



“Responsabilidad con pensamiento positivo”

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y
TELECOMUNICACIONES

TEMA:

IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE DE MICROONDAS PARA EL
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RETRO-LAVADO EN LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE PUENGASI

AUTOR:

JAIME MAURICIO TITUAÑA MÉNDEZ

TUTOR:

Ing. Mauro Bolagay Egas, Mg

**QUITO, ECUADOR
2020**

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento en primer lugar a Dios, en quien creo y confío para decisión tomada, además de darle gracias por la salud por bienestar personal y familiar, por esa familia unida y solidaria en toda ocasión.

También agradecerles infinitamente a mis padres, quienes siempre supieron apoyarme de una u otra de manera incondicionalmente, además de saber educarme y encaminar por el camino correcto, recibí de ellos los mejores consejos y palabras sabias y los mejores deseos.

Un agradecimiento infinito a todos los docentes con quienes me formé, gracias por impartirme sus conocimientos, gracias por cada palabra sabia, por cada palabra de motivación que me supieron dar incondicionalmente.

DEDICATORIA

A DIOS

Por todas sus bendiciones para seguir luchando por conseguir los sueños y deseos anhelados.

A MIS PADRES JAIME Y MARÍA

Por todo ese apoyo incondicional y desinteresado que supieron dar en todo momento, los deseos de verme triunfar fueron un impulso más para seguir adelante.

A MIS TÍOS

Por estar siempre pendientes y prestos a brindarme su apoyo incondicional, a ellos una dedicatoria más, espero seguir contando con su amistad, su respaldo y sus críticas constructivas para mí.

A MIS ABUELOS

Quienes han sido un ejemplo de unión familiar, de solidaridad y respeto, con estos atributos han plasmado en mí un respeto y admiración especial.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “**IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE DE MICROONDAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RETRO-LAVADO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE PUENGASI.**” presentado por el, **Sr. Jaime Mauricio Tituaña Méndez**, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. Agosto del 2020

TUTOR

.....

Ing. Mauro Bolagay Egas, Mg

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iv
TABLA DE CONTENIDO	1
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
ABSTRACT	12
Antecedentes de la situación objeto de estudio	1
Planteamiento y justificación del problema	2
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
Alcance.....	3
Especificación de los capítulos.....	4
CAPÍTULO 1	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
1.1. Historia de las Comunicaciones inalámbricas	5
1.1.1. Definición	5
1.2. Antena	9
1.2.1. Características funcionales de una antena	10
1.2.2. Evolución de las telecomunicaciones inalámbricas	16
1.3. Microondas	18
1.3.1. Tipos de microondas	18
1.4. Radioenlace.....	19
1.5. Variables en el radio enlace	20

1.6. Radio Mobile	22
1.7. Aplicación de microondas en la actualidad	23
1.7.1. Automatización	24
1.7.2. Clases de automatización.....	25
1.7.3. Automatización de la industria	26
1.7.1. Controlador lógico programable (PLC).....	27
1.8. Estructura de los PLC's	28
1.8.1. Estructura general de los PLC's.....	29
1.8.2. Tipos de PLC's.....	31
1.8.3. Señalización de PLC	33
1.8.4. Funcionamiento de un PLC	33
1.9. Fuente de alimentación.....	35
1.9.1. Advertencias	36
1.9.2. Acceder a los datos del PLC S7-200.....	37
1.9.3. Gestión de PLC S7-200.....	38
CAPÍTULO 2	40
MARCO METODOLÓGICO	40
CAPÍTULO 3	41
PROPUESTA	41
3.1. Beneficios del proyecto.....	42
3.2. Idea integral del proyecto	43
3.3. Factibilidad del proyecto.....	43
3.4. Estudio técnico y elementos	44
3.5. Equipos para la implementación.....	44
3.6. Coordenadas para implementación del radioenlace.....	50
3.7. Esquema de radioenlace oficinas-tanque de retro-lavado	50
3.8. Prefactibilidad de radioenlace con Radio Mobile	53
3.9. Aplicación de ecuaciones para cálculo de radioenlace	56

3.10.	Ventajas de un radio enlace	64
3.11.	Costo del proyecto	64
CAPÍTULO 4		66
IMPLEMENTACIÓN.....		66
4.1.	Desarrollo	66
4.2.	Implementación	70
a)	Implementación de radio microondas	70
Reporte de red generado por Radio Mobile		78
b)	Implementación de PLC	83
c)	Implementación del sensor de nivel Prosonic FMU40	85
4.3.	Pruebas de funcionamiento.....	87
4.3.1	Pruebas de funcionamiento del enlace de microondas	88
4.3.2	Pruebas del sensor FMU40	88
4.3.3	Pruebas de funcionamiento del módulo PLC	89
4.3.4	Visualización de nivel de agua en el sistema SCADA	90
4.3.5	Pruebas de automatización de paro y arranque de válvulas	91
4.4.	Análisis de resultados.....	92
4.5.	Análisis de resultados obtenidos con Radio Mobile vs Cálculos	93
CONCLUSIONES		97
RECOMENDACIONES		99
GLOSARIO DE TÉRMINOS		100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		101
ANEXOS.....		103
Manual de configuración módulo S7-200 STEP 7-Micro/WIN:.....		112
Ejemplo de programación en PLC		114
INTERFACES		115
MANAGEABILITY		115

SECURITY.....	116
ENVIRONMENT	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Espectro de frecuencias electromagnéticas	6
Figura 1.2 Ondas electromagnéticas.	6
Figura 1.3 Oscilador.....	7
Figura 1.4 Primer transmisor de Guillermo Marconi.....	8
Figura 1.5 Comunicaciones avanzadas	9
Figura 1.6 Antenas microonda.....	10
Figura 1.7 Circulación de corriente eléctrica por el conductor	11
Figura 1.8 Campo eléctrico y magnético de una antena	11
Figura 1.9 Diagrama de radiación tridimensional	12
Figura 1.10 Radiación de una antena yagui tridimensional	13
Figura 1.11 Directividad de una antena directiva.....	13
Figura 1.12 Vista de polarización vertical y horizontal.....	14
Figura 1.13 Ancho de banda.....	15
Figura 1.14 Antena bocina	15
Figura 1.15 Radiación de antena parabólica.....	16
Figura 1.16 Evolución de la comunicación	17
Figura 1.17 Estación Base	18
Figura 1.18 Zona de Fresnel.....	22
Figura 1.19 Automatización	24
Figura 1.20 Proceso de la Automatización.....	25
Figura 1.21 Automatización de procesos en planta potabilizadora Puengasí	27
Figura 1.22 Estructura de PLC S7-200	28
Figura 1.23 Tipos de Buses	29
Figura 1.24 Estructura hardware.....	30
Figura 1.25 PLC SIEMENS LOGO V8 - PLC CP1H –OMRON.....	31

Figura 1.26 PLC modular XBM-H con puerto Ethernet - PLC modular AH500 DELTA..	32
Figura 1.27 Plc Simatic S7-300 - Plc SIEMENSs S7-400.....	32
Figura 1.28 Plc Unitronics Vision130 -Plc Unitronics Vision350	33
Figura 1.29 Esquema de un proceso controlado por PLC.....	34
Figura 1.30 CPU S7-200.....	34
Figura 1.31 Módulos de expansión.....	35
Figura 1.32 Fuente de alimentación.....	35
Figura 1.33 Fuente de alimentación.....	36
Figura 1.34 El S7-200 ejecuta las tareas en un ciclo	36
Figura 1.35 Ejecutar proceso cíclico.....	37
Figura 1.36 Requisitos para acceso a PLC S7-200.....	38
Figura 1.37 Cable de datos FTP categoría 5e.....	39
Figura 1.38 Cable de datos FTP categoría 5e.....	39
Figura 3.1 idea integral del sistema	43
Figura 3.2 HALO-200IA.....	45
Figura 3.5 CPU SIEMENS S7-200.....	47
Figura 3.6 Fuente SIEMENS LOGO! Power.....	47
Figura 3.7 SIEMENS CP 2431 Ethernet.....	48
Figura 3.8 Módulo SIEMENS EM 231	49
Figura 3.9 Sensor FMU40.....	49
Figura 3.10 Sistema de radioenlace	50
Figura 3.11 Cobertura de la localidad.....	51
Figura 3.12 Elevación del terreno entre puntos.....	52
Figura 3.15 Lóbulo de radiación 2D Antena Rx	52
Figura 3.17 Lóbulo de radiación 2D Antena Tx.....	53
Figura 3.19 Perfil de radioenlace con Radio Mobile	54
Figura 3.20 Perfil de radioenlace de Google Earth.....	54

Figura 3.21 Zona de Fresnel despejada.....	55
Figura 3.22 Posición geográfica del nodo principal	55
Figura 3.23 Zona de Fresnel.....	56
Figura 3.24 área de despeje	57
Figura 4.1 Caja térmica en mal estado	66
Figura 4.2 Reemplazo de caja térmica y reactivación de energía eléctrica	67
Figura 4.3 Readecuación de caja de protección para equipos electrónicos	67
Figura 4.4 Depuración de elementos inactivos.....	68
Figura 4.5 Instalación de placa para sensor de nivel de agua.....	68
Figura 4.6 Instalación de placa para sensor de nivel de agua.....	69
Figura 4.7 Instalación de transformador de tensión 420V a 110 V	69
Figura 4.8 Despeje de línea de vista para enlace microondas	70
Figura 4.9 Evaluación de infraestructura física	71
Figura 4.10 Equipamiento interno	72
Figura 4.11 Tanque de retro-lavado(reservorio).....	72
Figura 4.12 instalación de microonda transmisora (Tx)	73
Figura 4.13 Antena tipo panel HALO 200IA vista frontal	74
Figura 4.14 Antena tipo panel HALO 200IA vista posterior	74
Figura 4.15 Tipo de conectorización antena HALO 200IA	74
Figura 4.16 Vista hacia tanque de retro-lavado	75
Figura 4.17 Limpieza y mantenimiento para acceso	76
Figura 4.18 Ubicación de oficinas administrativas.....	76
Figura 4.19 Ubicación del tanque de retro-lavado.....	77
Figura 4.20 Perfil con niveles aceptables.....	77
Figura 4.21 Zona de Fresnel.....	78
Figura 4.22 Perfil en Google Earth.....	79
Figura 4.23 Instalación de antena de receptora (Rx)	79

Figura 4.24 Carcaza metálica con puesta a tierra	80
Figura 4.25 Pruebas de conectividad de radioenlace	81
Figura 4.26 Herramienta de análisis del espectro	82
Figura 4.27 Información general de configuración microonda receptora.....	82
Figura 4.28 Información general de configuración microonda transmisora	83
Figura 4.29 Generando de tráfico en el radioenlace a media capacidad	83
Figura 4.30 Trabajos de laboratorio.....	84
Figura 4.31 Pruebas de programación.....	84
Figura 4.32 Generador de señal analógica	85
Figura 4.33 Generador de señal analógica	86
Figura 4.34 Placa de soporte para sensor de nivel de agua	86
Figura 4.35 Medición de profundidad de tanque	87
Figura 4.36 Ajuste de sensor para nivel máximo	88
Figura 4.37 Ajuste de sensor para nivel mínimo	89
Figura 4.38 Implementación de Sensor FMU40	89
Figura 4.39 Bloque de programación PLC.....	90
Figura 4.40 RUN de sistema lógico PLC.....	90
Figura 4.41 Vista panorámica de sistema SCADA.....	91
Figura 4.42 Vista panorámica de sistema de bombas SCADA	91
Figura 4.43 Bombas de abastecimiento de agua para tanque retro-lavado planta Puengasí	92
Figura 4.44 Operación de módulo PLC	93
Figura 4.45 enlace de radio en UP	94
Figura 4.46 Pruebas de PING en el sistema inalámbrico	95
Figura 4.47 interacción del sistema con SCADA	96

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES	17
TABLA 1.2 CARACTERÍSTICAS DE UNA ESTACIÓN BASE Y ABONADO.....	20
TABLA 1.3 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	26
TABLA 1.4 MÓDULOS PLC	30
TABLA 1.5 CICLOS	36
TABLA 1.6 PASOS PARA GESTIONAR UN PLC.....	38
TABLA 3.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA.....	45
TABLA 3.2 DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA.....	50
TABLA 3.3 INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO DE RADIOENLACE	58
TABLA 3.4 COTIZACIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTO	64
TABLA 4.1 CUMPLIMIENTO DE ENLACE DE MICROONDAS.....	94
TABLA 4.2 PRUEBAS DE COMUNICACIÓN.....	95
TABLA 4.3 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA SCADA.....	96

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Cálculo de Zona de Fresnel en el punto medio	58
Ecuación 2 Cálculo de zona de Fresnel en varios puntos	58
Ecuación 3 Pérdidas por trayectoria en el espacio libre.....	59
Ecuación 4 Cálculo de margen de desvanecimiento.....	61
Ecuación 5 Presupuesto del enlace	63
Ecuación 6 Cálculo de la Potencia Irradiada Efectiva Isotrópica.....	63

RESUMEN

El presente documento, expone la implementación de un canal de comunicación vía microondas, aplicando el esquema de un sistema comunicación punto a punto. A través de este canal funcionará el proceso automático de lavado de los filtros de agua, denominada proceso de retro-lavado, el proyecto se ejecutó en la planta potabilizadora de Puengasí ubicada en la provincia de Pichincha, ciudad de Quito.

El sistema de comunicación consta de un par de antenas de radio enlazados entre sí y que operarán en la banda de frecuencia no licenciada que comprende desde 5.125 GHz a 5.350 GHz, la separación entre el transmisor y receptor es de 500 metros que comprende dentro de la propiedad de la planta de Puengasí.

Dispositivos de control, serán parte del sistema, esto comprende sensor de nivel, modulo PLC S7-200, y módulo de extensión, sistema SCADA, los datos enviados por el sensor de nivel de agua, son procesados a través de la red implementada para poder ser expuesto en el sistema SCADA y comprendida por el operados a través de un monitor.

Palabras claves: Microondas, automatización, frecuencia, antenas, modulo PLC, sensor de nivel, radio frecuencia, SCADA.

ABSTRACT

This document shows the implementation of a communication channel via microwave, applying the scheme of a point-to-point communication system. The automatic water filter washing process, called the backwash process, will work through this channel. The project was carried out at the Puengasí water treatment plant located in the province of Pichincha, city of Quito.

The communication system consists of a pair of radio antennas linked together and that will operate in the unlicensed frequency band that ranges from 2.4 GHz to 5.8 GHz, the separation between the transmitter and receiver is 500 meters that includes within the property of the Puengasí plant.

Control devices will be part of the system, this includes level sensor, S7-200 PLC module, and extension module, SCADA system, the data sent by the water level sensor is processed through the implemented network to be able to be exposed in the SCADA system and understood by the operator through a monitor.

This work is carried out as a final year project of the Israel Technological University located in the city of Quito.

Keywords: Microwave, automation, frequency, antennas, PLC module, level sensor, radio frequency, SCADA.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes de la situación objeto de estudio

Un primer trabajo de Washington (2014), lleva el presente título: “Automatización del proceso de retro-lavado de los filtros de la planta de tratamiento de agua e implementación de un sistema HMI para los procesos de filtrado y retro-lavado para la planta de tratamiento de agua potable”: el proyecto trata sobre la automatización de lavado en los filtros, que son utilizados en las plantas de tratamiento de agua potable. Esto ayuda a la purificación y limpieza de residuos contaminantes y dañinos para la salud humana. Con la ejecución del proyecto se consiguió mejora el proceso de retro-lavado; gracias al reemplazo del sistema controlado a través de relés a un sistema controlado por PLC`s de marca SIEMENS modelo S71200, con lo cual se logró la reducción de costos por mantenimiento y operación. (Freire & Silva , 2014)

Un segundo proyecto de Santiago (2015), plantea el proyecto:” Sistema inalámbrico para control y monitoreo de la planta de tratamiento de agua potable”: la solución a la problemática se proyecta al diseño en implementación de un sistema para controlar y monitorear la planta de agua potable, por medio de un enlace de microondas, el uso de un sistema SCADA y equipos PLC’s como receptor y transmisor de información de y hacia los sensores en cada etapa (captación, tratamiento y distribución del líquido vital) están dentro de las propuestas a la solución. (Altamirano Meléndez & Chico Analuisa, 2015)

El proceso tiene tres etapas que son: Captación, Tratamiento y Distribución del agua, toda etapa es controlada por un PLC el cual capta la información de los parámetros del nivel, caudal y turbidez del líquido, desde los sensores colocados en todo el sistema. De acuerdo con el valor de estas variables el PLC transmite los datos a las electroválvulas colocadas para cada etapa, las mismas que se abrirán o cerrarán de acuerdo con las condiciones inicialmente establecidas. Este proceso es ejecutable de forma local o remota, ya que los PLC’s están en comunicación permanente por medio de un enlace de microondas, que permite monitorear

en tiempo real todas las etapas del sistema de tratamiento. (Altamirano Meléndez & Chico Analuisa, 2015).

Un tercer proyecto realizado por José (2014), se describe como:” Automatización del proceso de filtrado en una planta potabilizadora de agua”: el proyecto se trata de implementar un control automático en una planta de procesamiento de agua potable, con el propósito poner fin la problemática de manejo manual del sistema que genera pérdidas económicas en la operación del sistema. Con el sistema automatizado se generará una secuencia para el lavado de filtros de forma automática ya calibrado en el momento de saturación de residuos contaminantes, y así poder mantener el agua limpia antes de entrar a la etapa de la desinfección y distribución para su consumo. (Florez José, 2013)

Planteamiento y justificación del problema

Actualmente la planta de tratamiento de la empresa pública de agua Quito, ubicado en la ciudad de Quito sector de Puengasí, presenta problemas de deterioro del cable de datos, el cual es usado para el control y monitoreo dado que el sistema de retro-lavado de la planta potabilizadora. Por ende, el funcionamiento actual del sistema es a través de una alarma sonora en el centro de mando, con esta señal auditiva el operador cierra de maneja manual la válvula de agua instalada en el tanque con mayor elevación con respecto a los tanques a ser lavados, finalizado esta etapa, el usuario puede proceder con la liberación del fluido para el mantenimiento diario que se debe dar a los filtros o tanques.

El sistema se interconecta a través de un cable eléctrico de 16 mm, el cual se encuentra con desgastes por la exposición a factores atmosféricos. Esto implica daños en su capa aislante, corrosión entre otros existiendo una alta posibilidad de ruptura. Esto ocasionaría la pérdida de comunicación con el sensor de control del volumen de agua y la válvula, provocando desbordamiento del agua sin control remoto alguno. La comunicación actual es intermitente, retardada y con una alta posibilidad de su caída total, con la implementación del enlace de microondas, se evitará comunicación cableada y extensa entre el centro de mando y el sistema de retro-lavado, la comunicación será estable y la velocidad de comunicación será lo suficientemente rápida (10 Mbps) para enviar y recibir información en tiempo real entre el gestor del sistema y los dispositivos PLC's instalados en los tanques de agua.

Objetivo General

- Implementar un canal de comunicación a través de un enlace de microondas, para el mejoramiento del sistema de retro-lavado, de la planta potabilizadora de agua potable de Puengasí ubicado en la ciudad de Quito.

Objetivos Específicos

- Realizar el estudio de ingeniería para la implementación de un enlace microonda punto a punto.
- Construir el diseño del radio enlace a través del software RADIO MOBILE
- Implementar el radio enlace.
- Ejecutar pruebas de estabilidad y saturación del radio enlace.

Alcance

- El proyecto logrará establecer una comunicación estable, confiable y eficiente entre el centro de mando y el sistema de retro-lavado a través de un enlace de microonda.
- El proyecto establecerá la interconexión de las microondas a una distancia de 500 m aproximadamente, en la banda libre de 5.150 a 5.350 GHz.
- El proyecto mejorará el funcionamiento del sistema actual, para lo cual se reemplazará el medio de comunicación y de ser necesario se reemplazará sensores de medición del nivel de agua y reprogramación de las variables de los PLC's que son parte del sistema.
- En el proceso de pruebas de todo el sistema, se realizará el monitoreo y evaluación del funcionamiento del sistema durante 5 días, antes de la entrega final del proyecto.
- Para la instalación de las antenas de microondas se usará la torre ventada disponible en la planta de agua potable.

- No está contemplado dentro del proyecto, la manipulación del software de gestión del sistema, actualización o cambio de este.
- El proyecto será aprobado y recibido directamente por el departamento administrativo de la planta de Puengasí.

Especificación de los capítulos.

En los capítulos a continuación, se describirá los detalles y procedimientos para realizar la IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE DE MICROONDAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RETRO-LAVADO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE PUENGASI.

Capítulo 1: Se dará a conocer casos de éxito en la implementación del sistema a plantas potabilizadoras, a si también un preámbulo en general de las tecnologías de las comunicaciones inalámbricas desde sus inicios, los avances y desarrollos de la tecnología en el tiempo.

Capítulo 2: Se detallará los diferentes métodos de investigación implementado para el desarrollo del proyecto, esto bajo criterios de algunos autores que describen la ampliación de los métodos según su criterio, además se describirá las diferentes fases involucradas para el desarrollo del proyecto.

Capítulo 3: Se describirá algunos beneficiarios directa e indirectamente en la implementación del proyecto, además de los estudios previos realizados en sitio y detalles de los equipos a instalar.

Capítulo 4: Se realizará la descripción detallada del proceso para llevar a la ejecución de la implementación de los equipos de comunicación inalámbrica y equipos de automatización, también en este capítulo se realizará un análisis de fallas, en caso de haberlas se deberá trabajar en la solución de esta. El análisis del funcionamiento en general para determinar si se obtendrá los resultados esperados para el proyecto.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El presente documento, tiene como propósito desarrollar una implementación mediante un enlace microondas, con lo cual se solventará la problemática del proceso de retro-lavado de la planta de Puengasí.

Soluciones similares se han dado en diferentes plantas de procesamiento de agua potable en el Ecuador, dichas soluciones se aplican de manera similar, esto puede ser utilizando diferentes métodos de comunicación entre el gestor y los puntos a controlar, sean estos para retro-lavado, monitoreo de calidad del agua, purificación, entre otras aplicaciones, esto siempre a través de un medio de comunicación, sea esto por microondas o cableadas, de acuerdo con las necesidades.

Para llevar a cabo y de manera exitosa la implementación del proyecto, es necesario el estudio y la investigación de varios temas de interés, tales como el estudio de las microondas, equipos de control, medición, entre otros que se detallarán a continuación.

1.1. Historia de las Comunicaciones inalámbricas

1.1.1. Definición

Por primera vez en la historia de la humanidad un nuevo descubrimiento define las teorías de ondas electromagnéticas, una propuesta de la teoría electromagnética establece que las ondas electromagnéticas dentro del campo magnético tienden a extenderse en el espacio libre, así como se puede apreciar en la figura 1.1.

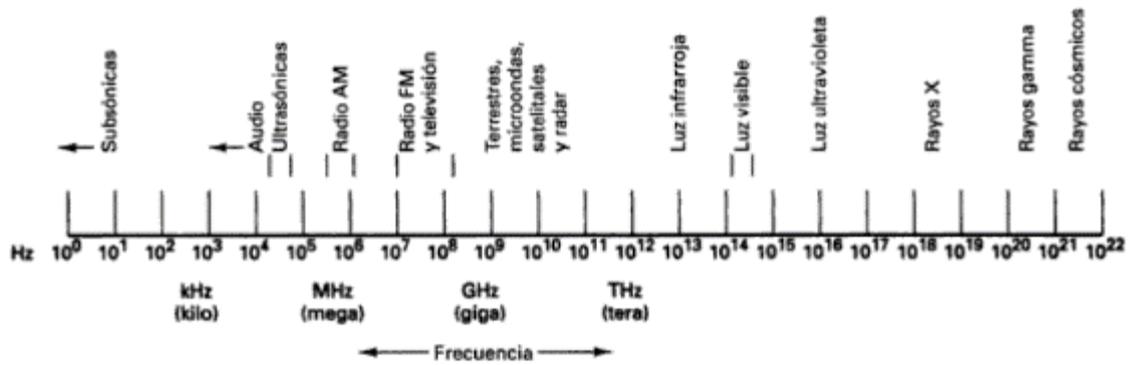


Figura 0.1 Espectro de frecuencias electromagnéticas
Fuente (Tomasi, 2003)

En 1880 Alexander Graham Bell creó un experimento llamado “fotófono” con el cual ensayó pruebas de comunicación a corta distancia, este experimento consistía básicamente en modular un rayo de luz solar enfocado y este enviado a través del espacio libre hacia un receptor que se encontraba cerca al transmisor.

De cierta manera el experimento fue exitoso, pero con muchas dificultades por resolver, estas principalmente, los obstáculos para la transmisión de la luz en el área libre, por esta razón se enfrentaba, perturbaciones atmosféricas, polvo, etc. Además, que en aquel tiempo aún no se disponía de equipos sofisticados para el desarrollo tecnológico, una breve descripción gráfica de las pruebas del laboratorio del fotófono, Figura 1.2.

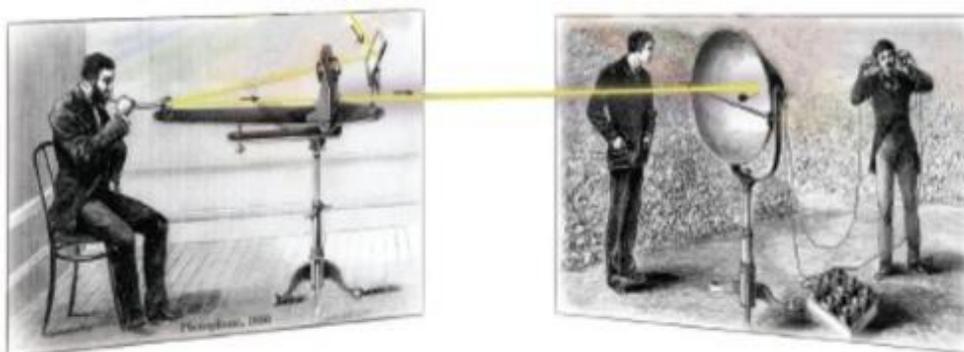


Figura 0.2 Ondas electromagnéticas.
Fuente (Ibarra, 1999)

Hertz expuso, en 1887, que la energía eléctrica podía ser enviada a través de ondas electromagnéticas que viajan por el aire. Aquel experimento, que estaba conformado de un oscilador y un resonador, fue fundamental para las ideas de Maxwell fueran confirmadas y dejó entrever la posibilidad de generar y transmitir ondas eléctricas a distancia y recuperarlas mediante un aparato receptor, así como se expone en la Figura 1.3.

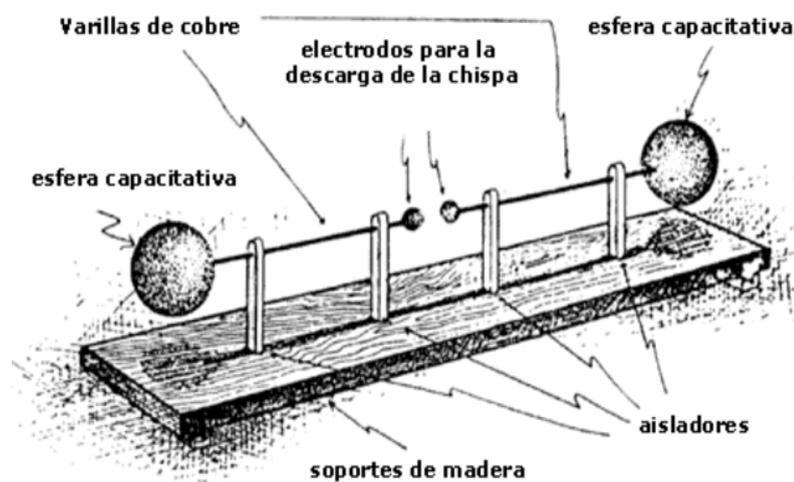


Figura 0.3 Oscilador
Fuente (Ibarra, 1999)

En 1894, Guillermo Marconi inició con experimentos integrando los últimos descubrimientos realizados por Hertz, basándose en lo expuesto por este personaje, Guillermo crea un transmisor y un receptor, el cohesor de Branly y las antenas de Aleksander Popov para la detección de las ondas. Con estos experimentos realizados comprobó que las distancias de las transmisiones de las ondas electromagnéticas que se efectuaban en aquel tiempo se podían ser mejoradas, utilizando antenas altas verticales, como prueba de esto en 1894 se transmite exitosamente a una distancia de 3 Km.

Tomando como punto de partida los desarrollos de los diferentes inventores se inició la utilización de las ondas electromagnéticas en diferentes aplicaciones y el desarrollo de la tecnología inalámbrica, esto contribuyó al desarrollo de una amplia difusión mundial, tanto para las comunicaciones terrestres y marítimas con gran éxito. En 1896 Alexander Popov logra por primera vez la transmisión de un mensaje de texto que fue “Heinrich Hertz”, esta transmisión se realizó en un trayecto de 250 metros, en dos edificios de la Universidad de San Petersburgo.

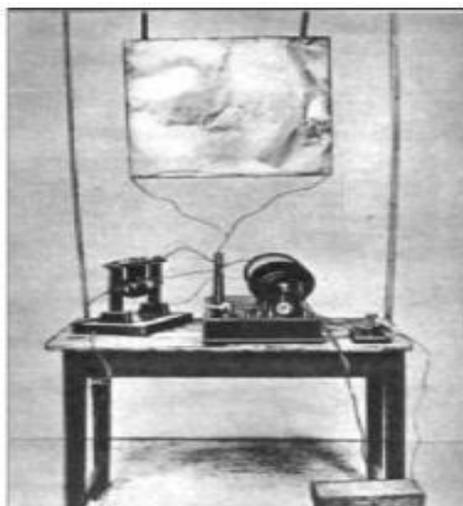


Figura 0.4 Primer transmisor de Guillermo Marconi
Fuente (Szymanczik, 2013)

Las radiocomunicaciones en las últimas décadas han crecido a una velocidad increíbles, además de ser innegable siendo así importante la existencia humana, es de gran valor e importancia para el desarrollo de las telecomunicaciones y todo el público en general. Se puede confirmar sin duda alguna que todos somos usuarios, aunque sea de uno o más servicios de radiocomunicaciones esto implica la televisión, radio, teléfono móvil, sistemas de comunicaciones por satélites, redes inalámbricas, sistemas de navegación, telefonía fija, redes de datos por cable para acceso a la internet.

Con la introducción de los ordenadores, los avances importantes de la microelectrónica, la digitalización de las señales, se dio un salto importante, pero la verdadera revolución de las comunicaciones estaba por llegar esta se conoció como la “telefonía móvil”, en los 80 y con la creación de la internet comercial una década más tarde, para el cual se usaban módems para acceder a este servicio u otras redes fijas, actualmente se utilizan en un sin número de dispositivos inalámbricos para acceder a las redes móviles como pueden ser las redes GSM/GPRS, UMTS, LTE para el exterior, y las redes WIFI para el interior.

Las comunicaciones por aire van mucho más lejos, abarcando un gran número de servicios, así como las comunicaciones aeronáuticas, marítimas, sistemas de navegación por satélite, sistemas de seguridad, la domótica, radioenlaces por microondas, comunicaciones militares, etc., cada vez ofreciendo innovación, mayor capacidad de velocidad en el tráfico de información, además de dar mejoras significativas a los servicios más primitivos como son la radio y televisión actualmente digital en la Figura 1.5.



Figura 0.5 Comunicaciones avanzadas
Fuente (Hidrobo, 2014)

1.2. Antena

En la Figura 1.6 se observa la imagen de La antena es un conductor metálico diseñado para emitir ondas electromagnéticas a su vez receptorlas, por consiguiente, cuando actúa como transmisor modifica la energía eléctrica en energía electromagnética, el receptor transforma la energía electromagnética en energía eléctrica. estos elementos son indispensables en un sistema de radiocomunicaciones, ya que con su intervención como

transductores de energía eléctrica en electromagnética y viceversa, son las interfaces entre los subsistemas de transmisor y receptor, para lo cual se usa el espacio libre como el medio de transmisión.



Figura 0.6 Antenas microonda
Fuente (Villalpando, 2016)

1.2.1. Características funcionales de una antena

En vista que la antena cumple la teoría de la radiación, se origina una corriente eléctrica mediante un conductor de corriente, generando un campo magnético alrededor del conductor por ello sus líneas de fuerza se encuentran en ángulo recto en relación al conductor en un sentido determinada por aquella dirección de la corriente, el campo magnético es variante y sigue las mismas vibraciones de la corriente eléctrica con alta frecuencia que suministra la antena.

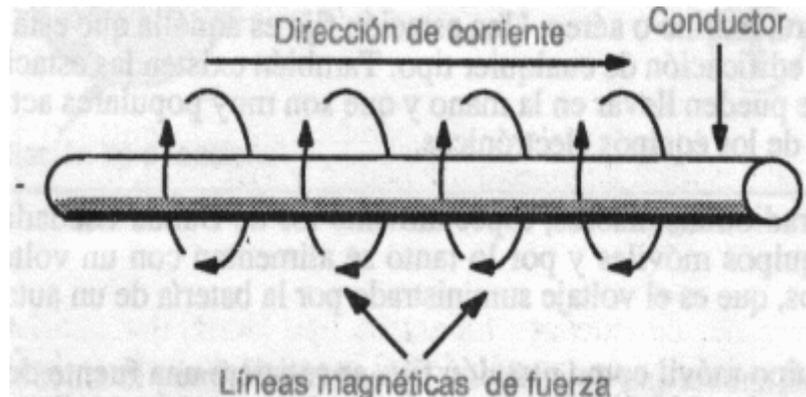


Figura 0.7 Circulación de corriente eléctrica por el conductor
Fuente (Villalpando, 2016)

Inicialmente el transmisor suministra la señal de corriente alterna incrementando desde 0 V hasta un valor máximo de voltaje, la antena obtiene carga eléctrica positiva, para generar un entorno en el campo eléctrico para ello la señal de corriente alterna decrece de su máximo valor hacia cero, el campo eléctrico asimismo disminuye, se puede concluir que en una antena se puede encontrar campo eléctrico y magnético alteraciones de la señal entregada.

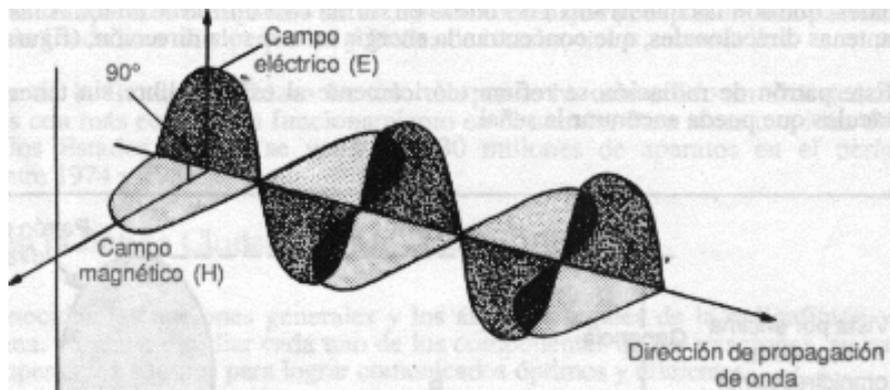


Figura 0.8 Campo eléctrico y magnético de una antena
Fuente (Villalpando, 2016)

- **Patrón de radiación**

Teniendo en cuenta que el patrón es representado en un gráfico de propiedades, en ocupación de diferentes formas en funciones del espacio en una determinada distancia, de la

antena se manifiesta en el campo eléctrico en función de las variables angulares, su alejamiento es directamente de campo eléctrico, en la Figura 1.9 se puede considerar cualquiera de los dos campos eléctrico que se utilizan habitualmente.

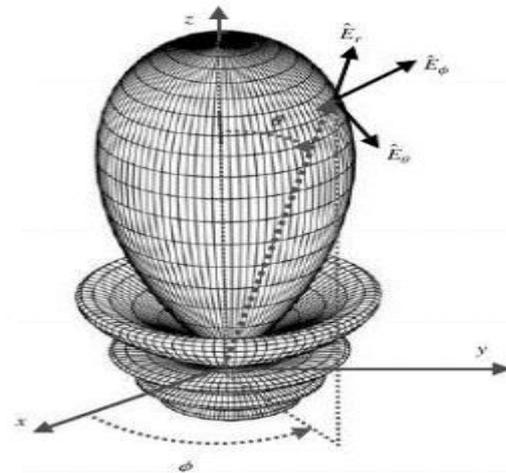


Figura 0.9 Diagrama de radiación tridimensional
Fuente (Villalpando, 2016)

- **Ganancia**

En la Figura 1.10 Se determina como la relación entre la potencia de la densidad de una antena y la potencia que se manifiesta en la salida, de energía que emite una antena, con la que saldría de una antena isotrópica.

En consideración el patrón de radiación tiene como una ganancia que no amplifica la señal recibida del transmisor, la concentra en una sola dirección en las antenas direccionales las ondas las dirigen hacia un sólo sector, la señal ingresa con mayor fuerza similar a una antena omnidireccional, la unidad de medición de la ganancia de una antena es en decibel, para ello se aplica parámetros

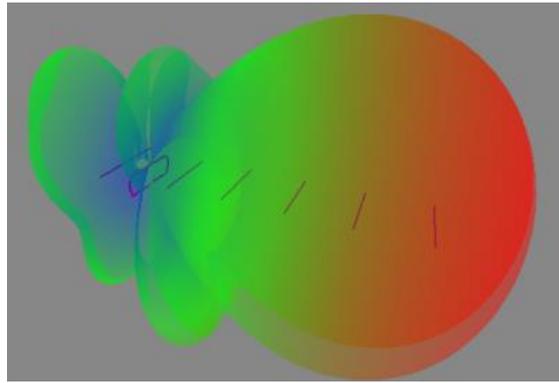


Figura 0.10 Radiación de una antena yagui tridimensional
Fuente (Villalpando, 2016)

- **Directividad**

En la Figura 1.11 se determina la relación que hay entre la densidad de potencia radiada en una determinada dirección y la densidad de potencia que radia una antena isotrópica puesto que la dirección, consecuente se describe como la capacidad que tiene la antena para emitir energía en una precisa dirección.

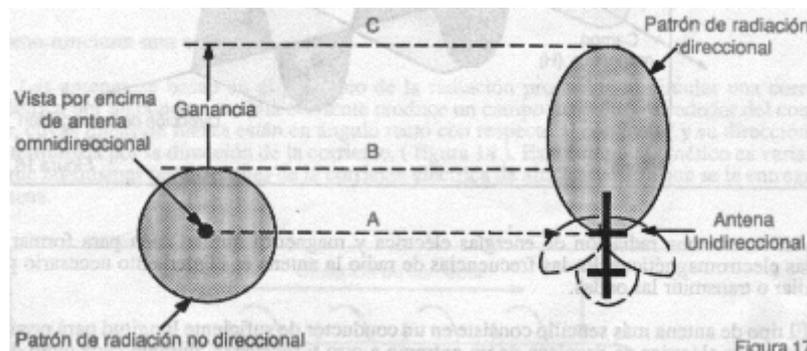


Figura 0.11 Directividad de una antena directiva
Fuente (Villalpando,2016)

- **Polarización**

Considerando la polarización de una antena en una determinada dirección del campo eléctrico dentro de una onda electromagnética producida por la misma la antena, la

polarización de una onda electromagnética es la figura geométrica definida por el extremo del vector que simboliza el campo eléctrico en función del tiempo, en una posición establecida.

Para desarrollarse una comunicación íntegra entre dos estaciones, deben tener el mismo modelo de polarización, de tal caso la banda ciudadana, se aplica en antenas verticales tanto para las estaciones fijas o para las estaciones móviles en la Figura 1.12.

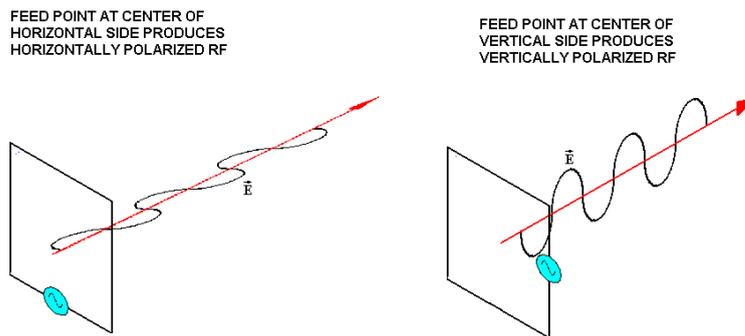


Figura 0.12 Vista de polarización vertical y horizontal
Fuente (Villalpando, 2016)

- **Ancho de Banda**

Se define como el intervalo de bandas por lo tanto una antena trabaja en óptimas condiciones y es apto para acoplarse al sistema, por su diseño estas son limitadas a operar eficientemente en un intervalo de disponer por lo que es necesario que no sobre pase los límites estipulados por el fabricante.

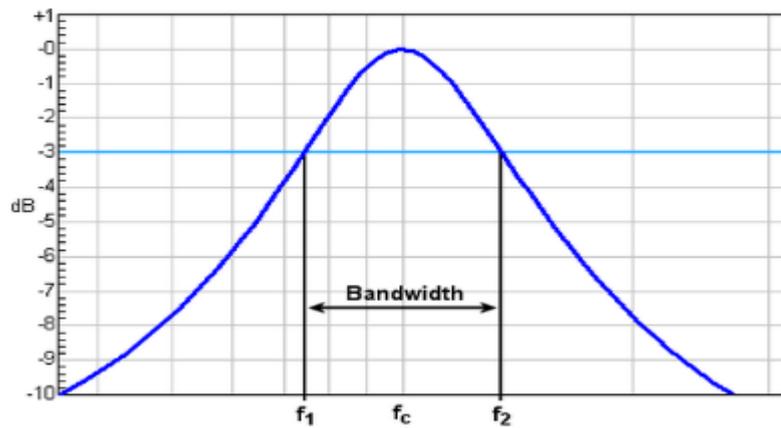


Figura 0.13 Ancho de banda
Fuente (García, 2016)

- **Antenas tipo Bocina**

En la Figura 1.14 se observa una antena bocina que se determina como una guía de onda metálica, así como el área de sección se va aumentando de manera progresiva hasta un extremo abierto, que procede como un comienzo de sección abierta, las guías de onda se forman circular, el análisis de antenas de bocina se realiza de acuerdo con la distribución de los campos aproximadamente en un mismo modo de guías rectangulares o circulares.

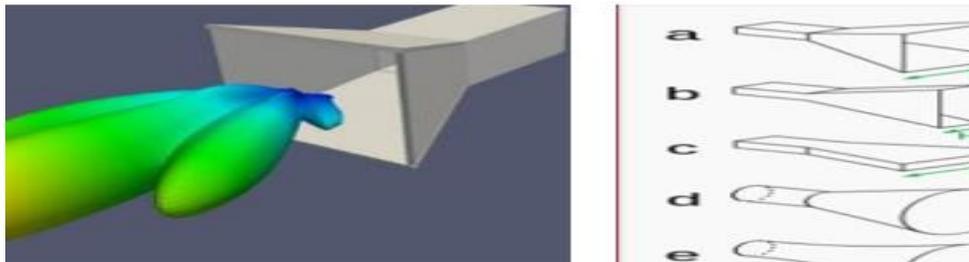


Figura 0.14 Antena bocina
Fuente (Kiong, 2011)

- **Antenas Parabólicas**

Se define como antena parabólica a aquella que tiene la capacidad de entregar ganancias y directividad de radiación muy altas, y que se utilizan comúnmente para enlaces satelitales

y terrestres, está compuesta de dos elementos principales que son el reflector y el medio de alimentación, dicho sistema de alimentación es un dipolo o varios dipolos que forman una red que irradian ondas electromagnéticas al reflector por ello se encarga de consolidar y dirigir por completa a las ondas de radio en la Figura 1.15.

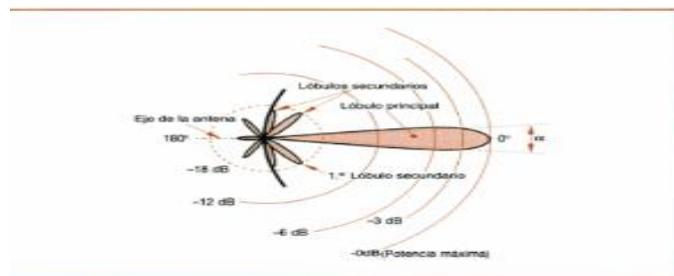


Figura 0.15 Radiación de antena parabólica
Fuente (Kiong,2011)

1.2.2. Evolución de las telecomunicaciones inalámbricas

El mundo de las telecomunicaciones ha evolucionado desde su descubrimiento, desarrollando herramientas nuevas para el progreso de la humanidad, abriendo nuevas ventanas e ideas como el teléfono, la radio, la televisión que han ayudado a la comunicación de las personas estén donde estén, así como se da a conocer en la tabla 1.1.

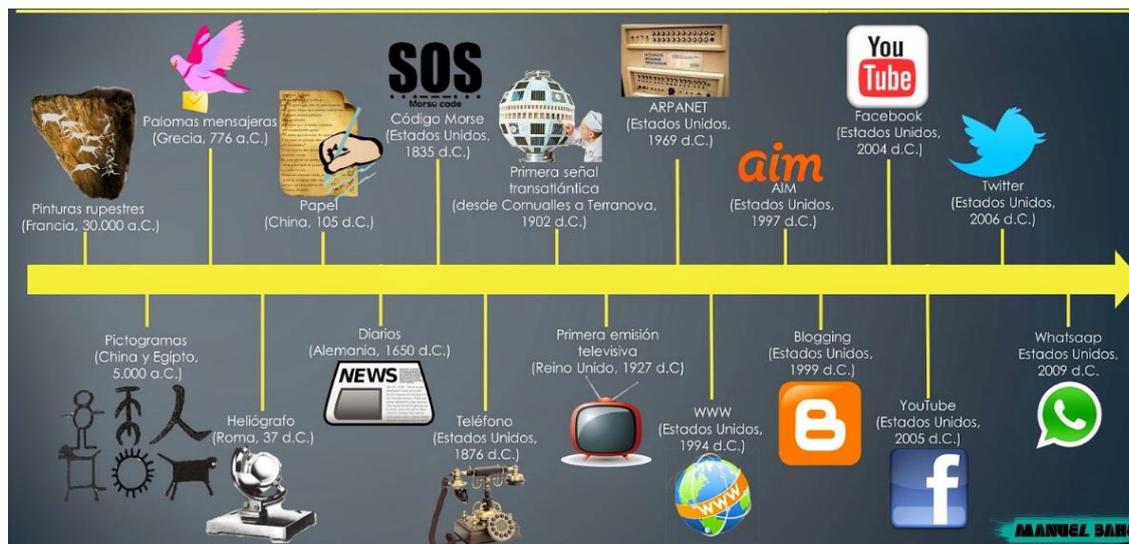


Figura 0.16 Evolución de la comunicación
 Fuente (M. Frías, L. Cedeño, 2016)

Tabla 0.1 Historia de las Telecomunicaciones

Año	Características
1876	El teléfono fue desarrollado por Alexander Graham Bell.
1887	Transmisión de Radio en por el físico alemán Heinrich Rudolf Hertz, creó un aparato donde quienes se comunicarán mediante ondas electromagnéticas a través del aire.
1892	La primera central telefónica automática se estableció en Indiana por Almon B.
1895	Marconi obtiene la primera emisión telegráfica inalámbrica empleando en ondas de radio.
1896	El teléfono de disco fue creado por los hermanos John y Charles Erickson, con Frank Lundquist, se proyecta el primer sistema de discos.
1925	Las primeras pruebas de televisión se empezaron en Gran Bretaña, John Logie presentaron en un sistema de exploración mecánica de las imágenes.
1946	Fue propuesta la primera computadora electrónica por la telefonía Digital de Eckert y Mauchly conocida como ENAC.
1937	Desarrolló el proyecto innovador Alec Reeves para las telecomunicaciones la Computadora Electrónica con la Modulación por Pulsos Codificados. "PCM".
1969	La primera red de computadores aparece en funcionamiento la ARPANET.
1977	El primer invento del teléfono celular se instaló en Chicago, AT&T.
1989	Inicios de la internet "World Wide Web", inventada por Tim Berners.
1998	Bluetooth la compañía Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba e Intel conformaron un grupo de tendencia especial para el desarrollo de una tecnología de conectividad inalámbrica en dispositivos móviles.
2003	Redes LAN Wireless Lan es apto para la recomendación IEEE 802.11g, como progreso tecnológico de las redes Lan.

2009	La televisión analógica avanza a televisión digital.
------	--

Fuente (M. Frias, L. Cedeño, 2016)

1.3. Microondas

Debido que las ondas electromagnéticas cuyas bandas empiezan en 500 MHz hasta 300 GHz, dichas señales de microondas el origen de sus altas frecuencias, tienen una longitud de onda parcialmente pequeñas, proviene su nombre de “micro” ondas, por ejemplo la longitud de onda de una señal de microondas de 100 GHz es de 0.3 cm, de manera que la señal de 100 MHz de la banda comercial de FM posee una longitud de onda de 3 metros, para ello las longitudes de las frecuencias de microondas se comprende de 1 cm a 60 cm algo más a la energía infrarroja.

Se utiliza el espacio aéreo como un medio físico de transmisión, la información que se emiten de manera digital a través de una onda de radio es muy corta la longitud, se pueden direccionarse en varios canales dentro de un enlace desarrollado a su vez se puede realizar enlaces punto a punto en estaciones que constan en una antena tipo parábola y sus circuitos que interconectan una antena con una terminal cliente en la Figura 1.17 (redtaouros, 2016)



Figura 0.17 Estación Base
Fuente (M. Frias, L. Cedeño, 2016)

1.3.1. Tipos de microondas

- **Microondas terrestres:** Estas generalmente utilizan antenas parabólicas para conexiones de grandes distancias, esta utilidad puede variar dependiendo de la

frecuencia de operación y el fin para el cual se aplica dichas microondas, ya que también existen microondas que se puede ajustar la potencia de transmisión, esto ayuda a que también se puedan utilizar en distancias cortas, por ejemplo, entre dos edificios que se encuentran separados por una vía, también se emplean conexiones, punto a punto entre una antena parabólica. (Maya, s.f.)

Se emplea como una alternativa para reemplazo de fibra óptica o cable coaxial puesto que requieren menor número de amplificadores y repetidores, para ello es indispensable una alineación de antenas con un margen mínimo de error, se utilizan para la concesión de voz, datos, video, la principal razón de pérdidas es la atenuación necesaria para que las pérdidas aumenten con el cuadrado de la alejamiento con el cable coaxial y par trenzado son logarítmicas, se determina que la atenuación aumenta con la lluvia y la interferencia es un inconveniente que confrontan las microondas al proliferar en sistemas que existen a mayor solapamiento de señales. (Maya, s.f.)

- **Microondas Satelitales:** Las microondas básicamente, retransmiten comunicación, se utilizan como un enlace de dos o más transmisores y receptores terrestres, conocidos como estación base, el satélite procede como un modelo sobre el cual la señal rebota, su primordial función es la de amplificar la señal recibida de una estación terrena, previa a su comunicación a un receptor en la tierra es modificada, amplificada y modulada, de esta forma los satélites geoestacionarios, actúan en una o varias bandas manipuladas por transponders, es importante que los satélites se sustenten en una órbita geoestacionaria, porque lo contrario perderían su alineación con respecto a las antenas ubicadas en tierra firme, se emplea para facilitar una comunicación punto a punto en dos antenas terrestres separadas para conectar una estación base transmisora con sus respectivos receptores terrestres. (Maya, s.f.)

1.4. Radioenlace

Se define como el servicio fijo, a un sistema de comunicación entre un punto fijo ubicado sobre una superficie terrestre, capaz de proporcionar un desplazamiento de datos, con diferentes cualidades y disponibilidad precisa en los enlaces que se aprovechan en las bandas de 800 MHz y 42 GHz. (Medina, 2012)

En un radioenlace, se debe transmitir dos portadoras moduladas, una para la transmisión y otra de recepción, se debe asignar frecuencias para la transmisión y recepción de la señal, se designan para cada canal de radio, un enlace se realiza básicamente entre puntos visibles entre sí, sin obstrucción en puntos involucrados, para un correcto funcionamiento para la propagación del campo magnético, considerando las variaciones de las condiciones climáticas de cada lugar. (Medina, 2012)

1.5. Variables en el radio enlace

Involucra calcular todas las ganancias y pérdidas desde la transmisión hasta el punto de recepción. Una buena práctica para cálculo del radio enlace es importante, para un funcionamiento fiable del enlace al momento de implementarlo y ponerlo en marcha. El diseño adecuado y el uso de equipos robustos garantizaran mayor estabilidad de un canal para ello se desarrolló cálculos de enlaces terrestres, para considerar todos los elementos primordiales para un diseño los cuales se desarrollan en cálculos técnicos y científicos, así como se detalla en la Tabla 1.2. (Medina, 2012)

Tabla 0.2 Características de una estación base y abonado.

Detalle	Características
Estación base	Para las antenas múltiples, considerar la altura adecuada para la antena de menor altura para la atenuación del cable con una distancia que se suficiente a un punto medio de la antena.
Estación de abonado	Se debe considerar el caso de arreglos múltiples, la altura de la torre debe retribuir a la magnitud del arreglo y aplicar en la misma norma para la estación base.
Potencia de Transmisión	Con unidad de medida en dBm, cuando el valor de la potencia en mW es uno la potencia en dBm es igual a cero y cada vez que se duplica el valor en mW, se

Fuente: Elaborado por el autor

	debe sumar 3 decibelios, la máxima radiación generada por una antena que generada por la FCC (Federal Communications Commission)
Pérdidas en la línea de transmisión	Para disminuir las pérdidas del conductor, simplemente se debe acortar a la línea de transmisión, o empelar cable de mayor calibre.
Pérdidas de conectores	Pérdidas en conectores (≈ 0.25 dB/conector) dependiendo de la frecuencia y tipo de conector, pérdidas en protectores de línea. (≈ 1 dB).
Atenuación en el espacio libre, obstáculos y desvanecimientos	La asignación de atenuación y ganancia correspondiente a las líneas de transmisión, duplexores, acopladores, antenas y altura, ubicación de las antenas o posición geográfica y a latitud sobre el nivel del mar.
Pérdidas en espacio libre	Es la dispersión de la potencia en el espacio libre sin obstáculos. Fórmula 1 $L = 32.4 + 20 \log d(Km) + 20 \log f(MHz)$
Pérdidas por la trayectoria en el espacio libre	Para calcular la potencia recibida y atenuada, en un enlace de radio, se analiza la antena transmisora, receptora y la distancia física entre sí, logrando la ecuación de transmisión de Friis en el espacio libre. Fórmula 2 $Lp(dB) = 32.4 + 20 \log f(MHz) + 20 \log D(Km)$
Potencia de Transmisión (Tx)	Con unidad de medida en dBm, cuando el valor de la potencia en mW es uno la potencia en dBm es igual a cero y cada vez que se duplica el valor en mW, se suma 3 dB, la máxima radiación generada por una antena que admite la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) un vatio (equivalente a 3 dBm).
Pérdidas en el cable	La corriente viaja por medio de una línea de conducción, para ello dispone una resistencia finita, causando pérdida de potencia propia que es inevitable, por esta razón se conoce como pérdida del conductor o pérdida por calentamiento de la línea de transmisión, esto es una pérdida por calentamiento.
Pérdidas en los conectores	Es de acuerdo con la frecuencia ≈ 0.25 dB/conector y tipo de conector, pérdidas en protectores de sobre voltaje ≈ 1 dB

- **Zona de Fresnel.**

Se conoce como zona de Fresnel a la cantidad de energía finita que existe entre transmisor y emisor, la comunicación entre estos elementos es a través de una onda electromagnética, en la que el desfase entre las ondas de dicha cantidad no debe ser mayor a 180° , puesto que

una antena que se encuentra en el espacio libre emite energía de ondas en la dirección establecida, la energía tiene una densidad de potencia y flujo de valor finito. (Medina, 2012)

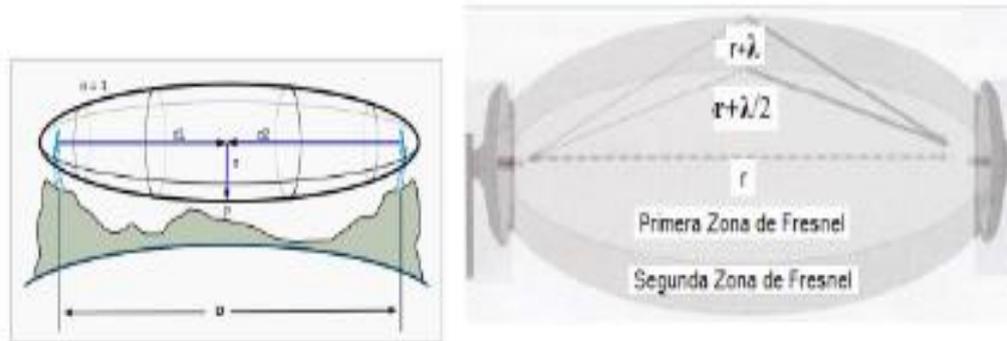


Figura 0.18 Zona de Fresnel.
Fuente (Villalpando, 2016)

De modo que, en los trayectos se deben prevenir los obstáculos, así como montañas, la difracción, que es provocada por la obstrucción fragmentario para cualquier objeto fijo, la difracción determina que sarga una segunda onda en el receptor, y a su vez dependiendo de las fases referentes, que poden anular entre sí a un grado mínimo y generando el deterioro de la onda. (Fuentes, 2008)

Las causas de la difracción se mitigan si la distancia es directa a la onda, impidiendo que los obstáculos a un 60% del radio, la primera zona de Fresnel argumenta que cuando la fase es 0° la distancia es directa hasta que la fase sea 180° ($\lambda/2$), la segunda zona Fresnel indica que la fase sea 360° (λ), un elipsoide secundario que abarca al primero. (Medina, 2012)

1.6. Radio Mobile

La efectividad, es impredecible comprobar en su despeje de un 60% de la primera zona de Fresnel en el total de la distancia de propagación, por esta razón es de utilidad el programa Radio Mobile para calcular la elevación del terreno.

1.7. Aplicación de microondas en la actualidad

En la segunda guerra mundial el Radar era una semejanza de microondas, para ello se desarrolló un sistemas de microondas que sustento un gran estímulo como una necesidad de un radar, de una alta resolución apto para hallar aviones y barcos enemigos, en la actualidad la aplicación de sistemas de microondas es de gran utilidad y sus aplicaciones incorporan un control de tráfico aéreo, navegación marina, control de misiles, entre otras, en los últimos años las bandas de microondas son aplicadas más en telecomunicaciones.

- Las telecomunicaciones con microondas que se aplican en tierra en antenas repetidoras, para la utilidad de distancias de comunicación los satélites se aplican como una estación retransmisora de microondas para dichos satélites tiene una capacidad enorme para las nuevas generaciones de satélites que constituirán a más potentes.
- Por esta razón las comunicaciones por satélite son muy importantes en el área comercial, para dichas estaciones de televisión para su retransmiten a nivel mundial, las señales que se emiten se pueden captar en regiones alejados en lugares que no existe el servicio de televisión, en la aeronáutica, la aplicación de las microondas tiene una actuación muy importante en el control de aviones no tripulados, este método que actualmente en muy explorado por los fabricantes de este tipo de aparatos. Además de este ejemplo, se puede citar el control de drones que actualmente se utilizan para vigilancia, control de fronteras, topografías, grabaciones de video, etc.
- Además, la medicina en nuestra actualidad se han llevado a cabo intervenciones quirúrgicas con brazos robóticos controlados remotamente, además en piases desarrollados como China, Japón, Estados Unidos entre otros países han experimentado la entrega de productos medicinales, compra de alimentos a través de vehículos que son enviados desde su origen hasta la puerta del usuario, facilitando de esta manera la movilización del usuario hasta los puntos de venta, además los servicios que indudablemente serán más común observarlos en países del primer

mundo, complementa estos métodos del crecimiento comercial con el servicio de internet, telefonía fija, celular que a su vez están dentro de las ciencias de las telecomunicaciones.

- En el control y la automatización de proceso, como en el caso de esta investigación, las telecomunicaciones, específicamente las microondas son de suma importancia para la creación de un canal de comunicación inalámbrica entre dos puntos o más. Esto puesto que la industrial el control de motores, bandas, válvulas, sensores de químicos, medidores de niveles de líquidos, gaseosos, etc. son muy importantes tenerlos bajo control con la aplicación de la telemetría, esto con el fin de optimizar procesos y costos de manufacturación. Si se observa y analiza la cotidianidad de nuestras vidas, se percibirá que las telecomunicaciones en general están inmersas en nuestro mundo, desde la aplicación más sencilla hasta las aplicaciones más complejas de comprender. (manczyk, 2013)

1.7.1. Automatización

En la Figura 1.19 se observa la automatización y su aplicación de un sistema computarizado para el control de maquinarias industriales reemplazando a operadores humanos, con un alcance de mecanización para procesos que dicha manera gestiona a operadores humanos.



Figura 0.19 Automatización
Fuente (Ecured, 2019)

La orientación de la automatización se observa en la Figura 1.20 para apoyar en los esfuerzos físicos del trabajo, así se reducen las necesidad sensorial y mental de las personas, para sistemas de control que incluye herramientas industriales.

Para ello su transmisión y recolección de datos lo realiza en las aplicaciones de software en un determinado tiempo real para su supervisión y además controla las operaciones de plantas y procesos industriales. (Wico, 2016)

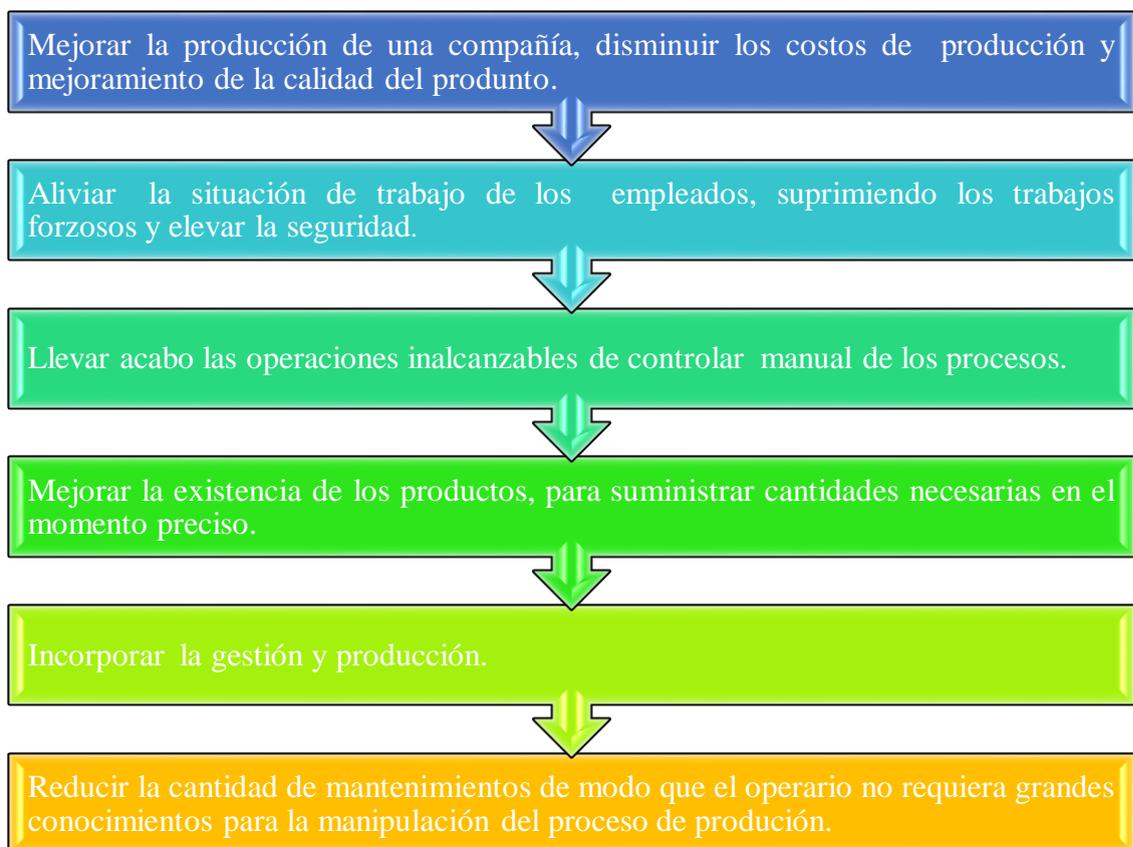


Figura 0.20 Proceso de la Automatización
Fuente: Elaborado por el autor

1.7.2. Clases de automatización

Existen diferentes clases de automatización industrial en la Tabla 1.3 se observa los detalles.

Tabla 0.3 Automatización industrial

DETALLE	CARACTERÍSTICAS
Automatización fija	Se usa para la producción, el diseño del equipo está diseñado para encausar la producción con una productividad elevada.
La automatización programable	Utilizada cuando la magnitud de producción es relativamente pequeña en sí el equipo de productividad es diseñado para acoplarse a la variabilidad de configuración del producto esta aplicación se desarrolla a través de un Software.
La automatización flexible	Conveniente en una categoría de productividad, el sistema tiene diferentes características de control fijo y a su vez el control programado, el sistema flexible suelen estar establecidos por una serie de estaciones de trabajo enlazadas por sistemas de almacenamiento y maniobras de materiales, controlados por un computador.

Fuente: Elaborado por el autor

1.7.3. Automatización de la industria

- **La automatización de procesos en la industria:** Es el proceso industrial de gran validez en el mundo actual que implica el reemplazo de operaciones manuales por un sistema, para ello cualquier tarea es realizada por máquinas en lugar de personas, la producción de trabajo a disminución de gastos materiales, el crecimiento de calidad de los productos y progreso de las situaciones de trabajo los procesos de la industria reemplazando a operadores humanos. (Washington Freire, 2014)
- **Automatización de procesos en plantas potabilizadoras:** Actualmente la mayoría de las plantas industriales poseen algún tipo de sistema automatizado y controlado, para la supervisión de procesos, debido a las ventajas que este tipo de sistemas ofrecen, debido a esto, las características más relevantes en la adquisición de datos a tiempo real, la manipulación de estos sistemas mediante una herramienta grafica para

el operador y la facilidad comunicación vía telemetría con varios de control y ordenadores por medio de una red guiada o por microondas, hace que pueda ejecutar un control y gestión de los sistemas de una forma eficiente. (Washington Freire, 2014)

- Para llevar a cabo la ejecución de la implementación de estos sistemas, es indispensable que la planta de tratamiento de agua potable, entre en proceso de modernización, actualización de los sistemas de los diferentes procesos que se ejecutan de manera semi automática o manual, aplicando y haciendo uso de la tecnología y de los sistemas de control que actualmente se encuentran en el mercado, como por ejemplo equipos de control de procesos lógicos (PLC), que existen en una amplia gama, sensores para múltiples aplicaciones, softwares entre otros. (Washington Freire, 2014)



Figura 0.21 Automatización de procesos en planta potabilizadora Puengasí
Fuente: Elaborado por el autor

1.7.1. Controlador lógico programable (PLC)

Los dispositivos se ajustan con facilidad a tareas nuevas para su flexibilidad al momento de programarlos, disminuyendo costos adicionales al desarrollar proyectos, que permiten una

comunicación inmediata, permitiendo realizar intervenciones en la red, para lograr forzar condiciones desfavorables sobre vibraciones, humedad, temperatura y ruido mediante una programación. (Florez Tapia, 2014)

1.8. Estructura de los PLC's

Es muy importante que se disponga de un suministro de potencia con el objetivo fundamental de garantizar voltajes internos para el controlador y bloques, los valores más usados son de 5V, 12V y 24V y existen dos módulos fundamentales para el suministro de potencia, los cuales su voltaje de entra se usan para suministrar la potencia de operaciones, la unidad central de procesamiento contiene un microprocesador que permite acceder operaciones lógicas para la utilización de distintas funciones, para obtener errores en un tiempo determinado. (SIEMENS, 2008)

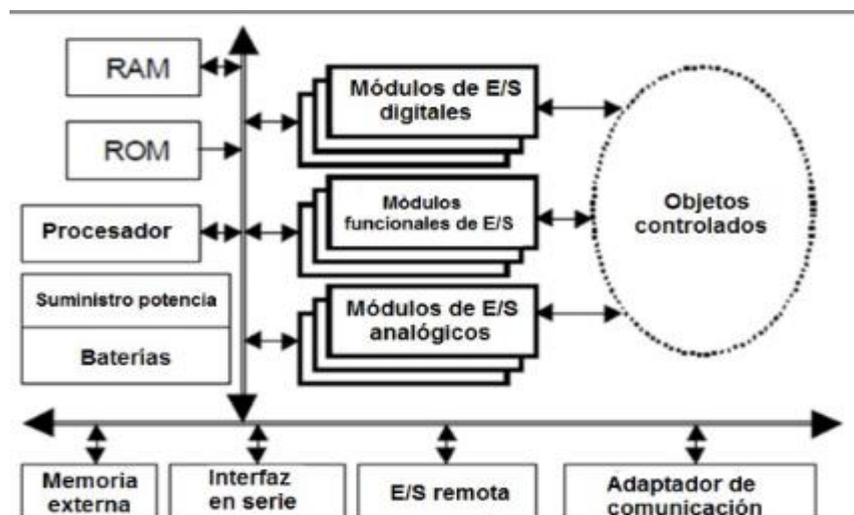


Figura 0.22 Estructura de PLC S7-200

Fuente (Simatic, 2008)

Los primeros PLC's se utilizaron como chips que se utilizaban en el transcurso mediante una técnica nombrada bit-slice, con AMD2901, 2903, etc. Con la transmisión de datos y direcciones en los PLC's es factible por los cuatro tipos de buses que existen en la Figura 1.23. (SIEMENS, 2008).

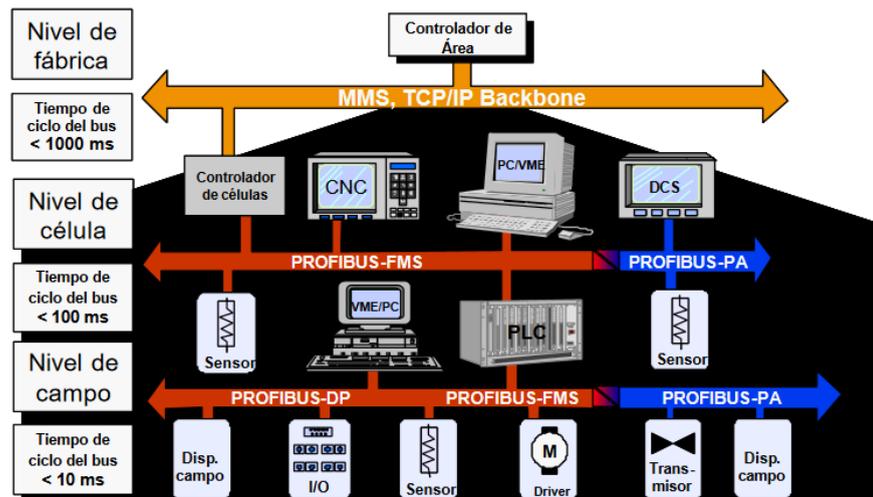


Figura 0.23 Tipos de Profibus
Fuente (Rosados, 2003)

Las señales son digitales y analógicas proviniendo con dispositivos tales como sensores, interruptores y actuadores entre otros por lo general los voltajes son en DC y su corriente es directa, son aptos como acopladores y transistores son usados en una salida digital de un SM's para modificar el estado de la señal de salida con el propósito de preservar los dispositivos de un choque eléctrico o a su vez evitar una sobrecarga, se aplican términos Sinking y Sourcing interpretan cómo se ejecuta la conexión de los PLC a sensores y actuadores. (SIEMENS, 2008)

1.8.1. Estructura general de los PLC's

- **Estructura de Hardware:** Un PLC abarca un cassette en una vía que localiza diferentes tipos de módulos, en la Figura 1.24, respectivo de un PLC de la compañía SIEMENS.

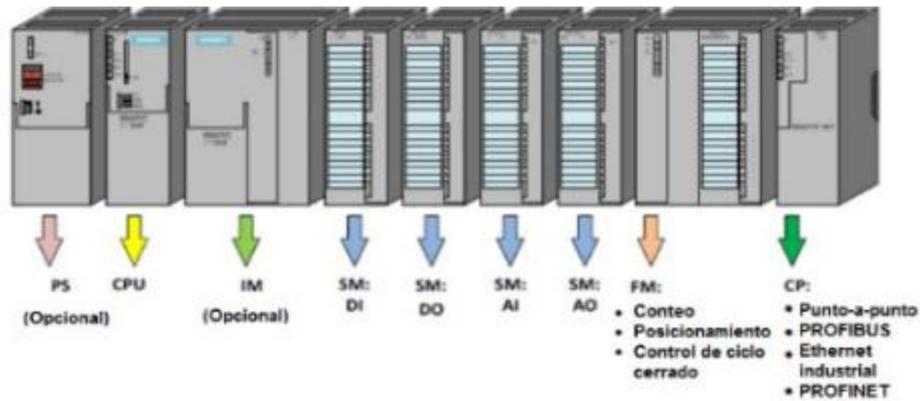


Figura 0.24 Estructura hardware

Fuente (Simatic, 2008)

El PLC determina sus subsecuentes módulos que no puede ser intercambiados, siendo así posible para el PLC's de otras empresas, a continuación, se detalla los módulos que son más importantes en la Tabla 1.4. Teniendo en cuenta que cada módulo de un PLC posee su propia interfaz-HIM básica, usada para la visualización de los errores y las situaciones de comunicación, en función de entradas y salidas, en función de los PLC, entre otros. (SIEMENS, 2008)

Tabla 0.4 Módulos PLC

Detalle	Características
Módulo de interfaz (IM)	Comunica diferentes cassette individuales con un PLC único.
Módulo funcional (FM)	Procesamiento complicado en tiempo crítico de procesos independientes de la CPU.
Procesador de la comunicación (CP)	Comunica el PLC sobre una red de trabajo industrial, ej. Industrial Ethernet, PROFIBUS, interfaz, conexión serie punto a punto
Interfaz hombre máquina (HMI)	Panel físico de operación.
Módulos de señal de alta velocidad	Entradas y/o salidas remotas

Fuente: Elaborado por el autor

1.8.2. Tipos de PLC's

- **PLC compacto:** Estos integran un CPU, PS en una salida y entrada con un exclusivo paquete, existe un dígito fijo en uno o dos canales de comunicación, hay una entrada analógica para el contador de alta velocidad, los módulos que ser enlazados y se emplean en un paquete. (SIEMENS, 2008)



Figura 0.25 PLC SIEMENS LOGO V8 - PLC CP1H –OMRON
Fuente (Simatic, 2008)

- **PLC modular:** Este modelo de PLC es más eficaz y posee más funciones que los PLC compactos, otros módulos se localizan generalmente en paquetes aislados en una riel DIN con una estructura adecuada que se comunica con la CPU a través de un método de bus, posee un dígito limitado de lugares para los módulos, en su mayoría de los sucesos, este puede incrementarse, pueden ser usados por un sin número de entradas y salidas, para programas más enormes, para archivar mayor cantidad de datos y trabajan sobre el modo multitarea, por lo general es utilizado para regulación, control, posicionamiento, comunicación, monitoreo, entre otros parámetros. (SIEMENS, 2008)



Figura 0.26 PLC modular XBM-H con puerto Ethernet - PLC modular AH500 DELTA
Fuente (Simatic, 2008)

- **PLC de tipo rackeable:** Tienen similares condición y funciones que el PLC de manera que existen varias disimilitudes en el bus o en el rack dónde se encuentran los módulos del PLC. El rack incluye ranuras para módulos en un sistema de bus que compone para el intercambio de información, en la mayor parte de los módulos PLC no tienen sus propias cajas, se determina exclusivamente de un panel frontal con una interfaz HIM, la ventaja fundamental es poder admitir un intercambio instantáneo de la información en los módulos y el tiempo de respuesta por parte de los módulos es menor, ejemplo en la Figura 1.27. (SIEMENS, 2008)



Figura 0.27 Plc Simatic S7-300 - Plc SIEMENSs S7-400
Fuente (Simatic, 2008)

- **PLC con panel Operador y Controlador Lógico Programable (OPLC):** Para su operatividad y monitoreo de los procesos espontáneos, la HMI está constituida primordialmente en un monitor, teclado, pantalla táctil, para ello el monitor se puede observar texto o gráfico, la ventaja fundamental de este sistema en un PLC con un panel operador no es importante su programación se ejecuta por intermedio de una herramienta software, que favorece económicamente los gastos de avance del sistema en la Figura 1.28 se observa el monitor. (SIEMENS, 2008)



Figura 0.28 Plc Unitronics Vision130 -Plc Unitronics Vision350

Fuente (Simatic, 2008)

1.8.3. Señalización de PLC

Un PLC admite y entrega una señal eléctrica, manifestando, así como variables físicas finitas por ejemplo temperatura, presión entre otros parámetros por esta razón es necesaria incorporar un SM o un convertidor de señal para recibir y modificar variables físicas, existen tres modelos de señales tales como digitales, analógicas y binarias.

1.8.4. Funcionamiento de un PLC

Por lo tanto, cada ciclo empieza con una función interna de mantenimiento del PLC como la verificación de memoria, determinar la parte del ciclo que efectúa rápidamente de método que el usuario no capte, el último paso de la actualización de las salidas, al momento de la ejecución del programa, las señales son transformadas en las señales apropiadas para las

señales de los actuadores de manera que la salida se remiten a un SM desde los datos de la memoria, al finalizar de cada ciclo en el PLC empieza un ciclo nuevamente en la Figura 1.29

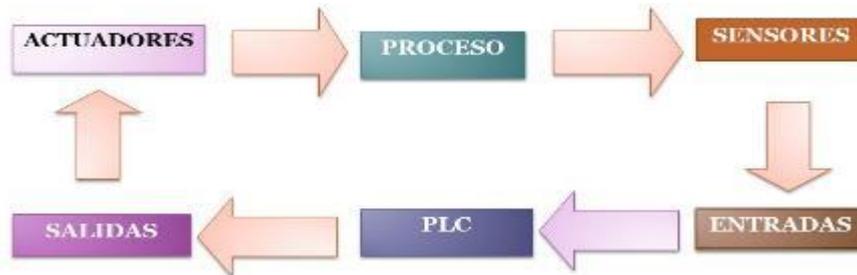


Figura 0.29 Esquema de un proceso controlado por PLC

Fuente (Simatic, 2008)

En la Figura 1.30 se observa el CPU S7-200 que se adjunta en una carcasa compacta con microprocesador y una fuente de alimentación el circuito de entrada y salida está constituido por un potente un micro PLC al momento de subir la información en el programa el S7-200, será importante para supervisar y controlar los dispositivos de entrada y salida para el uso del S7-200.

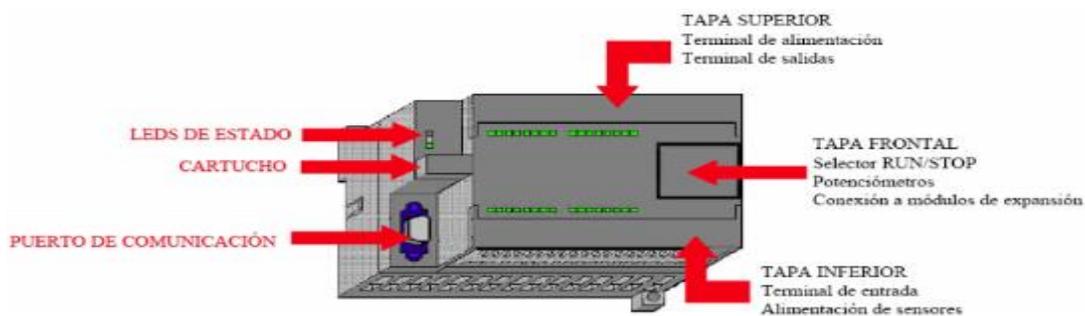


Figura 0.30 CPU S7-200

Fuente (Simatic, 2008)

En la Figura 1.31 incluye un conector de expansión que consiste en aumentar la CPU con la adición de los módulos de extensión.

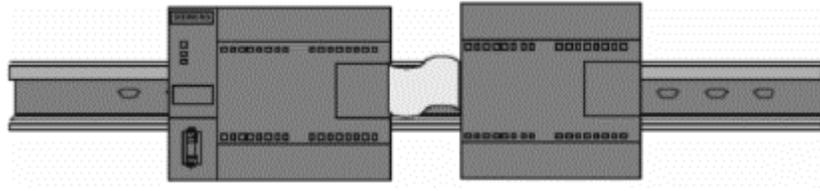


Figura 0.31 Módulos de expansión
Fuente (Simatic, 2008)

1.9. Fuente de alimentación

Teniendo en cuenta que la tensión externa, suministra los niveles de tensión principales para la correcta operación de los diferentes circuitos electrónicos la alimentación del CPU requiere un voltaje de 230 de corriente alterna, por lo cual retorna en el extremo derecho de la tapa superior en la Figura 1.32.

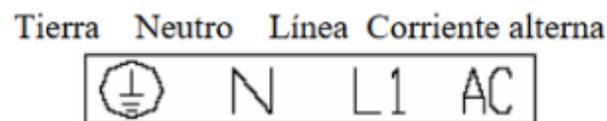


Figura 0.32 Fuente de alimentación
Fuente (Simatic, 2008)

Para la alimentación eléctrica del S7-200 se debe usar cable de comunicación para comunicar el ordenador con el módulo S7-200, es necesario realizar una conexión con el S7-200 a una fuente eléctrica como se detalla en la Figura 1.33.



Figura 0.33 Fuente de alimentación
Fuente (Simatic, 2008)

1.9.1. Advertencias

Debido que se intenta instalar o cablear el módulo S7-200 en dispositivos conectados a la alimentación, pueden generar un cortocircuito o errores de funcionamiento de los dispositivos que podría ocasionar la muerte o heridas graves. Siempre es importante respetar las medidas de seguridad, la alimentación eléctrica es recomendable desconectar antes del montaje o desmontaje.

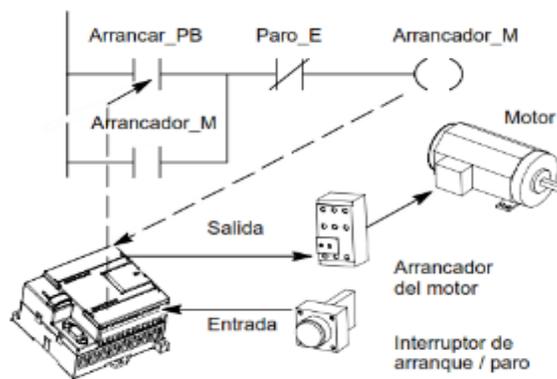


Figura 0.34 El S7-200 ejecuta las tareas en un ciclo
Fuente (Simatic, 2008)

Tabla 0.5 Ciclos

Detalle	Características
Lectura de las entradas	El S7-200 copia el estado de las entradas físicas en la imagen de proceso de las entradas.
Ejecutar la lógica de control	En el programa: el S7-200 ejecuta las operaciones del programa y guarda los valores en las distintas áreas de memoria.

Procesar los requerimientos de comunicación	El S7-200 ejecuta las tareas necesarias para la comunicación.
Efectuar el autodiagnóstico de la CPU	El módulo S7-200 valida si el firmware, la memoria del programa y los módulos trabajan de manera correcta. Escribir en las salidas los valores guardados en la imagen de proceso de las salidas se escriben a las salidas físicas.
Entradas digitales	Al iniciar cada proceso cíclico los valores actuales son leídos en las entradas digitales y se leen posterior en la imagen de proceso de las entradas.
Entradas analógicas	El PLC S7-200 no realiza actualizaciones de las entradas analógicas de los módulos de expansión como parte del proceso cíclico normal, esto se realizará siempre y cuando se haya activado la filtración de estas.

Fuente: Elaborado por el autor

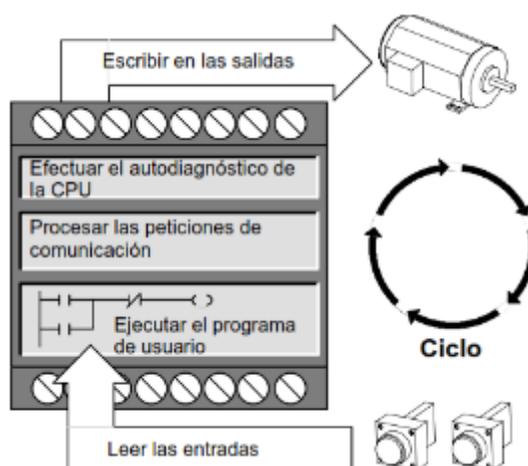


Figura 0.35 Ejecutar proceso cíclico

Fuente (Simatic, 2008)

- **Entradas digitales:** Al inicio de cada ciclo se entienden los valores actuales de las entradas digitales y se escriben y después en la imagen de desarrollo de las entradas.
- **Entradas analógicas:** las mismas que tiene un filtro analógico que permite situar de una señal más constante se puede disponer para cada una de las entradas analógicas, se actualizan en cada ciclo con el logro obtenido más nuevo para el convertidor analógico o digital.

1.9.2. Acceder a los datos del PLC S7-200

El equipo S7-200 guarda información en distintos espacios de la memoria que posee en direcciones única, es importante dar a conocer la dirección a al que se desea acceder, el software a la información.

1.9.3. Gestión de PLC S7-200

En la Figura 1.36 y en la Tabla 1.6 se detalla los pasos a

seguir para acceder y gestionar los módulos del PLC, con esto parámetros inicia en la programación de los parámetros.

Tabla 0.6 Pasos para gestionar un PLC

Detalle	Características
conexión	El terminal RS-232 del cable de gestión RS-232/PPI contar en el puerto de comunicación del ordenador (identificar el COM del ordenador)
conectorizacion	El cable RS-485 (PPI) del cable multimaestro RS-232/PPI al puerto 0 o 1 del módulo S7 200 según el caso
Verificar	Los interruptores DIP del cable multimaestro RS-232/PPI como se indica en la Figura 1.36

Fuente: Elaborado por el autor

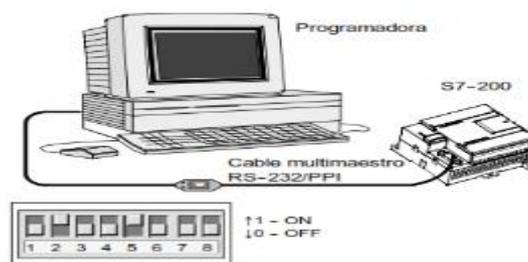


Figura 0.36 Requisitos para acceso a PLC S7-200

Fuente (Simatic, 2008)

- **Par trenzado FTP (Foiled Twisted Pair):** El cable UTP, tiene una impedancia típica de 120 Ohm y su característica es de transmisión se puede usar los mismos

conectores RJ45 y su nivel de protección es a interferencias externas en la Figura 1.41.



Figura 0.37 Cable de datos FTP categoría 5e
Fuente: Elaborado por el autor

- **Conector RJ45**

En la imagen 1.42 se observa un conector RJ45 utilizado para conectar redes de computadoras con cableado estructurado, para enlazar microondas, entre otras utilidades de comunicación tales como categorías 5, 5e, 6, 6a, 7 dispone de ocho pines, que normalmente se utilizan como los extremos del cable de par trenzado.



Figura 0.38 Cable de datos FTP categoría 5e
Fuente: Elaborado por el autor

CAPÍTULO 2

MARCO METODOLÓGICO

El tipo de metodología que se empleará en el presente proyecto de fin de carrera será el método experimental e inductivo, se segmentará en fases durante el desarrollo de la investigación, por cada fase del proyecto se implementará los métodos mencionados anteriormente.

La orientación que se empleó en el desarrollo del proyecto es del tipo cuantitativo, puesto que se utiliza la metodología experimental en las etapas expuestas, esto involucra la implementación del sistema, puesta en marcha del proyecto, pruebas de operación, análisis de resultados y errores.

Para la recepción de información se utilizará el método inductivo, el cual se basa en el razonamiento que hace posible obtener conclusiones generales partiendo de hechos particulares, la aplicación correcta del método inductivo se evidencia en el proceso de obtención de datos procesados que son mostrados en el ordenador.

CAPÍTULO 3

PROPUESTA

El presente proyecto es un aporte al sector de las comunicaciones y automatización procesos, en este caso a través de un radio enlace por microondas entre el transmisor al receptor que relaciona al centro de control y el tanque de retro-lavado, con esto se implementa y controla el proceso automático de lavado de los filtros de agua en la planta procesadora de Puengasí.

El sistema será sometido a pruebas de laboratorio en la planta y posteriormente instalado, el sistema estará conformado por un par de antenas microondas que comunicarán a través de radio frecuencia el centro de mando y la represa de agua utilizado para el proceso de retro-lavado, donde estará ubicado un sensor de nivel de agua, este enviará señales al módulo PLC donde se realizará un proceso programado y esta información será enviada a través del radio enlace al centro de operaciones y estos datos serán visualizados por medio de un ordenador donde se encuentra instalado el sistema SCADA.

Este proyecto está dirigido a la interconexión entre dos puntos vía microondas, por medio de las cuales se manipularán procesos establecido en el sistema. Esta implementación no solo será un prototipo, será una implementación real bajo monitoreo y una aprobación por parte del personal administrativo de las EPMAPS.

Para este proyecto se ha optado por equipos que garanticen en correcto funcionamiento y una larga perduración de funcionamiento del sistema de retro-lavado, con la ayuda de personal experimentado en comunicaciones por radio frecuencia, además de personal expertos en el manejo de equipos de control y automatización. A esto se suma información obtenida por diferentes medios investigativos, fue imprescindible para decretar la adquisición del equipamiento idóneo para la ejecución del proyecto de manera satisfactoria.

3.1. Beneficios del proyecto

La EPMAPS específicamente la planta de tratamiento de Puengasí se beneficiará con el nuevo sistema, su operación se retro-lavado se realizará de manera automática, así el operador que antes invertía su tiempo para operar este trabajo de manera presencial, ahora se lo realizará de manera automática, de esta manera se generará mayor productividad en los quehaceres de la planta.

También existe quienes se benefician de manera indirecta, aquí se puede mencionar a grandes, medianas y pequeños comerciantes que generan ingresos económicos gracias a la comercialización de materiales para telecomunicaciones como: cables de datos (Utp Cat 5E, FTP, Telefónico), conectores de terminación (RJ45, protectores de transientes, terminales de tierra, capuchones, etc.), antenas microondas, equipos de control (sensores, PLC, accesorios, etc.), de esta manera se genera el comercio y la inyección económica a un grupo de personas.

El beneficio engloba también directamente a una gran parte de la población de Quito, ya que al ser una intervención dentro de la planta de un servicio básico como es el agua potable, ciertos procesos será más eficiente y eficaz para brindar un mejor servicio a los consumidores finales, y finalmente quienes también se beneficiarán del proyecto serán quienes interactúen directamente día tras día con el sistema implementado, desde la propia planta hasta los operadores y administradores de los diferentes sistemas de procesos existente en la planta potabilizadora.

3.2. Idea integral del proyecto

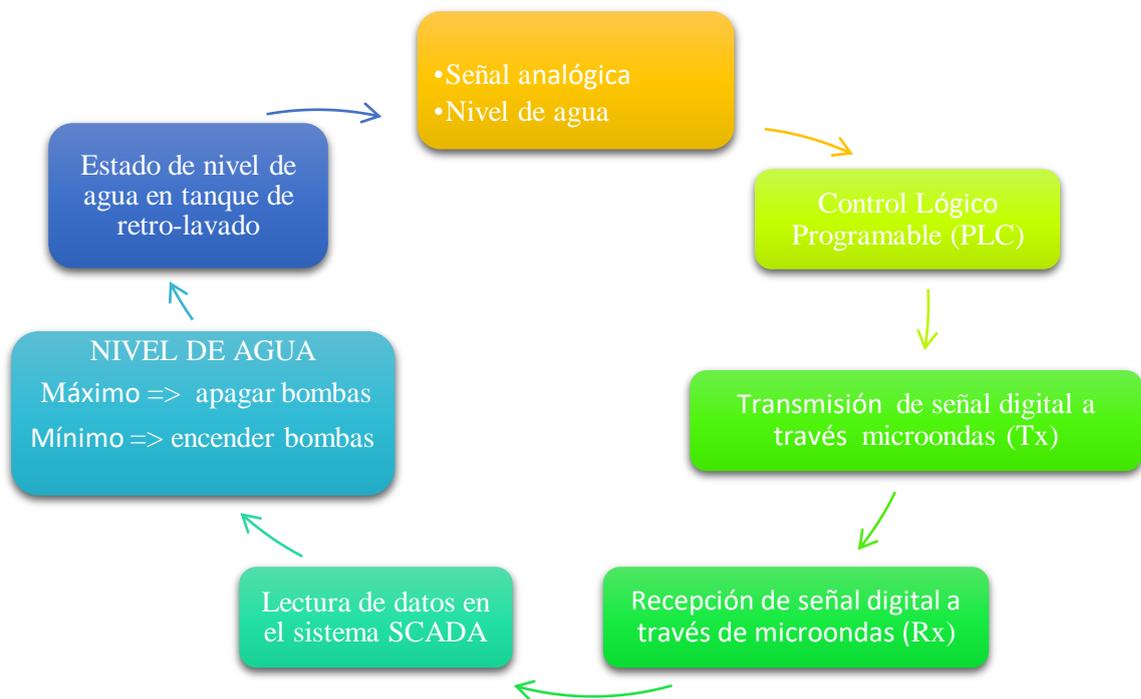


Figura 0.1 idea integral del sistema
Fuente: Elaborado por el autor

3.3. Factibilidad del proyecto

La investigación de la factibilidad para la “implementación de un enlace de microondas para el mejoramiento del sistema de retro-lavado de la planta de tratamiento de Puengasí”, ayudará a determinar los recursos necesarios y la posibilidad de llevar a cabo la ejecución del proyecto.

Para esto se dispuso el estudio de varios factores que influyen directamente con la factibilidad del proyecto, tal es así que se ha considerado en primera instancia el costo económico a invertir en el proyecto y también el factor técnico que permitan realizar los trabajos necesarios, modificaciones y readecuaciones de ser necesario en las instalaciones de la planta procesadora de agua potable.

La aprobación por parte del departamento administrativo de Puengasí para la utilización de antenas propuesta, se aprobaron una vez realizado los análisis pertinentes del marco regulatorio ecuatoriano resolución ARCOTEL-2018, para el uso de frecuencia de banda libre en espacios abiertos.

Con el estudio de la resolución se conoció algunas normativas para el uso del espectro, para el presente proyecto de trabajará en el rango de frecuencias 1.150 a 2.250 GHz.

La potencia de la cresta de salida el de 50mW, en el proyecto se tiene con potencia de salida de 10 mW (10 dBm) parámetro con el cual se cumple la ordenanza de la ARCOTEL

La configuración de las microondas se realizó bajo normativas legales para evitar sanciones por el mal uso del espectro radioeléctrico para el enlace RF, le empresa pública de agua Quito al ser una entidad municipal gozan de ciertos beneficios para la utilización de radio enlaces en la plata, en los reportes fotográfico se puede apreciar varios enlaces hacia el exterior de la planta para la conformación de su red.

3.4. Estudio técnico y elementos

El estudio técnico que se realizó permitió conocer por diferentes metodos (cálculos de radio enlace, estructura para instalación de las antenas, programación del módulo PLC y sensor, etc.) el éxito o fracaso de la propuesta de diseño del sistema presentado, con este precedente se definirá los equipos electrónicos necesarios, además de los materiales de instalación necesarios.

3.5. Equipos para la implementación

- **Radio HALO-200IA**

Una antena robusta, compacta y con las características técnicas necesarias para ser implementados en el proyecto; en conjunto de dos kits de antenas y sus elementos, realizarán la apertura del medio de comunicación por aire, que servirá como medio de acceso para el tráfico de información entre el ordenador central y los dispositivos electrónicos ubicados en el tanque de retro-lavado. La serie HALO-200IA se basan en tecnología OFDM, tiene una elevada potencia y un buen canal de transmisión de datos a gran distancia.

este modelo de radio dispone de las suficientes características y por esta razón son ideales para ser implementadas en empresas, unidades educativas, hotspost y acceso a banda ancha inalámbrica. Las aplicaciones que ofrecen este tipo de antenas son para enlaces PTP y PTMP a grandes distancias y con una amplia cobertura. La potencia de transmisión es de hasta 200 mW además de tener buena tolerancia a interferencias. Todas las características que posee el equipo se detallan en la tabla a continuación.



Figura 0.2 HALO-200IA
Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 0.1 Características de una alimentación eléctrica

Alimentación Eléctrica	DC 24 V, 50-60Hz
Puertos de red	1 puerto para ODU, 1 puerto Ethernet

POE Ethernet 12 V DC	
Fuente de entrada 110 V DC – salida 12 V DC	

Fuente: Elaborado por el autor

- **Módulo CPU SIEMENS S7-200**

La CPU S7-200 incluye cubierta compacta, microprocesador, fuente de alimentación embebida, además de circuitos de salida y entradas que dan lugar a un excelente Micro PLC (Figura 3.5). Una vez cargado la programación al S7-200, el dispositivo guardara la lógica necesaria para monitorear y controlar los dispositivos de entrada y salida.



Figura 0.3 CPU SIEMENS S7-200
Fuente: Elaborado por el autor

- **Power supply LOGO! Power**

Una fuente especial de protección de la marca SIEMENS diseñada para montaje en guías DIN, este dispositivo compacto existe una gran variedad en el mercado que se ajustan a las diferentes necesidades y precios, esta fuente cuenta con borneras de conexión eléctrica con entrada AC de 100- 264 V y a su salida provee con 24 V DC a una frecuencia de 50-60 Hz.



Figura 0.4 Fuente SIEMENS LOGO! Power
Fuente: Elaborado por el autor

- **Módulo ethernet SIEMENS CP 243-1**

La ayuda rápida de ethernet de Micro/WIN facilita la programación del módulo ethernet (CP 243-1) con la finalidad de comunicar un módulo S7-200 a una red ethernet. El asistente permite fijar las variables del módulo ethernet y almacenar la programación en el registro de operaciones del proyecto.

Cuando se ejecuta la ayuda de configuración ethernet, seleccione menú de herramientas y posteriormente asistente ethernet. El asistente usa la siguiente información: dirección IP, máscara de red, direccionamiento IP de la puerta de enlace y la forma de comunicación.



Figura 0.5 SIEMENS CP 2431 Ethernet
Fuente: Elaborado por el autor

- **Módulo SIEMENS EM 231**

El módulo de ampliación EM 231 cuenta con entradas analógicas de 12 bits, siendo rápidos y de bajo costo. Tiene la capacidad de cambiar una señal analógica de entrada a su valor digital correspondiente equivalente a 149 μ s. La señal que ingresa se transforma siempre que el programa tenga acceso a la entrada analógica.

El módulo EM-231 proporciona un valor digital no procesado que corresponde a la tensión o a la intensidad analógica en los bornes de entrada del EM-231, puesto que son módulos rápidos.



Figura 0.6 Módulo SIEMENS EM 231
Fuente: Elaborado por el autor

- **Sensor Endress+Houser Prosonic M FMU40**

El sensor Prosonic FMU40 es un instrumento de medición ultrasónico, ideal para la medición de nivel no invasiva en fluidos y medición de caudal en canales abiertos o vertederos. El transmisor muy compacto cuenta tecnología a dos hilos o cuatro hilos, es apto para aplicaciones con depósitos de almacenamiento o agitadores. La curva envolvente puede ser visualizada en el indicador de campo facilitando el diagnóstico.



Figura 0.7 Sensor FMU40
Fuente: Elaborado por el autor

3.6. Coordenadas para implementación del radioenlace

Tabla 0.2 Descripción geográfica

DETALLES	PUNTO A (OFICINAS)	PUNTO B (TANQUE DE RETRO-LAVADO)
COORDENADAS	LATITUD: 0°14'15.01"S LONGITUD: 78°29'35.98"O	LATITUD: 0°14'13.82"S LONGITUD: 78°29'50.71"O
ALTURA DE LA ANTENA	30 metros (relación al suelo)	5 metros (relación al suelo)
TIPO DE ESTRUCTURA	Torre ventada	Mástil base plana

Fuente: Elaborado por el autor

3.7. Esquema de radioenlace oficinas-tanque de retro-lavado

La siguiente figura representa una idea general del radio enlace, tomando en consideración la altitud las antenas en los dos puntos, se procederá a realizar la ubicación geográfica de las mismas con ayuda de aplicaciones gratuitas (Google Earth) con las coordenadas ya dadas a conocer en la tabla 3.2

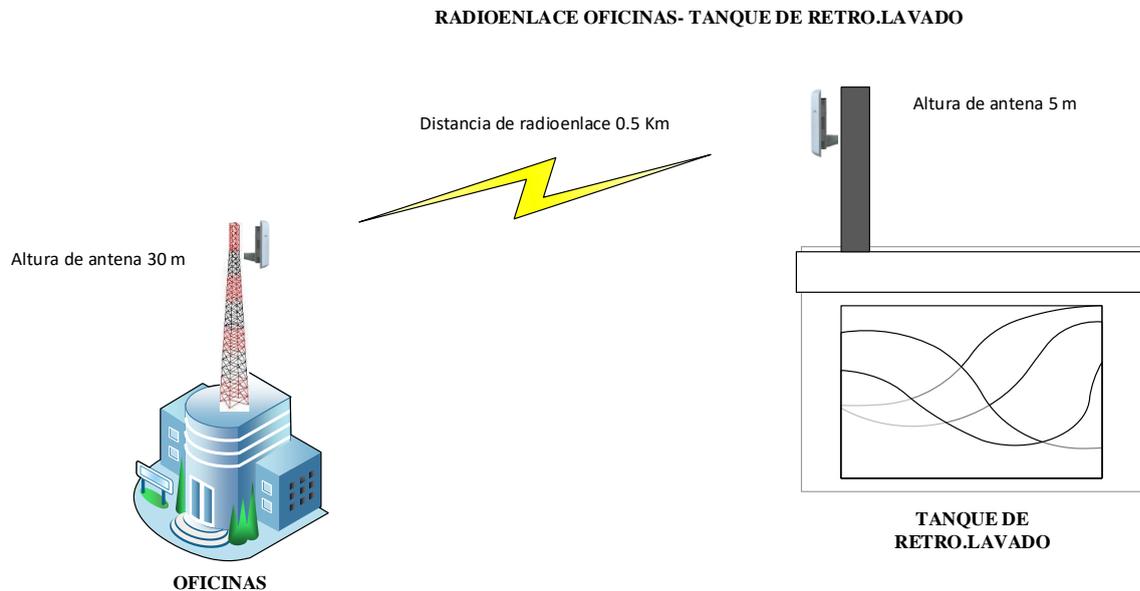


Figura 0.8 Sistema de radioenlace
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.9 Cobertura de la localidad
Fuente: Elaborado por el autor

Con ayuda del software libre RADIO MOBILE, que uno de los programas libres para realizar cálculos de radio enlace, que además de ser gratuito es confiable para realizar este tipo de cálculos, los datos arrojados tienen una confiabilidad de un 99,9 % de acuerdo a algunos testimonios, esto es veraz ya que se han realizado cálculos para proyectos ejecutados dentro y fuera del territorio ecuatoriano.

En este apartado, se realizó la simulación del radio enlace, con el cual se obtendrá datos de radio frecuencia y los parámetros de ajuste a los radios microondas para la transmisión de información desde el punto A hacia el punto B y viceversa. A continuación, en la Figura 3.12 se observa la ubicación y el perfil del terreno entre los dos puntos de manera general.

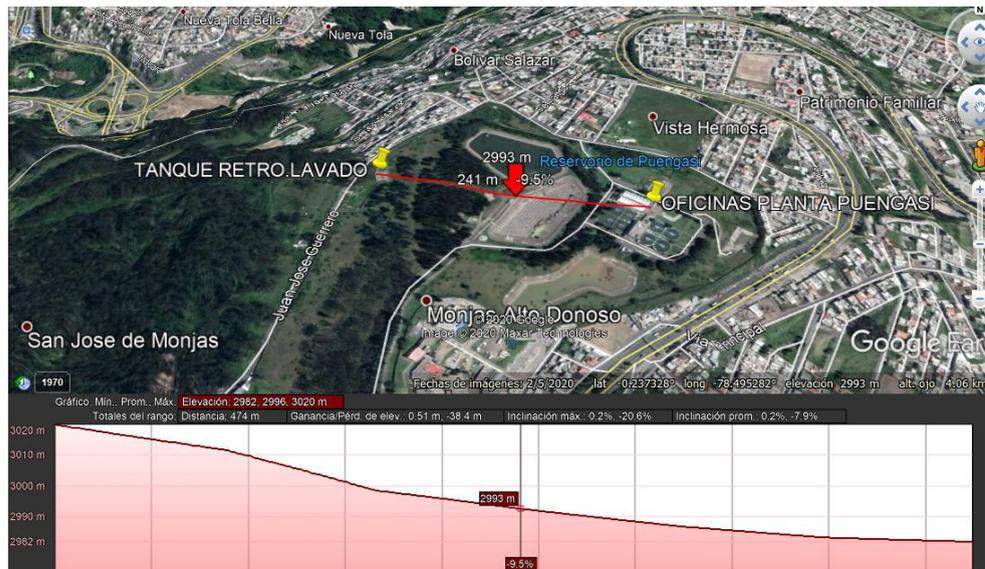


Figura 0.10 Elevación del terreno entre puntos
 Fuente: Elaborado por el autor

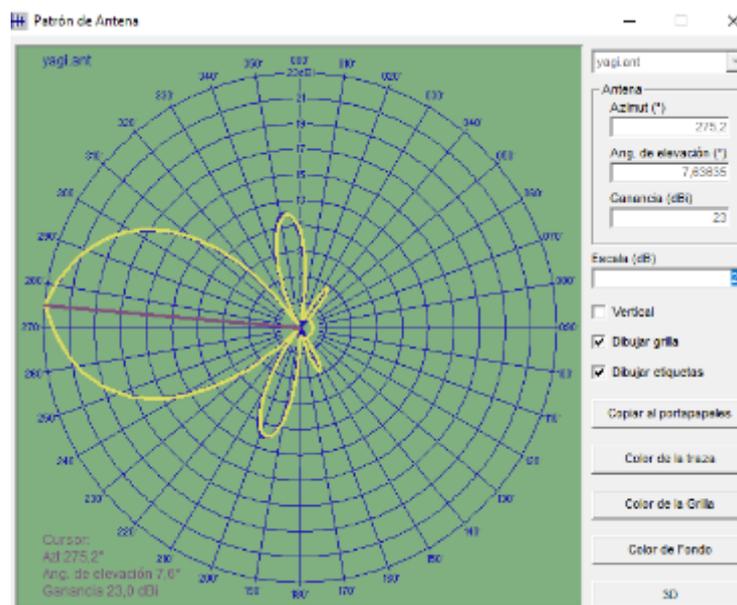


Figura 0.11 Lóbulo de radiación 2D Antena Rx
 Fuente: Elaborado por el autor

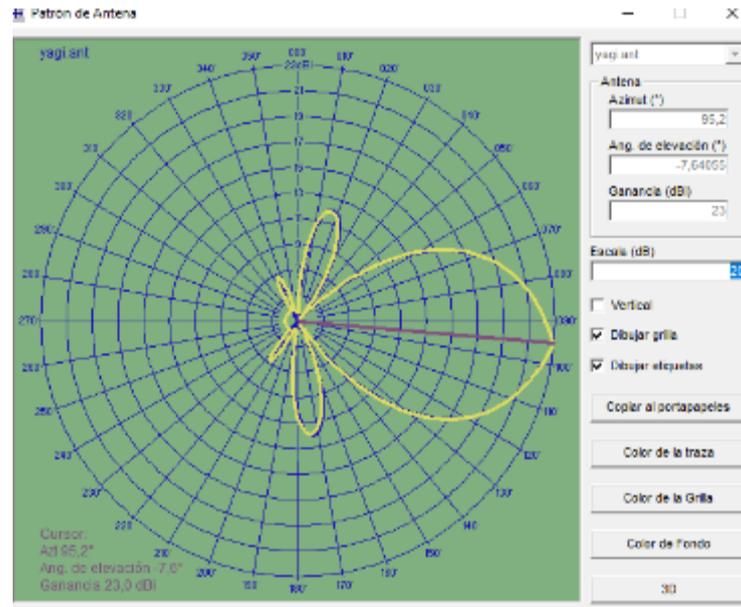


Figura 0.12 Lóbulo de radiación 2D Antena Tx
Fuente: Elaborado por el autor

3.8. Prefactibilidad de radioenlace con Radio Mobile

Se realizó precálculos del radio enlace con las coordenadas y la altura de cada microonda, en el cual se obtuvo resultado esperados, existe línea de vista directa, los niveles de recepción de potencia son viables para mantener una comunicación estable, además de otros datos obtenidos que son favorables para la implementación de enlace por microondas.

Según los preanálisis realizados, no se tendrá cambios de consideración durante la ejecución del proyecto puesto que se aplicarán los mismos datos utilizados para el preanálisis, con algunas variables en campo a considerar como por ejemplo la interferencia y factores climáticos.

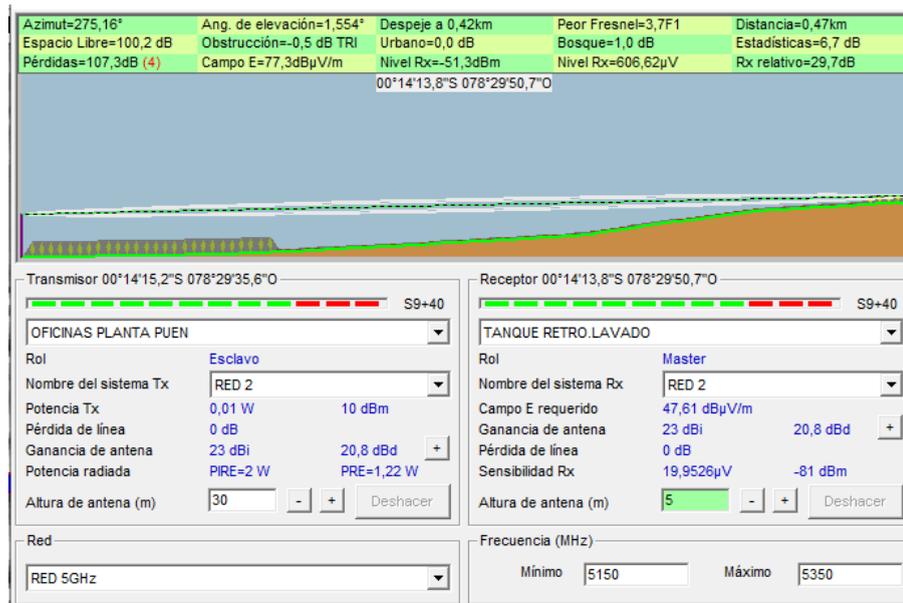


Figura 0.13 Perfil de radioenlace con Radio Mobile
 Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.14 Perfil de radioenlace de Google Earth
 Fuente: Elaborado por el autor

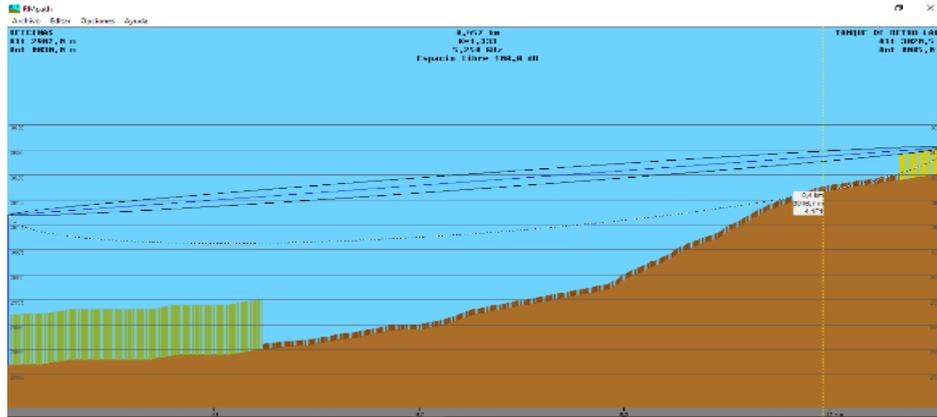


Figura 0.15 Zona de Fresnel despejada
Fuente: Elaborado por el autor

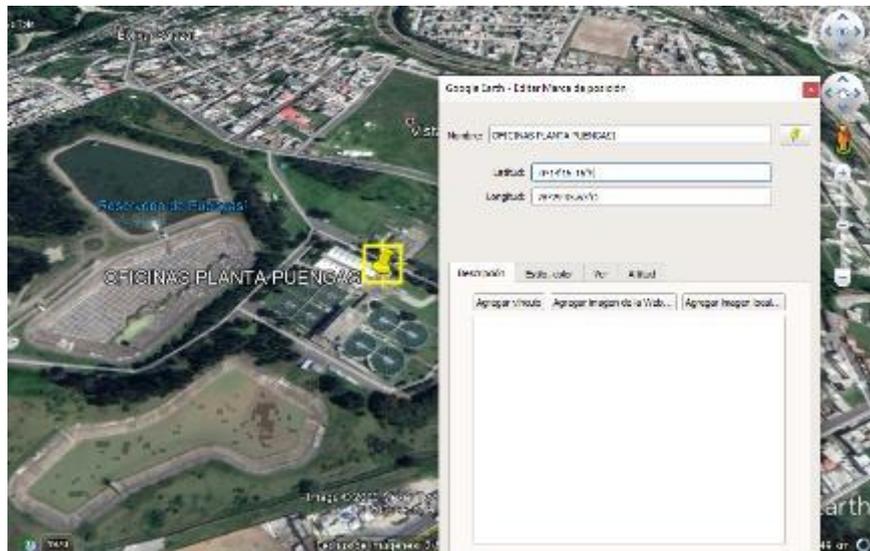


Figura 0.16 Posición geográfica del nodo principal
Fuente: Elaborado por el autor

3.9. Aplicación de ecuaciones para cálculo de radioenlace

- **Lóbulo de radiación**

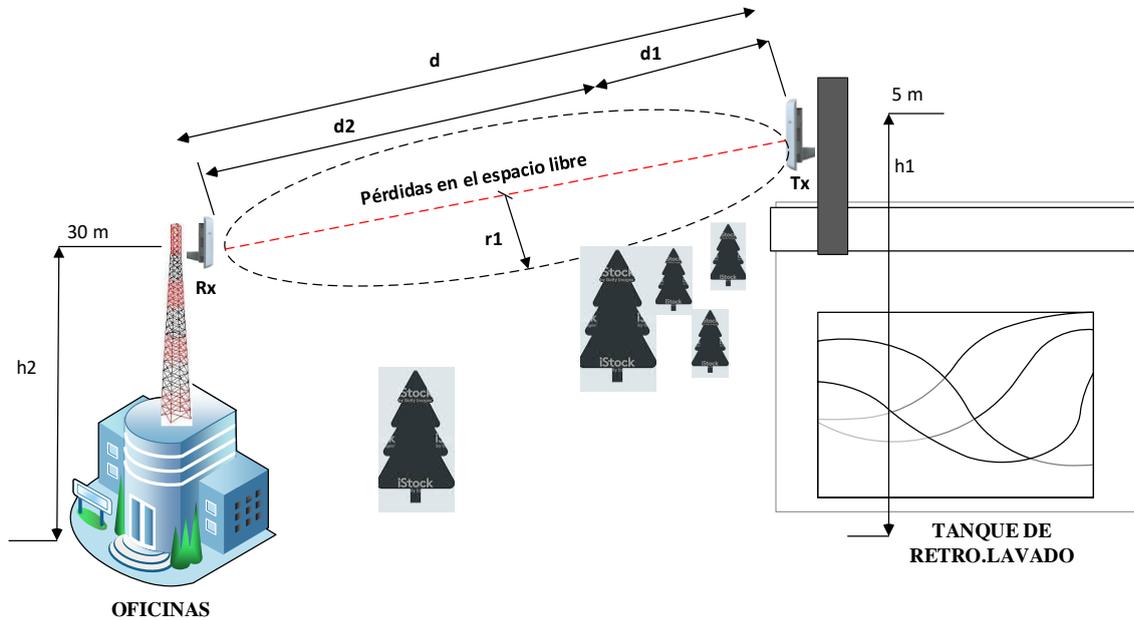


Figura 0.17 Zona de Fresnel
Fuente: Elaborado por el autor

El diagrama de la figura 3.23, se realizó con el propósito de aplicar cálculos radioeléctricos para la confirmación y consolidación de la fiabilidad del radioenlace, en el proyecto se realiza la implementación de un enlace de microondas en una zona boscosa de la planta potabilizadora, por lo que fue necesario la aplicación de cálculos utilizando algunas teorías aplicadas a telecomunicaciones, con estos resultados se confirmará los análisis visuales realizados durante la inspección en sitio.



Figura 0.18 área de despeje
Fuente: Elaborado por el autor

Antes de proceder con los cálculos, se debe tomar ciertas consideraciones: La obstrucción máxima permitida para considerar que no existe obstrucción, es el 40% en la primera zona de Fresnel.

- La obstrucción máxima recomendada es el 20%. (Aldaz Rosas & Hernandez Constante, 2016)
- En la práctica es muy común considerar el 60% ($0,6F_1$), de la primera zona de Fresnel despejada para considerar un enlace libre de obstrucción.

En el escenario se considera un obstáculo (árbol) que de manera hipotética se dice que puede ser perjudicial para el radioenlace, por lo cual según los datos tomados en campo el objeto más próximo a la trayectoria del radio enlace está aproximadamente a 4 metros de distancia de forma lateral de la línea recta del enlace y a una distancia de 40 metros de la antena transmisora. Con los argumentos mencionados anteriormente se procederá con la tabulación de datos disponibles para la realización de los siguientes cálculos de radioenlace.

Tabla 0.3 Información para el cálculo de radioenlace

Datos	Detalles
f= 5 GHz	f= banda de frecuencia operacional
d= 0,5 Km	d= distancia total entre el transmisor (Tx) y receptor (Rx)
d1= 0,04 Km	d1= distancia de obstáculo desde el transmisor
d2= 0,46 Km	d2= distancia de obstáculo desde el receptor
h1= 5m	h1= altura de la antena transmisora con relación al suelo.
h2= 30m	h2= altura de la antena receptora con relación al suelo.

Fuente: Elaborado por el autor

- **Cálculo de la zona de Fresnel**

Ecuación genérica aplicada para calcular la radio en el punto medio de la zona de Fresnel

Ecuación 1 Cálculo de Zona de Fresnel en el punto medio

$$r_{(m)} = 17,32 \sqrt{\frac{d(Km)}{4 * f(GHz)}}$$

Fuente (J. Hernández, J. Aldaz, 2016)

Ecuación aplicada para calcular la altura de la zona de Fresnel en varios puntos

Ecuación 2 Cálculo de zona de Fresnel en varios puntos

$$r_{(m)} = 17,32 \sqrt{\frac{d1(Km) * d2(Km)}{f(GHz) * (d1 + d2)(Km)}}$$

Fuente (Tomasi, 2003)

Para el proyecto se ha considerado una obstrucción menor en la trayectoria, para el cual se aplicará la fórmula N°.4

$$r_{(1)} = 17,32 \sqrt{\frac{0,04Km * 0,46 Km}{5GHz * (0,04Km + 0,46Km)}}$$

$$r_{(1)} = 1,48 \text{ m}$$

Entonces:

$$\text{si } 1,48 = 100\% \quad \text{despeje total.}$$

Porcentaje mínimo permisible

$$1,48 * 0,6\% = 0,88 \quad \text{es factible.}$$

- **Cálculo de pérdidas por trayectoria en el espacio libre**

Para el cálculo se aplicará la siguiente fórmula:

Ecuación 3 Pérdidas por trayectoria en el espacio libre

$$Lp_{(dB)} = 32,4 + 20 \log f (MHz) + 20 \log D (Km).$$

Fuente (Tomasi, 2003)

$$Lp_{(dB)} = 32.4 + 20 \log 5000 (MHz) + 20 \log 0.5 (Km).$$

$$Lp. = 100.35 \text{ dB.}$$

- **Ganancia de la antena**

Según la hoja técnica de la antena HALO 200IA opera en el rango de frecuencia 1.150 – 5.250 GHz, la antena tiene una ganancia de 23 dBi, por lo tanto, se considerará 23 dBi para el transmisor y receptor.

- **Pérdida en los cables**

Para el proyecto no se ha considerado pérdida en los cables (FTP), puesto que la distancia no excede más de 50 m en el peor escenario.

- **Pérdidas en los conectores**

Las pérdidas en los conectores (RJ45) se consideró mínimo, puesto que la conexión es directa entre antena y POE.

- **Potencia de transmisión**

Según la hoja técnica de la antena HALO 200IA opera en el rango de frecuencia 1.150 – 5.250 GHz, la antena tiene una potencia máxima de 23 dBm, para los cálculos en Radio Mobile, se considerará 10 dBm.

- **Sensibilidad del receptor**

Según investigaciones realizadas se determinó cierta similitud en los valores de la sensibilidad del receptor, las cuales oscilan entre -70 dBm a -90 dBm.

Los datos fueron comprobados al realizar una prevé comparación de hojas técnicas de varios modelos de antenas que tienen características comunes de operación; la antena utilizada para el proyecto tiene una sensibilidad de – 81dBm a -95 dBm, según indica el manual.

La sensibilidad que se tomará para los cálculos será -81 dBm considerando que el enlace es de 500 metros.

- **Cálculo de margen de desvanecimiento**

La teoría del margen de desvanecimiento involucra la diferencia entre el valor de la señal recibida y la sensibilidad del receptor. (Reategui, 2010)

Esta ecuación es utilizada para el cálculo del margen de desvanecimiento, es aplicable cuando se dispone de datos establecidos, con la cual es posible determinar dicha incógnita. Sin embargo, para el proyecto no se aplicó dicha ecuación puesto que se desconoce valores reales de los parámetros A, B inclusive el porcentaje de la confiabilidad, para fines demostrativos se realizó los cálculos y se analizó las respuestas obtenidos mediante la ecuación y Radio Mobile, en la cual se determinó la existencia de una diferencia considerable.

Ecuación 4 Cálculo de margen de desvanecimiento

$$FM(dB) = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70$$

Fuente (Tomasi, 2003)

Dónde:

FM= margen de desvanecimiento (dB)

D= distancia del enlace (Km)

f= frecuencia (GHz)

R= confiabilidad del enlace (99,99%=0,9999 de confiabilidad)

Se debe tomar en cuenta algunos factores ya definidos para el terreno y clima, para los cuales se dispondrá de unos valores preestablecidos.

La confiabilidad del enlace debe ser del 99,99 % para garantizar el perfecto funcionamiento.

A= factor de terreno

4= agua o terreno muy liso

2=Bosque (la propagación va por arriba)

1= terreno promedio

0,25= terreno áspero y montañoso

B= factor de clima

1= agua marina o condición de peor mes

0,5= prevalecen áreas calientes y húmedas

0,25= áreas mediterráneas de clima normal

0.125= áreas montañosas de clima seco y fresco

$$MF = 30\log(0.5\text{Km}) + 10\log(6 * 2 * 0.125 * 5\text{GHz}) - 10\log(1 - 0.9999) - 70$$

$$MF = -9.03 + 8.75 + 40 - 70$$

$$\mathbf{MF} = -30.2 \text{ dB}$$

- **Cálculo de margen de desvanecimiento**

Por los motivos dado a conocer anteriormente se omitió esta ecuación y se aplicó a la siguiente ecuación científica establecida en el libro de “Sistemas de comunicaciones electrónicas” (Tomasi, 2003).

Para el cálculo se aplicará la fórmula a continuación.

Ecuación 5 Cálculo de margen de desvanecimiento

$$MD = |\text{Umbral de recepción}| - |\text{Potencia de recepción}|$$

Fuente (Tomasi, 2003)

Datos:

Umbral de recepción= -81 dBm

Potencia de recepción= -51,3 dBm

$$MD = 81\text{dBm} - 51.3\text{dBm}$$

$$\mathbf{MD} = 29.7 \text{ dB}$$

- **Presupuesto del enlace**

También conocido como presupuesto de potencia o ganancia, esto hace referencia al cálculo de la potencia de la señal en toda la trayectoria. (Reategui, 2010)

La ecuación definida para calcular el presupuesto del enlace es:

Ecuación 6 Presupuesto del enlace

$$\begin{aligned} \text{Margen} - \text{Sensibilidad del receptor (dBm)} &= \text{Potencia del transmisor (dBm)} - \\ &\text{Pérdidas en el cable TX (dBm)} + \text{Ganancia de antena TX (dBi)} - \\ &\text{Pérdida en la trayectoria en el espacio libre (dB)} + \text{Ganancia de la antena Rx (dBi)} - \\ &\text{Pérdida en el cable Rx (dB)} \end{aligned}$$

Fuente (Reategui, 2010)

Con los datos obtenidos en los cálculos anteriores y datos de la antena, se procede a realizar el cálculo del presupuesto del enlace.

$$\text{Margen} - 81 = 10 + 23 - 100.35 + 23$$

$$\text{Margen Umbral} = 36.6 \text{ dB}$$

- **EIRP (Effective Isotropic Radiated Power)**

También igual a PIRE (Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva) el PIRE está regulada por la autoridad gubernamental de cada estado, para el caso de Ecuador el ente regulador del cumplimiento de dichas normas es la ARCOTEL, en la resolución 003-03-ARCOTEL-2015 del 28 de mayo de 2015, en la ordenanza indica que la potencia permitida para las frecuencias de 5.15 a 5.25 GHz la potencia de salida de cresta es de 50 mW (16,98 dBm). (ARCOTEL-SIETEL, 2017)

En su defecto para el cálculo de esta variable se emplea la siguiente fórmula:

Ecuación 7 Cálculo de la Potencia Irradiada Efectiva Isotrópica

$PIRE(dBm) = \text{Potencia de transmisor}(dBm) - \text{perdida en el cable} - \text{pérdidas en los conectores}(dB) + \text{ganancia de la antena}(dBi)$

Fuente (A. Reátegui, 2010)

$$PIRE(dBm) = 10 + 23$$

$$PIRE = 33 \text{ dBm}$$

3.10. Ventajas de un radio enlace

- Sin cables
- Varios canales disponibles
- Gran ancho de banda
- Capaz de transmitir gran volumen de información

3.11. Costo del proyecto

En la Tabla 3.4 se detalla el costo total del proyecto.

Tabla 0.4 Cotización para implementación de proyecto

TABLA DE COSTOS PARA IMPLEMENTACIÓN				
ÍTEM	MATERIAL/EQUIPOS	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1	MICROONDAS	2 (kits)	250	\$ 500
2	PLC SIEMENS S7 200			\$ 300
3	SIEMENS CP 2431 Ethernet			\$ 200
4	SENSOR DE NIVEL DE AGUA FMU40			\$ 1000
5	CONTACTOR			\$ 60
6	TRANSFORMADOR 420 VAC A 110 VAC CON TAP CENTRAL			\$ 80
7	CABLE cat 6A FTP BLINDADO	70 m	0.80	\$ 80
8	CONECTORES RJ45 cat 6A	10 unid	0.35	\$ 3.50
9	CABLE Tierra THHN 12mm AWG	40 m	2.27	\$ 90.80
10	AMARRAS NEGRAS 30 cm	2 unid	3.50	\$ 7.00

11	TERMINALES TIERRA TIPO OJO PARA CABLE 12 mm AWG	8	0.20	\$ 1.60
12	CAJA TERMICA	1 unid		\$ 30
13	BREAKER AC 40 A	2 unid		\$ 20
14	FUSIBLE 10 A	2 unid		\$ 1.60
15	SUPRESOR DE TRASIENTES	2 unid		\$ 80
COSTO TOTAL REFEENCIAL				\$ 2654.50

Fuente: Elaborado por el autor

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN

4.1. Desarrollo

En el proyecto en primera instancia se realizó la valoración del estado eléctrico, en el mismo se encontró puntos muertos y que fueron necesarios la reactivación de estos a través de un mantenimiento correctivo y el mejoramiento del sistema eléctrico en el reservorio del tanque de retro-lavado, esto implicó el reemplazo de cables eléctricos de la acometida principal, el cambio de una caja térmica de breaker con fusibles en mal estado.



Figura 0.1 Caja térmica en mal estado
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.2 Reemplazo de caja térmica y reactivación de energía eléctrica
Fuente: Elaborado por el autor

También fue necesaria la limpieza y readecuación de las cajas térmicas existentes que contienen los equipos electrónicos correspondientes al sistema que se implementará, esto con el objetivo de adaptar el espacio necesario para los equipos internos y puntos de energía eléctrica para la alimentación de los equipos activos.



Figura 0.3 Readecuación de caja de protección para equipos electrónicos
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.4 Depuración de elementos inactivos
Fuente: Elaborado por el autor

La canalización para la instalación del cable de señal que realiza la comunicación entre el control PLC y el sensor de nivel de agua, también fue corregida y acoplada a la necesidad actual, estos trabajos fueron necesarios ya que se realizó el cambio del cable de señal que se encontraba ya en malas condiciones e inseguras para el correcto funcionamiento. El reservorio que contiene el agua para el lavado de los filtros. También fue necesaria la realización de la instalación de una platina previamente realizado el mantenimiento para evitar corrosión, esta placa se encuentra ubicada estratégicamente que servirá como soporte para el sensor de nivel que se instaló en este punto.

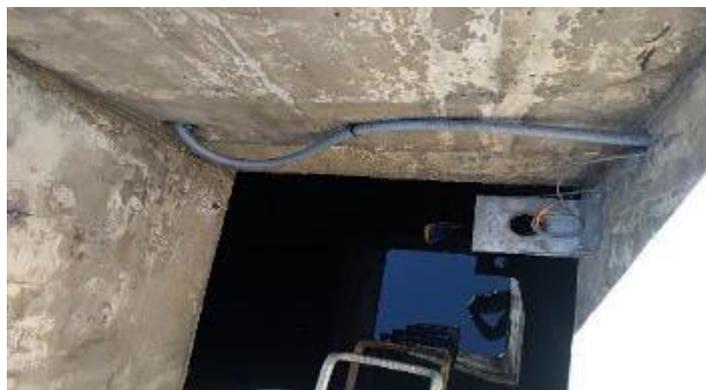


Figura 0.5 Instalación de placa para sensor de nivel de agua
Fuente: Elaborado por el autor

En el cuarto de equipos ubicado en el tanque de retro-lavado fue necesaria la instalación de un transformador de tensión con TAB central, puesto que la tensión de entrada de la acometida es de 420 V AC, con este transformador es posible obtener 110 V AC en la salida para la alimentación de los equipos electrónicos.



Figura 0.6 Instalación de placa para sensor de nivel de agua
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.7 Instalación de transformador de tensión 420V a 110 V
Fuente: Elaborado por el autor

Para que el radio enlace implementado funcione correctamente, se realizó el despeje de línea de vista entre el transmisor y receptor, es decir entre las instalaciones del tanque de retro-lavado y el centro de gestión del sistema de la planta de tratamiento, esto consistió en la limpieza de maleza sobre la vía que conecta el tanque de agua y las oficinas administrativas, esta acción además de servir para obtener una mejor línea de vista, también

ayudó para tener acceso al sitio con herramientas y materiales para realizar los trabajos necesarias.



Figura 0.8 Despeje de línea de vista para enlace microondas
Fuente: Elaborado por el autor

4.2. Implementación

a) Implementación de radio microondas

Para el inicio de la implantación del enlace de microonda entre los dos puntos dentro de la propiedad de la planta de tratamiento, se llevó a cabo análisis y determinación de factores para llevar a cabo la implementación y el correcto funcionamiento del canal de comunicación de entre el tanque de retro-lavado y la sala de operaciones de la planta.



Figura 0.9 Evaluación de infraestructura física
Fuente: Elaborado por el autor

Como primer punto, se realiza una evaluación de la infraestructura física que dispone el beneficiario, es decir para el montaje de equipamiento externo, espacio suficiente para instalación de equipos internos entre otros, además de la seguridad necesaria para realizar trabajos en altura.

Luego de finalizar este proceso, se determina la existencia de infraestructura para la implementación, en las oficinas de control de la planta, se dispone de una torre ventada de 27 metros de altura, en el cual se dispone de espacio para la instalación del enlace microondas, el espacio y energía eléctrica para la alimentación del equipamiento interno, es ideal y no se tiene mayores inconvenientes en este punto.



Figura 0.10 Equipamiento interno
Fuente: Elaborado por el autor

La validación de las condiciones necesarias para llevar a cabo la instalación de la microonda y equipos en el tanque de retro-lavado, fue necesaria la readecuación del espacio para la instalación de los equipos internos, para la instalación de la antena fue necesaria el uso de un soporte metálico instalado sobre el reservorio de agua, con línea de vista directa hacia la torre ventada ubicada en la terraza de las oficinas de control.



Figura 0.11 Tanque de retro-lavado(reservorio)
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.12 instalación de microonda transmisora (Tx)
Fuente: Elaborado por el autor

Finalizado la valoración de las condiciones se optó por realizar el análisis del equipamiento necesaria para el funcionamiento del sistema, esto con antelación de ciertas recomendaciones y observaciones de expertos en control automático, equipos de comunicación inalámbricas. Luego de analizar la magnitud de datos que se transportarán por el nuevo canal, las condiciones físicas en las que trabajarán las microondas, la distancia del radioenlace, y también el capital disponible para inversión del proyecto, se determinó que es suficiente microondas que operen en banda libre, que no sean muy vulnerable a la interferencia, dispongan de un grado aceptable de seguridad de encriptación.

Por las razones antes mencionadas y más, se realizó el análisis técnicos de algunas microondas existentes en el mercado tales como: Mikrotik, Ubiquiti, Cambium network, HALO entre otros, en varios modelos, finalmente se seleccionó la antenas tipo panel de la marca HALO modelo 200IA, este tipo de radio microonda ya ha sido usado y manejado en enlaces en las plantas del agua potable por el personal técnico que labora en la planta, esto a futuro facilitará los trabajos de soportes, mantenimientos preventivos, correctivos, actualización de firmware, etc. que se requiera brindar en el enlace de microondas.



Figura 0.13 Antena tipo panel HALO 200IA vista frontal
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.14 Antena tipo panel HALO 200IA vista posterior
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.15 Tipo de conectorización antena HALO 200IA
Fuente: Elaborado por el autor

Para determinar la altura de la antena en la torre, se realizó una inspección desde la torre para determinar si existe obstrucción en la dirección del tanque de retro-lavado.

en esta etapa se confirmó una mínima obstrucción de maleza en la línea de vista entre los puntos, para le eliminación de este inconveniente se realizó el mantenimiento de la vía de acceso al reservorio, esta vía esta exactamente frente a frente entre la torre de comunicación de las oficinas administrativas y el tanque de retro-lavado, esta situación fue aprovechada para obtener un enlace de radio de microondas y mantener comunicación y monitoreo del nuevo sistema.



Figura 0.16 Vista hacia tanque de retro-lavado
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.17 Limpieza y mantenimiento para acceso
Fuente: Elaborado por el autor

En los puntos, con la ayuda de un GPS se obtuvo la ubicación precisa de los puntos involucrados, la obtención de esta información fué necesaria para la realización del perfiles y simulación del radio enlace en el software utilizado en el proyecto como es RADIO MOBILE, de esta manera corroboró que la implementación del enlace de microondas es viable.

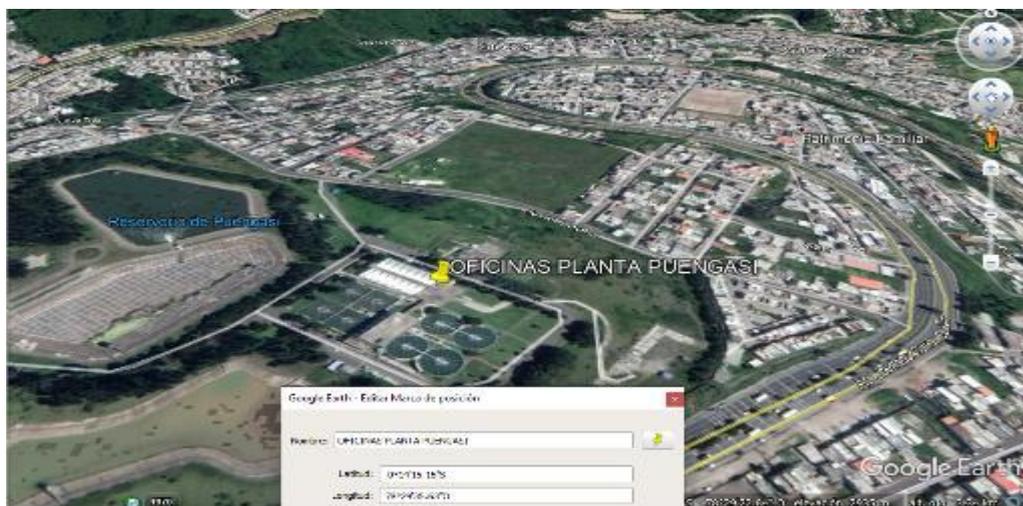


Figura 0.18 Ubicación de oficinas administrativas
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.19 Ubicación del tanque de retro-lavado
Fuente: Elaborado por el autor

Con los datos obtenidos luego de realizar la inspección física, el estudio radioeléctrico, y los datos técnicos de las antenas microondas a usar, se constató que existe las garantías para llevar a cabo la instalación de las microondas y demás complementos electrónicos de automatización que serán parte del proyecto.

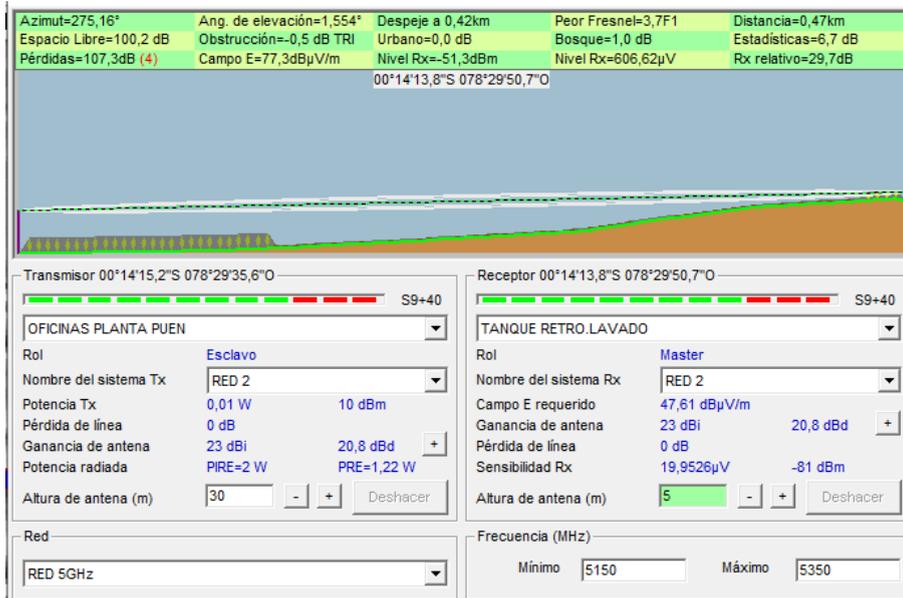


Figura 0.20 Perfil con niveles aceptables
Fuente: Elaborado por el autor

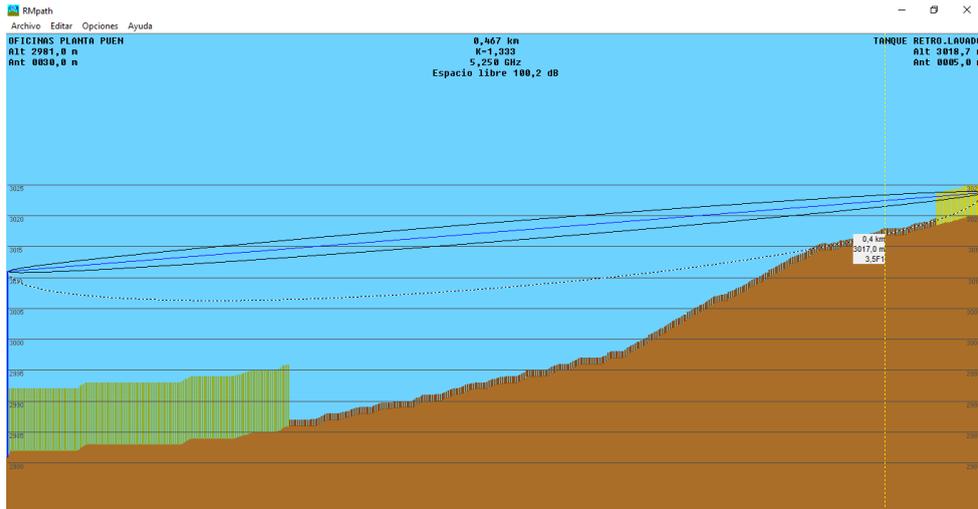


Figura 0.21 Zona de Fresnel
Fuente: Elaborado por el autor

Reporte de red generado por Radio Mobile

Radio Mobile

Reporte generado en 20:41:50 a 06-20-2020

Información general

Activar información de las unidades

Nombre	Ubicación		Altitud
OFICINAS PLANTA PUEN	00°14'15"S 078°29'36"O FI09SS		2981,0m
TANQUE RETRO.LAVADO	00°14'14"S 078°29'51"O FI09SS		3018,7m
Nombre	Pot Tx	Pérdida	
		Pérdida (+)	
		Umbral Rx	G. ant.
			Tipo ant.
RED 2	0,010W	0,0dB	0,000dB/m
		-81,0dBm	23,0dBi
			yagi.ant

RED 5GHz

Topología Estrella

5150,0 MHz a 5350,0 MHz (modo de interferencia <optimista>)

Vertical polarización

Modo estadístico es Accidental, a

50% de tiempo, 70% de situaciones

Refractividad= 301 Unidades-N, conductividad= 0,005 S/m, permitividad= 15

Ecuatorial clima

Miembros de la red:

#	01	02	Rol:	Sistema:	Antena:
OFICINAS PLANTA PUEN	01	80	Esclavo	RED 2	30,0m 275,2° +01,6°
TANQUE RETRO.LAVADO	02	80	Master	RED 2	5,0m 095,2° -01,6°

Calidad = 50 - número de retransmisiones



Figura 0.22 Perfil en Google Earth
Fuente: Elaborado por el autor

Cumpliendo con todas las seguridades necesarias para trabajar en alturas, se procedió a instalar la antena en la torre del beneficiario a la altura establecida según los estudios y simulaciones realizadas, así también la sujeción del cableado FTP CAT 5E especial para intemperie desde la antena hacia el gabinete de equipos internos, todo esto fue realizado por la canalización existente para el paso cables de datos del predio.



Figura 0.23 Instalación de antena de receptora (Rx)
Fuente: Elaborado por el autor

Así también la protección de los equipos electrónicos contra descargas eléctricas, son de importancia para evitar daños en los equipos puesto que esto implica gastos en la reparación o reemplazo de los mismos.



Figura 0.24 Carcaza metálica con puesta a tierra
Fuente: Elaborado por el autor

La implementación de del radio enlace en el reservorio, de igual manera se realiza una vez instalado el soporte para la antena y readecuación de la caja térmica que contendrán los aparatos electrónicos además del equipamiento complementario del radio enlace. Para protección de los equipos contra descargas eléctricas, se utilizó el mismo sistema aplicado en punto A, de igual forma esto ayudará a extender la durabilidad y funcionamiento del sistema.



Figura 0.25 Pruebas de conectividad de radioenlace
Fuente: Elaborado por el autor

1) Pasos para gestión de microonda HALO IA200

Con la finalización de la etapa técnica de instalación de la microondas, los parámetros de configuración de las antenas son los pasos siguientes para poder sincronizar las microondas, es decir lograr comunicación entre sí de extremo a extremo.

Se utilizó un ordenador y un patch cord UTP, para acceder a las microondas utilizando un browser de navegación, para el caso se utilizó Google Chrome, se asignó la dirección IP de fábrica 192.168.1.1 con máscara de red 255.255.255.0 por lo cual se utilizó una dirección IP para la tarjeta de red del ordenador, y con esto se creó una red punto a punto entre los dispositivos. Las credenciales por defecto de ingreso a la microonda es usuario: admin y clave: admin, una vez realizado este paso se tendrá con privilegios de administrador con lo cual se realizaron las configuraciones requeridas.

2) Configuración de parámetros de la antena

Se configuró la frecuencia de operación de 5260 GHz, dicha frecuencia se determinó luego de realizar pruebas con varias frecuencias disponibles dentro del rango de 1.150 GHz

a 5.350 GHz que dispone la microonda, la frecuencia fue elegida luego de observar la estabilidad requerida para el enlace, con esto se garantiza una latencia muy baja (pruebas de ping y saturación del canal inalámbrico con generador de carga TFGEN), un ancho de banda de hasta 20 MHz y un tiempo de respuesta menores (TTL) a 7 mili segundos.



Figura 0.26 Herramienta de análisis del espectro
Fuente: Elaborado por el autor

Así también la potencia de transmisión ajustada a modo automático para que la microonda pueda realizar un censo de la potencia requerida para el enlace y garantizar una latencia mínima, con esto garantizó el correcto funcionamiento del canal de transmisión por aire.

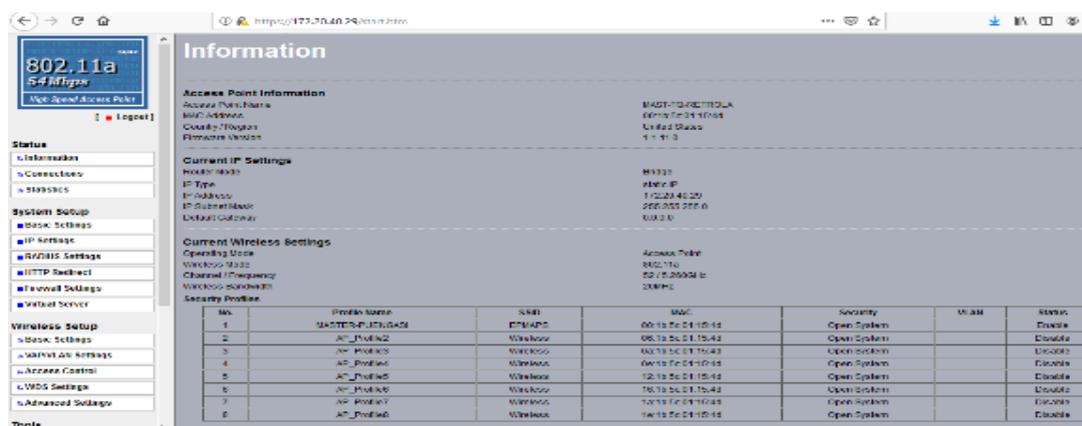


Figura 0.27 Información general de configuración microonda receptora
Fuente: Elaborado por el autor

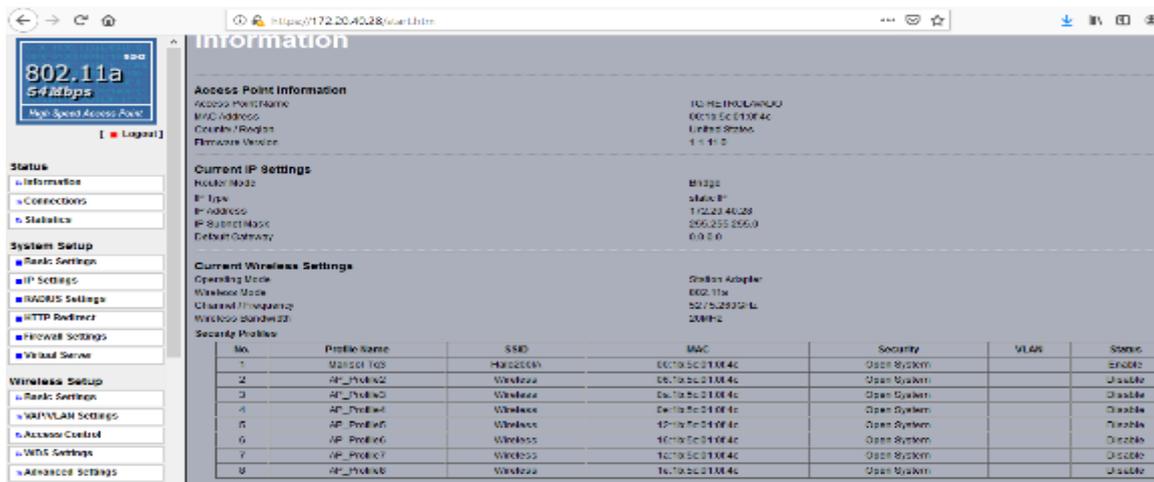


Figura 0.28 Información general de configuración microonda transmisora
Fuente: Elaborado por el autor

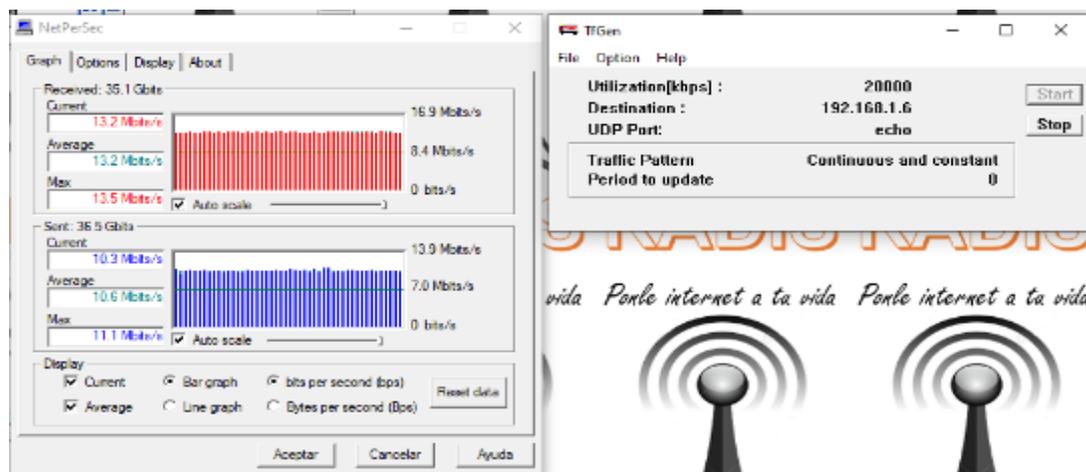


Figura 0.29 Generando de tráfico en el radioenlace a media capacidad
Fuente: Elaborado por el autor

b) Implementación de PLC

El uso y determinación del tipo de PLC a usar, se determinó luego de analizar y entender el funcionamiento del sistema de auto lavado de filtros de la planta, es así que un modelo SIEMENS 200 es suficiente y cumple con los requerimientos necesarios para hacer posible el funcionamiento del sistema en conjunto con otros elementos complementarios al sistema, además de investigar en el mercado otras marcas y modelos de equipos de control automático, también se contó con las recomendaciones y observaciones de expertos y

entendidos en equipos de control y automatización, en este caso aplicado al lavados de filtros de una planta procesadora de agua potable.

Las pruebas preliminares de laboratorio no estuvieron por demás para asegurar el funcionamiento correcto de los elementos electrónicos al momento de implementarlo en campo, en esta etapa se desarrolló la programación PLC, aquí se asegura y se da las instrucciones requeridas al equipo para obtener los resultados esperados, en las siguientes figuras se muestra el PLC en gestión y realizándose las pruebas de comportamiento luego de ejecutar instrucciones piloto.



Figura 0.30 Trabajos de laboratorio
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.31 Pruebas de programación
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.32 Generador de señal analógica
Fuente: Elaborado por el autor

La programación final para el PLC es exitosa por el cual se procedió a la carga de las instrucciones finales al dispositivo, previamente prestablecido la ubicación del equipo electrónico en la caja térmica en el tanque de retro-lavado, se realizó la energización de los equipos y la normalización del circuito hacia el centro de mando (oficinas), con esto ya se tuvo establecido el canal de comunicación hacia el sistema SCADA que es la aplicación general de control de procesos casi en su totalidad de la planta procesadora.

c) Implementación del sensor de nivel Prosonic FMU40

Las pruebas de laboratorio realizados, fueron importantes para la calibración del sensor, con la configuración de los parámetros del dispositivo se ajustaron ciertas variables como son la profundidad del tanque, el nivel máximo y mínimo de llenado, tipo de depósito como los datos más relevantes para el caso.



Figura 0.33 Generador de señal analógica
Fuente: Elaborado por el autor

En el interior del reservorio del tanque de retro-lavado, también fue necesaria la instalación de una placa metálica, la cual servirá para el soporte del medidor de nivel del agua en el tanque.

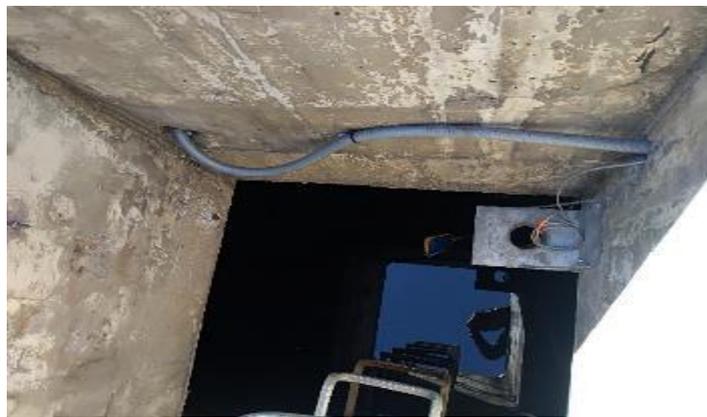


Figura 0.34 Placa de soporte para sensor de nivel de agua
Fuente: Elaborado por el autor

La programación del medidor de nivel de agua, fué llevada a pruebas piloto, con lo cual se verificó las lecturas de niveles en función del tiempo, las lecturas en dichos experimentos fueron exitosas y fueron llevados a la implantación en campo.

Los valores obtenidos son señales analógicas (nivel de agua en el tanque) y estas son enviadas a través de un cable de comunicación hacia el módulo PLC S7-200, para este fin fue necesaria obtener información del tanque de retro-lavado tal como: su capacidad de almacenamiento de agua, la profundidad, con estos datos se procedió a establecer un nivel mínimo de agua, así como un nivel máximo de llenado del tanque.



Figura 0.35 Medición de profundidad de tanque
Fuente: Elaborado por el autor

La capacidad de almacenamiento del reservorio es de 2000 m^3 , con el cual se abastece para el lavado de filtros de purificación, la capacidad del tanque está diseñado para abastecer el lavado de los filtros, además esta afirmación es correcta puesto que el sistema en la actualidad funciona, pero bajo un sistema de ejecución manual realizado por el operador.

Con esta última etapa de implementación, se finalizó la instalación de todos los dispositivos y equipamiento físico necesario para mejorar el proceso de retro-lavado de los filtros de agua.

4.3. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de operación del proyecto, se dividen en varios bloques del circuito, estas van desde la parte de implementación física y programación de equipos, visualización de datos en un monitor y ejecución de forma automática el bombeo de agua para el abastecimiento del tanque de retro-lavado.

4.3.1 Pruebas de funcionamiento del enlace de microondas

Las pruebas de estabilidad del enlace de radio, se realizó en primera instancia con la utilización de PC's se realizó pruebas de ping de extremo a extremo, con los resultados obtenidos quedaron descartados problemas de pérdidas de paquetes, además se utilizó generadores de paquetes, para medir la capacidad de tráfico que soporta el enlace, en las pruebas realizadas se evidenció que el enlace por microondas maneja sin problema alguno 20 Mbps.

4.3.2 Pruebas del sensor FMU40

El sensor de nivel instalado dentro del tanque de almacenamiento de agua, fue calibrado el nivel máximo de llenado a 3.50 m de altura y un mínimo de fluido en el tanque de 50 cm para considerarlo vacío, el sensor envía de manera correcta la información del nivel de agua para este ser posteriormente visualizado en el sistema SCADA.



Figura 0.36 Ajuste de sensor para nivel máximo
Fuente: Elaborado por el autor

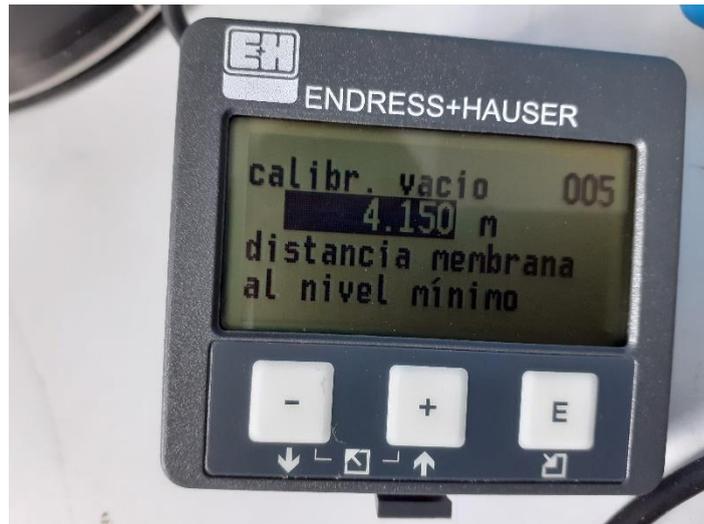


Figura 0.37 Ajuste de sensor para nivel mínimo
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.38 Implementación de Sensor FMU40
Fuente: Elaborado por el autor

4.3.3 Pruebas de funcionamiento del módulo PLC

La programación de cargada en la memoria del PLC hace que la información tomada del sensor pueda ser enviada de manera correcta a través de la red inalámbrica hacia el sistema de gestión, la información es visible en pantalla para el operador de la planta, de esta manera tienen conocimiento del estado del nivel de agua para la ejecución del sistema de retro-lavado.

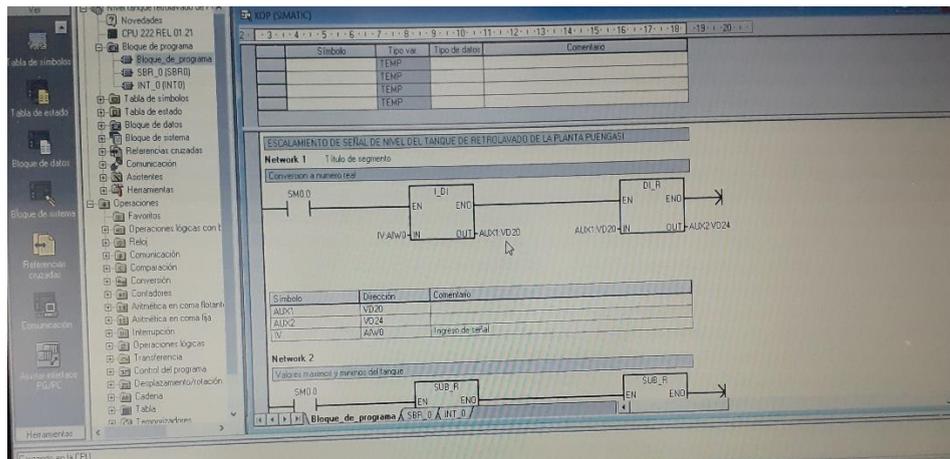


Figura 0.39 Bloque de programación PLC
Fuente: Elaborado por el autor

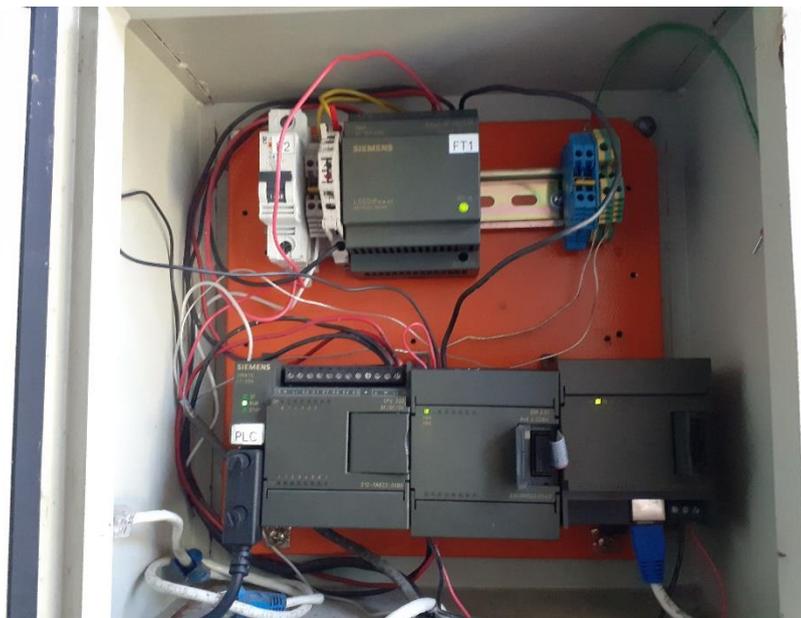


Figura 0.40 RUN de sistema lógico PLC
Fuente: Elaborado por el autor

4.3.4 Visualización de nivel de agua en el sistema SCADA

La visualización en el monitor hace posible gracias a la programación que ya se encuentra creada dentro del sistema, esto hace posible que el sistema arranque de manera automática para el proceso de retro-lavado de los filtros de la planta potabilizadora, además de proporcionar un arranque manual en caso de alguna eventualidad.

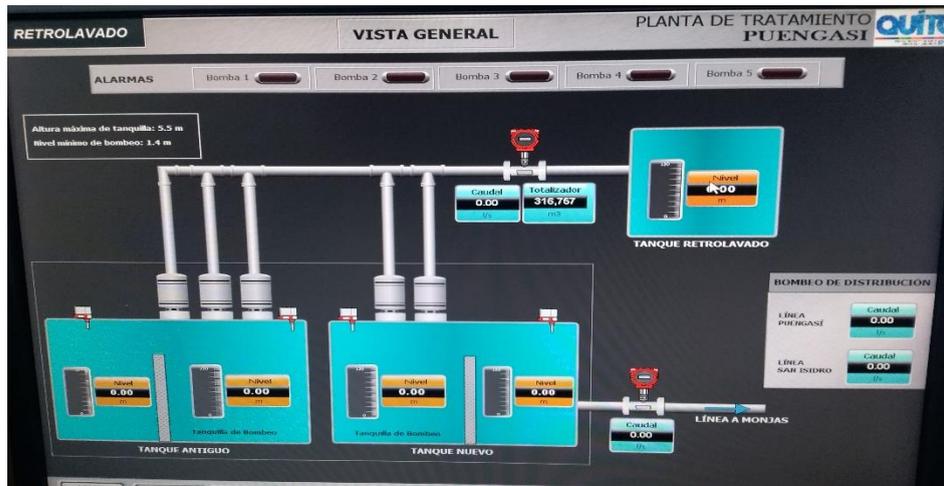


Figura 0.41 Vista panorámica de sistema SCADA
Fuente: Elaborado por el autor

4.3.5 Pruebas de automatización de paro y arranque de válvulas

El paro y arranque se realiza de manera sencilla, en nivel máximo de llenado del tanque de retro-lavado, indica el apagado de las bombas de agua que suministran del fluido al tanque de retro-lavado y para el encendido de las bombas se realiza cuando el nivel de agua en el tanque sea mínimo es decir 50 cm.

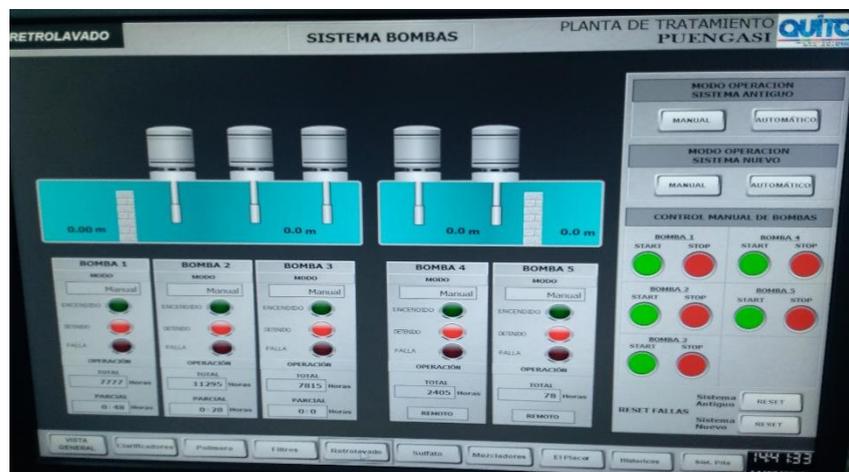


Figura 0.42 Vista panorámica de sistema de bombas SCADA

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 0.43 Bombas de abastecimiento de agua para tanque retro-lavado planta Puengasí
Fuente: Elaborado por el autor

4.4. Análisis de resultados

Finalizado las pruebas de funcionamiento del sistema, del radio enlace, lógica operacional del módulo PLC, se realizó las pruebas de funcionamiento del circuito que forman sistema, es decir la operación de los diferentes dispositivos que conforman el nuevo sistema implementado, en la siguiente tabla se resume el cumplimiento del enlace inalámbrico.

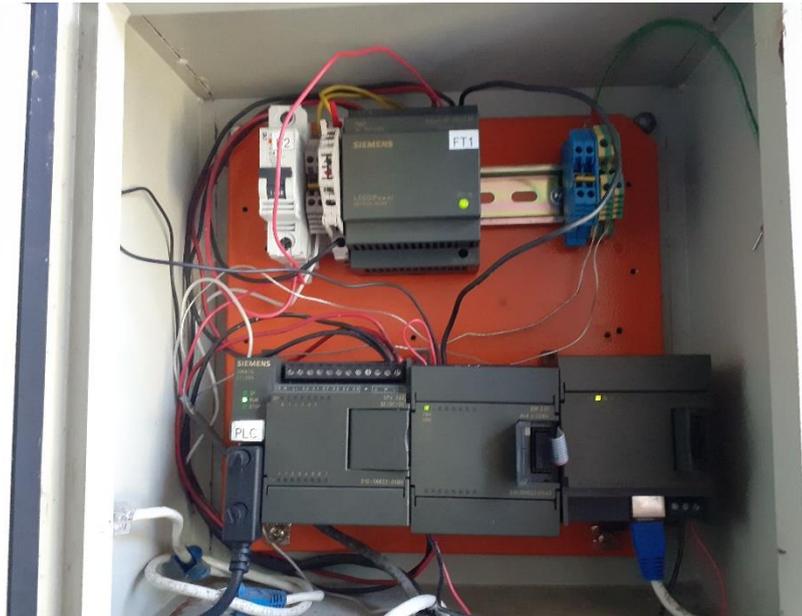


Figura 0.44 Operación de módulo PLC

Fuente: Elaborado por el autor

4.5. Análisis de resultados obtenidos con Radio Mobile vs Cálculos

Se realizó una evaluación de los resultados obtenidos con Radio Mobile y los resultados obtenidos mediante cálculos científicos realizados en el capítulo 3.

Los resultados obtenidos a través de los métodos utilizados en los cálculos son satisfactorios, con un margen de error mínimo.

VALORACIÓN DE RESULTADOS		
Variable	Radio Mobile	Cálculo científico
Zona de Fresnel	3,7F1	1,48m
Perdidas por trayectoria en el espacio libre	100,2 dB	100.3 dB
Margen de desvanecimiento	29.7 dB	-30.2 dB
Margen umbral	29.7 dB	36.6 dB
EIRP	33 dB	33 dB

Tabla 0.1 Cumplimiento de enlace de microondas

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		
	ENLACE DE MICROONDAS	
	CUMPLE	
	SI	NO
Infraestructura física	X	
Estabilidad del enlace	X	
Capacidad de tráfico requerido	X	

Fuente: Elaborado por el autor

Al finalizar los trabajos de interconexión y normalización del radio enlace, se crea una canal de comunicación entre el los equipos instalado en el tanque de retro-lavado y el sistema SCADA, ubicado en las oficinas de monitoreo, en el sistema se puede observar el nivel de agua en el tanque, cabe mencionar que en la comunicación de los dispositivos también se utiliza el protocolo de comunicación TCP-IP, dicho protocolo hace posible la comunicación entre dispositivos del sistema, en la tabla 4.2 se detalla cumplimiento de pruebas.

The screenshot shows a web-based configuration interface for a network device. On the left is a sidebar with a 'Logout' button and several menu items: Status, System Setup (Basic Settings, IP Settings, RADIUS Settings, HTTP Redirect, Firewall Settings, Virtual Server), and Wireless Setup (Basic Settings, VAP/VLAN Settings, Access Control, WDS Settings, Advanced Settings). The main area is titled 'Information' and contains the following sections:

- Access Point Information:** Access Point Name: TG-RETROLAVADO, MAC Address: 00:1b:5c:01:0f:4c, Country / Region: United States, Firmware Version: 1.1.11.0
- Current IP Settings:** Router Mode: Bridge, IP Type: static IP, IP Address: 172.20.40.28, IP Subnet Mask: 255.255.255.0, Default Gateway: 0.0.0.0
- Current Wireless Settings:** Operating Mode: Station Adapter, Wireless Mode: 802.11a, Channel / Frequency: 52 / 5.260GHz, Wireless Bandwidth: 20MHz
- Security Profiles:** A table with 8 rows and 7 columns: No., Profile Name, SSID, MAC, Security, VLAN, Status.

No.	Profile Name	SSID	MAC	Security	VLAN	Status
1	Mariole-Tg3	Halu200IA	00:1b:5c:01:0f:4c	Open System		Enable
2	AP_Profile2	Wireless	06:1b:5c:01:0f:4c	Open System		Disable
3	AP_Profile3	Wireless	0a:1b:5c:01:0f:4c	Open System		Disable
4	AP_Profile4	Wireless	0e:1b:5c:01:0f:4c	Open System		Disable
5	AP_Profile5	Wireless	12:1b:5c:01:0f:4c	Open System		Disable
6	AP_Profile6	Wireless	16:1b:5c:01:0f:4c	Open System		Disable
7	AP_Profile7	Wireless	1a:1b:5c:01:0f:4c	Open System		Disable
8	AP_Profile8	Wireless	1e:1b:5c:01:0f:4c	Open System		Disable

Figura 0.45 enlace de radio en UP

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 0.3 Especificaciones del sistema SCADA

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO SCADA		
	SITEMA SCADA	
	CUMPLE	
	SI	NO
Diseño gráfico	X	
Lectura de valores	X	
Visualización grafica del nivel de agua	X	
Mando de operación dual	X	
Control de bombas 1,2,3	X	

Fuente: Elaborado por el autor

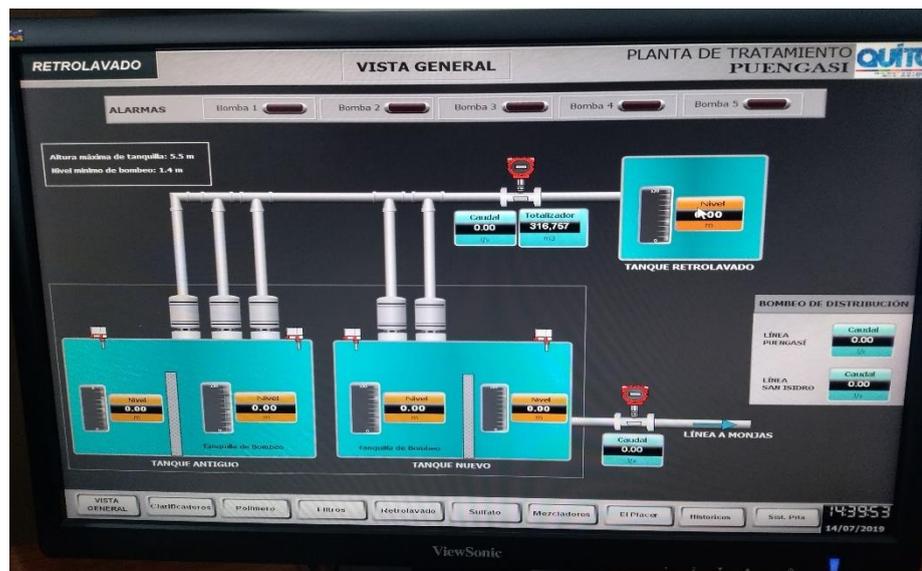


Figura 0.47 interacción del sistema con SCADA

Fuente: Elaborado por el autor

CONCLUSIONES

- Para realizar el estudio de prefactibilidad de implementar un enlace de microondas en la planta potabilizadora de Puengasí, se analizó las condiciones atmosféricas regulares en el sector, también fue necesario conocer previamente las condiciones de la infraestructura disponible para la instalación de las microondas.
- También el uso del software de simulación de radio enlaces (RADIO MOBILE), ayudó a consolidar los resultados obtenidos en los cálculos realizados aplicando fórmulas científicas, los datos ingresado para la simulación fueron tomados en campo para minimizar el margen de error para la implementación.
- Para la selección de equipos de microondas fue importante realizar un análisis de las características técnicas dentro de una amplia gama de equipos existentes en el mercado, la selección de los equipos se da una vez determinada la necesidad a la que se aplica, al terreno de trabajo y el capital disponible y con esto se determina los alcances del proyecto.
- Los parámetros de configuración de frecuencia en las microondas se ajustan de acuerdo al reglamento del MINTEL y canales disponibles en el equipo, consideradas de banda libre. Parámetros adicionales como la capacidad de tráfico RF, determinación de equipo master y esclavo se da considerando la dirección de tráfico en la red.
- Para las pruebas de funcionamiento del enlace de microondas, se realizó pruebas de saturación de canal inalámbrico, para esto se utilizó dos computadores y se generó tráfico desde el transmisor hacia el receptor y viceversa, durante las pruebas se verificó la estabilidad del enlace, una velocidad de transmisión de datos de 20 Mbps con una saturación de un 70 % de su capacidad.

- Los equipos de control y el sistema SCADA se comunican mediante el enlace de microondas, los datos tomados del tanque de retro-lavado viajan por la red y dependiendo del valor de esta variable se ejecuta la apertura o cierre de las válvulas de bombeo de agua.

- Las señales analógicas tomados del sensor son convertidos a señales digitales y posterior en señales de ondas de radio, para ser enviados al receptor, los datos sufren un proceso regresivo hasta llegar a una señal digital que ingresan en el switch concentrador de la planta, y este envía la información al sistema de gestión (SCADA).

- El sistema de retro lavado puede ser ejecutado de manera manual (funcionamiento actual) o de manera automática según lo requiera el operador.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la habilitación de una vía en mejores condiciones para acceder al reservorio del tanque de retro-lavado, puesto que es difícil poder acceder de manera segura con vehículo o a pie, dato que es importante para la movilidad del personal y de material en caso de requerir trabajos de mantenimientos o emergentes en el sitio.

Como recomendación, el beneficiario debe realizar un mantenimiento periódico el acceso peatonal existente hacia el tanque de retro-lavado, ya que también cumple la función de mantener la línea de vista libre de obstrucción entre el transmisor y receptor, el descuido de este puede ser perjudicial para el radioenlace a un mediano o largo plazo.

Es importante que se realizar el mantenimiento correspondiente a la torre de comunicaciones, ubicada sobre la terraza del edificio de administración de la planta de Puengasí, a causa de la exposición a fenómenos atmosféricos la torre se encuentra deteriorada (pintura, corrosión, tensores, pernos, tuercas).

Se recomienda el monitoreo periódico del radio enlace, para verificar la estabilidad de este y descartar interferencia en la frecuencia configurada, considerando que opera a una frecuencia de libre uso.

Realizar un mantenimiento preventivo de los sistemas de tierra, pues esto es importante su buen estado de funcionamiento para la protección de los equipos electrónicos considérese que el sector es propenso a lluvias y descargas eléctricas.

Es importante la verificación de los parámetros del sensor de nivel de manera periódica (sin reporte de daños, una vez por año) y las condiciones físicas del sensor, puesto que también de este elemento depende las lecturas que recibe el sistema SCADA y permanece instalado dentro del tanque de agua (agua para el sistema de retro-lavado).

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Microondas: El rango de las microondas está dentro de las bandas de radiofrecuencia, concretamente en las de SHF de 3–30 GHz y EHF de 30–300 GHz.

Antena: dispositivo (transductor) diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas.

Radio frecuencia: Las ondas de radiofrecuencia (RF) se crea cuando una corriente alterna atraviesa por un conductor.

POE: Power Over Ethernet

Azimut: Unidad de medida en grados, desde el punto cardinal en sentido de las agujas del reloj.

Elevación: La elevación es la distancia angular vertical que hay entre un cuerpo celeste y el horizonte local del observador.

Línea de vista: Línea de vista se refiere a un camino (path) limpio, sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras.

Radio Mobile: Software libre para realizar simulación de radioenlaces, utiliza datos de elevación del terreno que se descargan gratuitamente de la web para crear mapas virtuales del área deseada.

Zona de Fresnel: Volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética, acústica, etc.- y receptor, de manera que el desfase de las ondas en dicho volumen no sea mayor a los 180°.

Perfil de radioenlace: Determina la posición en altitud de cada una de las antenas las cuales se instalarán en soportes (torres) metálicos, orientada una con la otra.

PLC: Controlador lógico programable

EIA: Electronic Industries Alliance

TIA: Telecommunications Industry Association

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

Dirección IP: Numero de 32 bits, que identifica a un dispositivo de la red

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldaz Rosas, J. C., & Hernandez Constante, J. (26 de Octubre de 2016). Cálculo de Radio Enlace Terrestre. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de ResearchGate: <https://www.researchgate.net/publication/309591673>
- Altamirano Meléndez, S. M., & Chico Analuisa, L. E. (24 de enero de 2015). *Repositorio Universidad Técnica de Ambato*. Recuperado el 21 de mayo de 2019, de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8602>
- ARCOTEL-SIETEL. (JUNIO de 2017). BOLETIN ESTADISTICO UNIFICADO JUNIO 2017. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Florez José. (Diciembre de 2013). *Automatización de la etapa de filtrado en una planta potabilizadora de agua*. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3138/IEfltaja.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Florez Tapia, J. A. (2014). *Repositorio UNSA*. Recuperado el 25 de mayo de 2019, de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3138>
- Freire, W., & Silva, F. (2014). *Repositorio ESPE*. Recuperado el 21 de mayo de 2019, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8869/1/AC-ESPEL-EMI-0264.pdf>
- fuentes, J. J. (13 de febrero de 2008). Radiación y Radiocomunicación. Sevilla, España.
- manczyk, S. (2013). *Historia de las Telecomunicaciones*. Buenos Aires: Dunken.
- Maya, J. (s.f.). *Wix.com*. (P. Hall, Editor) Recuperado el 03 de 12 de 2019, de Wix.com: <https://itic92user.wixsite.com/microondasutvt/tipos>
- Medina, A. (03 de Junio de 2012). *Introduccion a las comunicaciones por microondas*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/alejandroozm/introduccion-a-las-comunicaciones-por-microondas>
- Millanes. (2013). Diseño y fabricación de un arreglo de antenas planares sectorizadas. México.
- Morales, F. (24 de octubre de 2017). Efecto de la ionósfera. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Morales, F. (28 de noviembre de 2017). Zona de Fresnel. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Morales, F. (09 de enero de 2018). Cálculo de Radioenlaces. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Ndagijimana, F. (2020). *Integridad de la señal*. London: Iste.
- PROFESIONAL. (julio de 2019). *outlet*. Recuperado el 29 de julio de 2019, de <https://www.tdtprofesional.com/es/>
- redtauros. (2016). *RADIO ENLACES TERRESTRES / MICROONDAS*. Recuperado el 10 de mayo de 2019, de http://www.redtauros.com/Clases/Medios_Transmision/04_Radioenlaces_Terrestres_Microondas.pdf
- Rojas Coronel, J. E. (2015). *MODELAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE POTABILIZACION DE AGUA, ORIENTADO AL DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO, CASO EMAPAL EP-AZOGUES*. Recuperado el 20 de ENERO de 2020, de [dspace.ups.edu.ec: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8970/1/UPS-CT005251.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8970/1/UPS-CT005251.pdf)
- SATBEAMS. (11 de junio de 2019). *SATBEAMS*. Recuperado el 12 de junio de 2019, de <https://www.satbeams.com/>

- W. Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electronicas*. México: Prentice Hall.
- Washington Freire, F. S. (2014). *AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE RETRO-LAVADOS*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8869/1/AC-ESPEL-EMI-0264.pdf>
- Wico. (03 de 08 de 2016). *Automatización de procesos*. Recuperado el 10 de mayo de 2019, de Automatización de procesos: <https://wico.com.es/servicios/automatizacion-de-procesos/>
- Aldaz Rosas, J. C., & Hernandez Constante, J. (26 de Octubre de 2016). *Cálculo de Radio Enlace Terrestre*. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de ResearchGate: <https://www.researchgate.net/publication/309591673>
- Altamirano Meléndez, S. M., & Chico Analuisa, L. E. (24 de enero de 2015). *Repositorio Universidad Técnica de Ambato*. Recuperado el 21 de mayo de 2019, de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8602>
- ARCOTEL-SIETEL. (JUNIO de 2017). BOLETIN ESTADISTICO UNIFICADO JUNIO 2017. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Florez José. (Diciembre de 2013). *Automatización de la etapa de filtrado en una planta potabilizadora de agua*. Obtenido de Automatización de la etapa de filtrado en una planta potabilizadora de agua.: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3138/IEfltaja.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Florez Tapia, J. A. (2014). *Repositorio UNSA*. Recuperado el 25 de mayo de 2019, de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3138>
- Freire, W., & Silva, F. (2014). *Repositorio ESPE*. Recuperado el 21 de mayo de 2019, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8869/1/AC-ESPEL-EMI-0264.pdf>
- Fuentes, J. J. (13 de febrero de 2008). Radiación y Radiocomunicación. Sevilla, España.
- Linux0. (s.f.). *REDES DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES*. Obtenido de REDES DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES: <http://linux0.unsl.edu.ar/~rvilla/c3m10/tema13.pdf>
- manczyk, S. (2013). *Historia de las Telecomunicaciones*. Buenos Aires: Dunken.
- Maya, J. (s.f.). *Wix.com*. (P. Hall, Editor) Recuperado el 03 de 12 de 2019, de Wix.com: <https://itic92user.wixsite.com/microondasutvt/tipos>
- Medina, A. (03 de Junio de 2012). *Introduccion a las comunicaciones por microondas*. Obtenido de Introduccion a las comunicaciones por microondas: <https://es.slideshare.net/alejandroozm/introduccion-a-las-comunicaciones-por-microondas>
- Ndagijimana, F. (2020). *Integridad de la señal*. London: Iste.
- PROFESIONAL. (julio de 2019). *outlet*. Recuperado el 29 de julio de 2019, de <https://www.tdtprofesional.com/es/>
- Reategui, A. (2010). *cybertesis*. Obtenido de cybertesis: http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/60/1/reategui_a.pdf
- redtauros. (2016). *RADIO ENLACES TERRESTRES / MICROONDAS*. Recuperado el 10 de mayo de 2019, de http://www.redtauros.com/Clases/Medios_Transmision/04_Radioenlaces_Terrestres_Microondas_.pdf
- Rojas Coronel, J. E. (2015). *MODELAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE POTABILIZACION DE AGUA, ORIENTADO AL DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO, CASO EMAPAL EP-AZOGUES*. Recuperado el 20 de ENERO de 2020, de [dspace.ups.edu.ec: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8970/1/UPS-CT005251.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8970/1/UPS-CT005251.pdf)
- SATBEAMS. (11 de junio de 2019). *SATBEAMS*. Recuperado el 12 de junio de 2019, de <https://www.satbeams.com/>
- SIEMENS. (Agosto de 2008). *SIMATIC*. Obtenido de Manual del sistema de automatización S7-200: https://media.automation24.com/manual/es/91696622_s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electronicas*. México: Prentice Hall.
- Washington Freire, F. S. (2014). *AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE RETRO-LAVADOS*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8869/1/AC-ESPEL-EMI-0264.pdf>
- Wico. (03 de 08 de 2016). *Automatización de procesos*. Recuperado el 10 de mayo de 2019, de Automatización de procesos: <https://wico.com.es/servicios/automatizacion-de-procesos/>

ANEXOS

Manual de configuración microonda HALO 200IA

Etapa	Indicaciones
Comunicación HALO 220IA con el ordenador	Mediante un cable ethernet se al ordenador con el puerto las del POE (Power Over Ethernet) de la microonda
Configuración de tarjeta de red del ordenador	Se procede a configurar la tarjeta de red con la dirección IP: 192.168.1.5 con mascara 255.255.255.0, esta dirección se encuentra dentro de la red de la microonda que viene configurado de fábrica (192.168.1.1 255.255.255.0)
Acceso a microonda HALO 200IA	Con la ayuda de un navegador de internet, se escribe la dirección 192.168.1.1 en el buscar, con el cual se accederá al perfil principal de la microonda. En esta fase se solicitará una usuario y clave, en la cual nos solicitará: User: admin Password: admin
Presentación del perfil de configuración de microonda HALO 200IA	En este proceso, se tendrá privilegios de administrador, con el cual es posible realizar las configuración y modificación de los parámetros a voluntad.

Configurar en modo Access Point

Wireless Setup/Basic setting/Operating Mode/ **Access Point**



The screenshot shows the 'Wireless LAN' configuration page. On the left is a navigation menu with categories: System Setup, Wireless Setup, Tools, and Management. The main content area is titled 'Wireless LAN' and contains 'Wireless LAN Settings' and 'Station Mode Flow Control'. In the 'Wireless LAN Settings' section, the 'Operating Mode' dropdown is set to 'Access Point'. A blue callout box with a white border and text 'Modo de operación de la microonda' has an arrow pointing to the 'Access Point' dropdown.

Wireless LAN

Wireless LAN Settings

Operating Mode: Access Point

SSID: Edit

Wireless Mode: 802.11a

Channel / Frequency: 52 / 5.260GHz

Data Rate: Best

Output Power: full

Station Mode Flow Control

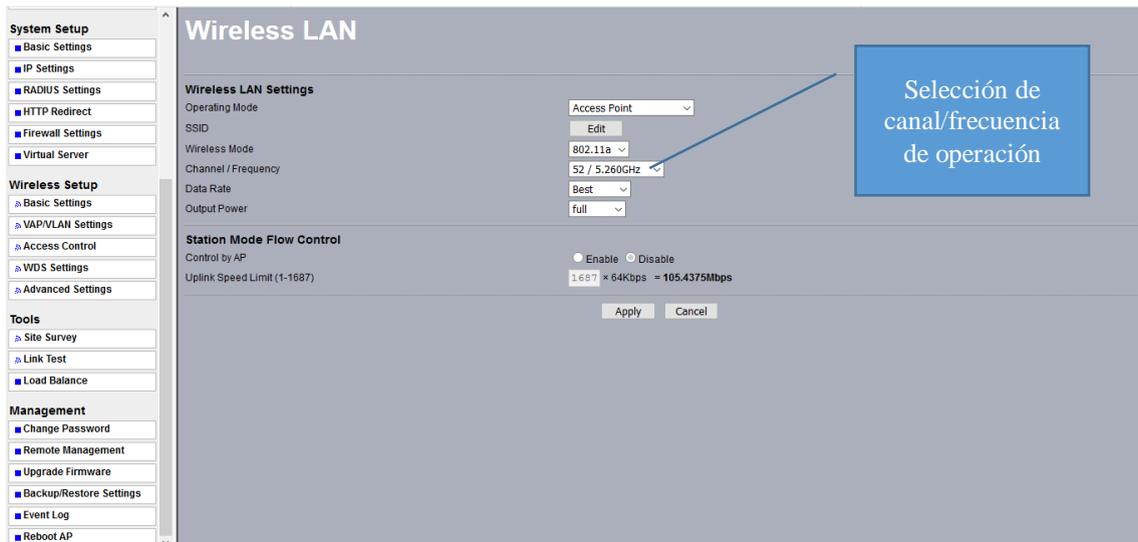
Control by AP: Enable Disable

Uplink Speed Limit (1-1687): 1687 × 64Kbps = 105.4375Mbps

Apply Cancel

Modo de operación de la microonda

Selección de canal/frecuencia de operación



This screenshot is identical to the one above, but the 'Channel / Frequency' dropdown menu is open, showing '52 / 5.260GHz' selected. A blue callout box with a white border and text 'Selección de canal/frecuencia de operación' has an arrow pointing to the dropdown menu.

Wireless LAN

Wireless LAN Settings

Operating Mode: Access Point

SSID: Edit

Wireless Mode: 802.11a

Channel / Frequency: 52 / 5.260GHz

Data Rate: Best

Output Power: full

Station Mode Flow Control

Control by AP: Enable Disable

Uplink Speed Limit (1-1687): 1687 × 64Kbps = 105.4375Mbps

Apply Cancel

Selección de canal/frecuencia de operación

Configuración de Data Rate

The screenshot displays the 'Wireless LAN' configuration page. On the left, a sidebar contains menu items: System Setup (Basic Settings, IP Settings, RADIUS Settings, HTTP Redirect, Firewall Settings, Virtual Server), Wireless Setup (Basic Settings, VAP/VLAN Settings, Access Control, WDS Settings, Advanced Settings), Tools (Site Survey, Link Test, Load Balance), and Management (Change Password, Remote Management, Upgrade Firmware, Backup/Restore Settings, Event Log, Reboot AP). The main content area is titled 'Wireless LAN' and includes 'Wireless LAN Settings' and 'Station Mode Flow Control'. In the 'Wireless LAN Settings' section, the 'Data Rate' dropdown menu is set to 'Best'. A blue callout box with the text 'Selección de capacidad de tráfico' (Selection of traffic capacity) has an arrow pointing to the 'Data Rate' dropdown. The 'Station Mode Flow Control' section shows 'Control by AP' with 'Enable' selected and 'Uplink Speed Limit (1-1887)' set to '1687 x 64Kbps = 105.4375Mbps'. 'Apply' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Configuración de potencia de salida

This screenshot is identical to the one above, showing the 'Wireless LAN' configuration page. The 'Data Rate' dropdown is still set to 'Best'. However, the 'Output Power' dropdown menu is now set to 'full'. A blue callout box with the text 'Selección de potencia requerida' (Selection of required power) has an arrow pointing to the 'Output Power' dropdown. The 'Station Mode Flow Control' section remains the same, with 'Control by AP' set to 'Enable' and 'Uplink Speed Limit' at '1687 x 64Kbps = 105.4375Mbps'. 'Apply' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Configuración en modo Estación

The screenshot shows the 'Wireless LAN' configuration page. On the left is a navigation menu with categories: System Setup (Basic Settings, IP Settings, RADIUS Settings, HTTP Redirect, Firewall Settings, Virtual Server), Wireless Setup (Basic Settings, VAP/VLAN Settings, Access Control, WDS Settings, Advanced Settings), Tools (Site Survey, Link Test, Load Balance), and Management (Change Password, Remote Management, Upgrade Firmware, Backup/Restore Settings, Event Log, Reboot AP). The main content area is titled 'Wireless LAN' and contains 'Wireless LAN Settings' and 'Station Mode Flow Control'. A blue callout box labeled 'Modo de operación' points to the 'Station Adapter' dropdown menu, which is set to 'EPMAPS'. Other settings include SSID (EPMAPS), Wireless Mode (802.11a), Channel / Frequency (52 / 5.260GHz), Data Rate (Best), Output Power (full), Control by AP (Enable selected), and Uplink Speed Limit (1687 x 64Kbps = 105.4375Mbps). 'Apply' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Asignación de nombre a la estación

Basic setting/ access point name

The screenshot shows the 'Basic Settings' page. At the top left, there is a status indicator for '802.11a 54Mbps High Speed Access Point' and a 'Logout' button. The left navigation menu is similar to the previous page. The main content area is titled 'Basic Settings' and contains 'Access Point Name' (TQ-RETROLAVADO), 'Ethernet Data Rate' (Automatic), 'Time Setup' (Time Server, Time Server Port: 123, Time Zone: (GMT-05:00) Bogota, Lima, Quito), and 'Current Time' (Sun Dec 09 12:54:14 2007). A blue callout box labeled 'Nombre de estación' points to the 'Access Point Name' field. 'Apply' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Selección de Access Point desde la estación

Tool/site survey

Site Survey

Index	SSID	BSSID	RSSI(dBm)	Channel	Mode	Connections Status	Encryption
1	SERVILIMPS	d8:0d:17:7c:6c:36	-72	48 / 5.240 GHz	802.11a	-	Enable
2	EPMAPS	00:1b:5c:01:15:4d	-37	52 / 5.260 GHz	802.11a	Connected	Disable
3	Umbrella corp.	10:b4:29:ed:c2:98	-81	149 / 5.745 GHz	802.11a	-	Enable

Refresh Select

Selección de la red

Modificar la dirección IP de fábrica

El caso de requerir se puede cambiar la dirección IP, el cual para el presente proyecto no es necesario.

WAN / LAN Settings

802.11a
5.4Mbps
High Speed Access Point

[Logout]

Status

- Information
- Connections
- Statistics

System Setup

- Basic Settings
- IP Settings
- RADIUS Settings
- HTTP Redirect
- Firewall Settings
- Virtual Server

Wireless Setup

- Basic Settings
- VAP/VLAN Settings
- Access Control
- WDS Settings
- Advanced Settings

Tools

Configure AP as a...

Bridge, with Static IP

Router

Spanning Tree Enable Disable

VLAN(802.1Q) Enable Disable

Management VLAN ID 0

IP Address 172.20.40.28

IP Subnet Mask 255.255.255.0

Default Gateway 0.0.0.0

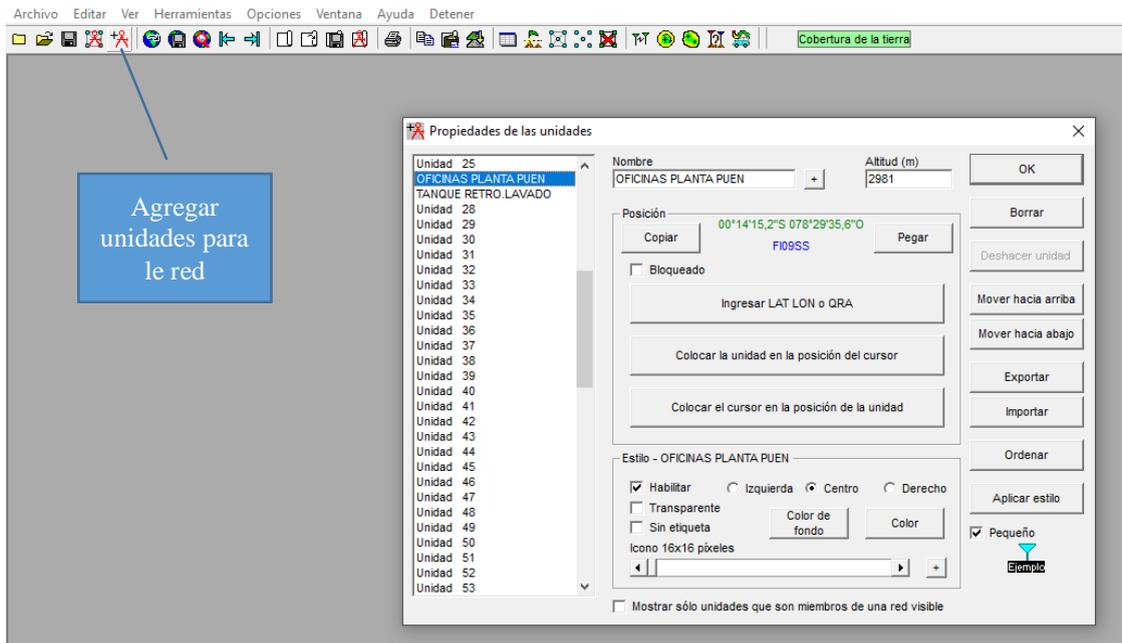
Primary DNS Server 0.0.0.0

Secondary DNS Server 0.0.0.0

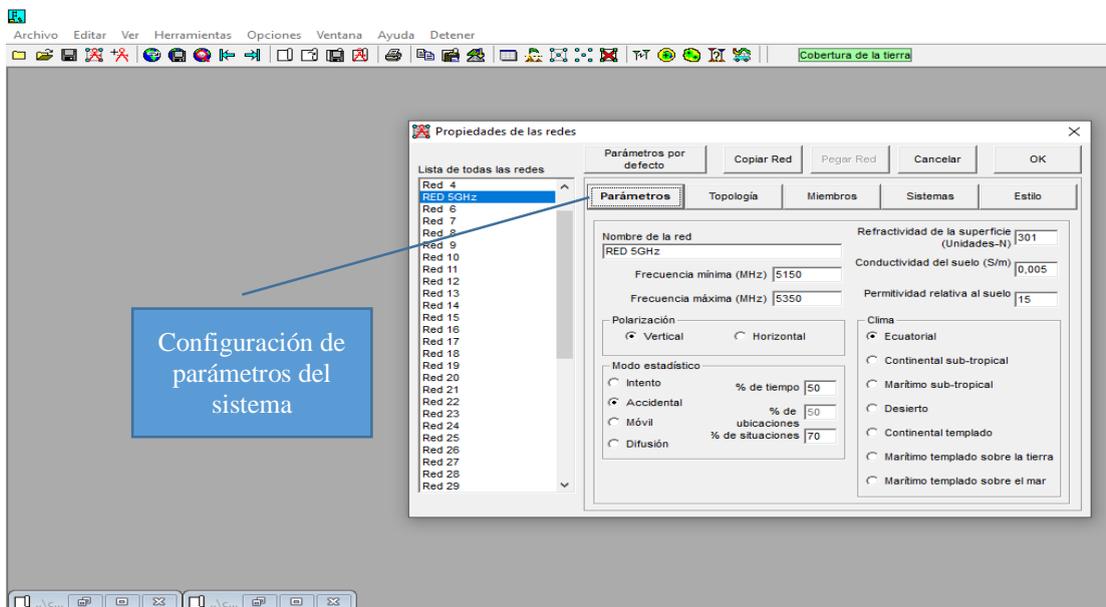
Apply Cancel Refresh

Dirección IP

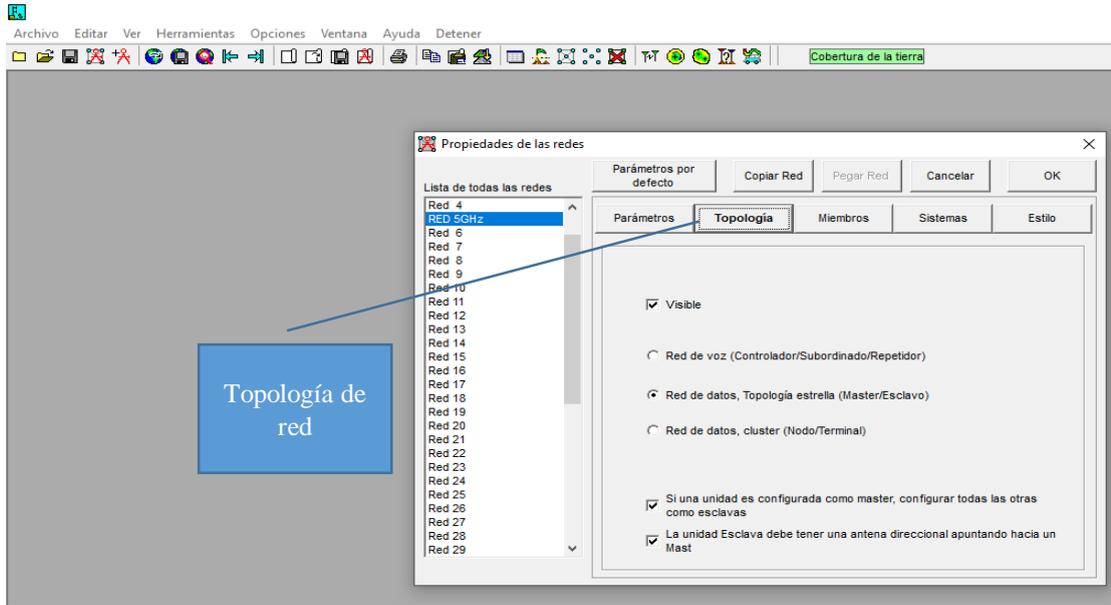
Configuración de parámetros Radio Mobile



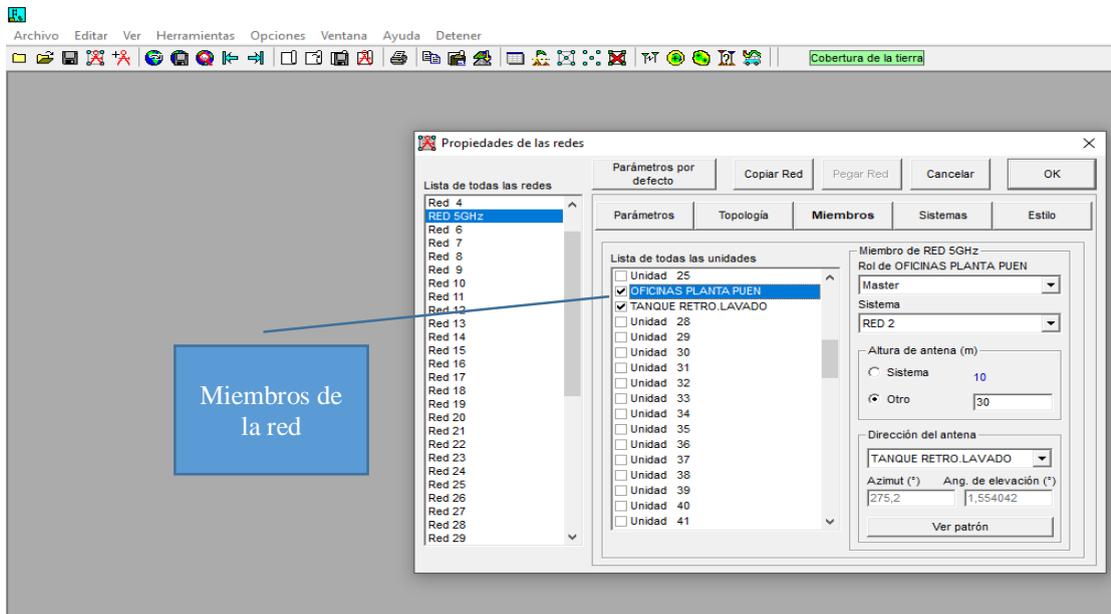
Configuración del sistema RF



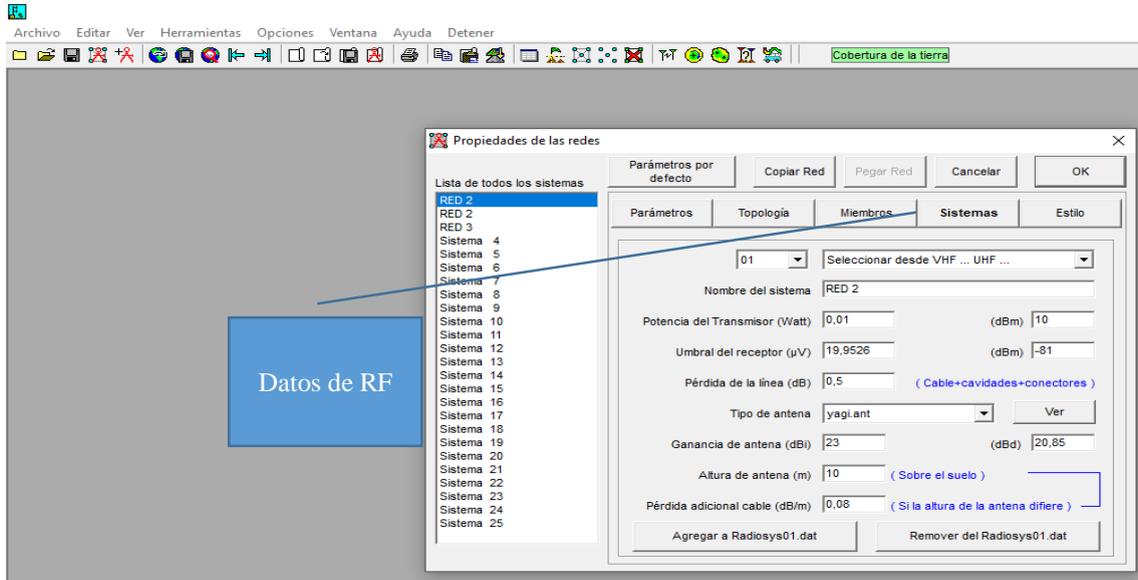
Configuración de topología de la red



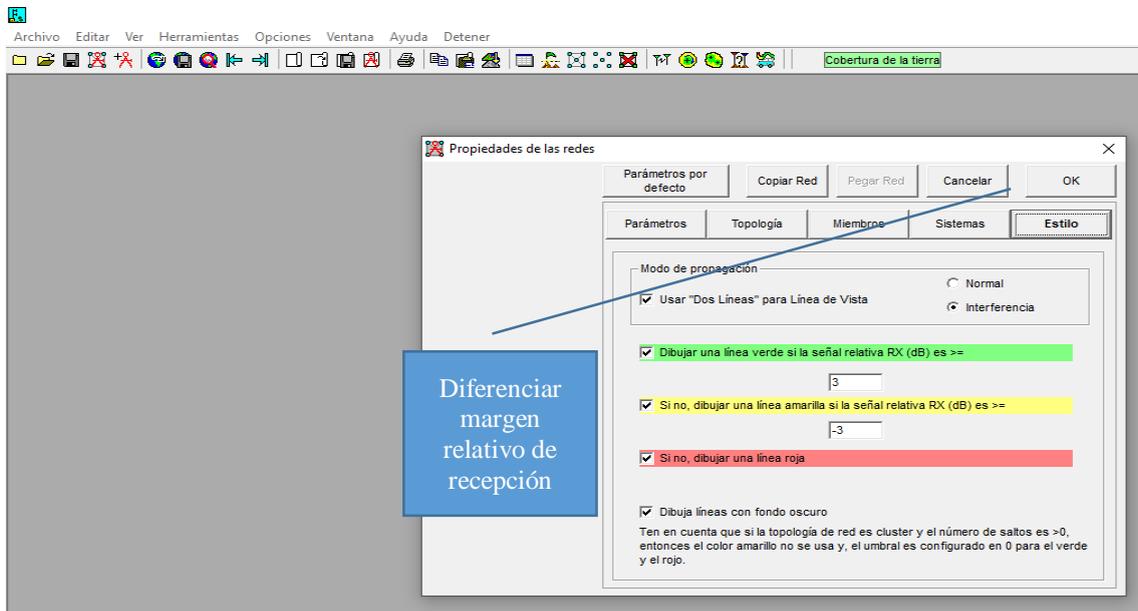
Configurar miembros de la red



Configuración de parámetro según datos de la antena



Configuración de estilo de resultados



Manual de configuración módulo S7-200 STEP 7-Micro/WIN:

Tabla 2 Step-Micro-Win

Indicaciones	Características
Para abrir un nuevo proyecto.	Haga clic en el icono de STEP 7-Micro/WIN
Para abrir los elementos	Utilizar los iconos de la barra de navegación de proyecto de STEP 7-Micro/WIN.
Para abrir el cuadro de diálogo	Haga clic en el icono "Comunicación"

Fuente: Elaborado por el autor

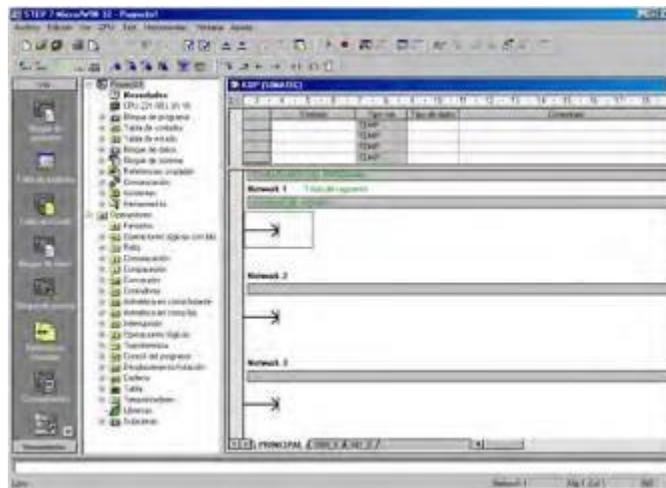


Figura 0 Verificar los parámetros de comunicación de STEP 7-Micro/WIN
Fuente (Simatic, 2008)

En el siguiente ejemplo se utilizan la configuración estándar de STEP 7-Micro/WIN y del cable multimaestro RS-232/PPI.

Para verificar las configuraciones:

- 1) Observe que la dirección del cable PC/PPI esté ajustada a 0 en el cuadro de diálogo "Comunicación".
- 2) Valide que la interfaz del parámetro de red esté configurada para el cable PC/PPI.
- 3) Ajuste la velocidad de transferencia a 9,6 kbit/s en la figura 1.36.

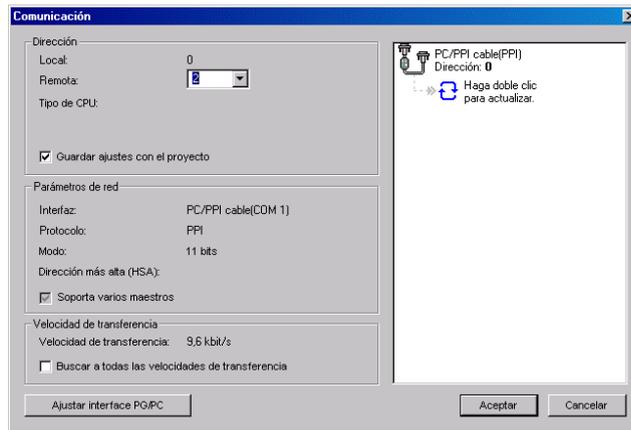


Figura 2 Establecer la comunicación con el S7—200
Fuente (Simatic, 2008)

Utilice el cuadro de diálogo “Comunicación” para establecer la comunicación con el S7-200: En el cuadro de diálogo “Comunicación”, haga doble clic en el ícono “Actualizar”. STEP 7-Micro/WIN buscará el S7-200 y observará un ícono “CPU” correspondiente a la CPU S7-200 conectada.

Seleccione el S7-200 y haga clic en “Aceptar”.

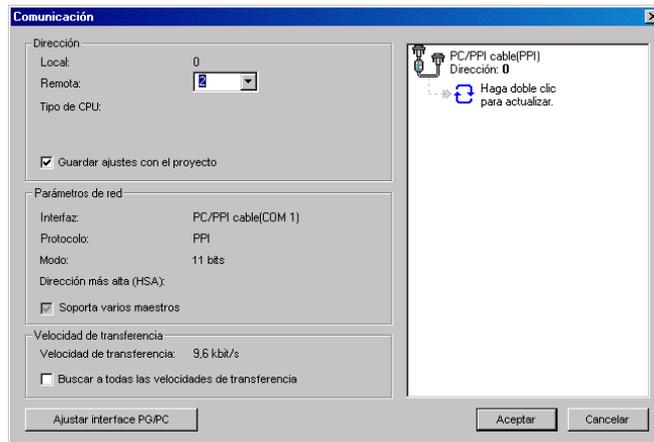


Figura 3 Arquitectura
Fuente (Simatic, 2008)

Ejemplo de programación en PLC

Al crear este proyecto de ejemplo podrá constatar lo fácil que es trabajar con STEP 7-Micro/WIN. Este programa utiliza seis operaciones en tres segmentos para crear un temporizador muy sencillo que arranca y se inicializa a sí mismo.

En el ejemplo, se utilizó el editor KOP (Esquema de contactos) para ingresar las operaciones del programa. En la figura 1.38 muestra el programa completo tanto en KOP como en AWL (Lista de instrucciones).

Los comentarios de segmento en el programa AWL explican la lógica de cada segmento. El cronograma muestra el funcionamiento del programa en la figura 1.38.

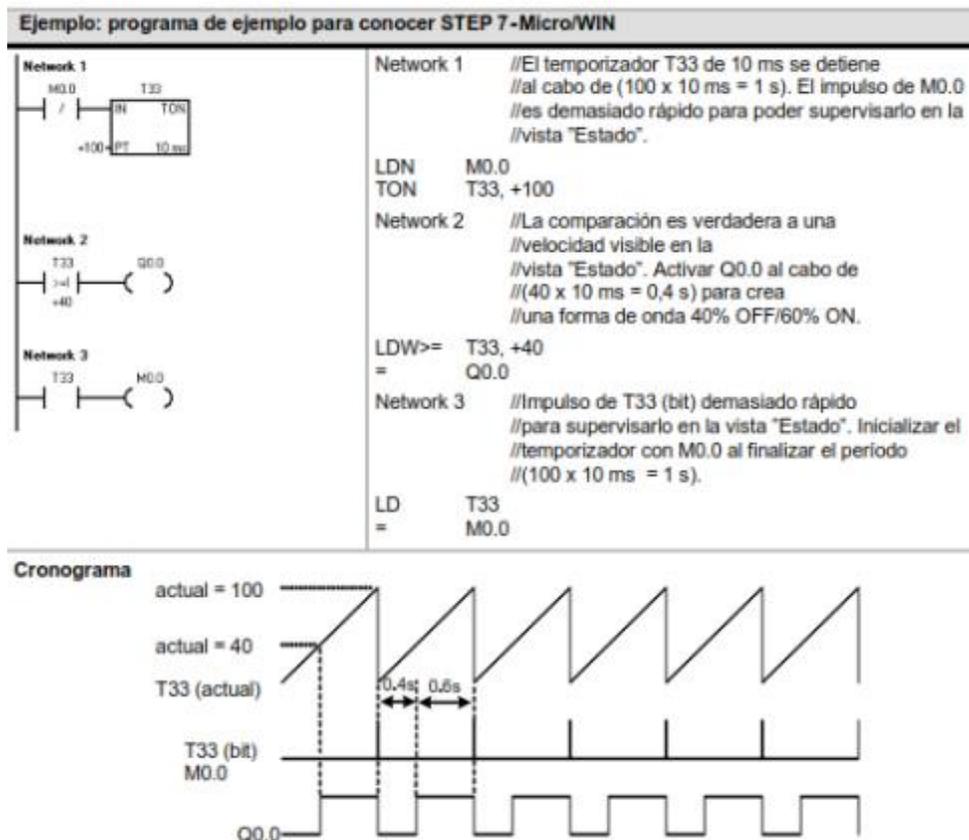


Figura 4 Ejemplo

Fuente (Simatic, 2008)

ANEXO A: HOJA TÉCNICA DE EQUIPAMIENTO ELECTRÓNICO

Datasheet:

Microonda HALO 200IA

Frequency	5 GHz Band	
Standards	IEEE 802.11a	
Operating Channels	FCC (USA)	5.180 GHz – 5.350 GHz , 5.725 GHz – 5.825 GHz
	ETSI (EUR)	5.150 GHz – 5.350 GHz , 5.470 GHz – 5.725 GHz
	MKK (JAPAN)	5.150 GHz - 5.250 GHz
Output Power	Halo-200IA	46dBm (40W) EIRP
Receive Sensitivity (BER 10 ⁻⁶)	-81 dBm @ 14Mbps	
	-83 dBm @ 12Mbps	
	-85 dBm @ 9Mbps	
	-87 dBm @ 6Mbps	
	-89 dBm @ 4.5Mbps	
	-91 dBm @ 3Mbps	
	-93 dBm @ 2.5Mbps	
-95 dBm @ 1.6Mbps		
Modulation	OFDM / DSSS	
Range	Up to 12 miles (20 Km)	

INTERFACES

RF (antenna) connector	N-type (Jack)
Ethernet	IEEE 802.3(10Base-T) / IEEE 802.3u(100Base-Tx)
IEEE 802.1d (spanning tree protocol)	

MANAGEABILITY

Management and Setup	Web-based configuration
SNMP agents	MIB
Operating Modes	AP / Station / Smart WDS
Protocol	TCP/IP, IPX/SPX, NetBEUI
Network Architecture	Point-to-Point / Point-to-Multipoint (CPE) / Repeater
DHCP Supports	DHCP client

SECURITY

Data Encryption	WEP 64/128/152-bit encryption
	WPA-PSK
	WPA
Authentication	802.1x Auth. (EAP)
Authorization	MAC Filtering
Advanced Security	Hidden SSID
	Layer 2 Isolation (Client Isolation)

ENVIRONMENT

Operating Temperature	-20 C ~ 55 C
Storage Temperature	-30 C ~ 70 C
Humidity	95% non-condensing

Figura 30. Datasheet de antena panel
Fuente: Elaborado por el autor

SIEMENS

Data Sheet SIMATIC S7-200 CPU 226 DC/DC/DC and CPU 226 AC/DC/Relay

Table 1 Specifications for CPU 226 DC/DC/DC and CPU 226 AC/DC/Relay

Description Order Number	CPU 226 DC/DC/DC 6ES7 216±2AD21±0XB0	CPU 226 AC/DC/Relay 6ES7 216±2BD21±0XB0
Physical Size		
Dimensions (W x H x D)	196 mm x 80 mm x 62 mm	196 mm x 80 mm x 62 mm
Weight	550 g	660 g
Power loss (dissipation)	11 W	17 W
CPU Features		
On-board digital inputs	24 inputs	24 inputs
On-board digital outputs	16 outputs	16 outputs
High speed counters (32 bit value)		
Total	6 High-speed counters	6 High-speed counters
Single phase counters	6, each at 20 kHz clock rate	6, each at 20 kHz clock rate
Two phase counters	4, each at 20 kHz clock rate	4, each at 20 kHz clock rate
Pulse outputs	2 at 20 kHz pulse rate	2 at 20 kHz pulse rate
Analog adjustments	2 with 8 bit resolution	2 with 8 bit resolution
Timed interrupts	2 with 1 ms resolution	2 with 1 ms resolution
Edge interrupts	4 edge up and/or 4 edge down	4 edge up and/or 4 edge down
Selectable input filter times	7 ranges from 0.2 ms to 12.8 ms	7 ranges from 0.2 ms to 12.8 ms
Pulse Catch	14 pulse catch inputs	14 pulse catch inputs
Time of Day Clock (clock accuracy)	2 minutes per month at 25° C 7 minutes per month 0° C to 55° C	2 minutes per month at 25° C 7 minutes per month at 0° C to 55° C
Program size (stored permanently)	4096 words	4096 words

Data block size (stored permanently):	2560 words	2560 words
Stored permanently	2560 words	2560 words
Backed by super capacitor or battery	2560 words	2560 words
Number of expansion I/O modules	7 modules	7 modules
Maximum digital I/O	256 points	256 points
Maximum analog I/O	32 inputs and 32 outputs	32 inputs and 32 outputs
Internal memory bits	256 bits	256 bits
Stored permanently on power down	112 bits	112 bits
Backed by super capacitor or battery	256 bits	256 bits
Timers total	256 timers	256 timers
Backed by super capacitor or battery	64 timers	64 timers
1 ms	4 timers	4 timers
10 ms	16 timers	16 timers
100 ms	236 timers	236 timers
Counters total	256 counters	256 counters
Backed by super capacitor or battery	256 counters	256 counters
Boolean execution speed	0.37 μ s per instruction	0.37 μ s per instruction
Move Word execution speed	34 μ s per instruction	34 μ s per instruction
Timer/Counter execution speed	50 μ s to 64 μ s per instruction	50 μ s to 64 per μ s instruction
Single precision math execution speed	46 μ s per instruction	46 μ s per instruction
Real math execution speed	100 μ s to 400 μ s per instruction	100 μ s to 400 μ s per instruction
Super capacitor data retention time	190 hours, typical, 120 hours minimum at 40° C	190 hours, typical, 120 hours minimum at 40° C

Table 1 Specifications for CPU 226 DC/DC/DC and CPU 226 AC/DC/Relay (continued)

Description Order Number	CPU 226 DC/DC/DC 6ES7 216±2AD21±0XB0	CPU 226 AC/DC/Relay 6ES7 216±2BD21±0XB0
On-board Communication		
Number of ports	2 ports	2 ports
Electrical interface	RS-485	RS-485
Isolation (external signal to logic circuit)	Not isolated	Not isolated
PPI/MPI baud rates	9.6, 19.2, and 187.5 kbaud	9.6, 19.2, and 187.5 kbaud
Freeport baud rates	0.3, 0.6, 1.2, 2.4, 4.8, 9.6, 19.2, and 38.4 kbaud	0.3, 0.6, 1.2, 2.4, 4.8, 9.6, 19.2, and 38.4 kbaud
Maximum cable length per segment up to 38.4 kbaud 187.5 kbaud	1200 m 1000 m	1200 m 1000 m
Maximum number of stations Per segment Per network	32 stations 126 stations	32 stations 126 stations
Maximum number of masters	32 masters	32 masters
PPI master mode (NETR/NETW)	Yes	Yes
MPI connections	4 total, 2 reserved: 1 for PG and 1 OP	4 total, 2 reserved: 1 for PG and 1 OP
Cartridge Options		
Memory cartridge (permanent storage)	Program, Data, and Configuration	Program, Data, and Configuration
Battery cartridge (data retention time)	200 days, typical	200 days, typical
Power Supply		
Line voltage±permissible range	20.4 to 28.8 VDC	85 to 264 VAC 47 to 63 Hz
Input current CPU only/max load	150/1050 mA	40/160 mA at 240 VAC 80/320 mA at 120 VAC
In rush current (maximum)	10 A at 28.8 VDC	20 A at 264 VAC
Isolation (input power to logic)	Not isolated	1500 VAC
Hold up time (from loss of input power)	10 ms at 24 VDC	80 ms at 240 VAC, 20 ms at 120 VAC
Internal fuse, not user-replaceable	3 A, 250 V, Slow Blow	2 A, 250 V, Slow Blow
+5 Power for Expansion I/O (max)	1000 mA	1000 mA
24 VDC Sensor Power Output		
Voltage range	15.4 to 28.8 VDC	20.4 to 28.8 VDC
Maximum current	400 mA	400 mA
Ripple noise	Same as input line	Less than 1 V peak-to-peak (maximum)
Current limit	1.5 A Approx.	1.5 A Approx.
Isolation (sensor power to logic circuit)	Not isolated	Not isolated

Table 1 Specifications for CPU 226 DC/DC/DC and CPU 226 AC/DC/Relay (continued)

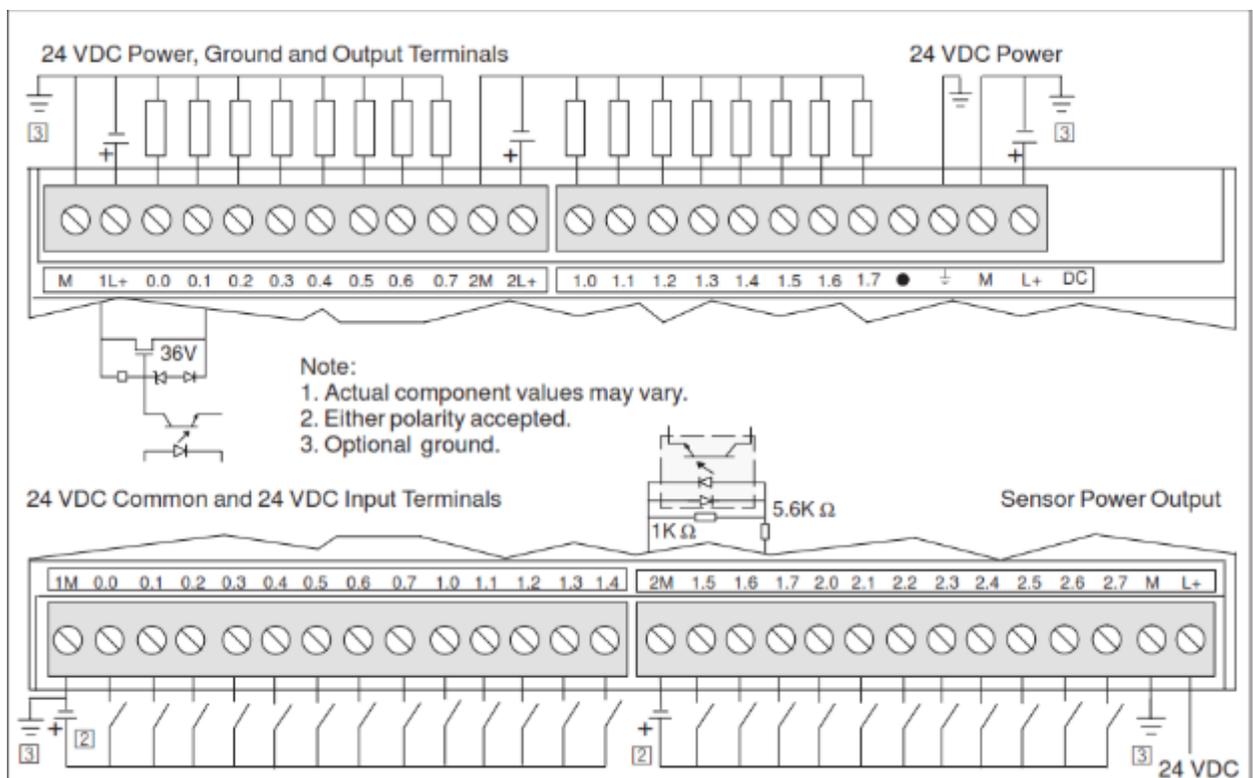
Description	CPU 226 DC/DC/DC	CPU 226 AC/DC/Relay
-------------	------------------	---------------------

Order Number	6ES7 216±2AD21±0XB0	6ES7 216±2BD21±0XB0
Input Features		
Number of integrated inputs	24 inputs	24 inputs
Input type	Sink/Source (IEC Type 1)	Sink/Source (IEC Type 1)
Input Voltage		
Maximum continuous permissible	30 VDC	30 VDC
Surge	35 VDC for 0.5 s	35 VDC for 0.5 s
Rated value	24 VDC at 4 mA, nominal	24 VDC at 4 mA, nominal
Logic 1 signal (minimum)	15 VDC at 2.5 mA, minimum	15 VDC at 2.5 mA, minimum
Logic 0 signal (maximum)	5 VDC at 1 mA, maximum	5 VDC at 1 mA, maximum
Isolation (Field Side to Logic Circuit)		
Optical isolation (galvanic)	500 VAC for 1 minute	500 VAC for 1 minute
Isolation groups of	13 points and 11 points	13 points and 11 points
Input Delay Times		
Filtered inputs and interrupt inputs	0.2 to 12.8 ms, user-selectable	0.2 to 12.8 ms, user-selectable
HSC clock input rate		
Single Phase		
Logic 1 level = 15 to 30 VDC	20 kHz	20 kHz
Logic 1 level = 15 to 26 VDC	30 kHz	30 kHz
Quadrature		
Logic 1 level = 15 to 30 VDC	10 kHz	10 kHz
Logic 1 level = 15 to 26 VDC	20 kHz	20 kHz
Connection of 2 Wire Proximity Sensor (Bero)		
Permissible leakage current	1 mA, maximum	1 mA, maximum
Cable Length		
Unshielded (not HSC)	300 m	300 m
Shielded	500 m	50 m
HSC inputs, shielded	50 m	50 m
Number of Inputs ON Simultaneously		
40 °C	24	24
55 °C	24	24

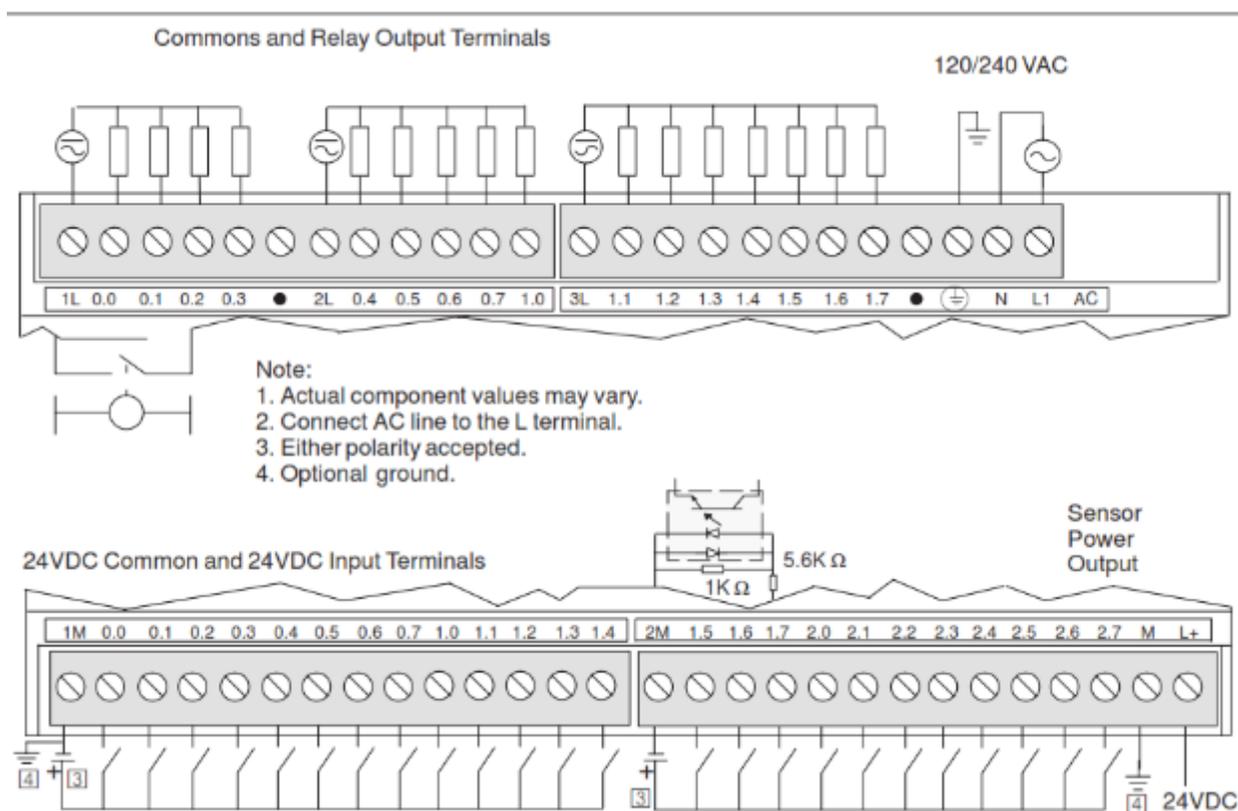
Table 1 Specifications for CPU 226 DC/DC/DC and CPU 226 AC/DC/Relay (continued)

Description Order Number	CPU 226 DC/DC/DC 6ES7 216±2AD21±0XB0	CPU 226 AC/DC/Relay 6ES7 216±2BD21±0XB0
Output Features		
Number of integrated outputs	16 outputs	16 outputs
Output type	Solid state±MOSFET	Relay, dry contact
Output Voltage		
Permissible range	20.4 to 28.8 VDC	5 to 30 VDC or 5 to 250 VAC
Rated value	24 VDC	±
Logic 1 signal at maximum current	20 VDC, minimum	±
Logic 0 signal with 10 K Ω load	0.1 VDC, maximum	±
Output Current		
Logic 1 signal	0.75 A	2.00 A
Number of output groups	2	3
Number of outputs ON (maximum)	16	16
Per group ± horizontal mounting (maximum)	8	4/5/7
Per group ± vertical mounting (maximum)	8	4/5/7
Maximum current per common/group	6 A	10 A
Lamp load	5 W	30 W DC/200 W AC
ON state resistance (contact resistance)	0.3 Ω	0.2Ω, maximum when new
Leakage current per point	10 μA, maximum	±
Surge current	8 A for 100 ms, maximum	7 A with contacts closed
Overload protection	No	No
Isolation (Field Side to Logic)		
Optical isolation (galvanic)	500 VAC for 1 minute	±
Isolation resistance	±	100 M Ω, minimum when new
Isolation coil to contact	±	1500 VAC for 1 minute
Isolation between open contacts	±	750 VAC for 1 minute
In groups of	8 points	4 points/5 points/7 points

Inductive Load Clamping			
Repetitive Energy dissipation	$< 0.5 L I^2 \times \text{switching rate}$	1 W, all channels	±
Clamp voltage limits		L+ minus 48V	±
Output Delay			
Off to On (Q0.0 and Q0.1)		2 µs, maximum	±
On to Off (Q0.0 and Q0.1)		10 µs, maximum	±
Off to On (Q0.2 through Q1.7)		15 µs, maximum	±
On to Off (Q0.2 through Q1.7)		100 µs, maximum	±
Switching Frequency (Pulse Train Outputs)			
Q0.0 and Q0.1		20 kHz, maximum	1 Hz, maximum
Relay			
Switching delay		±	10 ms, maximum
Lifetime mechanical (no load)		±	10,000,000 open/close cycles
Lifetime contacts at rated load		±	100,000 open/close cycles
Cable Length			
Unshielded		150 m	150 m
Shielded		500 m	500 m



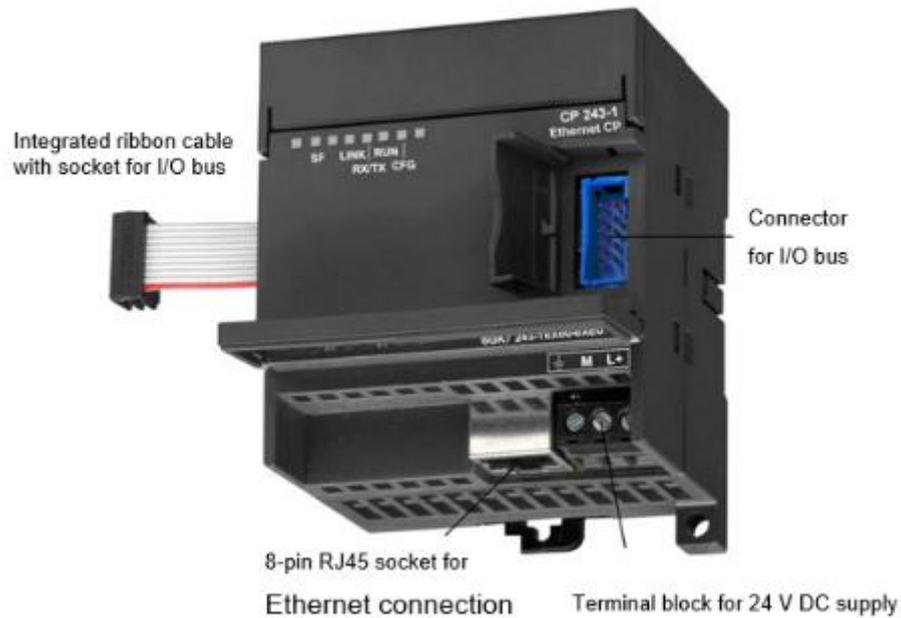
SIEMENS



SIMATIC NET

CP 243-1

Communications processor for Industrial Ethernet



Byte offset in variables memory	Description	Data format	Example
Header			
0-4	Module name	5 bytes ASCII	16#4350323433 "CP243"
5-6	Length of CDB	2 bytes hex	16#006C (108 decimal)
7-8	Length of NPB	2 bytes hex	16#0014 (20 decimal)
General information			
9	Internal use	1 byte hex	
10	Internal use	1 byte hex	
11-12	Reserved for STEP 7 Micro/WIN	2 bytes hex	---
13-14	Common Flag Bit [0] Duplex Mode 0: Half Duplex 1: Full Duplex Bit [1] Data Rate 0: 10 Mbit/s 1: 100 Mbit/s Bit [2] Auto Negotiation 0: No auto negotiation 1: Auto negotiation Bit [3] BOOTP 0: Use configured network parameters	2 bytes hex	16#0004: Auto negotiation, use configured network parameters, CRC check enabled 16#AC04: Auto negotiation, use configured network parameters, CRC check disabled

	1: BOOTP Bit [4-7] Not in use Bit [8-15] CRC validation 16#00 CRC check enabled 16#AC CRC check disabled		
15-18	Configured IP address This field should be set to 16#00000000 if BOOTP is used.	4 bytes hex	192.12.45.23: 16#C00C2D17
19-22	Configured subnet mask This field should be	4 bytes hex	255.255.255.0: 16#FFFFFF00

Technical Information

Prosonic M

FMU40, FMU41, FMU42, FMU43, FMU44

Ultrasonic Level Measurement



Compact transmitters for non-contact level measurement

Application

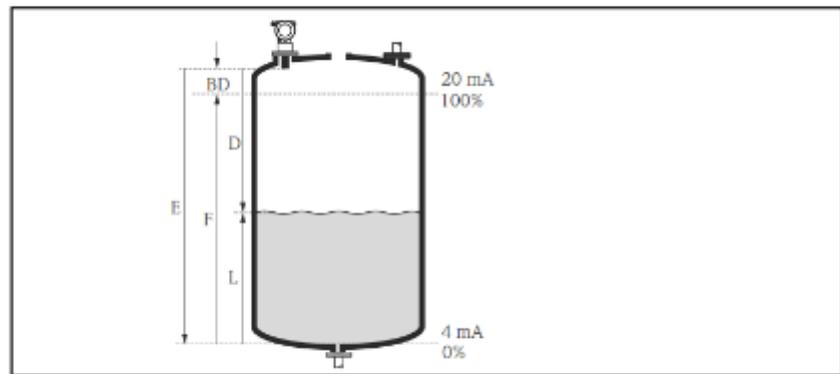
- Continuous, non-contact level measurement in fluids, pastes, sullages and coarse bulk materials
- Flow measurement in open channels and measuring weirs
- System integration via:
 - HART (standard), 4 to 20mA
 - PROFIBUS PA
 - FOUNDATION Fieldbus
- Maximum measuring range:
 - FMU40: 5 m (16 ft) in fluids, 2 m (6.6 ft) in bulk materials
 - FMU41: 8 m (26 ft) in fluids, 3,5 m (11 ft) in bulk materials
 - FMU42: 10 m (33 ft) in fluids, 5 m (16 ft) in bulk materials
 - FMU43: 15 m (49 ft) in fluids, 7 m (23 ft) in bulk materials
 - FMU44: 20 m (66 ft) in fluids, 10 m (33 ft) in bulk materials

Features and benefits

- Quick and simple commissioning via menu-guided on-site operation with four-line, multilingual plain text display
- Envelope curves on the on-site display for simple diagnosis
- Easy remote operation, diagnosis and measuring point documentation with the free operating program FieldCare supplied.
- Suitable for explosion hazardous areas (Gas-Ex, Dust-Ex)
- Linearization function (up to 32 points) for conversion of the measured value into any unit of length, volume or flow rate
- Non-contact measurement method minimizes service requirements
- Optional remote display and operation (up to 20 m (66 ft) from transmitter)
- Installation possible from thread G 1½" or 1½" NPT upwards
- Integrated temperature sensor for automatic correction of the temperature dependent sound velocity

Function and system design

Measuring principle

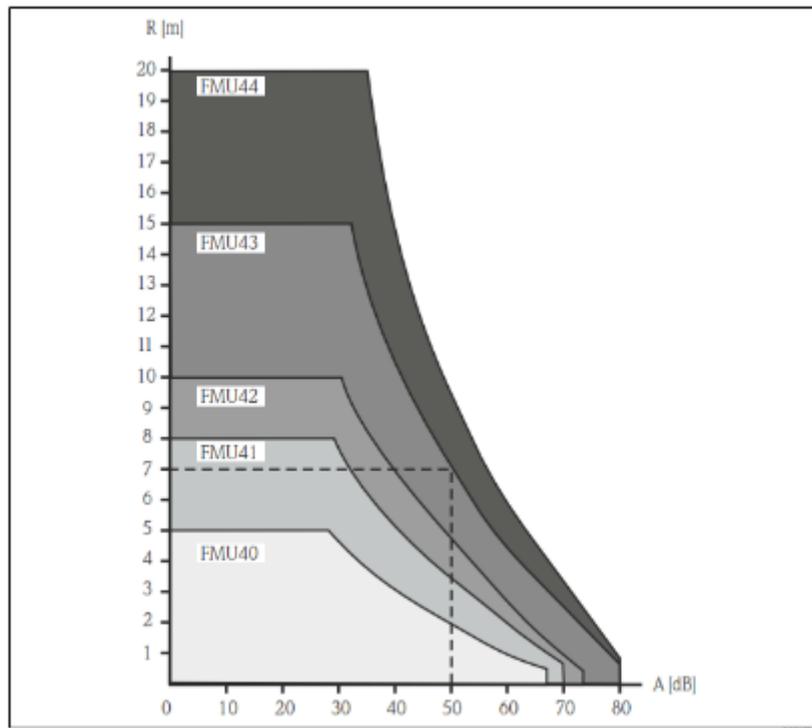


BD Blocking distance
E Empty distance
L Level

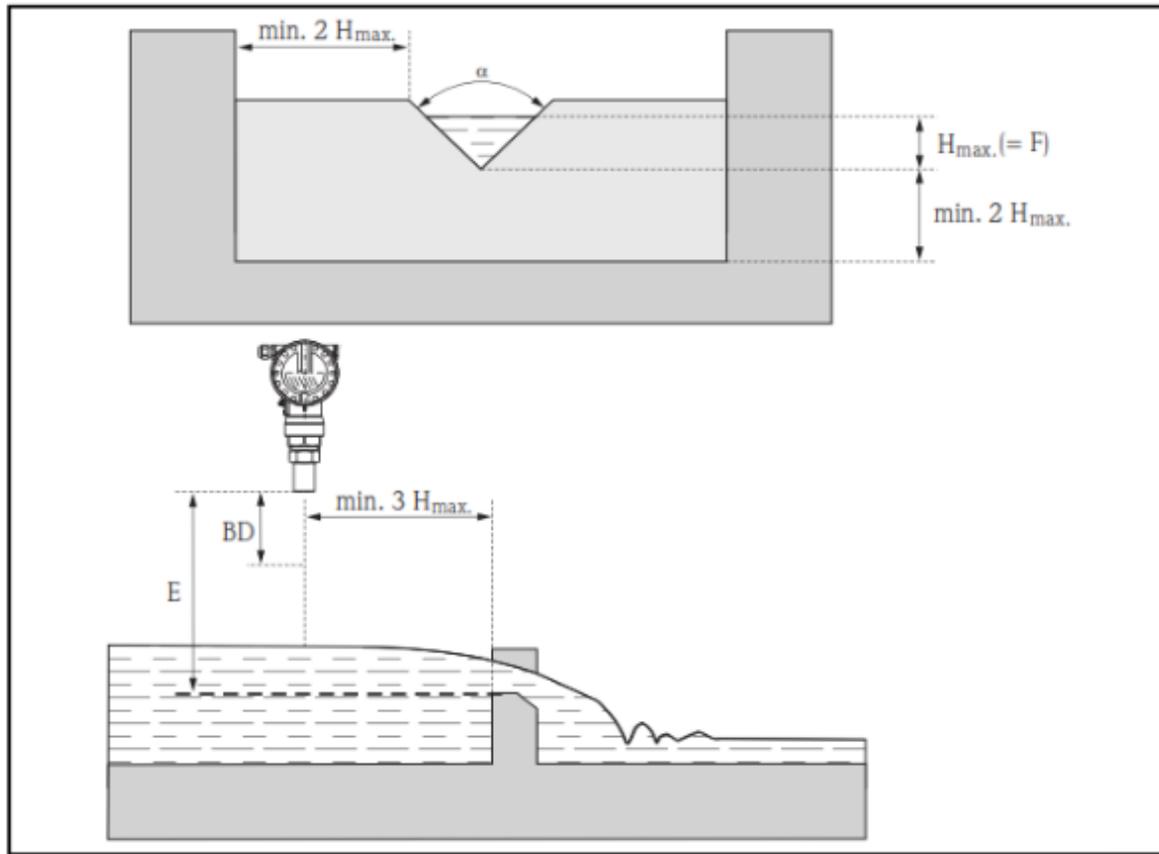
D Distance from sensor membrane - product surface
F Span (full distance)

Sensor	BD	Max. range fluids	Max. range bulk materials
FMU40	0.25 (0.8)	5 (16)	2 (6.6)
FMU41	0.35 (1.1)	8 (26)	3.5 (11)
FMU42	0.4 (1.3)	10 (33)	5 (16)
FMU43	0.6 (2.0)	15 (49)	7 (23)
FMU44	0.5 (1.6)	20 (66)	10 (33)

Time-of-flight method	<p>The sensor of the Prosonic M transmits ultrasonic pulses in the direction of the product surface. There, they are reflected back and received by the sensor. The Prosonic M measures the time t between pulse transmission and reception. The instrument uses the time t (and the velocity of sound c) to calculate the distance D between the sensor membrane and the product surface:</p> $D = c \cdot t / 2$ <p>As the device knows the empty distance E from a user entry, it can calculate the level as follows:</p> $L = E - D$ <p>An integrated temperature sensor (NTC) compensates for changes in the velocity of sound caused by temperature changes.</p>
Interference echo suppression	The interference echo suppression feature on the Prosonic M ensures that interference echos (e.g. from edges, welded joints and installations) are not interpreted as a level echo.
Calibration	Enter the empty distance E and the span F to calibrate the device.
Blocking distance	Span F may not extend into the blocking distance BD . Level echos within the blocking distance cannot be evaluated due to the transient characteristics of the sensor.



Example: Triangular weir



BD Blocking distance
E Empty calibration
F Full calibration

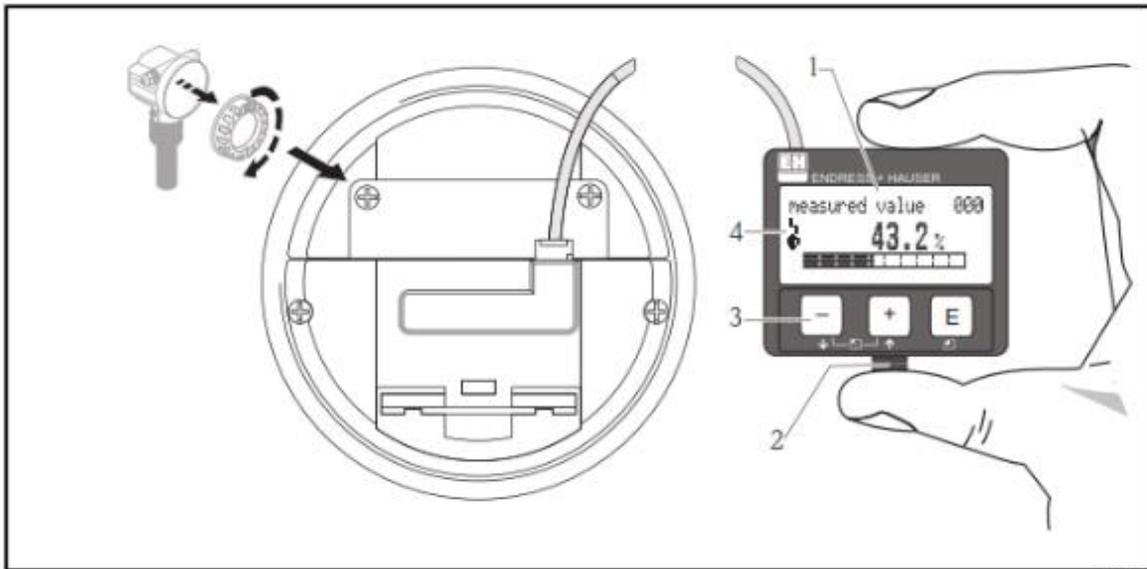
Environment

Ambient temperature	<p>−40 °C to +80 °C (−40 °F to +176 °F) The functionality of the LC display becomes restricted at $T_u < -20\text{ °C}$ ($T_u < -4\text{ °F}$) and $T_u > +60\text{ °C}$ ($T_u > 140\text{ °F}$). If the device is operated outdoors in strong sunlight, you should use a protective cover (→ ä 43).</p>
Storage temperature	−40 °C to +80 °C (−40 °F to +176 °F)
Resistance to alternating temperature cycles	To DIN EN 60068-2-14; Nb test: +80°C/−40°C (+176 °F/−40 °F), 1K/min, 100cycles
Climate class	DIN EN 60068-2-38 (Test Z/AD) DIN/IEC 68 T2-30Db
Ingress protection	<ul style="list-style-type: none"> • With closed housing, tested according to <ul style="list-style-type: none"> – IP68, NEMA 6P (24h at 1.83 m (6 ft) under water surface) – IP66, NEMA 4x • With open housing: IP20, NEMA 1 (also ingress protection of the display) <p>Caution! Degree of protection IP68 NEMA 6P applies for M12 PROFIBUS-PA plugs and for 7/8" FF plug only</p>

	when the cable is plugged in.
Vibration resistance	DIN EN 60068-2-64 / IEC 68-2-64: 20...2000 Hz, 1 (m/s ²) _z /Hz; 3 x 100 min
Electromagnetic compatibility (EMC)	<ul style="list-style-type: none"> • Electromagnetic compatibility according to all relevant requirements of the EN 61326-series and NAMUR recommendation EMC (NE21). For details see declaration of conformity. • A standard installation cable is sufficient if only the analogue signal is used. Use a screened cable when working with a superimposed communication signal (HART).

Operability

Display and operating elements	The LCD module VU331 for display and operation is located beneath the housing cover. The measured value is legible through the glass in the cover. Open the cover to operate the device.
---------------------------------------	--



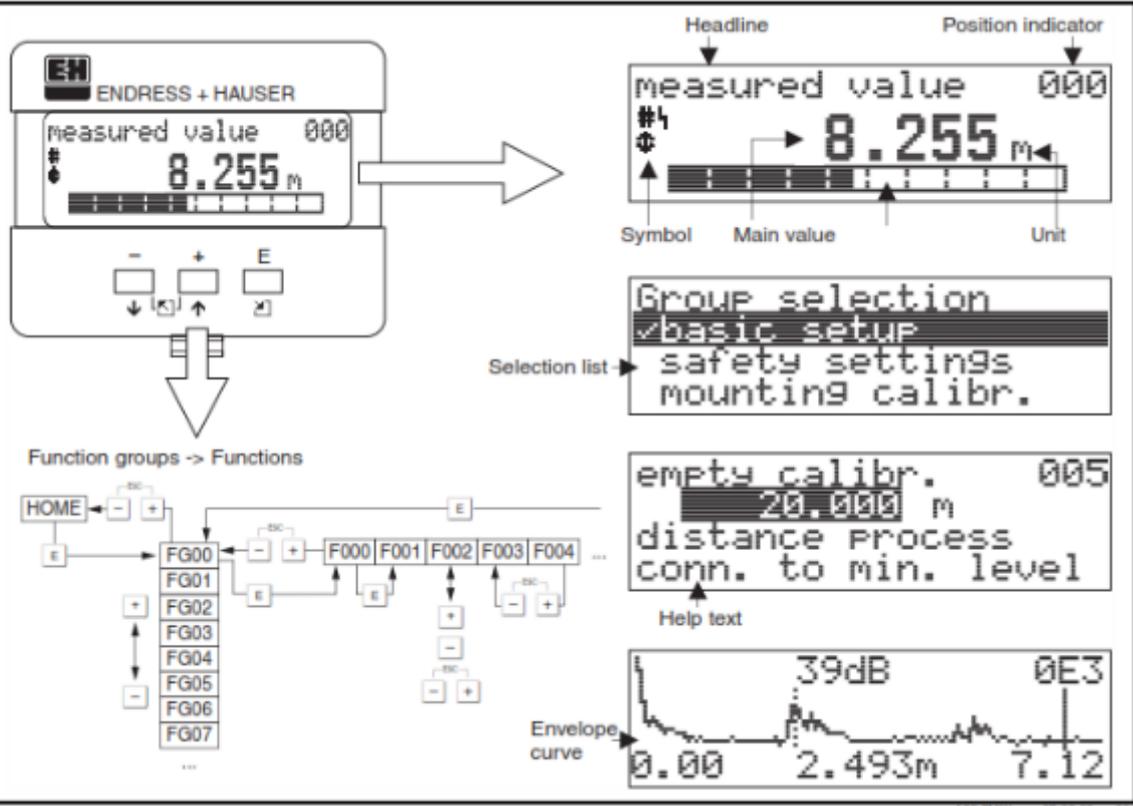
- 1 LCD liquid crystal display
- 2 Snap fit
- 3 Keys
- 4 Symbols

Symbol in display				
Meaning	Alarm	Warning	Communication	Security Locking

Function of the keys

Key(s)	Meaning
	Navigate upwards in the selection list Edit numeric value within a function
	Navigate downwards in the selection list Edit numeric value within a function
	Navigate to the left within a function group
	Navigate to the right within a function group, confirmation.
 and  or  and 	Contrast settings of the LCD
 and  and 	Hardware lock / unlock After a hardware lock, an operation of the instrument via display or communication is not possible! The hardware can only be unlocked via the display. An unlock parameter must be entered to do so (unlock parameter: 100).

On-site operation	Operation with VU331
	<p>The LC-Display VU331 allows configuration via 3 keys directly at the instrument. All device functions can be set through a menu system. The menu consists of function groups and functions. Within a function, application parameters can be read or adjusted. The user is guided through a complete configuration procedure. For ease operation can choose between 4 language (PROFIBUS PA) or 7 language (HART, FOUNDATION Fieldbus): (de: german; en: english; es: spanish*; fr: french; it: italian*; ja: japanese; nl: dutch*).</p> <p>*) HART and FOUNDATION Fieldbus only</p>



RESOLUCIÓN ARCOTEL 2018

Banda de frecuencias	Tipo de utilización	Limite de emisión
2.9-3.26 GHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
	Sistemas AVI	3 000 $\mu\text{V/m}$ por MHz de anchura de banda a 3 m
3.267-3.332 GHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
	Sistemas AVI	3 000 $\mu\text{V/m}$ por MHz de anchura de banda a 3 m
3.339-3.3458 GHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
	Sistemas AVI	3 000 $\mu\text{V/m}$ por MHz de anchura de banda a 3 m
3.358-3.6 GHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
	Sistemas AVI	3 000 $\mu\text{V/m}$ por MHz de anchura de banda a 3 m
4.4-4.5 GHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
5.15-5.25 GHz	RLAN	Potencia de salida de cresta de 50 mW; Rec. UIT-R M.1450-5
5.25-5.35 GHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
	RLAN	Potencia de salida de cresta de 250 mW; Rec. UIT-R M.1450-5
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
5.46-5.725 GHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
5.47-5.725 GHz	RLAN	Potencia de salida de cresta de 250 mW; Rec. UIT-R M.1450-5
5.725-5.785 GHz	RLAN	Potencia de salida de cresta de 1000 mW; Rec. UIT-R M.1450-5
	Cualquiera la sección §15.249 de la FCC	50 000 $\mu\text{V/m}$ a 3 m
	RLAN	Potencia de salida de cresta de 1000 mW; Rec. UIT-R M.1450-5

ANEXO B: EVIDENCIAS DE EJECUCIÓN DE PROYECTO

Norma EIA/TIA 568A.- El propósito de esta norma es permitir la planeación e instalación de cableado de edificios comerciales con muy poco conocimiento de los productos de telecomunicaciones que serán instalados con posterioridad.

Norma TIA/EIA 568-B.- intenta definir estándares que permitirán el diseño e implementación de sistemas de cableado estructurado para edificios comerciales y entre edificios en entornos de campus.

Cableado directo T568B: Un cable directo se usa para conectar un:

- Router con un switch
- Router con un HUB
- HUB con un switch
- HUB con una PC
- Switch con una PC

Cableado cruzado T568B: Un cable cruzado se usa para conectar un:

- Router con Router
- HUB con un HUB
- Switch con Switch
- PC con una PC
- Router con una PC

Tipos de Normas

- ANSI/TIA/EIA-568-B: Cableado de telecomunicaciones en edificios comerciales.
(Cómo instalar el Cableado)
- TIA/EIA 568-B1: Requerimientos generales
- TIA/EIA 568-B2: Componentes de cableado mediante par trenzado balanceado
- TIA/EIA 568-B3: Componentes de cableado, Fibra óptica

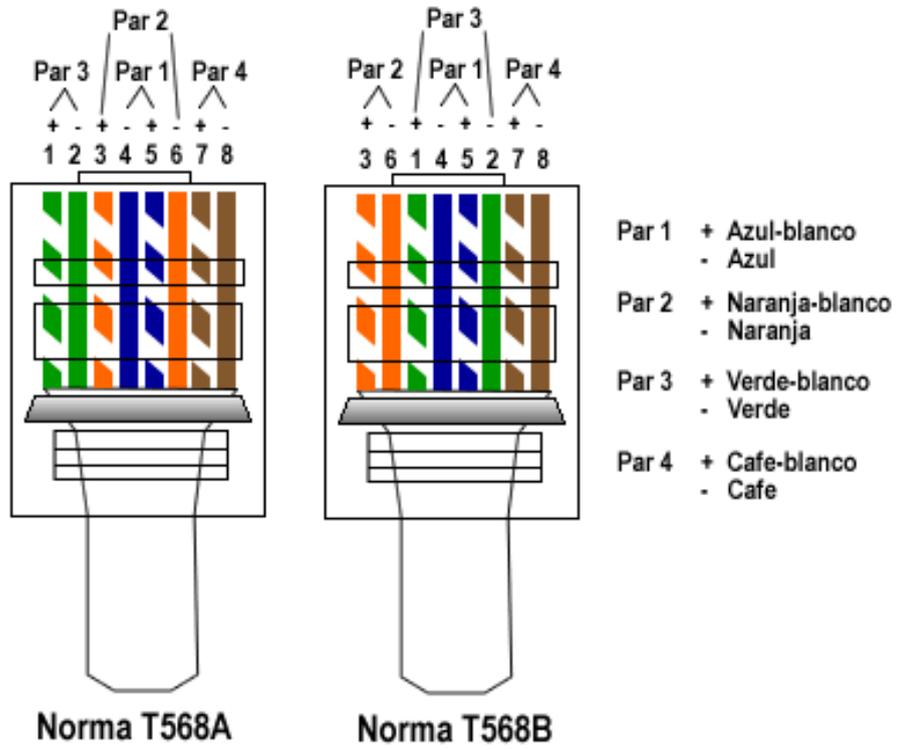


Imagen 1



Imagen 2



Imagen 3



Imagen 4



Imagen 5



Imagen 6



Imagen 7



Imagen 8

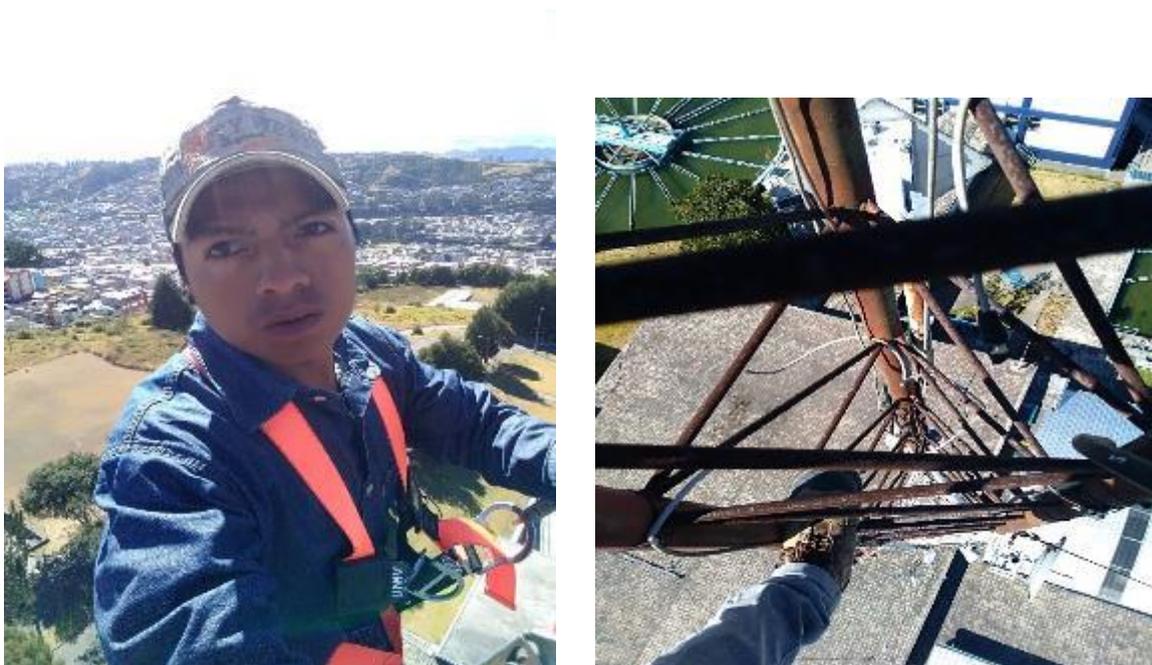


Imagen 9



Imagen 10



Imagen 11



Imagen 12



Imagen 13



Imagen 14

