

Por lo cual se ha propuesto disminuir el número de defectos, fallos, sincronizaciones erróneas e imprecisas, que deben ser corregidos de tal forma, se determinó el desarrollo de un Servidor NTP en conjunto con un oscilador de rubidio para proporcionar servicios que requieran sincronismo en Tiempo Referencial y mejoramiento de las estampas de tiempo por parte del Sistema Common View, los cuales beneficiaran a los servicios como: servidores de Tiempo, Sistemas y Dispositivos de Alta precisión, Sistemas Satelitales, Patrones de referencia, Sistema de Georreferencia (GPS) y estaciones de trabajo con terminales de soporte de control extensivo y administrativo de la red para mejorar el entorno de trabajo, operación y verificación del sistema.

CAPÍTULO 2

PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN

En este capítulo, se resalta la propuesta de la solución, donde se establecen los argumentos, conceptos y detalles que están relacionados con los servicios, aplicaciones y herramientas que requiere el servidor NTP y los dispositivos en conjunto, para que estén integrados en la red y sincronizados con la Zona Horaria UTC-5; también se constituyen las ideas, por la cuales se determina la mejor alternativa para la puesta a punto del proyecto y beneficiar de forma directa al Centro de Metrología de Ejército Ecuatoriano, mejorando la prestación de los servicios de calibración y/o caracterización a equipos patrones y de medición en las magnitudes antes mencionadas.

Por tal motivo se detalla los argumentos y definiciones, para el proceso por el cual, se da la solución de sincronismo, georreferenciación y diferentes niveles de patrones de referencia, señalando las principales características, opciones y funciones del servidor NTP, así como los dispositivos involucrados para su ejecución (hardware) y los diferentes tipos de software respectivamente, entre los cuales el oscilador de rubidio, cumple con ciertas características similares al igual que el servidor NTP, de tal manera, existe más de una posibilidad para mejorar la propuesta, las mismas que pueden mejorar los servicios que presta la institución de una manera simultánea y diferente a la vez.

2.1 Generalidades

Si se refiere acerca de la magnitud más empleada en el mundo de las telecomunicaciones, es el tiempo, por tal motivo, la necesidad de tener fuentes de tiempo confiables, exige una mayor importancia por parte de los Laboratorios de Tiempo y Frecuencia del CMEE, respectivamente a los servicios de sincronización, georreferenciación y diseminación de tiempo para que este pueda ser empleado como referencia para cualquiera organización, institución, o mecanismos que requieran referencias confiables de tiempo por medio de una conexión de red.

Esto ayuda a establecer de manera correcta, la forma y el procedimiento por el cual se da la sincronización de la Zona Horaria UTC-5 en la Red de Comunicación del CMEE,

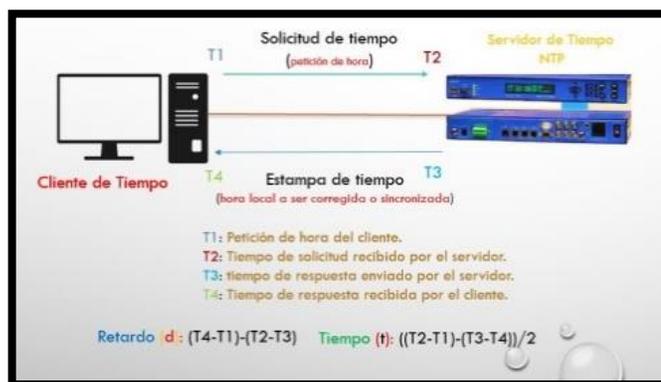
además de los conceptos involucrados para el estudio del proyecto que a continuación se resaltan:

2.1.1 Protocolo NTP

El protocolo NTP se diseñó principalmente en el año de 1980, con la finalidad de realizar un ajuste en la sincronización del reloj de una computadora de información central, con un sistema informático muy complicado, estableciéndose en esos años como el Servicio de Hora por Internet (Internet Clock Service, ICS). El funcionamiento del protocolo NTP nació tras combinar varias ideas y algoritmos de sincronización, llegando a ser nombrado en 1993, como Servicio de Sincronización Digital de la Hora (DTSS) y tras la creación del software como NTP, con características de sincronización en un principio de hasta 1 microsegundo. (F. Jimenez, 2018)

El servicio NTP se efectúa cuando existe una petición por parte de un cliente hacia el servidor NTP, el mismo que envía una solicitud de petición de hora (envío y recepción de paquetes UDP) al servidor NTP, de tal manera que en dicha solicitud va ser almacenada la hora local a ser corregida o sincronizada, por medio de una estampa de tiempo durante la cual se establece y se configura de una manera precisa y eficaz la petición por parte del cliente; cuando el servidor recibe la petición del cliente, regresa la estampa de tiempo, con la información actualizada de la hora sincronizada por medio del servidor NTP, cuando esta se ha desarrollado, la PC del cliente realiza un cálculo para determinar el tiempo total de tránsito, una vez que la información es receptada, el software del servidor calcula desajuste existente, del reloj local con el servidor NTP, procediendo a la corrección de sincronización de la hora por medio del servidor NTP. (pág. 1).

Figura 2.1: Proceso de sincronización NTP



Petición de sincronización al servidor NTP por parte del cliente.

De tal manera, el servicio del protocolo NTP, consiste, en establecer una ruta específica directa hacia el servidor NTP local o un servidor NTP externo, calculando el tiempo en que se ejecuta la sincronización o viaja la estampa de tiempo en transmisión y recepción, compensando el tiempo del retardo, enviando dicha estampa de regreso para ser sincronizada con la PC local. (pág. 2)

2.1.3 Escala de tiempo UTC

El Tiempo Universal Coordinado (UTC) se entiende como la escala de tiempo mantenida por la Bureau International des poids et mesures (BIPM) y el International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS), que constituye la base de una difusión coordinada de frecuencias, patrones y señales horarias.

La escala UTC se ajusta mediante la inserción o supresión de segundos (segundos intercalares positivos o negativos) para asegurar su concordancia aproximada con el UT1, que se entiende que es el tiempo del reloj que define la Tierra cuando realiza un giro cada 24 horas. Presenta inestabilidades de corto periodo al nivel de 10⁻⁸, disminuyendo lentamente la duración del día (casi 0.002 s/siglo). Por lo tanto, una escala de tiempo se entiende como el resultado de sumar unidades de tiempo de manera continua e infinita estas pueden coincidir o no con las unidades del Sistema Internacional (SI), en donde el origen, una vez que se encuentra fijo, no se mueve de la escala establecida. (ITU, 2013).

2.2 Selección de la Alternativa

A continuación, se recalcan las opciones o alternativas que favorecen a decretar la mejor propuesta para la solución de problema planteado.

2.2.1 Servidor NTP. – Symmetricom S350

El servidor NTP que se observa en la Figura 2.2, es el encargado de realizar comparaciones en tiempo real cada 5 minutos con todos los servidores NTP de los laboratorios nacionales que pertenecen al SIM, o con la red de comparación que dispone el NIST, que es uno de los centros que se toman como referencia debido al alto nivel tecnológico que tienen sus laboratorios como por ejemplo materiales de Referencia de Patrones de la más alta calidad y valor metrológico, lo que sirve de apoyo para diseminar y comprobar las diferencias de tiempo que existen en los laboratorios nacionales de la región, lo cual es importante para poder corregir los desfases existentes, manteniendo con ello la trazabilidad, requisito fundamental de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025, para la competencia que involucra a los laboratorios de calibración, en la Tabla 2.1 se muestra las principales características del dispositivo y se puede verificar en el anexo 2.

Figura 2.2: Servidor NTP – Symmetricom S350



Servidor de tiempo, Operación en Stratum 0 y 1. Fuente: (Catalogo Synserver-s350, 2009)

Tabla 2.1: Información Servidor NTP – Symmetricom S350

Características principales	Beneficios claves	Especificaciones
Puerto Gigabit Ethernet 1000 Base-T más 3 puertos 10/1000 Base-T independientes.	Sincroniza relojes de miles de clientes y estaciones de trabajo.	Tamaño: 4.5cm x 43.2 cm-1U Power: 100-240VAC, 50-60 Hz, 25 Watts.
Entradas para sincronización independientes GPS, Timecodes, 1 PPS, 10 MHz.	Fuente de sincronización extremadamente precisa y segura para aplicaciones de tiempo y frecuencia.	I de Operación: 0°C to +70°C. I de Almacenamiento: -10°C to +70°C.
Temporizador de salida versátil (timecodes): IRIG /A/B/E/G/NASA36/XRE/2137 AM or DCLS, 1PPS, 10 MHz, Sysplex.	Mejora la precisión en los archivos de registro, acelerando el diagnostico forense y fallas de la red.	Humedad: hasta 95% Certificación: FCC; CE (RoHS), UL, PSE, China RoHS.
Modem interno de sincronización redundante, relés de alarma.	Múltiples puertos NTP para una fácil configuración y adaptación a la red.	Peso: 6.8 Kg Cable Coaxial Belden 9104 de 15 m.
Soporte de IPv4 e IPv6 además de la administración vía web Browser (segura).	Interfaz Web intuitiva para el control y mantenimiento del servidor.	Antena/ Radio AM (40,60 o 77 KHz) precisión < 50 ns.
Soporte de protocolos SSH, SSL, SCP, SNMP V3, MIB personalizadas, HTTPS, TELNET.	Configuración y conexión flexible con dispositivos para una mejor precisión.	Antena GPS con conversor de frecuencia. Pararrayos para ambientes hostiles eléctricamente.
Autenticación RADIUS NTPv4 y MD5.	Estrato 1- operación vía satélites GPS.	Domain Time II: software para monitorear y administrar el tiempo en ambientes de servidor / cliente.
Actualizaciones – osciladores de rubidio & OCX.	Estrato 2- operación vía servidores NTP. Tiempo de precisión respecto a UTC en el rango de los nanosegundos.	Display fluorescente de alta Resolución, teclado numérico completo.

Servidor NTP, se muestran sus características de Operación. Fuente: (Catalogo Synserver-s350, 2009)

2.2.2 Oscilador de Rubidio – Guillam FEI

El Laboratorio de Tiempo del CMEE, se emplea como patrón de referencia, el oscilador de Rubidio Marca Gillan Fei, modelo RB FE 5680A y serie 103900022, que se muestra en la Figura 2.3, es un oscilador de rubidio disciplinado con GPSDO (GPS Disciplined Oscilator) que participa en la red de comparaciones de escalas de tiempo del Sistema Interamericano de Metrología “SIM Time Network - SIMTN”, se describen las principales características además de los beneficios y especificaciones del dispositivo. (Oscilador de Rubidio - CMEE, pág. 1).

Figura 2.1: Oscilador de Rubidio – Guillam FEI.



Oscilador de Rubidio Marca: Gillan Fei Modelo. Fuente: (Oscilador de Rubidio - CMEE, págs. 2-3)

Tabla 2.2: Información del Oscilador de Rubidio – Guillam FEI

Características Principales	Beneficios claves	Especificaciones
Este modelo de Oscilador posee una conexión GPS que controla la frecuencia de salida.	Procesamiento y cálculo de datos precisos de las órbitas (efemérides) y los parámetros de corrección para cada satélite, por tal motivo este equipo a largo plazo no tiene deriva.	Power: 100-240VAC, 50-60 Hz, 50 Watts.
El sistema GPS se basa en un conjunto de 24 satélites, que cada uno lleva a bordo 2 relojes atómicos que son continuamente monitoreados por 5 estaciones terrestres que rastrean las señales.	Funciona como un servidor de estrato 1 y es utilizada para entregar con precisión la fecha y hora, a través de su circuitería interna.	Modelo: RB FE 5680A y serie: 103900022. Rango: 1 ,5 ,10Mhz Estabilidad de Frecuencia de 1X 10-11.
Posee una tarjeta interna NTP/servidor SNTP de alto rendimiento que está ligada al sistema GPS.	Usa información ionosférica y metrológica para luego ser enviada en	Frequency vs Temp (3x 10-10) (-5°C to +50°C). Tamaño y peso: (1.98"x3.4"x 4.92") - 35.3 oz. Voltaje Requerido:15 to 18

Sistema con un contador de intervalos de tiempo diseñado por el NIST.	tiempo real a la estación de control maestro.	V y corriente de 700mA.
		Distorsión armónica: 30dB
		Estabilidad a largo plazo (2×10^{-9} / año) y (2×10^{-11} / día)

Oscilador de Rubidio Marca: Gillan Fei, Modelo: RB FE 5680A y Serie: 103900022. Fuente: (Oscilador de Rubidio - CMEE, págs. 2-3). Elaborado por: Jonathan Zapata

2.3 Selección de la Propuesta

A continuación, se muestra la Tabla 2.3 donde se establecen las alternativas más idóneas en base a las características, beneficios y funcionalidades de los dispositivos ya descritos en las tablas 2.1 y 2.2, lo que ayuda a garantizar y analizar, la diseminación de tiempo que existe entre los laboratorios pertenecientes al NIST y verificar las estampas de tiempo, por medio de las cuales se realiza el control y la sincronización de la zona horaria, peticiones de patrones de referencia, calibración de equipos entre otros servicios que presta el CMEE.

Tabla 2.3: Características y parámetros de las propuestas a seleccionar

Alternativas	Stratum	Georreferencia	Radiocomunicación	Actualización de Sincronización	Servicios NTP
Servidor NTP	Stratum 1, S350 automáticamente se sincroniza con fuentes GPS, IRIG, 1PPS y 10 MHz.	Entradas/salidas de código de tiempo incluyen IRIG A / B / E / G / NASA36 / XR3 / 2137	Radio AM opcional está disponible para sincronizar a las emisiones nacionales de tiempo.	Actualización opcional a las operaciones IEEE 1588 PTP grand master, con exactitud en nano segundos.	Se pueden actualizar a un oscilador atómico de Rubidio, para mantener el servidor de tiempo preciso si se pierde la señal GPS.

<p>Oscilador de Rubidio</p>	<p>Stratum 1 - Estabilidad de Tiempo y Frecuencia 1, 1.5 y 10Mhz - de 1X 10⁻¹¹.</p>	<p>Conjunto de 24 satélites con sistema GPS, cada uno lleva a bordo 2 relojes atómicos que son continuamente monitoreados por 5 estaciones terrestres que rastrean las señales</p>	<p>-----</p>	<p>-----</p>	<p>Posee una tarjeta interna NTP / servidor SNTP de alto rendimiento que está ligada al sistema GPS.</p>
------------------------------------	--	--	--------------	--------------	--

Selección de la alternativa más idónea. Elaborado por: Jonathan Zapata

Las propuestas descritas anteriormente pueden ser implementadas por separado o en complemento con otro dispositivo, por tal motivo y con las características antes mencionadas, la alternativa por la cual se opta es, juntar las dos opciones, tanto la del servidor NTP - Symmetricom S350, como la opción del Oscilador de Rubidio que también, se establece como medio NTP para el sincronismo, por lo tanto, en base a la idea de proporcionar un mejor servicio de sincronización y precisión en conjunto, dependiendo de las características y el tipo de servicio que requiera el personal o la institución, de tal manera, el servidor NTP en base al oscilador de rubidio, es la solución efectiva para diseminar y sincronizar el tiempo en servidores y estaciones de trabajo que se utiliza en el CMEE.

Las sincronizaciones con los relojes de precisión son fundamentales para determinar la efectividad y precisión de los archivos de registros de la red, seguridad de la información, sistemas de facturación, transacciones electrónicas, integridad de base de datos, VoIP y muchas otras aplicaciones esenciales, también proporciona una tecnología de sincronización de red muy fiable y segura mediante la combinación de interfaces de red multipunto con múltiples tecnologías de referencia de tiempo y protocolos de

seguridad mejorados, los mismos que brindan una administración y una integración íntegra, segura y perfecta en la red actual y futura.

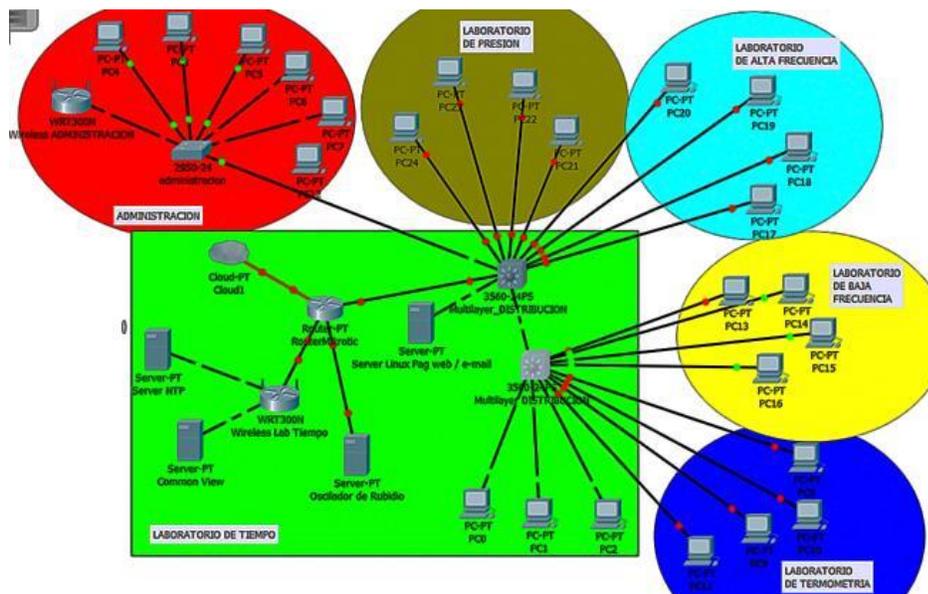
2.4 Diseño de la Propuesta

Continuando con el diseño de la propuesta, el CMEE establece el diseño de la simulación con los dispositivos que se incorporan, para determinar el correcto funcionamiento y puesta a punta del proyecto.

2.4.1 Hardware utilizado en el proyecto

Se incorpora en la topología actual, los equipos necesarios y/o adicionales para la puesta a punto del proyecto además de asegurar que la propuesta funcione, estos se utilizan como mecanismos estratégicos de calibración, sincronización y georreferencia, para los laboratorios del CMEE, estas herramientas se han establecido como componentes para el proyecto, todos estos dispositivos, se han conectado en la topología actual de la red que se presenta en la figura 2.4, se trata la simulación del entorno de Red de Comunicación del CMEE, que sirve como material de información para el desarrollo del mismo.

Figura 2.4: Equipos incorporados a la topología actual de la Red del CMEE.



Simulación de la red de comunicación del CMEE. Fuente: (Cisco, 2017)

Todos los dispositivos citados, se muestran en la Figura 2.4, que se trata de la simulación del diagrama de red de comunicación del CMEE, así como sus conexiones para los diferentes laboratorios que existen en la institución, el diagrama esta simulado en el software Cisco Packet Tracer v7.1.

2.5.2 Software utilizado en el proyecto.

Se incorpora el detalle de configuración en los dispositivos nuevos y/o existentes que se debe tener para que la propuesta funcione, además de las herramientas de software utilizadas para el proyecto y que se han dictaminado para realizar el análisis de los servicios dentro de la topología de red de comunicación del CMEE.

2.5.2.1 Software SIM Time Network (SIMTN) - Common View

El software SIM Time Network del equipo Common View, está diseñado para medir continuamente el tiempo principal de un laboratorio y el nivel de frecuencia con respecto a los estándares nacionales de todos los demás laboratorios que participan en el Sistema Interamericano de Metrología (SIM). Todas las comparaciones se realizan con el multi-canal común visión técnica de medición GPS. Es necesario para cada laboratorio participante, conectar una señal estable 5 o 10 MHz al sistema para servir como una base de tiempo, y para proporcionar una señal de 1 Hz a partir de su patrón primario o escala UTC.

Figura 2.5: Software SIM Time Network (SIMTN) - Common View

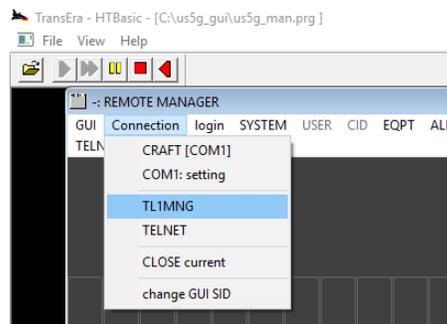


Establecimiento del Software SIM Time Network (SIMTN) Fuente: SIM Common View.

2.5.2.2 Software *TranEra-HTBasic* (*Grafical User Interface (Gillam FEi)*) del *Oscilador de Rubidio*

El software *TranEra-HTBasic*, sirve como una herramienta de configuración del Oscilador de Rubidio; en la Figura 2.6, se muestra la interfaz gráfica de usuario (*Grafical User Interface (Gillam FEi)*), puede controlar el funcionamiento de monitoreo y rendimiento de las unidades, a fin de disponer de los procedimientos necesarios para el control del sistema en forma correcta y que sirva como soporte al personal técnico del Centro de Metrología.

Figura 2.6: Software *TranEra-HTBasic* del Oscilador de Rubidio

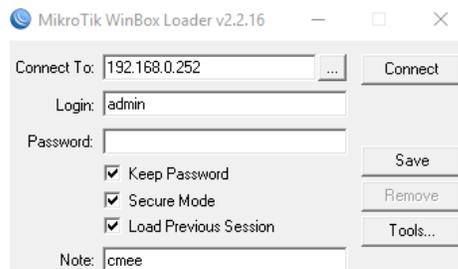


Interface gráfica del Oscilador de Rubidio, Elaborado por: Jonathan Zapata

2.5.2.3 Software *Win Box Loader v2.2.16 - Router Board Mikrotik*

Este tipo de software se emplea como medio de configuración del direccionamiento IP de la red interna que funciona en los laboratorios del CMEE, además de la designación de aplicaciones para el Router Board Mikrotik; las cuales ayudan a determinar todos los requerimientos, funcionalidades y servicios que contiene y necesita dicho dispositivo.

Figura 2.7 Software *Win Box Loader v2.2.16 - Router Board Mikrotik*



Interface del Software *Win Box Loader v2.2.16*. Elaborado por: Jonathan Zapata

2.5.2.4 Interface Web del Servidor NTP - Symmetricom S350

La interface Web que se muestra en la Figura 2.8, constituye de manera objetiva como un medio de configuración y control para todos los servicios que propone el servidor NTP, además de las conexiones en las que esté involucrado dicho dispositivo, de tal manera ayuda en el análisis y solución para establecer la sincronización de la Zona Horaria UTC-5 en la Red de comunicación del CMEE, por lo tanto el servidor NTP se constituye como el medio práctico para el servicio de sincronización y referencia de patrones hasta los 800 MHz, beneficiando a los requerimientos y normas de la institución, generando un alto nivel de precisión y rendimiento en las peticiones de tiempo haciéndolo efectivo y eficaz.

Figura 2.8: Interface Web del Servidor NTP - Symmetricom S350



Interface Web utilizado como medio de configuración y administración. Elaborado por: Jonathan Zapata

2.5.2.5 Software Symmetricom Symm Time

El software Symm Time TM, es elaborado por la empresa Symmetricom, Inc., que proporciona soluciones de sincronización de tiempo de red; este tipo de software es el encargado de sincronizar de forma automática los parámetros de hora, fecha y la zona horaria de la estación de trabajo o de cualquier sistema mediante el servicio que proporciona el servidor NTP, de tal manera el software ayuda a establecer la sincronización con diferentes servidores de tiempo que pueden ser añadidos y ejecutados en la aplicación según la necesidad de la institución.

Figura 2.9: Software Symmetricom Symm Time

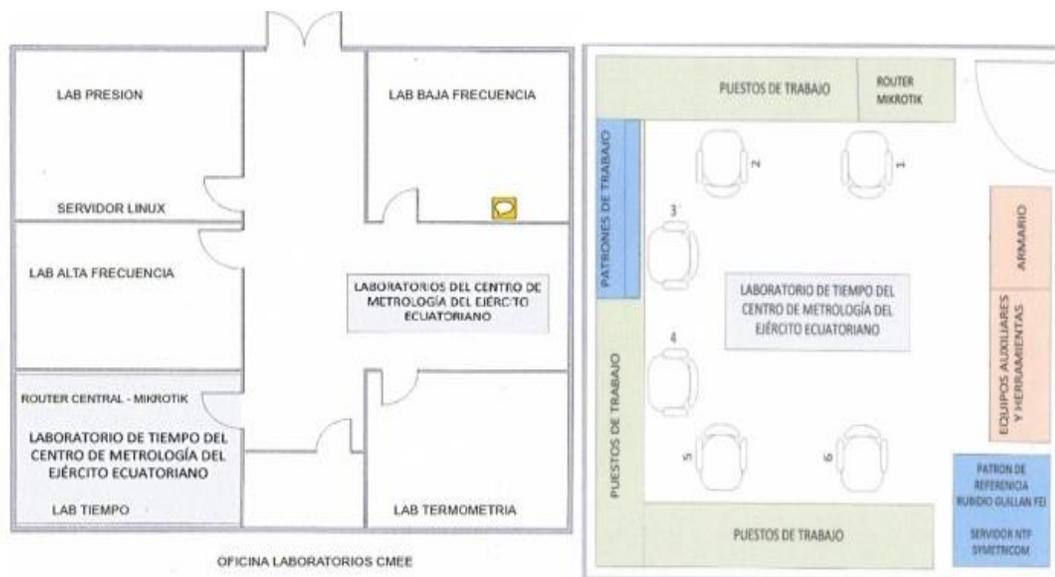


El software Symm Time. Elaborado por: Jonathan Zapata

2.6 Entorno de Trabajo de la Propuesta

El entorno de trabajo donde se pone a punta el desarrollo del proyecto se puede observar en la figura 2.10, la misma que muestra el croquis del CMEE y principalmente el laboratorio de tiempo, además se muestra cómo se va a implementar los equipos de la propuesta en la red de comunicación de la institución.

Figura 2.10: Croquis e instalaciones



Croquis e instalaciones de los Laboratorios del CMEE, ubicación de los dispositivos de la propuesta planteada. Elaborado por: Jonathan Zapata

CAPITULO 3

IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

En el presente capítulo, se ejecuta la implementación y puesta a punto de los equipos, dispositivos y herramientas, además de establecer los servicios requeridos e implantados para la solución de la propuesta; también se realiza las respectivas instalaciones, configuraciones y reordenamiento del equipamiento en el laboratorio de Tiempo del CMEE, para que estén integrados en la red de comunicación y sincronizados con la Zona Horaria UTC-5, a través del servidor NTP en conjunto con el Oscilador de Rubidio.

3.1 Implementación del Hardware para la Propuesta

Continuando con el desarrollo del proyecto, se presentan los equipos, dispositivos y herramientas de hardware que se utiliza para la implementación y puesta a punto del mismo; de tal manera toda la configuración y el reordenamiento del equipamiento empleado para la solución del tema propuesto, se los resalta a continuación:

3.1.1 Hardware SyncServer Symmetricom - NTP S350

El servidor de tiempo SyncServer Symmetricom - NTP S350, que se observa en la Figura 3.1, dispone de un puerto Gigabit Ethernet el mismo que proporciona el servicio NTP hacia la red de comunicaciones del CMEE; también posee tres puertos 10 / 100Base-T adicionales mediante los cuales se proporciona los servicios que contiene el dispositivo, además estos puertos ayudan a proporcionar los servicios de sincronismo y flexibilidad necesaria para adaptarse fácilmente a diferentes topologías de red, otorgando requisitos de seguridad, que son necesarias en la institución.

Figura 3.1: Hardware SyncServer Symmetricom - NTP S350



700 transacciones por segundo, Exactitud de tiempo de ns referenciado a UTC. Fuente: (Catalogo Synserver-s350, 2009)

3.1.3 Hardware SIM Common View

El dispositivo SIM Common View que se muestra en la Figura 3.2, interviene como un mecanismo de visualización, georreferenciación vía GPS, referenciación de diferentes niveles de frecuencias y en el análisis para la solución de la propuesta, sirve también como herramienta principal para realizar mediciones continuas del tiempo, referenciación de diferentes niveles de frecuencia y el análisis de la inter comparación de los laboratorios pertenecientes al SIM, con los laboratorios del CMEE, razón por la cual se utiliza en el Laboratorio de tiempo como medio de referencia y comparación para la sincronización de la zona horaria UTC-5; por lo tanto este dispositivo es de gran ayuda, para determinar la mejor alternativa y solución del proyecto planteado.

Figura 3.2: Dispositivo SIM Common View



Dispositivo SIM Common View utilizado en los laboratorios del CMEE. Fuente: (SIM, 2012, pág. 1).

En la siguiente Tabla 3.1, se describe las principales características además de los beneficios y especificaciones del dispositivo utilizado en el laboratorio de tiempo del CMEE.

Tabla 3.1: Información del Dispositivo System Common View

Características Principales	Beneficios Claves	Especificaciones
Está diseñado principalmente para realizar mediciones continuas del tiempo principal de un laboratorio de metrología.	Todos los sistemas están conectados a Internet y envían sus archivos a tres servidores web (en Canadá, México y EE. UU.), cada 10 minutos.	Receptor de 8 canales GPS (código C / A, banda L1), contador de intervalos de tiempo con una resolución de 30 ps.
PC de montaje en rack y pantalla plana, el receptor mide todos los satélites visibles y almacena promedios REFGPS de un minuto y diez minutos.	El servidor web procesa datos sobre la marcha casi en tiempo real, los resultados se pueden ver en la web en formato de Common View (vista común).	Se debe conectar una señal estable 5 o 10 MHz al sistema para servir como una base de tiempo. Power: 100-240VAC, 50-60 Hz, 50Watts.
Determina los niveles de frecuencia con respecto a los estándares nacionales de todos los demás laboratorios que participan o forman parte del Sistema Interamericano de Metrología (SIM).	Los datos recogidos se envían a un servidor web ubicado en el NIST a través de Internet File Transfer Protocol (FTP). El cliente puede ver los datos en bruto y los gráficos de diferencia horaria con un navegador web estándar.	Tiempo absoluto de desplazamiento entre los laboratorios con una incertidumbre (k=2) de menos de 15 ns.
Visión técnica de medición GPS para todas las comparaciones que se puedan realizar con el multi-canal común.	Proporciona una señal de 1 Hz a partir de su patrón primario o escala UTC.	Nivel de señal entre los 200mV a 3.5 V de pico a pico o 70mV a 1.25 V (rms) con terminación de 50 Ω.
Tarjeta ethernet para la conexión a internet.		

Dispositivo SIM Common View utilizado en los laboratorios del CMEE. Fuente: (SIM, 2012, pág. 1).

Elaborado por: Jonathan Zapata

3.1.4 Router Huawei Inalámbrico (ISP)

El Router Inalámbrico Huawei que se observa en la Figura 3.3, es el encargado de proveer los servicios de internet y también del enrutamiento de la información que se

genera dentro de la red del CMEE, el Router Huawei, se conecta a través de Fibra Óptica desde el proveedor de servicios de internet (ISP) que es Powerfast, este también administra el acceso a la red de datos de forma inalámbrica, por parte de los usuarios y personal a cargo la institución.

Figura 3.3: Router (Huawei ISP)



Huawei Inalámbrico, proveer los servicios de internet (ISP). Elaborado por: Jonathan Zapata

3.1.5 Hardware Router Board - Mikrotik 750 Up

El dispositivo que se observa en la Figura 3.4, es el Router Board Mikrotik 750 es un pequeño router que viene con cinco puertos Ethernet, realiza funciones de ruteo de la información del CMEE, tanto de transmisión como de recepción de datos, cuenta con una interface de configuración muy intuitiva, garantizando el correcto funcionamiento y enrutamiento de la información de los laboratorios y departamentos que conforman el CMEE.

Figura 3.4: Router Board - Mikrotik 750 up.



Router Board - Mikrotik 750 up. Fuente: (MikroTik, 2017)

3.1.6 Hardware Switch Tp-Link TL-S13428

El Tp-Link TL-S13428, que se observa en la Figura 3.5, es un switch administrable de capa 2 (L2) de 24-Puertos de 10/100Mbps + 4 Puertos Gigabit JetStream, el cual, se encarga de la conmutación de la información y el tráfico de datos generado por los

dispositivos utilizados en los laboratorios del CMEE, además de los departamentos de administración y atención al cliente; entre sus principales características, el dispositivo ayuda a proporcionar un alto rendimiento, QoS estable, estrategias de seguridad avanzadas y funciones de gestión de capa 2 administrables, las mismas que son funciones importantes para la institución. (Management, 2017).

Figura 3.5: Switch Tp-Link TL-S13428.



El Switch Tp-Link TL-S13428, se encarga de la conmutación de la información, de todos los laboratorios del CMEE además de su departamento de administración. Fuente: (Management, 2017).

3.1.7 Hardware Oscilador de Rubidio

El oscilador de Rubidio, que se muestra en la Figura 3.6 se emplea como patrón de referencia, este modelo de Oscilador posee una conexión GPS que controla la frecuencia de salida, por ejemplo frecuencia 1, 5 y 10Mhz además de puerto de conexión de 1PPS (un pulso por segundo = 1Hz). El sistema GPS se basa en un conjunto de 24 satélites, que cada uno lleva a bordo 2 relojes atómicos que son continuamente monitoreados por 5 estaciones terrestres que rastrean las señales. Posee una tarjeta interna NTP/servidor SNTP de alto rendimiento que está ligada al sistema GPS.

Figura 3.6: Oscilador de Rubidio – Guillam FEI.



Oscilador de Rubidio Marca: Gillan Fei Fuente: (Oscilador de Rubidio - CMEE, págs. 2-3)

3.2 Implementación y configuración del Software y Aplicaciones para la Propuesta

A continuación, se resalta la configuración e instalación de los diferentes tipos de software y aplicaciones que se utiliza para la implementación y la integración de la propuesta del proyecto que se ejecuta en las instalaciones del CMEE.

3.2.1 Configuración SIM Common View

Configuración y establecimiento de coordenadas pertenecientes a la antena GPS del dispositivo SIM Common View, a través del software SIM Time Network, instalado en su mismo dispositivo; en el cual se ha determinado un cambio de Latitud, Longitud y Altura en las coordenadas de posicionamiento para la recepción de información vía GPS, en la Figura 3.7, se observa las coordenadas que se han establecido y escogido según los intereses de la institución y el desarrollo del proyecto:

Latitud: 0° 8' 9.394'' S, Longitud: 78° 28' 31.972'' W y Altura: 2905.04 m; que son las coordenadas de posicionamiento con el satélite determinado y que ayudan a establecer de la mejor manera y en el menor tiempo posible los servicios de sincronización, referenciación de patrones y el desarrollo de la inter comparación con los laboratorios pertenecientes al NIST, asegurando de forma correcta que este dentro del rango señalado para la georreferenciación y utilización de los servicios, normal establecimiento y que la sincronización de este dispositivo sea menor o esté por debajo de los 100 nano segundos, por tal motivo esta información sirve de referencia para la configuración y el análisis de los dispositivos restantes del proyecto como, el servidor NTP y el oscilador de rubidio.

Figura 3.7: Coordenadas de la antena GPS - SIM Common View

Latitude
Degrees: 1 Minutes: 6 Seconds: 9 Hemisphere: S

Longitude
Degrees: 78 Minutes: 28 Seconds: 31 Hemisphere: W

Altitude
Meters: 2905 04

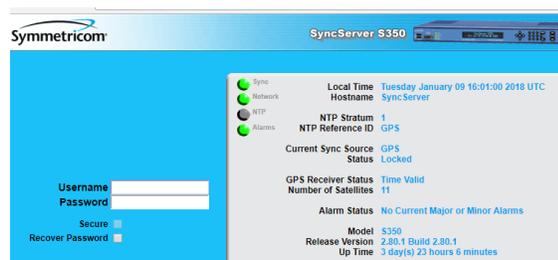
Save Cancel

Establecimiento de las coordenadas de inicialización para el posicionamiento de la antena GPS del SIM Common View. Fuente: (SIM, 2012)

3.2.2 Configuración del Software – SyncServer Symmetricom NTP S350

La interface web se utiliza para configurar de forma remota el servidor NTP Symmetricom S350, se la ejecuta mediante la conexión física a través de una dirección IPv4 192.168.0.77, conecta al servidor NTP S350, con la Red de Comunicación que se utiliza en la actualidad en los laboratorios del CMEE, esta dirección IPv4, puede ser configurada desde el equipo en funcionamiento, gracias al panel frontal que tiene el dispositivo, que está diseñado para poner rápidamente el servidor en línea con algunas teclas del panel frontal o DHCP si ese es el caso. Para configurar completamente la unidad, se utiliza la interfaz web que es muy intuitiva o si se requiere de herramientas específicas, los asistentes paso a paso son los indicados para las operaciones más comunes.

Figura 3.8: Configuración del Software -SyncServer Symmetricom NTP S350

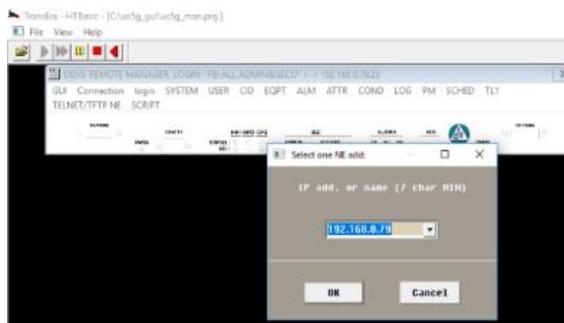


Interface web del SyncServer Symmetricom NTP S350. Fuente: (www.ampere.com, 2009)

3.2.3 Configuración del Software del Oscilador de Rubidio

Se utiliza el software TranEra-HTBasic, tanto para configurar el dispositivo y las herramientas que contiene, como para realizar la conexión física del Oscilador de Rubidio en la Red LAN Interna del CMEE; este se conecta a través de un puerto ethernet que está ubicado en la parte posterior del oscilador, el mismo que entrega una señal para sincronizar los relojes internos de las PC, por lo que de esta forma el oscilador de rubidio no tiene una conexión directa con el servidor NTP, por lo tanto no lo invalida y se mantiene como patrón de referencia; la misma que se establece colocando la dirección IPv4 192.168.0.79, la cual está conectada del puerto Gigabit Ethernet del switch de distribución hacia el dispositivo, de tal manera se conecta, la red de comunicación del CMEE con el Oscilador de Rubidio, la conexión se puede observar en la Figura 3.9. Se debe de tomar en cuenta que en el procedimiento de calibración no se realiza ninguna manipulación física de este equipo, si no que sigue funcionando con normalidad, tomando únicamente como referencia la lectura que presenta.

Figura 3.9: Configuración y Conexión física del Oscilador de Rubidio



Establecimiento remoto de la conexión física del Oscilador de Rubidio en la LAN Interna de la Red de datos del CMEE, mediante la dirección IPv4 Privada 192.168.0.79. Fuente: Jonathan Zapata.

3.2.4 Configuración del Software del Router Board Mikrotik

La configuración del direccionamiento IPv4 de la Red Interna del CMEE, se la desarrolla mediante el software Winbox Loader del Router Board Mikrotik, en la cual se pueden realizar cambios en la configuración de las redes que existen en los laboratorios de la institución o crear nuevos procesos que se necesiten para la puesta a punto del proyecto.

Figura 3.10: Configuración del Software Win Box Loader - Router Board Mikrotik

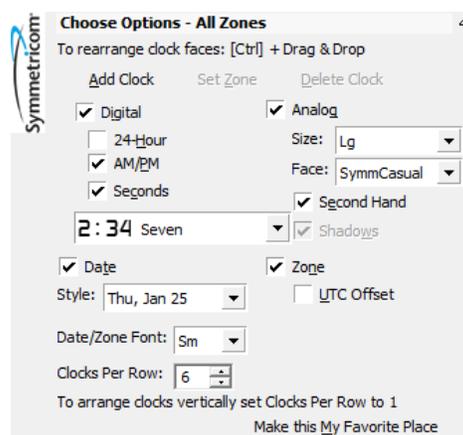


Interface del Software Win Box, empleado como medio de configuración y de ingreso a la interfaz gráfica del Router Board Mikrotik a través de la dirección IPv4 192.168.0.252. Fuente: Jonathan Zapata

3.2.5 Configuración del Software Symm Time

El software SymmTime, se ejecuta en los laboratorios del CMEE como mecanismo de control y sincronización de la zona horaria UTC-5, además, se encarga de proporcionar soluciones de sincronización de tiempo por medio de la red o de servidores agregados a la aplicación como lo es el servidor NTP del CMEE; de tal manera se logra una administración confiable gracias a su interface de configuración donde se determina los parámetros de establecimiento del software como se muestra en la Figura 3.11; con todo esto, se asegura la integridad del tiempo en los procesos comerciales digitales de la institución o ya sea para el mercado de la tecnología de la información.

Figura 3.11: Interface de configuración del software Symm Time



Establecimiento de configuración del software Symm Time, según los parámetros de la institución. Fuente: Jonathan Zapata.

3.3 Descripción del Equipo Implementado

En este ítem se resaltan, los detalles, funcionamiento, el reordenamiento y las características principales de la implementación de la propuesta, de tal manera se describen el equipo implementado en las siguientes actividades.

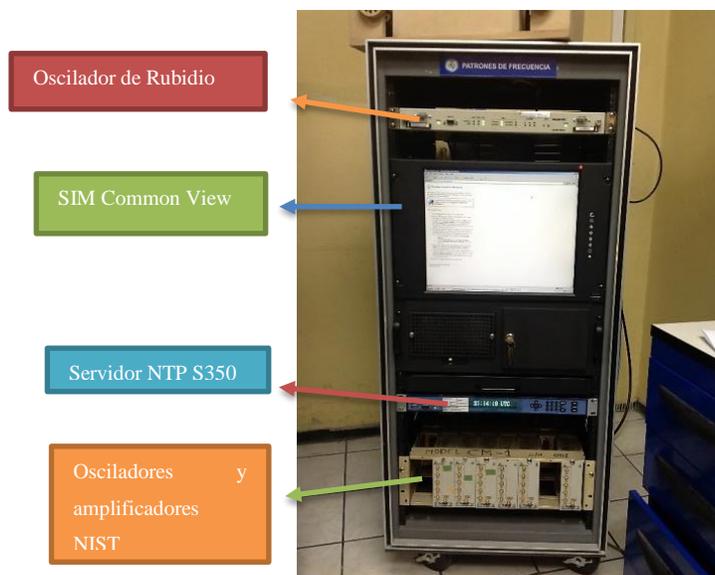
3.3.1 Características del Equipo ya Implementado

Se presenta a continuación el detalle y el esquema de los componentes implementados para la solución de la propuesta, los mismos que están instalados o empotrados en un armario tipo rack, donde se puede apreciar el equipamiento como tal, además ayuda como refugio y seguridad del mismo, por lo tanto, todas las características de funcionamiento se presentan de la siguiente manera:

3.3.1.1 Características de la ubicación de los equipos.

Los dispositivos que se utilizan en la implementación de la propuesta se encuentran ubicados dentro de un armario o gabinete de equipos como se muestra en la Figura 3.12, en el que se organizó, etiqueto y estructuro, el cableado interno de los mismos, de tal manera el equipamiento se ubica en el armario perteneciente a los Patrones de Frecuencia en el Laboratorio de tiempo del CMEE.

Figura 3.12: Armario de equipos de Referencia de Frecuencia Oscilador de Rubidio

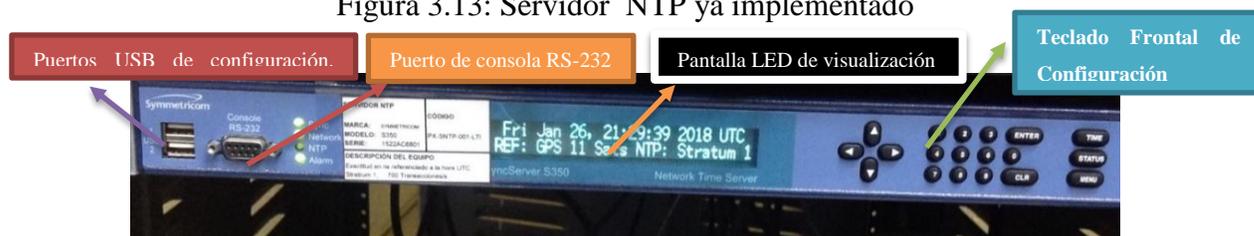


Armario que alberga a los equipos Patrones de Frecuencia, Oscilador de Rubidio, Servidor NTP, SIM Common View y el equipo de osciladores y amplificadores NIST. Elaborado por: Jonathan Zapata

3.3.1.2 Características del servidor NTP Implementado

El servidor NTP que se observa en la Figura 3.13, se encuentra instalado sobre el rack que está dentro del armario que contiene los equipos que se utilizan como Patrones de Referencia; este dispositivo contiene como características implementadas, la interacción con el dispositivo a través de su teclado frontal, el mismo que ayuda a configurar la interface de la Red LAN 1, que sirve como mecanismo de conexión entre el dispositivo y la interface web intuitiva de configuración para las herramientas y funcionalidades que contiene el mismo. Entre el teclado frontal existe también teclas de información del sistema implementado, entre los cuales se puede observar la configuración de hora, fecha, status del dispositivo, información de las coordenadas de posicionamiento de la antena GPS que conecta y establece al servidor, muestra también las direcciones IPv4, tanto de la Red LAN1 que sirve como red interna para la conexión con el servidor desde cualquier estación de trabajo o que está ligada a la red del CMEE y la dirección IP publica conectada al puerto Gigabit Ethernet del servidor, que sirve como medio de conexión para el establecimiento de los servicios de control, sincronización, posicionamiento, referenciación de patrones y el sincronismo de la zona horaria UTC-5. También consta con un puerto de consola RS 232 y 2 puertos USB que añaden flexibilidad adicional a las operaciones de respaldo, restauración y actualización.

Figura 3.13: Servidor NTP ya implementado



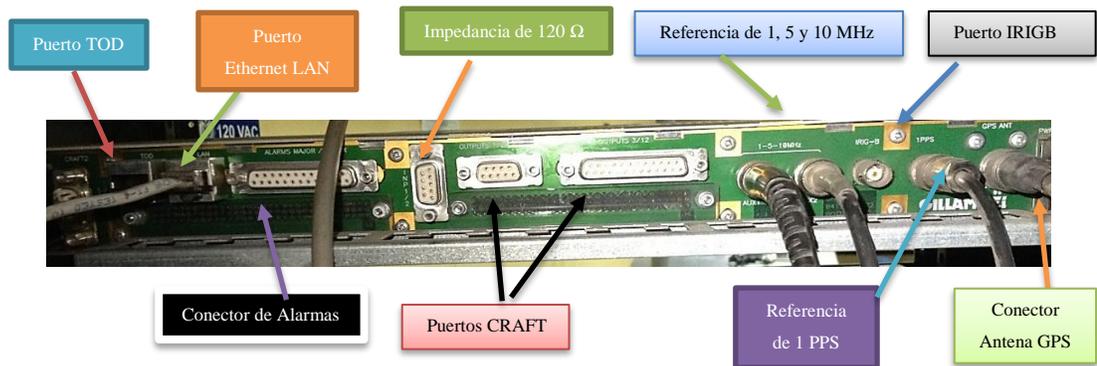
Se muestra las características del Servidor NTP s350 ya implementado. Elaborado por: Jonathan Zapata

3.3.1.3 Características del Oscilador de rubidio

El oscilador de rubidio se basa en el alto rendimiento del receptor de GPS para la sincronización de tiempo y está equipado con módulos de entrada de referencia

adicionales para aceptar dos temporizaciones de señales de referencia de diversos formatos y fuentes. Desde el punto de vista de las interfaces de salida, proporciona en su parte posterior outputs de referencia de 1-5-10 MHz, 1PPS, 2048 KHz-2048Kbits/s, también actúan como fuentes de tiempo, todos estos trabajan como patrones de frecuencia. El equipo también se puede utilizar para sincronizar la hora de la computadora, gracias a su característica y aplicativo, NTP /Estrato de servidor SNTP nivel 1.

Figura 3.14: UNISYNCE - Oscilador de Rubidio ya implementado.



Panel posterior del oscilador de rubidio. Elaborado por: Jonathan Zapata

3.3.1.4 Características del SIM Common view

La aplicación SIM Time Network continuamente compara las escalas de tiempo de todas las escalas de todos los laboratorios locales pertenecientes al SIM entre sí y produce resultados de medición en tiempo real. Las comparaciones se realizan a través del puerto de vista común del sistema de posicionamiento global (GPS) con frecuencia única multicanal (L1banda). Además, la herramienta del SIM-NIST File transfer del Common View proporciona o realiza la función de conectar al dispositivo y tener referencia de tiempo por parte de servidores externos para una mayor precisión y exactitud, estos son configurados en la misma aplicación a través de las direcciones IPv4 que se muestra en la Figura 3.15. Las direcciones mostradas pertenecen a servidores de países como Canadá (Laboratorio del NRC), Estados Unidos (Laboratorio del NIST) y México (Laboratorio del CENAM), gracias a esta información, el CMEE puede tener referencia de tiempo y frecuencia estable y proporcionar los servicios citados anteriormente.

Figura 3.15: Dispositivo SIM Common View



Sistema SIM Common View en ejecución. (SIM, 2012). Fuente: Jonathan Zapata

3.3.1.5 Características del sistema NTP implementado

Como característica de información del proyecto en ejecución, se detalla el esquema del entorno NTP como se lo puede observar en la Figura 3.16 además de la tabla que muestra el nivel de jerarquía que necesita el servidor conocer para proporcionar el servicio de sincronismo que se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Nivel jerárquico del servicio NTP

Stratum 0	Fuente de referencia primaria - GPS
Stratum 1	Servidores NTP
Stratum 2	Servidores, dispositivos, Workstation.

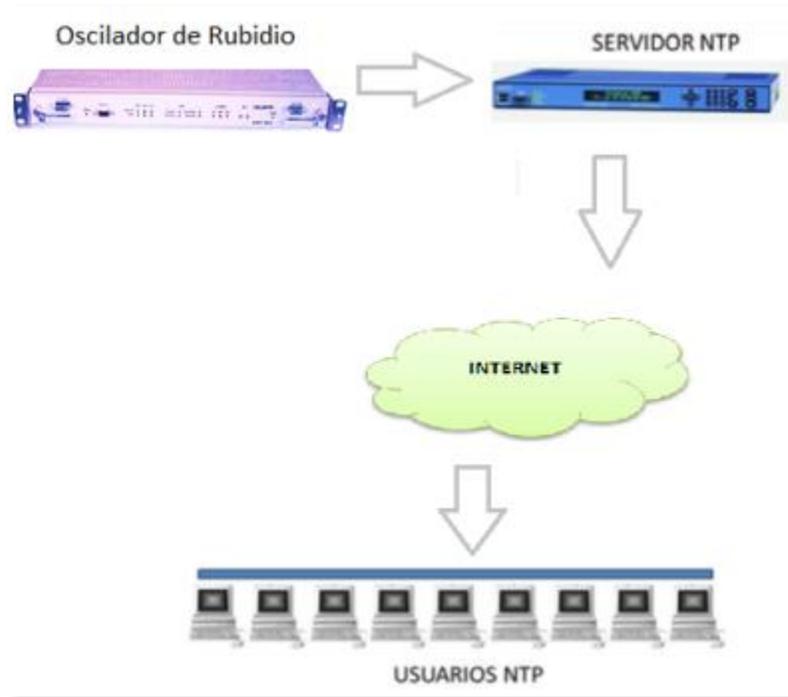
Tabla de nivel jerárquico utilizado para el servicio NTP. Elaborado por: Jonathan Zapata

La referencia de tiempo primaria o de orden superior se lo denomina servidor de stratum 0, de tal manera estos se encuentran conectados directamente con el reloj de referencia primaria del GPS. Los servidores que toman la referencia de tiempo desde el stratum 0 son a su vez también stratum 1, que es el máximo nivel jerárquico que se puede alcanzar en Internet, de tal manera el dispositivo, servidor o computadora que tome la referencia

de tiempo del stratum 1, se convierte de forma directa en stratum 2, entonces se forma una jerarquía para el servicio NTP llegando a hacer el nivel más bajo stratum 16.

En la Figura 3.16, se encuentra se muestra el esquema simplificado de cómo se ejecuta el sistema de sincronismo NTP.

Figura 3.16: Esquema simplificado del Servicio NTP



Esquema del sistema de sincronismo NTP utilizado para el proyecto. Elaborado por: Jonathan Zapata

CAPITULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se detalla las pruebas y la implementación finalizada del proyecto desarrollado en las instalaciones del CMEE; también se muestra los datos, valores, graficas e información generados por los diferentes equipos, como resultado del proceso de calibración, programación, sincronización, posicionamiento, referenciación de patrones y puesta a punto de las herramientas y aplicaciones que tiene el equipamiento. De tal manera las pruebas y los resultados obtenidos se los indica a continuación.

4.1. Descripción de Pruebas Realizadas

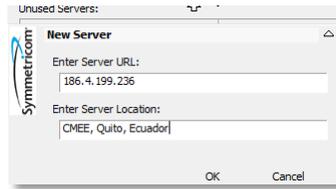
Para verificar el funcionamiento del sistema se procede sobre el Servidor NTP, el Oscilador de Rubidio y el SIM Common View, realizar pruebas de sincronización remota de tiempo a través del servicio NTP, control y sincronización de la Zona Horaria UTC-5, Referenciación de Patrones de Frecuencia, calibración de equipos además del desarrollo y análisis de la inter comparación del servicio NTP generado por el CMEE con los laboratorios pertenecientes al Sistema Interamericano de Metrología, comprobando de esta manera el correcto funcionamiento y operación de los dispositivos en ejecución.

4.1.1 Pruebas de Sincronismo NTP y Georreferenciación

Por medio del software Symm Time, se procede a la verificación de los resultados generados por parte del servidor NTP S350; cuando el dispositivo entra en ejecución se necesita de un software, el cual ayuda a realizar la función de medio de control para el sincronismo NTP, garantizando la conexión hacia cualquier usuario, empresa o institución que requiera el establecimiento del servicio, de tal manera, el control y la sincronización de la zona horaria UTC-5, también está en el roll principal de este tipo de pruebas ya que es un parámetro fundamental en el desarrollo del proyecto.

De tal manera se añade la dirección IPv4 o DNS según el origen de la sincronización además de la ubicación del servidor en el software Symm Time, para establecer la conexión con el servidor NTP S350 que se encuentra en el CMEE.

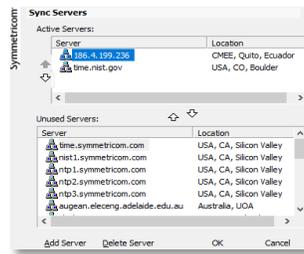
Figura 4.1: Activación Servidor NTP



Ingreso de la dirección IP o DNS según el origen de la sincronización. Fuente: (Symm Time, 2018)

1. Se agrega el servidor NTP del CMEE como servidor activo y referencial para la sincronización de la zona horaria UTC-5.

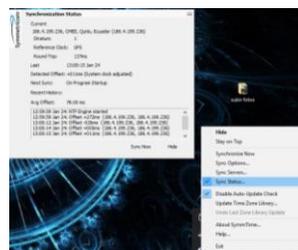
Figura 4.2: Servidor NTP añadido



Servidor NTP añadido a los servidores activos. Fuente: (Symm Time, 2018)

2. Finalmente, se realiza las pruebas de verificación de conexión a través de la opción server status, después, clic en el botón sync now, en otras palabras, ping hacia la dirección de sincronismo, obteniendo la siguiente información observada en la Figura 4.3.

Figura 4.3: Sincronización Status



Estatus de sincronizacion,. Fuente: (Symm Time, 2018)

3. Ajustes en el diseño y apariencia del reloj que aparece en el escritorio del usuario, donde se visualiza la zona horaria UTC-5 gracias a la opción Zone: UTC Offset, además de la hora y fecha sincronizadas con el servidor NTP del CMEE.

Figura 4.4: Ajustes de diseño



Se establece el diseño del reloj donde se visualiza la sincronización del servicio NTP además del establecimiento de la Zona Horaria UTC-5. Fuente: (Symm Time, 2018)

4.1.2 Referenciación de Patrones de Frecuencia

Otra opción de prueba para la verificación de los resultados propuestos en el proyecto, es la referenciación de patrones de frecuencia, generado por los dispositivos en ejecución como lo son: el servidor NTP y el Oscilador de Rubidio. Por medio de estos equipos y las herramientas que están integrados a ellos; de tal manera se procede a la verificación de las referencias de frecuencia que utilizan los equipos como tal, que son 1-5 MHz, 10 MHz, 1pps, IRIGB. Todos estos puertos de referencia de tiempo y frecuencia además, dichas señales se las pueden verificar por medio de los equipos que se encuentran en el Laboratorio de Alta Frecuencia, que son el osciloscopio, el contador universal o por medio de un analizador de espectros respectivamente.

La siguiente Figura 4.5 representa la toma de referencia de 10 MHz estable, disponible en el cajetín ubicado en el Laboratorio de Alta Frecuencia y que se utiliza como patrón de referencia para calibración de equipos contadores universales y generadores de señales.

Figura 4.5: Referencia de 10 MHz en el Laboratorio de Alta Frecuencia



Se muestra el cajetín con el conector de Referencia de 10 MHz estable en el Laboratorio de Alta Frecuencia. Elaborado por: Jonathan Zapata

Para realizar las pruebas de referencia de patrones de frecuencia se utiliza un osciloscopio de marca Hp Hewllet Packard, el mismo que ayuda a obtener las señales de los niveles de frecuencia que tienen los dispositivos como lo son el servidor NTP y el oscilador de Rubidio, de tal manera se verifica que las señales disponibles no tengan problemas.

Figura 4.6: Osciloscopio Hp Hewllet Packard



Osciloscopio Hp Hewllet Packard, utilizado para la verificación y observación de las pruebas de las funciones de los dispositivos. Elaborado por: Jonathan Zapata

4.1.4 Pruebas de Inter Comparación con el Servidor NTP

Las pruebas de comparación se realizan mediante la opción SIM NTP Comparisons que se encuentra en la página principal del SIM Time and Frequency Metrology Working Group como se muestra en la Figura 4.7.

Figura 4.7: SIM NTP Comparisons



Interface web donde se realizan los procedimientos de las comparaciones. Elaborado por: Jonathan Zapata

De tal manera, al escoger esta opción se despliega una ventana de comparaciones por parte de servidores NTP pertenecientes al SIM como se observa en la Figura 4.8, en la misma los diferentes Laboratorios pueden verificar el correcto funcionamiento del dispositivo además que esté trabajando bajo los parámetros requeridos por la institución.

Figura 4.8: Servidores NTP pertenecientes al SIM

	NIST	NRC	ICE	INM	OSR-1	CENSAE	BIMEI	CSIRP	INACAL	INDOCAL	CMEE	CUI
United States	0.0	15.0	2.0	0.2	-0.2	0.5	0.9	-0.9	0.9	0.1	3.3	-7.1
Canada	10.0	0.0	13.2	15.4	10.0	3.3	10.9	10.1	10.7	1.0	10.9	0.0
Costa Rica	3.4	13.3	0.0	3.0	3.1	10.3	0.7	1.0	3.0	10.7	0.7	-0.7
Colombia	0.7	15.4	3.1	0.0	0.0	13.3	0.0	-0.1	0.0	10.0	3.5	-0.0
Brazil	0.2	15.4	3.1	0.0	0.0	13.3	0.0	-0.1	0.0	10.0	3.5	-0.0
Mexico	13.5	3.1	10.3	13.3	13.3	0.0	10.0	11.1	10.7	1.0	15.0	-1.0
Bolivia	-0.5	10.0	0.7	-0.0	-0.0	10.0	0.0	-0.0	-0.1	10.0	1.0	-1.0
Panama	0.0	13.3	1.0	0.2	0.2	11.1	0.0	0.0	-0.0	13.7	3.7	-0.7
Peru	0.0	14.7	3.0	0.0	0.0	11.7	5.2	0.0	0.0	13.3	4.1	-0.3
Dominican Rep.	14.1	3.5	13.7	10.0	10.0	1.0	10.0	13.7	10.3	0.0	17.4	-7.0
Ecuador	-0.5	10.0	0.7	0.0	-0.5	10.0	1.1	0.7	-0.1	17.4	0.0	-0.0
El Salvador	3.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	11.4	0.7	0.0	7.0	10.0	0.0

Ventana de verificación y comparación para los servidores NTP pertenecientes al SIM. Elaborado por: Jonathan Zapata

4.2. Resultados obtenidos

4.2.1 Resultados obtenidos de la Inter comparación

Los detalles de las inter comparaciones de tiempo y frecuencia entre los miembros del Sistema de Metrología Interamericano (SIM), mediante el uso de los formularios y estadísticas que contiene la aplicación, se presentan a continuación;

4.2.2.1 Resultados obtenidos de la Inter comparación mediante el servidor NTP

Las comparaciones desarrolladas en este caso, fueron desarrolladas, con el Laboratorio del NIST (Estados Unidos) y se las muestra a continuación:

La primera comparación se la desarrolla entre el Laboratorio perteneciente al CMEE y el laboratorio del NIST mediante el método de comparaciones SIM NTP como se muestra en la Figura 4.9, de tal manera se verifica la información de los Laboratorios a través de los siguientes parámetros; IPv4 address, Location y Date.

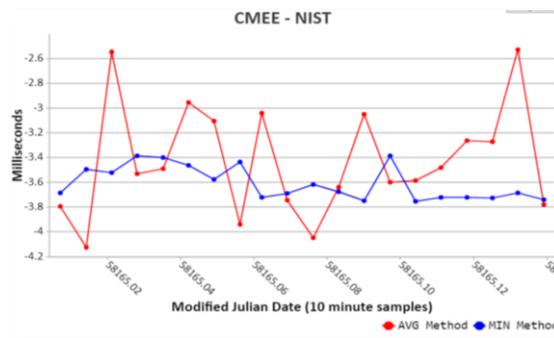
Figura 4.9: Comparación CMEE vs NIST

Grid	1 Day Averages		1 Hour Averages		10 Minute Averages		Next Date	Last Date	File
Server 1	CMEE	IP Address	184.139.236	Location	Quito, Ecuador	Date	2018-02-16 (MJD 58163)		
Server 2	NIST	IP Address	132.163.96.2	Location	Boulder, Colorado	Period	1 day		
Method	Hours	Time Offset (ms)		Range (ms)	Frequency Offset		Confidence (r)		
AVG	3.33	-3.4243		1.596	-1.66×10^{-8}		-0.13		
MIN	3.33	-3.6054		0.364	-2.24×10^{-8}		-0.59		

Comparación entre los laboratorios del CMEE y el NIST. Fuente: (SIM Time and Frequency, 2018)

La figura 4.10, muestra la gráfica de los valores por los cuales se refleja la utilización tanto del método AVG como el método MIN, los mismos que son citados a continuación:

Figura 4.10: CMEE versus NIST a través de Common-View UTC (NIST)



Gráfica, perteneciente al método AVG y MIN. Fuente: (SIM Time and Frequency, 2018)

- **Método AVG:** El método AVG que se muestra en la gráfica de color rojo de la figura 4.2.2.3, este método implica comparar cada servidor NTP con UTC (NIST) cada 10 segundos, y luego promediar estas mediciones durante 10 minutos (60 lecturas). UTC (NIST) está disponible con una resolución de 0.0001 ms. La comparación de vista común se realiza restando los dos promedios de 10 minutos para obtener la diferencia de tiempo entre los dos servidores.

- **Método MIN:** El método MIN que se muestra en la gráfica de color azul de la figura 4.2.2.3, este método implica comparar cada servidor NTP a UTC (NIST) cada 10 segundos para un intervalo de 10 minutos (60 mediciones). Sin embargo, solo se guarda una de las 60 mediciones, la que tiene el retardo de ida y vuelta más corto. Este método

ahorra solo el 1.67% de las mediciones, y se basa en la suposición de que las mediciones de NTP con los retrasos de ida y vuelta más cortos proporcionan la mejor estimación de la diferencia de tiempo real. UTC (NIST) está disponible con una resolución de 0.0001 ms. La comparación de vista común se realiza restando las mediciones con el mínimo retraso de ida y vuelta para obtener la diferencia de tiempo entre dos servidores.

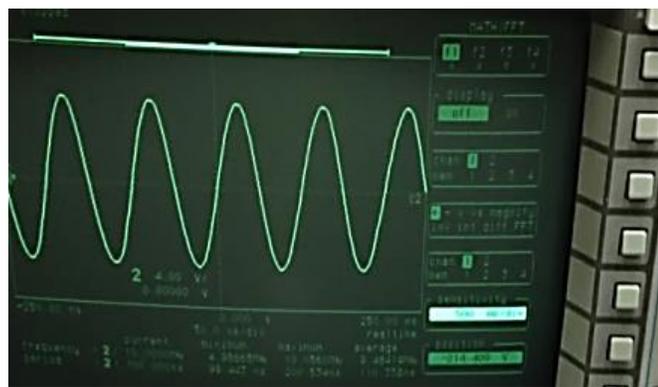
4.2.3 Resultados obtenidos de los Patrones de Frecuencia

Como resultado de verificación del proyecto planteado, se presenta las gráficas de las señales de las diferentes interfaces que perteneces a los dispositivos Common View y del servidor NTP, las cuales se visualizan mediante un osciloscopio para determinar las características de cada señal, por ejemplo: 10 MHz, 1PPS, IRIG.

a) Señal de 10 MHz - Oscilador de Rubidio y servidor NTP

Se conecta con la referencia de 10MHz del oscilador de rubidio o del servidor NTP para servir como una base de tiempo estable para el sistema en este caso existe un toma de referencia de 10 MHz utilizado en el Laboratorio de Alta frecuencia, como patrón para realizar calibraciones a equipos como generadores de patrones y contadores universales, de tal manera se observa la forma de onda de dicha referencia de frecuencia mediante un osciloscopio HP Hewlett Packard, con valores de frecuencia 10 MHz y periodo de 100 ns.

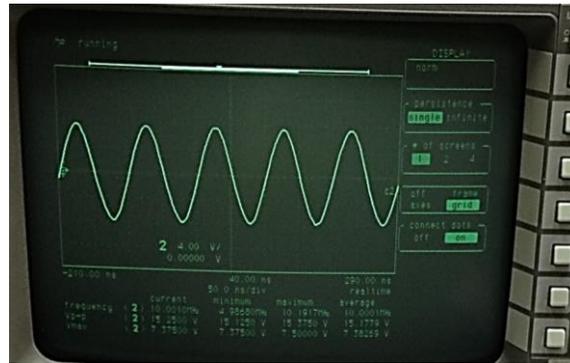
Figura 4.11: Referencia de 10MHz - Oscilador de rubidio



Señal de salida de 10 MHz proveniente del oscilador de Rubidio, la cual se utiliza como patrón primario de frecuencia estable. Elaborado por: Jonathan Zapata

A continuación, se visualiza la señal de 10 MHz que proporciona el servidor NTP, además de sus parámetros de medición como lo son; frecuencia: 10MHz, V_{p-p} : 15.7 v y V_{max} : 15.17 v.

Figura 4.12: Señal de 10 MHz - Servidor NTP

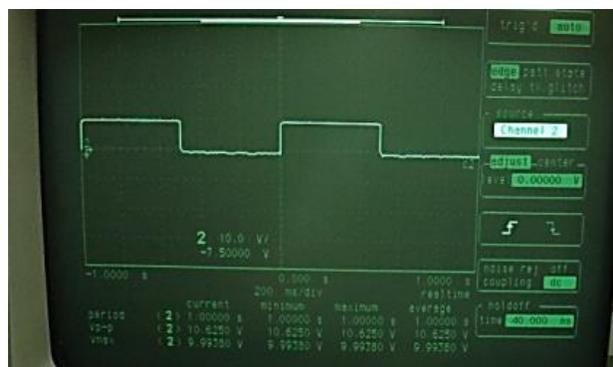


Señal de salida de 10 MHz proveniente del Servidor NTP, la cual se utiliza como patrón de frecuencia estable. Elaborado por: Jonathan Zapata

b) Señal de 1PPS - Oscilador de Rubidio y servidor NTP

La señal de un pulso por segundo (1PPS), sirve al sistema, como una fuente de referencia, la cual puede mostrar los desfases de tiempo absoluto entre los laboratorios que requieran el servicio, con una incertidumbre menor a los 50 ns y que está conectado desde el oscilador de Rubidio. La señal de 1PPs es generada por el servidor NTP la misma que se lo observa en la figura 4.13, así como los valores de; Frecuencia: 1 Hz, Periodo: 1 s, V_{p-p} : 10.625 v V_{max} : 10V.

Figura 4.13: Señal de 1PPS del Servidor NTP

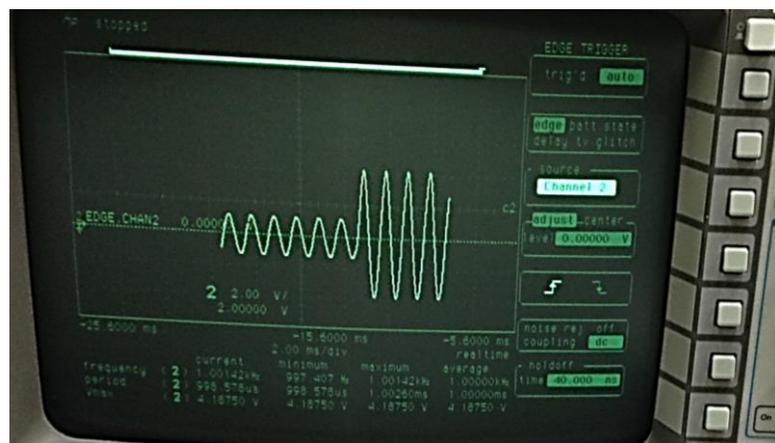


Se muestra la forma de la señal (cuadrada) de la referencia de 1PPS por parte del servidor NTP. Elaborado por: Jonathan Zapata.

c) Señal de referencia IRIG-B

La señal del puerto IRIG-B que se muestra en la figura 4.14, acepta un código de tiempo para la entrada de una referencia de temporización externa en el reloj del hardware del servidor NTP s350. El formato de código de tiempo se selecciona a través de la interfaz web. Admite entradas de modulación de amplitud (AM). Entre sus parámetros de medición, se puede observar Frecuencia: 1 kHz, Periodo: 1 ms, Vmax: 4.1875 v, los valores restantes se los puede verificar en el anexo 4.

Figura 4.14: Señal de referencia IRIG-B



Señal proveniente del puerto IRIGB del Servidor NTP. Elaborado por: Jonathan Zapata

4.2.4 Resultados obtenidos del Servicio de Sincronización

Tras realizar las pruebas de sincronismo mediante la utilización del software Symm Time desde la estación de trabajo ya sea en el Laboratorio de Tiempo del CMEE como en cualquier dispositivo que requiera el mismo, se han detallado los parámetros y valores promedios por los cuales se realiza la sincronización del servicio NTP, a través de la aplicación.

Tabla 4.1: Resultados obtenidos de la Sincronización mediante el servidor NTP

Variab le	Origen sincronis mo	Stratu m	Referen cia del Reloj	Viaje de ida y vuelta (ms)	Last / hour	Detecte d Offset ms	Avg Offset ms
Prueba 1 Ene 24	CMEE, Quito, Ecuador 186.4.199. 236	1	GPS	x1=137	13:00:1	t1=+0.1	78
				x2=123	5	1	49.20
				x3=183	13:02:2	t2= -	56.17
				prom=147 ms	6	0.66	
Prueba 2 Feb 16	Dispositiv o Casa1. 192.168.1. 10/27	1	GPS	y1=124	12:21:1	t1=+0.3	2
				y2=625	7	9	11.50
				y3=186	12:22:3	t2=	-2.36
				prom=311m s	9	+249	
Totales	2 sitios diferentes	1	GPS	promx=147 ms	-----	Prueba 1 t=0.12 ms	Avg prom1= 61.123 ms
				promy=377 ms		Prueba 2 t=82ms	Avg prom2= 3.55 ms
				diferencia= 230ms		diferen cia= 81.88 ms	Avg= 57.57

Se muestra los parámetros de medición para determinar el correcto funcionamiento de la sincronización y del servicio NTP. Elaborado por: Jonathan Zapata

CONCLUSIONES

Se concluye que el estado actual del sistema de sincronización y control de la Zona Horaria UTC-5 del Centro de Metrología de las FFAA, cumple con los requisitos en cuanto a la infraestructura de los laboratorios, el equipamiento y herramientas de medición, sincronización y calibración, gracias a las aplicaciones que otorgan el servidor NTP, el oscilador de rubidio y el SIM Common View, además de los parámetros de inicialización y establecimiento de los servicios, como las señales de tiempo y frecuencia que proporcionan dichos dispositivos, de 1, 5 y 10 MHz, 1PPS, IRIGB, así como un desplazamiento promedio de 57.7 ms por cada petición del servicio NTP, permitiendo 7000 peticiones/ min, otorgando una exactitud de 2×10^{-11} /day, lo que contribuye a un valor alto de precisión para los servicios de disseminación de tiempo, calibración, sincronización y posicionamiento.

Se comprobó tras las mediciones de las señales de referencia de tiempo y frecuencia que, para que, el servicio de sincronización y el establecimiento del sistema de configuración de la Zona Horaria UTC-5 dentro del CMEE, funcione de forma segura y eficiente, corresponde proporcionar un nivel estándar de señal de voltaje que debe estar entre 200 mV y 3.5 V de pico a pico, o de 70 mV a 1.25 V (rms) con una terminación de 50 Ω . Esta señal puede originarse del mismo estándar que la señal de 1 Hz (1PPS) generado por el oscilador de rubidio o el servicio NTP.

Se determinó que para el proceso de sincronización y control de la Zona Horaria UTC-5, se debe utilizar dispositivos y mecanismos como el Oscilador de Rubidio y el Servidor NTP, los cuales proporcionan y sirven como patrones de tiempo y frecuencia, gracias a las referencias de 10 MHz y 1PPS, que sirven como una base de tiempo estable para el sistema del SIM Common View, constituyendo que este dispositivo muestre los desfases de tiempo absoluto entre los laboratorios pertenecientes al SIM y el servicio de sincronización NTP, logrando una incertidumbre promedio menor a los 50 ns.

Se analizó, que tras el proceso de comparación por parte de los laboratorios del CMEE y el NIST, los valores obtenidos después de conseguir 45 horas muestreadas mediante el

método de vista común y que son representados por los puntos en la gráfica de SIMT (CMEE) - SIMT (NIST), los cuales expresan el resultado de la desviación de tiempo que existe entre los dos laboratorios, respecto a la referencia de comparación, donde el tiempo medio promedio: -0.57ns , el rango: 16.07 ns y el valor de desplazamiento de frecuencia: -3.96×10^{-13} , son valores que reflejan la acción y el procedimiento por el cual se desarrolla y se ejecuta el sincronismo los mismos que al concluir, están acorde a la exactitud que maneja el centro, que es de $2 \times 10^{-11}/\text{day}$, generando que el servicio proporcionado sea exacto y eficiente.

Se concluye que para la determinación de las coordenadas de posicionamiento y establecimiento del sistema de inicialización del servicio de sincronismo y control NTP, el sistema debe ser ejecutado mediante el modo dinámico, ya que mediante esta opción, el servidor se mantiene en una búsqueda fluctuante de posicionamiento a través de los 12 canales vía GPS, relacionados con el dispositivo, hasta encontrar una posición favorable, de tal manera, la información obtenida es utilizada al cambiar de modo dinámico a modo de position hold, donde se establece las coordenadas, logrando que el tiempo de desviación disminuya de los 30-50 ms a 1 ms con relación al NIST, sin tener que realizar un circuito extra o vincular algún otro dispositivo al sistema.

La información generada tras las pruebas de geo posicionamiento y sincronismo, desarrolladas por medio del servidor NTP y la aplicación Symm Time, reflejan, la diferencia de tiempo que existe, cuando se realiza la petición del servicio de sincronización, desde dos ubicaciones diferentes, el CMEE y el hogar respectivamente, por lo tanto los resultados obtenidos según los parámetros de medición y posicionamiento, son, el origen de la petición, la duración de la conexión entre el viaje de ida y vuelta promedio= 230 ms , la referencia de tiempo que es vía GPS, con un desplazamiento promedio del mensaje de 57.7 ms , llegando a la conclusión que el tiempo de desplazamiento promedio, entre las dos ubicaciones es diferente de acuerdo a lugar de donde se realiza la petición, sin embargo existe un tiempo de compensación detectado de 81.88 ms , lo que hace que la diferencia de tiempo sea significativa y este por debajo del estándar de los 100 ns , decretado por la institución.

RECOMENDACIONES

Se recomienda conectar al SIM Common View, una señal de 5 o 10 MHz desde un estándar de frecuencia estable como lo proporciona el Oscilador de Rubidio o el Servidor NTP, al conector BNC con la etiqueta "TIMEBASE" que se encuentra en el panel trasero, ya que el sistema requiere de un oscilador de base de tiempo externo estable para funcionar correctamente.

Se recomienda tener un sistema de ventilación distribuida y continua para los dispositivos que se encuentran dentro del armario o gabinete de equipos, no tengan problemas de temperatura elevada ya que se encuentran distribuidos de forma seguida uno debajo de otro.

Para que el sistema sincronización y control implementado en el Laboratorio de tiempo del CMEE, pueda trabajar sin inconvenientes de robo o hackeo de información, se necesita de un firewall en la topología actual, el mismo que podrá resguardar la integridad y seguridad de la información de todo el sistema en ejecución, ya que existe un bajo nivel de seguridad en la infraestructura de la red.

El cableado de los terminales hacia las estaciones y dispositivos que se utilizan para proporcionar el servicio de sincronismo debe ser mínimo categoría 5e ya que se necesita transmitir datos a velocidades mayores o iguales a 100 Mbps y frecuencias de hasta 100 MHz dependiendo del requerimiento del usuario, por tal motivo el requerimiento es importante.

Para que el servicio de sincronización tenga una mejor precisión a la actual, el sistema debe tener un ancho de banda mayor o que el servicio de internet sea proporcionado por fibra óptica con un ancho de banda mayor o igual a las 16 Megas para que el tiempo que toma el proceso de sincronismo sea menor o esté por debajo de los 50 ns.

Los valores de las coordenadas de posicionamiento tanto del servidor NTP, el SIM Common View y el oscilador de rubidio, deben estar en modo dinámico para que el dispositivo fluctúe y busque la mejor posición para que los valores estén por debajo del

valor promedio de desviación para entrar en ejecución y comparación con los laboratorios pertenecientes al SIM.

Se recomienda que los dispositivos en ejecución sean utilizados de acuerdo a la función dictaminada por los técnicos, ya que la sobrecarga de funciones, hacen que los dispositivos tengan fallos de registro tras en envío y recepción de datos, retardos en la sincronización además de errores en la inicialización de los dispositivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Arduino. (09 de 11 de 2017). *arduino.cl*. Obtenido de [arduino.cl](http://arduino.cl/que-es-arduino/): <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Catalogo Synserver-s350, D.-B. (02 de 09 de 2009). *www.ampere.com*. Recuperado el 29 de 09 de 2017, de [www.ampere.com](http://www.ampere.com.mx/pdf/Hoja_Técnica_S350.pdf): [www.ampere.com.mx: http://www.ampere.com.mx/pdf/Hoja_Técnica_S350.pdf](http://www.ampere.com.mx/pdf/Hoja_Técnica_S350.pdf)
- Cisco. (10 de 11 de 2017). *Cisco Packet Tracer*. Obtenido de Cisco Packet tracer: [file:///C:/Program%20Files%20\(x86\)/Cisco%20Packet%20Tracer%206.1sv/help/default/index.htm](file:///C:/Program%20Files%20(x86)/Cisco%20Packet%20Tracer%206.1sv/help/default/index.htm)
- CMEE. (19 de 10 de 2017). *cmee.mil.ec*. Obtenido de [cmee.mil.ec](http://cmee.mil.ec/centrodemetrologia/?page_id=28): http://cmee.mil.ec/centrodemetrologia/?page_id=28
- CMEE logo. (02 de 11 de 2017). *cmee.mil.ec*. Obtenido de cmee.mil.ec: <http://cmee.mil.ec/>
- Condori, N., Pastor, O., Alain, A., & Sellami, A. (2008). *Introduciendo Conceptos de Metrología en el Diseño de medidas de Software*. 2.
- definicionabc. (07 de 09 de 2017). *definicionabc.com*. Obtenido de [definicionabc.com](https://www.definicionabc.com/tecnologia/router.php): <https://www.definicionabc.com/tecnologia/router.php>
- digitalvalley. (09 de 11 de 2017). *digitalvalley.com*. Obtenido de [digitalvalley.com](http://www.digitalvalley.com/blog/que-es-zimbra/): <http://www.digitalvalley.com/blog/que-es-zimbra/>
- España, C. (20 de 06 de 2015). *cem.es*. Obtenido de [cem.es](http://www.cem.es/cem/metrologia/glosario_de_terminos?term_node_tid_depth_1=22): http://www.cem.es/cem/metrologia/glosario_de_terminos?term_node_tid_depth_1=22
- extech. (10 de 11 de 2017). *www.extech.com.es*. Obtenido de [www.extech.com.es](http://www.extech.com.es/instruments/product.asp?catid=18&prodid=230): <http://www.extech.com.es/instruments/product.asp?catid=18&prodid=230>
- F. Jimenez, M. L. (17 de 02 de 2018). [https://tf.nist.gov](https://tf.nist.gov/sim/Papers/S3E5_Jimenez.pdf). Obtenido de [https://tf.nist.gov](https://tf.nist.gov/sim/Papers/S3E5_Jimenez.pdf): https://tf.nist.gov/sim/Papers/S3E5_Jimenez.pdf
- FARLEX. (22 de 09 de 2016). *THE FREE DICTIONARY*. Obtenido de [THE FREE DICTIONARY](http://es.thefreedictionary.com/sincronizar): <http://es.thefreedictionary.com/sincronizar>
- HTbasic. (10 de 11 de 2017). <http://transera.com>. Obtenido de <http://transera.com>: <http://transera.com/htbasic/>

- Inc, L. S. (07 de 12 de 2017). *www.lucidchart.com*. Obtenido de *www.lucidchart.com*:
<https://www.lucidchart.com/documents/edit/69114c82-d9be-4140-a111-95b488dfab95#>
- Ing. Luis Guaño Costales, J. d. (2011). *Oscilador de Rubidio - CMEE*. Quito: CMEE.
- ITU, U. I. (11 de 12 de 2013). *www.itu.int*. Obtenido de *www.itu.int*:
<https://www.itu.int/rec/R-REC-TF.686-3-201312-I/es>
- JIMENEZ, F. (09 de 11 de 2017). *www.cenam.mx*. Obtenido de *www.cenam.mx*:
<https://www.cenam.mx/dme/pdf/PRE-An%C3%A1lisis%20de%20Mediciones%20de%20Tiempo%20y%20Frecuencia.pdf>
- Jonathan Zapata, s. S. (25 de 01 de 2018). *Symmetricom.com*. Obtenido de *Symmetricom.com*: *symmetricom.com*
- Jose. (2 de 10 de 2012). *joseesunmaquina.blogspot*. Obtenido de *joseesunmaquina.blogspot*:
<http://joseesunmaquina.blogspot.com/2012/10/sistema-gps.html>
- M., G. (2015). *CENTRO DE METROLOGÍA DEL EJÉRCITO DEL ECUADOR DOCUMENTACION*. Quito: CMEE. Recuperado el 21 de 10 de 2017
- Malaga, T. (27 de 03 de 2012). *Minake Topografía*. Obtenido de *Minake Topografía*:
https://mainaketopografia.com/es/article_es/georreferenciacion-que-la-medicion-georreferenciada-georreferenciacion-vs-digitalizacion
- Managment, T.-L. (06 de 11 de 2017). *www.tp-link.com*. Obtenido de *www.tp-link.com*:
http://www.tp-link.com/ar/products/details/cat-5069_TL-SL3428.html
- Mathieu, R. N. (03 de 12 de 2009). *www.willian-fei.be*. Obtenido de *www.willian-fei.be*:
www.willian-fei.be
- Medina, E. (09 de 11 de 2017). *blutintegrado.blogspot.com*. Obtenido de *blutintegrado.blogspot.com*: <http://blutintegrado.blogspot.com/2012/02/proteus-simulador-electronico.html>
- Metrologia, C. E. (2012). *Conceptos fundamentales y generales y terminos asociados . VIM (Vocabulario Internacional de Metrologia), 50 .*

- MikroTik, M. U. (23 de 10 de 2017). *www.i.mt.lv/routerboard*. Obtenido de [www.i.mt.lv/routerboard: https://i.mt.lv/routerboard/files/rb750gl-ug.pdf](https://i.mt.lv/routerboard/files/rb750gl-ug.pdf)
- Molina, J. (2007). Acreditacion de la competencia de un laboratorio de metrologia dimensional: normas y requisitos. *CULCYT* , 1-12.
- MT-CMEE. (2016). *Memoria Técnica - CMEE*. Quito: CMEE.
- Niño, D., & Alejandro, S. (2007). Guia metodologica para la gestion centralizada de registro de eventos de seguridad en pymes. 37.
- press, w. (23 de 05 de 2008). *definicion.de*. Obtenido de [definicion.de: https://definicion.de/](https://definicion.de/)
- SIM Time and Frequency, N. (25 de 01 de 2018). <https://tf.nist.gov/sim/index.htm>. Obtenido de <https://tf.nist.gov/sim/index.htm>: http://gps.nist.gov/scripts/sim_ntp_grid.exe
- SIM, S. I. (2012). Reference Manual for SIM Common View Time Measurement System,. En S. S. Metrología, *Reference Manual for SIM Common View Time Measurement System*,. QUITO.
- SOCIEDAD, C. (2016). *APORTE DEL CENTRO DE METROLOGÍA DEL EJÉRCITO A LA SOCIEDAD*. QUITO: CMEE.
- tp-link. (07 de 09 de 2017). *www.tp-link.com*. Obtenido de [www.tp-link.com: http://www.tp-link.com/ar/products/details/cat-43_MC111CS.html](http://www.tp-link.com/ar/products/details/cat-43_MC111CS.html)
- Zapata, J. S. (22 de 02 de 2018). Symm Time. quito, Pichincha, ecuador .

ANEXOS

Anexo 1

- Magnitudes que maneja el CMEE

Las siguientes tablas, muestran las magnitudes que maneja el CMEE para los diferentes tipos de servicios que presta: Tabla 0.1: Magnitudes Eléctricas, Tabla 0.2: Magnitudes de Presión, Tabla 0.3: Magnitudes de Temperatura, Tabla 0.4: Magnitudes de Tiempo, Tabla 0.5: Magnitudes de Alta Frecuencia.

Magnitudes Eléctricas

Tabla 0.1: Magnitudes Eléctricas.

Magnitud	Rango	Instrumentos a Calibrar
Voltaje DC-AC	0mV - 1100V	Multímetros digitales 7 ½ dígitos
Corriente DC- AC	0uA - 11 A	
Resistencia	1 Ω - 100 M Ω	
Frecuencia	10 Hz – 30MHz	

Tabla de valores de las magnitudes eléctricas, rangos e instrumentos a calibrar utilizadas en los laboratorios del CMEE. Elaborado por: Jonathan Zapata.

Magnitudes de Presión

Tabla 0.2: Magnitudes de Presión.

Magnitud	Rango	Instrumentos a calibrar
Presión	-15 a 0 PSI (Exac. 0.05%)	Manómetros, calibradores, transmisores, medidores, registradores, monitores de presión, vacuómetros
	0 a 5 PSI (Exac. 0.25%)	
	5 a 3000 PSI (Exac. 0.015%)	
	3000 a 10000 PSI (Exac. 0.25%)	

Tabla de valores de las magnitudes de presión, rangos e instrumentos a calibrar utilizadas en los laboratorios del CMEE. Elaborado por: Jonathan Zapata.

Magnitudes de Temperatura

Tabla 0.3: Magnitudes de Temperatura.

Magnitud	Rango	Instrumentos a Calibrar
Temperatura/comparación	-40 °C a 962 °C	Multímetros, termocunas termocuplas, termómetros digitales y analógicos, termo reactores, termo agitadores,
Temperatura/simulación	-200 °C a 1200 °C	
Temperatura/radiación	-30 °C a 400 °C	

Tabla de valores de las magnitudes de temperatura, rangos e instrumentos a calibrar utilizadas en los laboratorios del CMEE. Elaborado por: Jonathan Zapata.

Magnitudes de Tiempo

Tabla 0.4: Magnitudes de Tiempo.

Magnitud	Rango	Instrumentos a Calibrar
Tiempo cronómetro	0 a 3 min, 0 a 10 min, 0 a 30min, 0 a 60 min	Cronómetros
Tiempo horómetro	0 a 60 min	Horómetros

Tabla de valores de las magnitudes de tiempo, rangos e instrumentos a calibrar utilizadas en los laboratorios del CMEE. Elaborado por: Jonathan Zapata.

Magnitudes de Alta Frecuencia

Tabla 0.5: Magnitudes de Alta Frecuencia

Magnitud	Rango	Instrumentos a Calibrar
Generación de frecuencia	100 KHz a 20 GHz	Generadores de señales, generadores y contadores de frecuencia, osciloscopios, analizadores de espectro, analizadores de redes, atenuadores
Medición de frecuencia	10 Hz a 20 GHz	
Potencia	-70 dbm a 44 dbm	

Tabla de valores de las magnitudes, rangos e instrumentos a calibrar de alta frecuencia utilizadas en los laboratorios del CMEE. Elaborado por: Jonathan Zapata

- Direccionamiento Interno del CMEE

Se presenta en la Tabla 0.6 la información correspondiente al direccionamiento IPv4 utilizado en el CMEE, de tal forma se detalla de forma específica la información de las redes configuradas en el Router Central y en el Router Mikrotik, así como las tablas de enrutamiento y direccionamiento de los laboratorios y oficinas que forman parte de la institución.

Tabla 0.6: Direccionamiento IPv4 de la Red de Comunicación del CMEE.

Direccionamiento Red de Comunicación del CMEE				
Router Mikrotik				
Dispositivo	Address	Network	Interface	Descripción
Router	1X6.4.1x9.224/27	1X6.4.199.224	Ethernet1-Gateway	conexión al ISP
Router	192.168.0.252/24	192.168.0.0	Ethernet2 - Master Local	Intranet del CMEE
R- Switch	192.168.1.252/24	192.168.0.0	Ethernet3 - Slave Local	Intranet del CMEE
R-Switch	192.168.2.252/24	192.168.0.0	Ethernet4 - Slave Local	Intranet del CMEE
Router	0.0.0.0/0	0.0.0.0	Ethernet2 - Master Local	Intranet del CMEE
Router	X0.21.192.231/24	X0.21.192.0	Ethernet5 - Slave Local- - Vlan5	Agrucomge - cero papeles
Router	X00.93.255.70	X00.93.255.69	PPTP-out1	PPTP- cliente
Router	192.168.0.251/24 hacia 1X6.4.199.230/27	192.168.0.0 – 1X6.4.199.224	Ethernet1-Gateway	Conexión Servidor Ubuntu
Oscilador Rubidio	192.168.0.79	192.168.0.0	Ethernet1	Conexión con el router
Common View	1X6.4.199.236	1X6.4.199.224	Ethernet1	Conexión con la Red CMEE
Servidor NTP	192.168.0.77 1X6.4.199.236	192.168.0.0 1X6.4.1X9.224	Ethernet1 Gigabit ethernet	Conexión con Intranet Conexión Servicio NTP

Direccionamiento IP de la Red de Comunicación del CMEE, asignación de redes para el router central mikrotik. Elaborado por: Jonathan Zapata

Se detalla también a continuación la asignación individual de direcciones IPv4 para funcionarios, aplicaciones, departamentos y laboratorios existentes en el CMEE

Tabla 0.7: Direccionamiento IP para funcionarios, aplicaciones, departamentos y laboratorios existentes en el CMEE

Rango - Dirección IP	Departamento	Responsable
192.168.0.3	Director	Tern Cajas
192.168.0.6	Jefe de Calidad	Sgtp Tipan
192.168.0.7	Jefe Técnico	Cap Garzón
192.168.0.8	Jefe Administrativo	Sgts Guachi

192.168.0.10	Amanuense Logística	Sgtop Curay
192.168.0.11	Amanuense Personal	Sldo Shirbe
192.168.0.12	Marketing	Cbop Mejía
192.168.0.13	Servicio Cliente	Cbop Topa
192.168.0.15	Router Administrativo	Router
192.168.0.16	Router Laboratorios	Router
192.168.0.17	Laboratorios	Fill Point
192.168.0.18	Secretaria	Srt Nancy Mora
192.168.0.19	Activos Fijos	Cbop Rodríguez
192.168.0.20	Asistente de Calidad	Cbop Safla
192.168.0.25-192.168.0.28	Lab. Alta Frecuencia	Cbo's Tipan - Narvaez
192.168.0.31-192.168.0.33	Lab. Presión	Cbo's Toaquiza - Castillo
192.168.0.38-192.168.0.39	Lab. Tiempo	Cbop Luna – Sgtop Cardenas
192.168.0.41-192.168.0.46	Lab. Temperatura	Cbo's Herrera – Panchi - Cuambal
192.168.0.101	Reloj display- Lab. Tiempo	Sgto. Freddy Cardenas
192.168.0.120	Servidor – Lab Presión	Field Point
192.168.0.121-192.168.0.146	Administrativo	Libre Personal Técnico

Asignación del direccionamiento IP interno, para funcionarios, aplicaciones, departamentos y laboratorios existentes en el CMEE. Elaborado por: Jonathan Zapata

- Personal Técnico del CMEE

Personal directamente relacionado con la participación en el desarrollo de la magnitud designada, tiempo y frecuencia

Tabla 0.8: Personal Técnico - Administrativo del CMEE

Nombre	Cargo	Área
Edison Safla	Jefe del Departamento de Calidad	Departamento de Calidad
Jorge Noboa	Jefe del Departamento Técnico	Departamento Técnico
José Velasco	Jefe del Departamento Administrativo	Departamento Administrativo
Fredy Cárdenas	Observador Técnico	Laboratorio de Tiempo
Luna Leonardo	Subrogante del Observador Técnico	Laboratorio de Tiempo

Rómulo Rodríguez	Responsable Técnico	Laboratorio de Tiempo
Alex Vinces	Responsable Técnico	Laboratorio de Tiempo
Carlos Chilingua	Responsable Técnico	Laboratorio de Tiempo
Ana Morocho	Responsable Técnico	Laboratorio de Tiempo
Luis Tipan	Observador Técnico	Lab. de Alta Frecuencia
Klever Zuñiga	Responsable Técnico	Lab. de Alta Frecuencia
Segundo Yaselga	Responsable Técnico	Lab. de Alta Frecuencia

Se muestra a continuación el personal Técnico/Administrativo que es el encargado de las funciones de CMEE. Fuente: (MT-CMEE, 2016, pág. 11). **Elaborado por:** Jonathan Zapata

Anexo 2

Implementacion De La Propuesta

- Configuracion del Oscilador de Rubidio – Guian Fei

Se presenta, el proceso por el cual se da inicio a la ejecución del software del Oscilador de Rubidio en el que se observa los parámetros por los cuales opera el mecanismo.

Paso 1: Ingreso al programa que se encuentra como acceso directo en el escritorio (US5G_GUI_23_Oc) como se muestra a continuación.

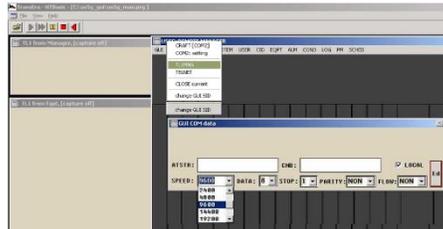
Figura 0.1: Inicio de la Interfaz Gráfica de Usuario



Paso 2: Configurar COM2 (PC GUI)

Al usarlo por primera vez el puerto COM1. Clic en **COM2: setting**, a continuación se desplazara otra ventana.

Figura 0.2: Configurar COM2 (PC GUI)



Nota: estos equipos están configurados por defecto en: 9600 bits / s, 8 bits de datos, 1 bit de parada, sin paridad, sin control de flujo.

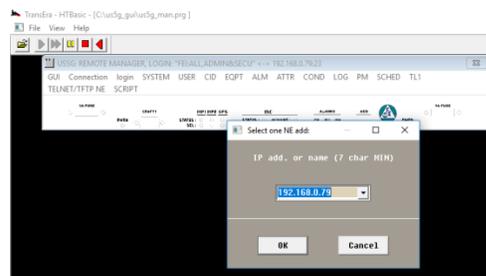
Paso 3: Establecer la conexión física a la US5Ge UNISYNC en TL1MNG

Figura0.3: Conexión física a la US5Ge UNISYNC en TL1MNG



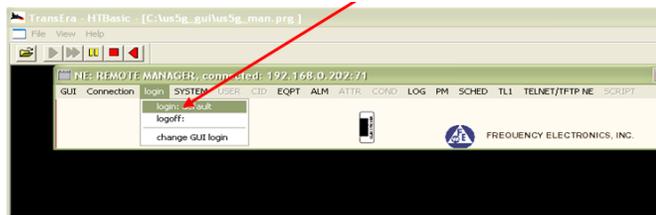
Paso 4: La conexión física se establece colocando la dirección IP que conectará con el Oscilador de Rubidio, cuya nueva dirección IPv4 es 192.168.0.79

Figura0.4: Conexión física a la US5Ge UNISYNC en TL1MNG



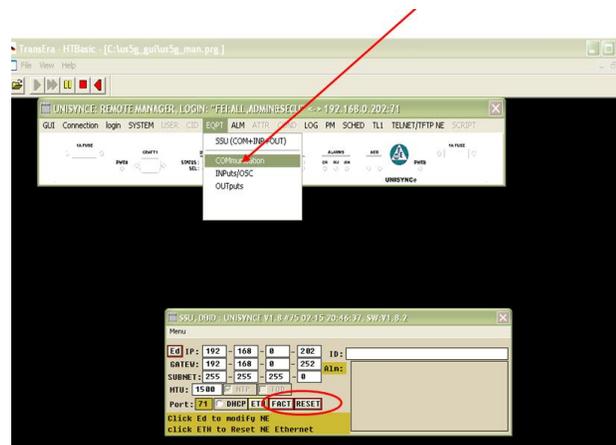
Paso 5: Abrir una sesión de usuario (**LOGIN: default**)

Figura 0.5: Sesión de usuario (**LOGIN: default**)



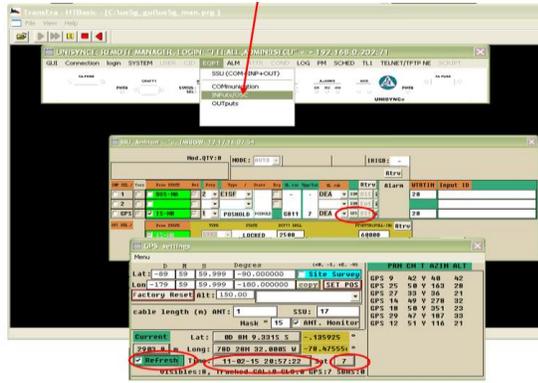
Paso 6: Se verifica la comunicación que se tiene, dando clic en **Communication** el cual desplegara una ventana donde se muestra el direccionamiento que tiene el sistema (DIECCION IP), en la que por ningún motivo, se debe presionar **FACT** y **RESET**, por situaciones de configuración.

Figura 0.6: Verificación de la comunicación - Communication



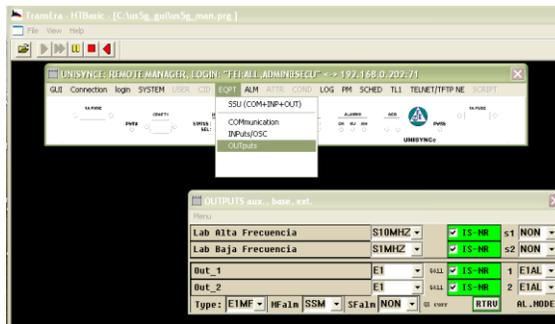
Paso 7: A continuación, clic en **INPutS/OSC**, se desplegará una ventana en la que se debe seleccionar **GPS**, a su vez desplegará otra ventana donde se puede notar la cantidad de satélites que se encuentran enganchados (en este caso tenemos 7), adicional la situación posicional latitud, longitud, altitud y lo más relevante la hora UTC, cabe recalcar que se puede mantener una actualización con los satélites únicamente presionando **Refresh**.

Figura 0.7: Selección de INPutS/OSC



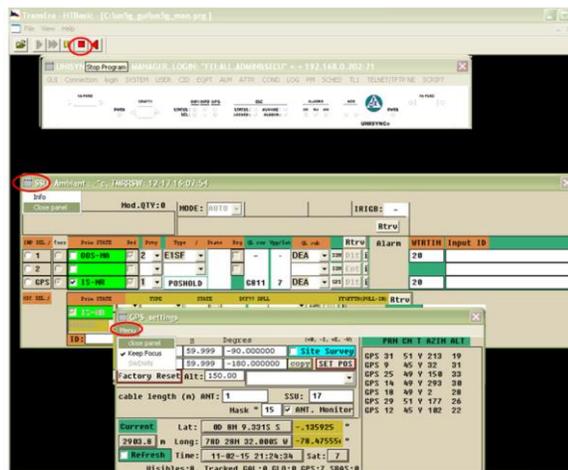
Paso 8: En este paso, clic en **OUTputs**, se puede notar las salidas programables (1, 5, 10Mhz) de señal de frecuencia que están distribuidos en los diferentes laboratorios.

Figura 0.8: Selección de las salidas programables



Paso 9: Para salir de estas últimas dos ventanas a continuación en la gráfica se puede notar la forma de hacerlo, adicional si se quiere parar, pausar o detener el programa, en la parte superior izquierda existen tres teclas las que permiten estas opciones.

Figura 0.9: Opciones para ejecutar el programa

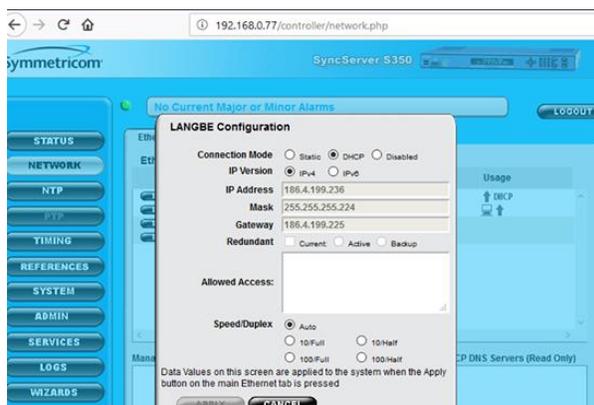


- Configuración del Servidor NTP S350

A continuación se presenta la configuración del servidor NTP s350 según los requerimientos de la institución y los parámetros establecidos.

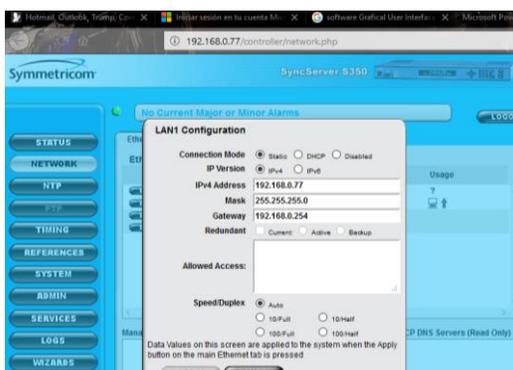
1. Para establecer la conexión remota entre el servidor NTP s350 y la interface web intuitiva, primero se configura en el dispositivo, la red LAN1 a través del panel frontal que posee el dispositivo.
2. Configuración de la Red Gigabit a través de la dirección IP privada 186.4.199.236, la cual ofrece el servicio dhcp, para los usuarios que requieran el servicio de sincronización con el servidor NTP del CMEE.

Figura 0.10: Configuración de la Red LAN GBE



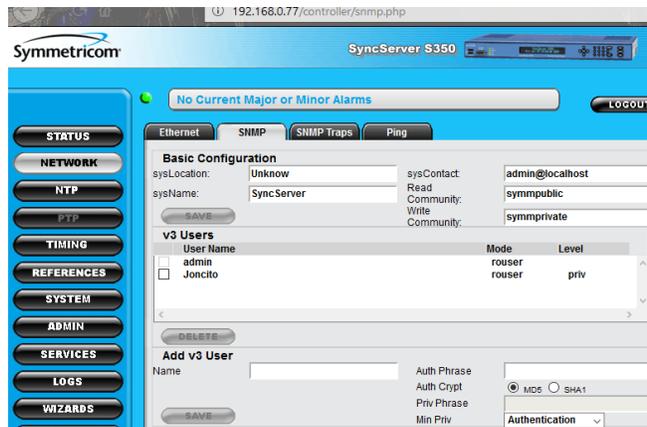
3. Configuración Red LAN Interna 192.168.0.77, la que ayuda a la conexión a la interface web del servidor NTP s350.

Figura 0.11: Configuración Red LAN Interna



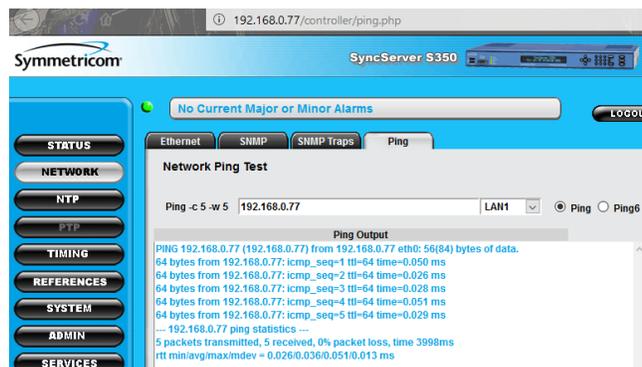
4. Creación de usuarios SNMP.

Figura 0.12: Creación de usuarios SNMP



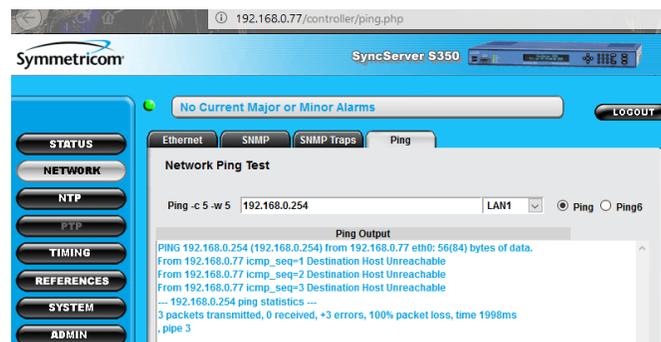
5. Ping para el establecimiento de conexión con la red LAN 192.168.0.77.

Figura 0.13: Ping de comprobación con la red LAN 192.168.0.77



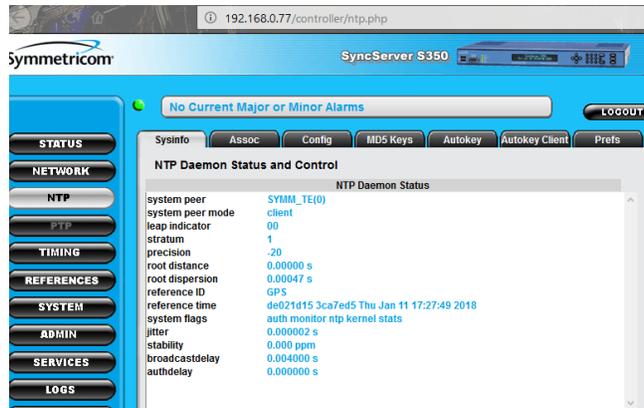
6. Ping para el establecimiento de conexión con el Gateway 192.168.0.254.

Figura 0.14: Ping hacia el Gateway 192.168.0.254



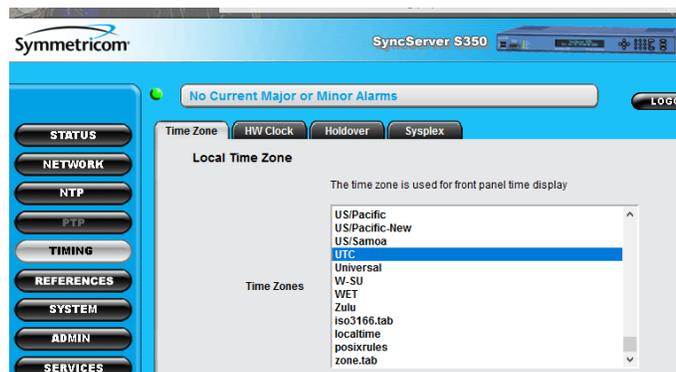
7. Información del sistema NTP

Figura 0.15: Información del sistema NTP



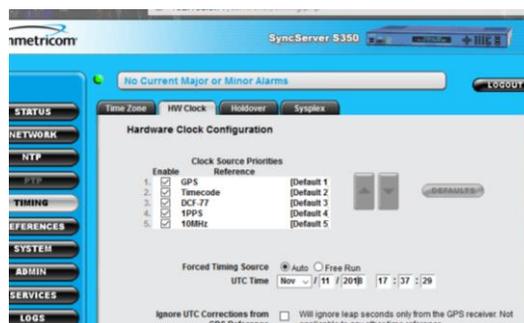
8. Establecimiento de la zona horaria UTC.

Figura 0.16: Selección de la zona horaria UTC.



9. Configuraciones hardware Clock para asignar los parámetros de referencia para el reloj.

Figura 0.17: Configuraciones hardware Clock



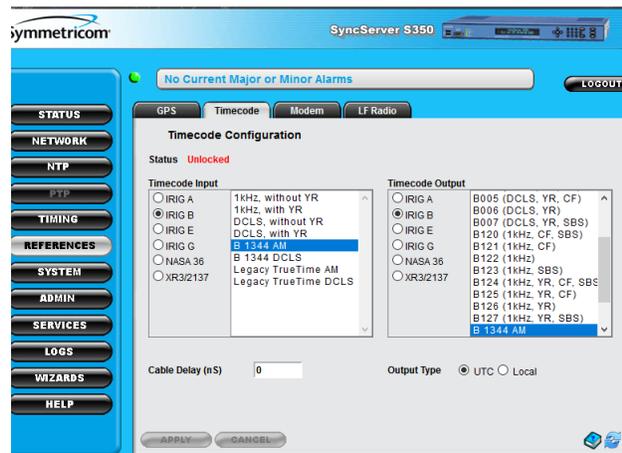
10. Conexión y posicionamiento de las coordenadas de la antena GPS del servidor NTP Latitud: 0° 8' 9.394'' S, Longitud: 78° 28' 32.016'' W y Altura: 2905.04 m; que son las coordenadas de posicionamiento con el satélite determinado.

Figura 0.18: Posicionamiento de las coordenadas de la antena GPS del servidor NTP



11. Configuración de los time codes (códigos de tiempo).

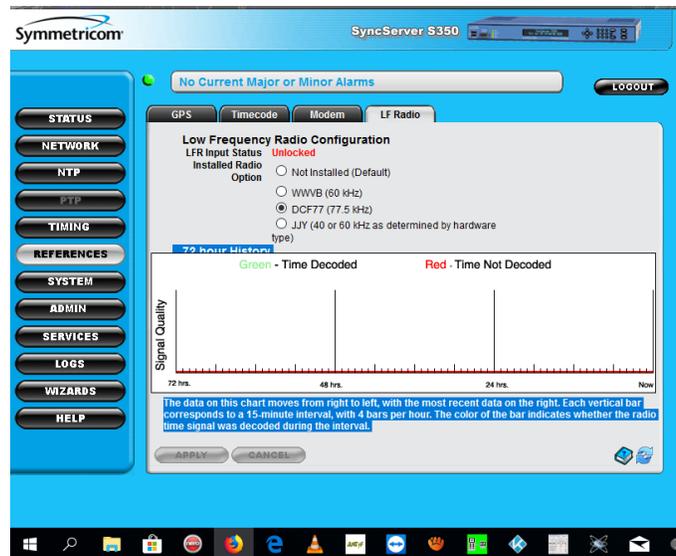
Figura 0.19: Configuración de los time codes



12. Configuración de la señal de Radio. Los datos en este cuadro se mueven de derecha a izquierda, con los datos más recientes a la derecha. Cada barra vertical corresponde a un intervalo de 15 minutos, con 4 barras por hora. El

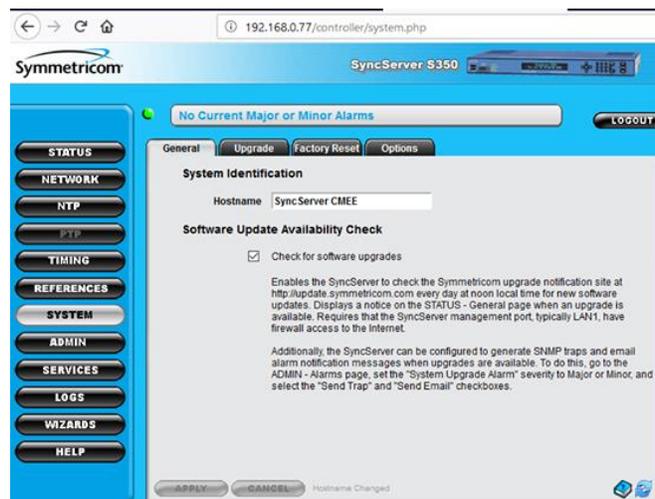
color de la barra indica si la señal horaria de radio fue decodificada durante el intervalo.

Figura 0.20: Configuración de la señal de Radio



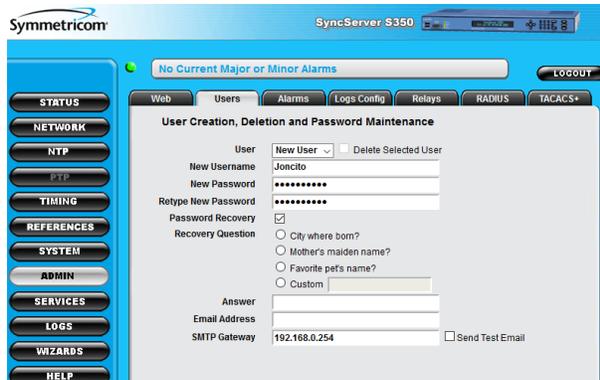
13. Sistema – Configuración de hostname del dispositivo.

Figura 0.21: Configuración de hostname del dispositivo



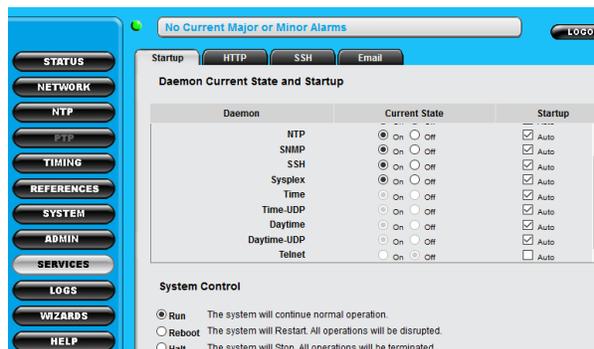
14. Creación de usuario personal en el servidor NTP- admin

Figura 0.22: Creación del Usuario NTP



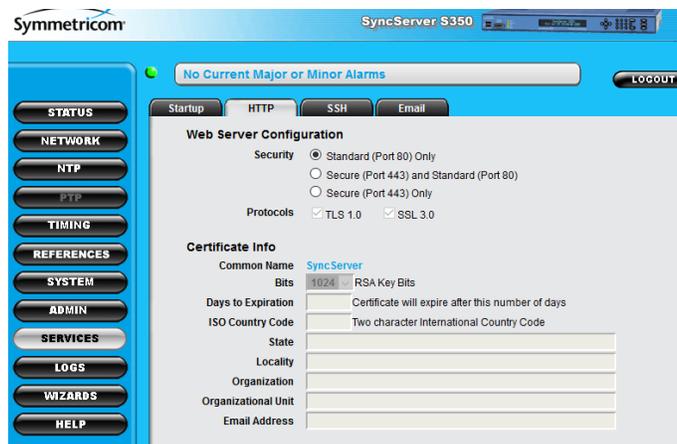
15. Servicios de control y puesta en marcha configurados; se escoge Run:
Ejecutar El sistema continuará la operación normal.

Figura 0.23: Servicios de control



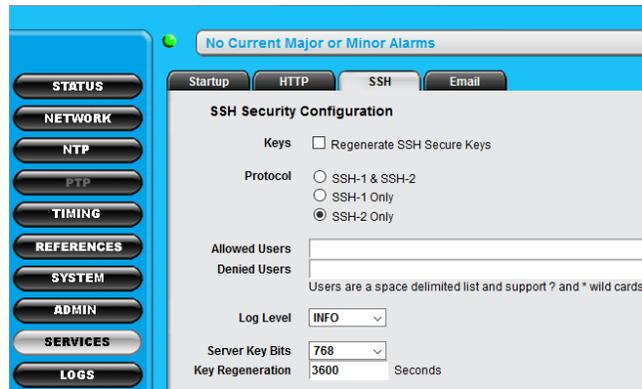
16. Se escoge como seguridad para el dispositivo como tal el Standard (Puerto 80) solamente.

Figura 0.24: Selección de seguridad para el dispositivo



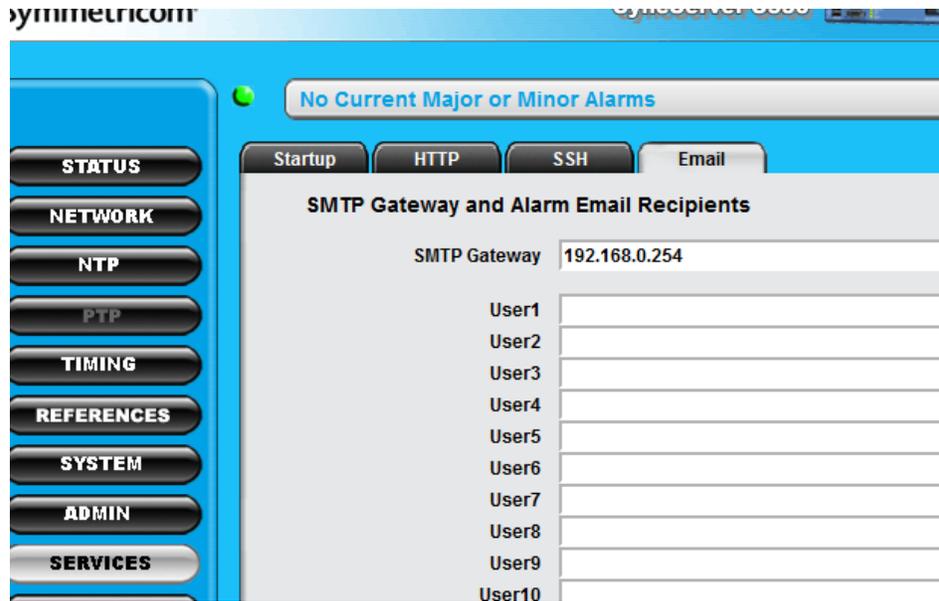
17. Configuración SSH.

Figura 0.25: Configuración SSH



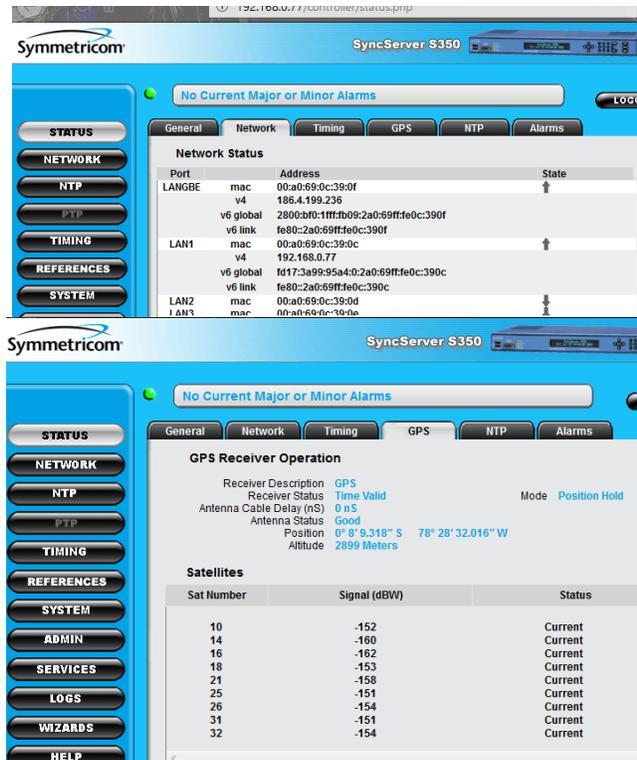
18. Configuración SMTP Gateway y usuarios.

Figura0.26: Configuración SMTP Gateway y usuarios.



19. Interfaces levantadas.

Figura 0.27: Interfaces levantadas.



20. Status de los demonios del servidor NTP s350.

Figura 0.29: Status de los demonios NTP.

