



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**



TESIS

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA
ESTACIÓN DE AFORO SAUZAL MONITOREADO DESDE LA SALA CONTROL
PRINCIPAL DE TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS**

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

AUTORES:

Bach. Tuñoque Effio, Gerardo Arturo

Bach. Núñez Marroquín, Romel Alonso

ASESOR:

Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano

LAMBAYEQUE -PERÚ

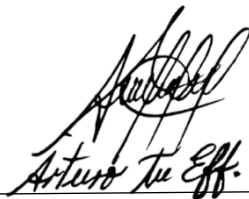
2022

TESIS

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA ESTACIÓN
DE AFORO SAUZAL MONITOREADO DESDE LA SALA CONTROL PRINCIPAL DE
TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO

AUTORES:



BACH. TUÑOQUE EFFIO, GERARDO ARTURO



BACH. NÚÑEZ MARROQUÍN, ROMEL ALONSO

ASESOR:



ING. SEGUNDO FRANCISCO SEGURA ALTAMIRANO

TESIS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA ESTACIÓN
DE AFORO SAUZAL MONITOREADO DESDE LA SALA CONTROL PRINCIPAL DE
TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO


APROBADA POR:



Ing. Ramírez Castro, Manuel Javier
Presidente



M.Sc. Ing. Rodríguez Chirinos, Frank Richard
Secretario



M.Sc. Ing. Chamán Cabrera, Lucía Isabel
Vocal

Declaración Jurada de Originalidad

Los investigadores principales, Tuñoque Effio Gerardo Arturo y Núñez Marroquín Romel Alonso junto al Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano asesor del trabajo de investigación “DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA ESTACIÓN DE AFORO SAUZAL MONITOREADO DESDE LA SALA CONTROL PRINCIPAL DE TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS”, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demuestre lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 09 de abril de 2022



Bach. Tuñoque Effio Gerardo Arturo



Bach. Núñez Marroquín Romel Alonso



Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano

Dedicatoria

Dedico este proyecto de tesis a nuestro Padre Celestial, ya que me ha brindado sabiduría, y ha iluminado mi camino profesional para no defraudar a mis padres.

Dedico este arduo trabajo a mis padres Manuel y Ledie, porque me han enseñado a no rendirme, así como también por la tenacidad y rigor que pusieron en cada etapa de mi educación para ser mejor que ellos.

Dedico este trabajo a mi hermano Manuel, que es la alegría de la casa. Quien me ha enseñado el amor y la inocencia que existe en toda una vida.

Los Amo.

Bach. Tuñoque Effio, Gerardo Arturo

Quiero dedicar mi Tesis a toda mi familia. Para mis padres Lelly y José, por su comprensión y en todo momento. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Para Fiorella, por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal y como es. Realmente ella me llena por dentro para conseguir un equilibrio que me permita dar el máximo de mí. Nunca le podré estar suficientemente agradecido.

Bach: Núñez Marroquín Romel Alonso.

Agradecimientos

Estando tan próximos a cumplir la meta más importante hasta ahora, en nuestras vidas, sentimos la necesidad de agradecer en primer lugar a Dios que nunca nos dejó solos permitiendo tener grandes personas a nuestro lado. A nuestros mis padres (**Manuel y Ledie**), les damos gracias por la confianza y todo el apoyo incondicional brindado. A mi hermano (**Manuel**) por su comprensión y paciencia (Tuñoque). A mi familia, que en su inmenso apoyo nunca me han desamparado en el trayecto de mi vida y lo siguen haciendo (Núñez). A nuestros profesores por su aporte no solo académico sino también por el ejemplo e incentivo. A nuestra familia y a nuestra universidad que nos dieron la oportunidad y las armas para demostrar nuestras capacidades y habilidades. Hoy, así como agradecemos el apoyo y la fe en nosotros, prometemos desarrollarnos cada día más, como un profesional con sólidos valores y principios para que siempre estén orgullosos de nosotros. Por lo consiguiente, estamos agradecidos desde lo más profundo de nuestros corazones. Sabemos que estas palabras no son suficientes para expresar lo tan agradecidos que estamos, pero espero que, con ellas, se den a entender nuestros sentimientos de aprecio y cariño a todos ellos.

Agradecemos también el apoyo y consejo de:

- Dr. Ing.
Julio Ernesto Quispe Rojas
- Ing. Mecánico Eléctrico
Carlos Samaniego Minaya
- Ing. Electrónico
Blas Marroquín Javier Genaro
- Ing. Electrónico
Humberto Simón Vicetti Miguel
- Técnico Instrumentista
Jorge Zevallos Casahuaman

Los Autores

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	19
ABSTRACT	20
INTRODUCCIÓN	21
CAPITULO I.....	24
ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.1. Información General.....	24
1.1.1. Título	24
1.1.2. Personal investigador	24
1.1.3. Área de investigación	24
1.1.4. Lugar de ejecución	24
1.1.5. Duración	24
1.2. Planteamiento de la investigación	25
1.2.1. Síntesis de la situación problemática	25
1.2.2. Formulación del problema de investigación	25
1.2.3. Hipótesis del problema.....	26
1.2.4. Objetivos	26
1.2.5. Justificación de la investigación.....	26
1.3. Diseño teórico.....	27
1.3.1. Antecedentes	27
CAPITULO II	29
MARCO TEÓRICO.....	29
2.1. Sistemas de comunicación.....	29
2.1.1. Radioenlace	29
2.1.2. Estructura de un radio enlace:	30
2.1.3. Software de diseño de radio enlaces	31
2.1.4. Definición de términos y conceptos:	32
2.2. Automatización y control	36
2.2.1. Sistemas de medición	37
2.2.2. Sistema de control	38
2.2.3. Instrumentación de un sistema de control	39
2.2.4. Sistemas de lazo abierto y de lazo cerrado	40
2.2.5. Sensores y transductores.....	41

2.2.6. El efecto Doppler.....	43
2.2.7. Medición de la velocidad.....	43
2.2.8. Conversores analógicos – digitales	44
2.2.9. Controladores lógicos programables (PLC)	46
2.2.10. Comunicación industrial.....	46
2.2.11. Interfaces hombre maquina (HMI's)	46
2.2.12. Sistema de alimentación: energía solar fotovoltaica	47
2.2.13. Sistemas de protección eléctrica.....	49
2.2.14. Definición de términos y conceptos	50
2.3. Métodos de medición hidrológicos	51
2.3.1. Métodos directos e indirectos	52
2.3.2. Relación nivel – caudal	56
2.3.3. Instrumentos de medida según Martínez et al. (2006)	57
2.3.4. Recolectores de datos	58
CAPITULO III	59
DIAGNÓSTICO O EVALUACIÓN DE LA REALIDAD	59
3.1 Descripción de la empresa.....	59
3.1.1 Datos generales	59
3.1.2 Constitución social	60
3.1.3 Grupo empresarial	60
3.2 Realidad actual	61
3.2.1 Infraestructura instalada en la empresa	61
3.2.2 Antecedentes que origina el problema.	62
3.2.3 Alternativa de solución.....	62
CAPITULO IV	65
DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....	65
4.1 Cálculo del sistema de transmisión por radio frecuencia	65
4.1.1 Cálculo matemático del sistema de radio enlace.....	66
4.1.2 Diseño e implementación por software	90
4.2 Consumo de energía del sistema y diseño solar	104
4.2.1 Potencia del sistema	104
4.2.2 Dimensionamiento del sistema solar	104
4.3 Enlace para transmisión de señales	119
4.3.1 Programa Tia Porta en PLC S7-1200 (estación de monitoreo Sauzal)	119

4.3.2	Enlace de antenas hacia sala de control	120
4.3.3	Comunicación de red entre PLC S7-1200 con PLC S7-300	120
4.3.4	Creación de una red (Sauzal) en kepserver	122
4.3.5	Configuración de la red Sauzal en el PLC S7 300	123
4.3.6	Diseño del sistema SCADA	124
4.3.7	Simulación del sistema SCADA en Tia Portal.....	124
4.3.8	Integración con el SCADA de sala de control	127
4.4	Propuesta	128
4.4.1	Sistema propuesto	128
4.4.2	Diseño y selección.....	130
4.4.3	Composición del sistema.....	139
4.4.4	Propuesta económica.....	139
4.4.5	Montajes e instalación	140
4.4.6	Personal propuesto:	140
4.4.7	Recursos necesarios:	140
4.4.8	Plazo ejecución:.....	141
4.5	Presupuesto.....	141
4.5.1	Inversión total.....	141
CAPITULO V		142
PRUEBAS Y RESULTADOS		142
5.1	Diseño de prototipo de prueba.....	142
5.1.1	Descripción.....	142
5.1.2	Equipos y accesorios para el prototipo.....	143
5.1.3	Topología de los módulos de prueba.....	145
5.2	Pruebas de radio enlace con radio modem Xetawave	145
5.3	Pruebas de comunicación con módulos PLC Siemens.....	148
5.3.1	Programación y simulación en Tia Portal	148
5.3.2	Comunicación y escalamiento de la señal del sensor.....	150
5.3.3	Diseño y simulación SCADA	151
5.3.4	Pruebas realizadas en la miniplanta de acuerdo con la simulación realizada. .	152
CAPITULO VI.....		153
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		153
6.1	Conclusiones.....	153
6.2	Recomendaciones	155

CAPITULO VII.....	156
BIBLIOGRAFIA.....	156
ANEXOS.....	164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta y perfil topográfico de un enlace. Ref. Libro Transmisión por radio de José María Hernando Rábanos.....	31
Figura 2. Representación gráfica de la interfaz de trabajo de radio Mobile	32
Figura 3. Esquema de bloques representativo de la estructura de un radioenlace y de la terminología que se utiliza.	35
Figura 4. Perfil topográfico de la 1era Zona de Fresnel.....	35
Figura 5. El circuito básico de control y sus componentes	37
Figura 6. Representación gráfica de un recipiente con flotador para medición de nivel	38
Figura 7. Diagrama de Bloque de un sistema de medición Automático	38
Figura 8. Representación gráfica de un sistema de control de nivel.	38
Figura 9. Sistema de control de velocidad	39
Figura 10. Sistema de control de temperatura.	39
Figura 11. Diagrama de bloques de un sistema de lazo cerrado	40
Figura 12. Gráficos de los filtros analógicos.1, 2, 3, 4	43
Figura 13. Efecto Doppler – Variación de la longitud de onda si la fuente y el receptor se mueven con respecto al otro.....	43
Figura 14. Envío y recepción de haces de sonido a través del sensor.....	44
Figura 15. Digitalización de una señal analógica.....	45
Figura 16. Entrada analógica en el eje vertical y una salida digital equivalente en el eje horizontal.....	45
Figura 17: Uso de sistemas de comunicación.....	46
Figura 18: Interfaz Hombre – Maquina.	47
Figura 19. Esquema con la clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos, independientemente de su utilización y tamaño.....	48
Figura 20. Diagrama de un Sistema Solar Fotovoltaico.	49
Figura 21. Puesta a tierra elemental. 1) Electrodo elemental de pica, 2) Conectores, 3) Conductor de tierra.....	50
Figura 22. Vista de la sección transversal de un río en el que se muestra la ubicación de los puntos de observación.	52
Figura 23. Sección transversal para el método área – velocidad. Se consideran mediciones con el correntómetro a 0.2, 0.6 y 0.8m. de la profundidad total	53

Figura 24. Diagrama de la curva obtenida de la relación Nivel – Caudal. Curva de Calibración.	56
Figura 25. Mapa de la Ubicación “Proyecto de irrigación Olmos”	59
Figura 26. Logo Oficial de la Organización ODEBRECHT.....	61
Figura 27. Vista Panorámica de la presa “LIMÓN”, Concesionaria Trasvase Olmos	62
Figura 28. Toma fotográfica de la visita técnica que realizamos a la estación de aforo donde se implementará el proyecto de tesis. Se visualiza, caseta de limnígrafo, huaro, y limnómetro...	63
Figura 29. Diagrama General de la automatización del sistema de medición remoto	64
Figura 30. Constitución del modelo de transmisión de datos del sistema de medición implementado.....	66
Figura 31. Visualización de los cálculos realizados por el software Radio Mobile.	71
Figura 32. Representación gráfica de las pérdidas de potencias en el espacio libre.....	75
Figura 33. Perdida de conectores y accesorios utilizados para la implementación de un radioenlace. Manual de usuario de Xeta9	78
Figura 34. Expresión gráfica del balance de potencias para nuestro enlace del primer vano.	81
Figura 35. Visualización de los cálculos realizados por el software Radio Mobile	83
Figura 36. Representación gráfica de las pérdidas de potencias en el espacio libre.....	86
Figura 37. Expresión gráfica del balance de potencias para nuestro enlace del primer vano.	89
Figura 38. Ingreso de coordenadas en Radio Mobile para cálculo de Radio enlace.....	91
Figura 39. Ingreso de las coordenadas de cada uno de los puntos para el diseño de los enlaces	91
Figura 40. Ingreso de los parámetro, frecuencia y características del medio, para el diseño de los enlaces.	92
Figura 41. Selección de la topología de la Red.....	92
Figura 42. Selección de los puntos para el diseño de cada uno de los enlaces a diseñar.....	93
Figura 43. Ingreso de los parámetros de los equipos Tx y Rx y creación de las redes para el diseño.	93
Figura 44. Ingreso del margen relativo de recepción para cada enlace.	94
Figura 45. Ubicación de los puntos en un mapa exportado por Radio Mobile.....	94
Figura 46. Trazado de Radioenlaces en Radio Mobile, Enlace factible (color verde); enlace no factible (color rojo).....	95
Figura 47. Enlace entre los puntos Sauzal y Aliviadero, Vista en Radio Mobile. Enlace No factible.....	95
Figura 48: Detalles del enlace entre Sauzal y Aliviadero	96

Figura 49. Rango de la señal dada por el enlace entre Sauzal y Aliviadero.	96
Figura 50. Presentación en RM PATH, Programa externo a Radio Mobile para el análisis el transmisor y el receptor.	97
Figura 51. Vista en Google Earth, exportado desde Radio Mobile.	97
Figura 52. Vista de la factibilidad del enlace entre los puntos Sauzal – Repetidora Sauzal...	98
Figura 53. Detalles del enlace entre Sauzal y la repetidora Sauzal.	98
Figura 54. Rango de la señal dada por el enlace entre Sauzal y la Repetidora Sauzal.	99
Figura 55. Presentación del enlace Sauzal – Repetidora Sauzal en RM PATH, Programa externo a Radio Mobile.	99
Figura 56. Vista del enlace Sauzal – Repetidora Sauzal en Google Earth, exportado desde Radio Mobile.	100
Figura 57. Vista de la factibilidad del enlace Repetidora Sauzal – Sala de Control.	100
Figura 58. Enlace Repetidora Sauzal – Sala de Control, Vista en Radio Link. Enlace factible.	101
Figura 59. Rango de la señal dada por el enlace entre la Repetidora Sauzal – Sala de Control.	101
Figura 60. Presentación del enlace Repetidora Sauzal – Sala de Control en RM PATH, Programa externo a Radio Mobile.	102
Figura 61. Vista del enlace Repetidora Sauzal – Sala de Control, en Google Earth, exportado desde Radio Mobile.	102
Figura 62. Vista del Radio Enlace para la Transmisión de datos de la estación de Aforo Sauzal – Radio enlace Factible. Vista en Google Earth, exportado desde Radio Mobile.	103
Figura 63. Mapa de Radiación Solar del departamento de Cajamarca, región donde se implementará el proyecto de tesis.	106
Figura 64. Promedio mensual de la radiación solar en Sauzal, Software Meteororm 8.1....	107
Figura 65. Duración promedio mensual de la radiación solar en Sauzal en horas, Software Meteororm 8.1.	107
Figura 66. Tabla de datos con los niveles de radiación solar promedio mensual en Sauzal, Software Meteororm 8.1.	108
Figura 67. Nivel promedio mensual de la radiación solar en el punto donde irá instalada la repetidora, Software Meteororm 8.1.	113
Figura 68. Duración promedio mensual de la radiación solar en el punto donde irá instalada la repetidora en horas, Software Meteororm 8.1.	113

Figura 69. Nivel promedio mensual de la radiación solar en la sala de control, Software Meteororm 8.1.	117
Figura 70. Duración promedio mensual de la radiación solar en la sala de control en horas, Software Meteororm 8.1.	117
Figura 71. Tabla de datos con los niveles de radiación solar promedio mensual en la sala de control, Software Meteororm 8.1.	118
Figura 72: Capturas del programa realizado en Tia Portal, para la simulación del proyecto de tesis.	119
Figura 73: Diseño del sistema de enlace de antenas – Telemetría.	120
Figura 74: Captura del procedimiento para la comunicación de red entre el PLC S7-1200 y el S7-300	120
Figura 75: Creación de la red para establecer la comunicación entre el PLC S7-1200 con la sala de control.	121
Figura 76: Creación de los módulos de comunicación para el PLC S7-1200.	121
Figura 77: Creación de la base de datos.	122
Figura 78: Creación de datos en el PLC S7-1200, dentro del programa OPC, ubicado en la sala de control.	122
Figura 79: Capturas del inicio de la creación de los TAG, para el diseño del SCADA	123
Figura 80: Captura referencial de la interfaz del editor de gráficos de procesos para el diseño del SCADA.	124
Figura 81: Captura del SCADA diseñado para la simulación del programa Ladder que almacena la señal analógica recibida del sensor de nivel, para ser escalada y mostrarla gráficamente.	124
Figura 82: Captura de la interfaz PLCSim, donde configura una variable como una señal forzada.	125
Figura 83: Visualización grafica del nivel a través de la simulación en Tia Portal, Nivel Bajo	125
Figura 84: Visualización grafica del nivel a través de la simulación en Tia Portal, Nivel Medio.	126
Figura 85: Visualización grafica del nivel a través de la simulación en Tia Portal, Nivel Alto.	126
Figura 86: Visualización grafica del nivel a través de la simulación en Tia Portal, Nivel Muy Alto.	127
Figura 87: Toma fotográfica de la Sección del SCADA, donde se encuentran las formas de cálculo de caudal y otros.	127

Figura 88. Diagrama general del proyecto de Tesis.....	129
Figura 89. Sensor Vega Puls WL61	131
Figura 90. Medición de Caudal en canal abierto, medición del nivel del agua en ríos y acequias, Atascos en balsas de contención.	131
Figura 91. Medición de caudal en rebosadero de balsa, Medición de nivel en pozo de bombeo, Bomba helicoidal en elevador de aguas residuales.	131
Figura 92. Conexión directo a sistema de control, Acondicionamiento de señal in situ con VEGAMET 391.	132
Figura 93. Controlador Lógico Programable, PLC Módulo S7-1200 / 6ES7214-1AG40-0XB0.	133
Figura 94. Paneles Solares, Solar World.....	134
Figura 95. Controlador Solar, Victron.	135
Figura 96. Batería gelificada de Ciclo profundo, libre mantenimiento, Narada.	135
Figura 97. Inversor Solar, Victron Energy.....	136
Figura 98. Radio Modem, Xetawave9	137
Figura 99. Antena Yagi, 900MHz.....	137
Figura 100. Antena Omnidireccional, 902 - 928MHz	138
Figura 101. Switch Ethernet, MOXA	138
Figura 102: Toma fotográfica de la miniplanta de procesos, donde se realizaron las pruebas de demostración del proyecto de tesis.....	142
Figura 103: Tablero de control y comunicación de la miniplanta de procesos.	144
Figura 104: Módulos PLC S71200, utilizados para la demostración del proyecto de tesis..	144
Figura 105. Topología de conexión y comunicación de los módulos de prueba para demostración de funcionamiento del proyecto de tesis.....	145
Figura 106. Toma Fotográfica de las radios Modem's, utilizadas para las pruebas de transmisión de datos.	145
Figura 107. Toma Fotográfica de conexión del radio Módems para pruebas de comunicación.	146
Figura 108. Toma Fotográfica de ubicación, direccionamiento de antenas y configuración de radio módems; pruebas de comunicación.	146
Figura 109. Captura de la interfaz web de la radio modem Xetawave.	147
Figura 110. Captura de imagen de la interfaz web de la Radio Modem, para configuración de parámetros. A1 – Tx.....	147

Figura 111. Captura de imagen de la interfaz web de la Radio Modem, para configuración de parámetros. A2 – Rx.....	148
Figura 112: Captura de la programación LADDER para la simulación del proyecto de tesis.	149
Figura 113. Pruebas de comunicación y escalamiento de la señal del sensor de nivel, con el módulo esclavo, comandado por el PLC S7-1200. Software Tia Portal.....	150
Figura 114: Diseño y simulación del proyecto de tesis.	151
Figura 115: Toma fotográfica de las pruebas realizadas en la miniplanta de procesos.....	152
Figura 116. Simulación del sensor Ultrasónico HC – SR04, con Arduino en TinkerCad de Autodesk.....	198
Figura 117. Toma fotográfica del diseño del sensor de nivel.	198
Figura 118. Captura del código de programación utilizado para el sensor de nivel con Arduino.	199
Figura 119. Diseño del circuito que acondicionará la señal de salida del Arduino a un voltaje real CC de 0 a 10V, Software Proteus - Isis.....	200
Figura 120. Diseño, placa electrónica de circuito que acondicionará la señal de salida del Arduino a un voltaje real CC de 0 a 10V, Software Proteus – Ares.	200
Figura 121. Diseño, Visualización en 3D de la placa electrónica diseñada.....	201
Figura 122. Toma fotográfica de placa electrónica de prueba del circuito que acondicionará la señal de salida del Arduino a un voltaje real CC de 0 a 10V.	201
Figura 123. Toma Fotográfica de las pruebas realizadas en el sensor ultrasónico con la etapa de acondicionamiento de señal, Calibración del sensor: 0 a 10VDC/ 0 a 300cm.....	202

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Documentos de referencia.....	66
Tabla 2. Datos de ubicación del primer vano, Aforo Sauzal – Repetidora.....	67
Tabla 3. Datos de ubicación del segundo vano, Repetidora – Sala de Control.....	67
Tabla 4. Características de los equipos a utilizar en el diseño del radioenlace Aforo Sauzal y su repetidora.....	67
Tabla 5. Parámetros para el cálculo de alturas, abultamiento y despejes del sistema de radioenlace Aforo Sauzal y su repetidora.	68
Tabla 6. Valores obtenidos para las alturas de las antenas a instalar.	69
Tabla 7. Cuadro de resumen de los parámetros calculados para identificar la primera zona de Fresnel, las alturas de instalación de las antenas y el alcance máximo que tendría la señal....	72
Tabla 8. Parámetros básicos para el cálculo de pérdidas y ganancias de potencia del radio enlace.....	73
Tabla 9. Cuadro de resumen de los parámetros calculados para identificar la potencia de transmisión máxima, potencia de recepción y las pérdidas globales en base a un balance de potencias.....	79
Tabla 10. Características de los equipos a utilizar en el diseño del radioenlace entre la repetidora y la sala de control.....	81
Tabla 11. Parámetros para el cálculo de alturas, abultamiento y despejes del sistema de radioenlace.	81
Tabla 12. Valores obtenidos para las alturas de las antenas a instalar.	82
Tabla 13. Cuadro de resumen de los parámetros calculados para identificar la primera zona de Fresnel, las alturas de instalación de las antenas y el alcance máximo que tendría la señal....	84
Tabla 14. Parámetros básicos para el cálculo de pérdidas y ganancias de potencia del radio enlace.....	85
Tabla 15. Cuadro de resumen de los parámetros calculados para identificar la potencia de transmisión máxima, potencia de recepción y las pérdidas globales en base a un balance de potencias.....	88
Tabla 16. Equipos y accesorios, tablero de control del sistema de medición de caudal – Sauzal.	104
Tabla 17. Equipos y accesorios, tablero de control de repetidora.....	104
Tabla 18. Equipos y accesorios, tablero de control – Aliviadero.....	104

Tabla 19. Consumo unitario en Watts, de los equipos y accesorios del tablero de control del sistema de medición de caudal – Aforo Sauzal.....	105
Tabla 20. Tabla resumida de los niveles de radiación solar para la estación Sauzal.	108
Tabla 21. Parámetros fundamentales para el cálculo correcto de un sistema fotovoltaico....	109
Tabla 22. Cálculo del número de paneles para la estación Sauzal.	109
Tabla 23. Parámetros para calcular el número de baterías para el sistema fotovoltaico de la estación Sauzal.	110
Tabla 24. Cálculo del número de baterías para la estación Aforo Sauzal.	111
Tabla 25. Parámetros para calcular el controlador solar requerido en la estación Sauzal.	112
Tabla 26. Cálculo de la capacidad del controlador solar para la estación Sauzal.	112
Tabla 27. Consumo unitario en Watts, de los equipos y accesorios del tablero de control de la repetidora.....	112
Tabla 28. Duración promedio mensual de la radiación solar en el punto donde irá instalada la repetidora en horas, Software Meteonorm 8.1.	114
Tabla 29. Tabla resumida de los niveles de radiación solar para la zona de nuestra Repetidora Sauzal.	114
Tabla 30. Parámetros para calcular el número de baterías en la estación Repetidora.....	115
Tabla 31. Cálculo del número de paneles solares para la estación Repetidora.	115
Tabla 32. Parámetros para el cálculo del número de baterías para la estación Repetidora....	115
Tabla 33. Cálculo del número de baterías para la estación Repetidora.....	116
Tabla 34. Parámetros para el cálculo del controlador solar que se utilizará en la estación Repetidora.	116
Tabla 35. Cálculo de la capacidad del controlador solar a utilizar en la estación Repetidora.	116
Tabla 36. Consumo unitario en Watts, de los equipos y accesorios del tablero de la sala de control.....	117
Tabla 37. Tabla resumida de los niveles de radiación solar para la zona de la estación Sala de Control.....	118
Tabla 38. Equipos y accesorios utilizados para el diseño del prototipo de Tesis.	143
Tabla 39. Pruebas de funcionamiento del sensor.	202

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo automatizar el sistema de medición de “Aforo Sauzal” diseñando un sistema de comunicación para el envío de datos a la sala de control principal de las obras de trasvase del proyecto Olmos, esto como alternativa al sistema actual. Este estudio consistió en diseñar en primera instancia el sistema de telemetría por enlaces de radio frecuencia, debido a que la distancia existente entre la estación de “Aforo Sauzal” y la sala de control del proyecto Olmos es de aproximadamente 20Km, sin línea de vista, cuyo escenario como medio de transmisión, se encuentra en las faldas de la cordillera de los andes presentado un suelo muy accidentado, impidiendo la implementación de estos sistemas. En la actualidad, la estación “Aforo Sauzal”, cuenta con un sistema analógico de medición de nivel de agua (Limnógrafo), cuyos datos son recolectados semanalmente por un operador. El sistema será implementado con un Sensor ultrasónico, que es comandado por un PLC, y codificado para ser transmitido por el sistema de comunicación de radio enlace, a la sala de control donde se visualizará por una interfaz gráfica (SCADA), el nivel y caudal del río, con esto se controlaran alarmas acústicas y visuales. Esta propuesta tuvo como fin la reducción de costos de instalación e implementación, asimismo no existen estudios de factibilidad para este proyecto.

Palabras claves: Sistema de medición, sistema de comunicación, sala de control

ABSTRACT

The objective of the research was to automate the Sauzal capacity measurement system by designing a communication system for sending data to the main control room of the transfer works of the Olmos project, this as an alternative to the current system. This study consisted of designing in the first instance the telemetry system by radio frequency links, due to the fact that the distance between the Aforo Sauzal station and the control room of the Olmos project is approximately 20Km, without line of sight, whose scenario as a means of transmission, it is found in the foothills of the Andes mountain range, presenting a very uneven ground, preventing the implementation of these systems. Currently, the Aforo Sauzal station has an analog water level measurement system (Limnógrafo), whose data is collected weekly by an operator. The system will be implemented with an ultrasonic sensor, which is commanded by a PLC, and coded to be transmitted by the radio link communication system, to the control room where it will be displayed by a graphic interface (SCADA), the level and flow of the river, with this acoustic and visual alarms will be controlled. The purpose of this proposal was to reduce installation and implementation costs, and there are no feasibility studies for this project.

Key words: Measurement system, communication system, control room.

INTRODUCCIÓN

El entorno actual en el que vivimos está experimentando diversos procesos de cambio, mismos que se desencadenan en anomalías climáticas como la presencia del fenómeno del niño, cuyos riesgos están directamente ligados a las reservas de agua, un claro ejemplo son las reservas de ríos, los cuales han sido diseñados y construidos como represas y reservorios para aprovechar y hacer frente a la escasez de agua en algunas zonas, pero hay que tener en cuenta que la naturaleza como tal es impredecible. Por ello, es fundamental detalladamente los parámetros que rigen el comportamiento de este tipo de fenómenos.

En base a lo anterior, nos encontramos en la necesidad de proponer decisiones alternas en beneficio del desarrollo y construcción de infraestructuras de refuerzo y prevención del agua, con el propósito de minimizar los daños en la población. Cabe mencionar que a medida que el hombre fue evolucionando, aprendió a construir máquinas que no dependieran de la fuerza animal o humana, descubrió que, además de construir, necesitaba averiguar cómo manejarlas y controlarlas. Como resultado, surgieron muchos inventos que, por supuesto, evolucionaron con el avance de la energía eléctrica y la incursión de la tecnología en la vida del hombre, que ha ido aumentando paulatinamente cada día, pues sin ellas, no existiría ningún aparato electrónico que hoy forman parte de nuestra vida diaria.

Si tenemos en cuenta a la electrónica, en la actualidad esta dispone numerosas herramientas a nivel de software e instrumentación que facilitan la aplicación de los conocimientos obtenidos para resolver problemas de nuestra sociedad, por lo que diseñaremos un sistema de transmisión de datos desde la estación de aforo del Sauzal hasta la sala de control principal de las obras del Tránsito del Proyecto Olmos, utilizando como software RADIO MOBILE, para comprobar la viabilidad del proyecto (Gobierno Regional de Lambayeque, 2015). De acuerdo con esto, automatizaremos el sistema de medición de aforo Sauzal seleccionando la instrumentación adecuada y lograr la integración con el sistema SCADA.

Este estudio consta de siete capítulos el cual describimos a continuación:

Capítulo 1: Este capítulo está dedicado a describir datos personales del equipo de investigación, así como también los aspectos de la investigación, formulación del problema, hipótesis, objetivos trazados y la justificación del proyecto de tesis.

Capítulo 2: Se dedica al marco teórico enfocado en teorías de sistemas de comunicación y radio enlace por software, utilizando Radio Mobile como herramienta de cálculo y diseño. Se describe conceptos básicos de la automatización y teorías de control, así como también los métodos de medición utilizados para calcular el nivel, velocidad y caudal, tipos de energías renovables, sus partes y principios de funcionamiento de un sistema de generación fotovoltaica.

Capítulo 3: este capítulo está dedicado al diagnóstico y evaluación de la realidad, describiendo a la empresa a quien se propuso el proyecto de tesis, analizando la realidad actual para brindar una alternativa de solución.

Capítulo 4: En el capítulo cuarto se aborda la ingeniería del proyecto siguiendo la metodología propuesta, empezando por el cálculo del sistema de transmisión de datos para verificar la factibilidad del proyecto, y de acuerdo con la alternativa de solución se ha seleccionado los equipos y accesorios necesarios para el correcto funcionamiento del sistema. Luego realizamos los cálculos de consumo de energía para el dimensionamiento del sistema solar para luego seleccionar los dispositivos y componentes del sistema fotovoltaico a emplear.

También se muestra la propuesta detallada de todo el sistema de medición del proyecto de tesis, tanto técnico como económico.

Capítulo 5: este capítulo está dedicado a la recolección de datos del prototipo diseñado como prueba y simulación del proyecto de tesis, mostrando el desarrollo del sensor de nivel, acondicionador de señal e integración de dos módulos máster y esclavo comandados por dos PLC de la marca Siemens para el escalamiento de las señales, así como también el uso de radio módems industriales para la transmisión de datos a larga distancia.

Capítulo 6: Muestra las conclusiones y recomendaciones del proyecto de tesis y sus anexos con documentación técnica, como arquitectura de control, planos eléctricos, etc.

Capítulo 7: Documenta el proyecto de tesis con toda la bibliografía utilizada para hacer posible el proyecto.

CAPITULO I

ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Información General

1.1.1. Título

Diseño de un sistema de medición remota de caudal en la estación de aforo sauzal monitoreado desde la sala control principal de trasvase del Proyecto Olmos.

1.1.2. Personal investigador

1.1.2.1. Autores

Bach. Gerardo Arturo Tuñoque Effio.

Bach. Romel Alonso Núñez Marroquín.

1.1.2.2. Asesor

Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano

1.1.3. Área de investigación

Ingeniería Electrónica: Control, Automatización y telecomunicaciones.

1.1.4. Lugar de ejecución

Concesionaria Traslase Olmos.

1.1.5. Duración

03 meses

1.2. Planteamiento de la investigación

1.2.1. Síntesis de la situación problemática

Teniendo en cuenta los registros obtenidos por los operadores de la sala de control, los caudales históricos del río Huancabamba entre los meses de marzo y abril, luego de las constantes lluvias provocadas por el fenómeno del niño costero, han alcanzado los 302 m³/s desde el 2015 hasta la actualidad (Quintero, 2015).

Ante estos eventos, se ha descubierto que la magnitud de la respuesta para el control del flujo de trasvase en la presa no es óptima. La CTO (Concesionaria Trasvase Olmos) ha reforzado las represas de cauce, pero aún existen deficiencias en los tiempos de respuesta para la operación de los equipos de apertura y cierre para el control del caudal ante estos eventos naturales; sin embargo, sus estaciones de medición de caudales fluviales están muy cerca y carecen de estaciones remotas en puntos estratégicos que les permitan obtener información a tiempo para tomar mejores decisiones. Otra razón para la falta de estas estaciones es la accidentada orografía del río Huancabamba y la dificultad para implementarlas. (Gobierno Regional de Lambayeque, 2015).

La obtención de los datos a través de la medición del nivel, velocidad y caudal del río es de vital importancia para la operación segura de las estructuras hidráulicas de la presa. A raíz de esto se planteó transmitir los datos obtenidos en la estación de aforo Sauzal para el registro y monitoreo del caudal en este punto a través del diseño de un sistema de comunicación de radioenlace y la automatización del sistema de medición de aforo Sauzal.

1.2.2. Formulación del problema de investigación

¿Cómo podemos lograr el envío de datos de un sistema de medición hidrológico remoto hasta un punto de control?

1.2.3. Hipótesis del problema

Si automatizamos el sistema de medición de aforo Sauzal con un sistema de comunicación para la transmisión de datos a la sala de control del proyecto Olmos, obtendremos de forma remota datos instantáneos de la estación hidrológica.

1.2.4. Objetivos

1.2.4.1. Objetivo general

Automatizar el sistema de medición de aforo Sauzal con un sistema de comunicación de radio enlace para el envío de datos a la sala de control principal de las obras de trasvase del proyecto Olmos.

1.2.4.2. Objetivos específicos

- Verificar la factibilidad de un sistema de comunicaciones para transmitir información desde la estación de medición hidrológica remota hasta la sala de control principal y su integración con el sistema SCADA.
- Realizar el diagnóstico del sistema de transmisión por radio enlace y el cálculo matemático del consumo de energía para el dimensionamiento del sistema solar y banco de baterías, definiendo los días de autonomía y asegurar el funcionamiento continuo del sistema.
- Seleccionar la instrumentación para la automatización del sistema de medición de la estación de aforo Sauzal.
- Verificar la transmisión de datos entre dos PLC S7 1200 de Siemens y dos antenas, diseñando dos módulos para simular en pequeña escala el proyecto de tesis.

1.2.5. Justificación de la investigación

La realización del presente trabajo de investigación surge, a razón de brindar una solución para lograr obtener datos de estaciones hidrológicas remotas, considerando que la data hidrológica instantánea es de gran importancia para la operación de la infraestructura hidráulica.

1.3. Diseño teórico

1.3.1. Antecedentes

Amás & Fohad (2016), realizaron una indagación “Diseño de un sistema de monitoreo hidrométrico y meteorológico en línea del río Pilcomayo”, cuya finalidad fue diseñar un sistema de monitoreo en línea que permitió capturar y gestionar los datos hidrométricos, meteorológicos y de calidad de agua del Río Pilcomayo, para prevenir, alertar y controlar inundaciones y/o desastres ambientales.

El sistema consistió en ocho estaciones remotas de monitoreo conectadas a un centro de gestión y monitoreo a través de una Red de Comunicaciones ubicadas en las cercanías del río Pilcomayo en las provincias de Salta y Formosa, equipadas con sensores para detectar y medir variables hidrométricas, meteorológicas y de calidad del agua. La información fue recogida por la unidad terminal remota y transmitida a través de la red de comunicaciones al centro de gestión y monitoreo, esta empleó el protocolo IP (Internet Protocol) y estuvo compuesta por una red primaria formada por enlaces satelitales tipo VSAT y una Red Secundaria formada por enlaces satelitales tipo GPRS en las zonas donde exista cobertura de red de telefonía móvil. El centro de gestión y monitoreo estuvo dotado del hardware y software, ubicado en Formosa, estos sistemas fueron necesario para recibir, almacenar y procesar los datos de las estaciones remotas de monitoreo, y sirvieron para administrar y gestionar todos los dispositivos del Sistema. Con el fin de contar con una solución integral, modular y escalable, se realizó un relevamiento de los mecanismos y procedimientos utilizados actualmente para el monitoreo del río Pilcomayo. Como parte de los resultados, se atenderá una necesidad real y actual, basada en una tecnología probada, teniendo implicaciones técnicas, económicas, sociales, ambientales y legales.

Chusin & Pilaguano (2020), en su investigación “Implementación de un sistema de monitoreo de caudal del río San Pablo”, consistió en la implementación de un sistema de monitoreo del caudal en el río San Pablo.

Para la realización inicialmente se procedió a realizar un mapeo en diferentes momentos de los niveles de caudal en distintas partes a lo largo del río, llegando a observar que los desbordamientos eran frecuentes, haciéndose más intensos en invierno. Con el fin de monitorear estos valores de caudal se instalaron sensores encargados de medir dicho nivel y almacenar esta información en una nube destinada con este fin, además realizaron las mediciones de la velocidad y caudal del Río San Pablo a una distancia aproximada de 5 km de manera ascendente en el curso del río, llegaron a evaluar el comportamiento del río y hacer una estimación del tiempo de recorrido de un posible golpe de agua. Para obtener los valores de la velocidad de agua emplearon un dispositivo formado por un flujómetro, además de emplear una aplicación móvil que les permitió estimar la velocidad del flujo de agua. Para la ubicación de los sensores, tuvieron en cuenta varios parámetros como la disposición de energía eléctrica e internet para el Gateway, y el alcance los sensores por parte de este. Los datos recuperados por los sensores fueron almacenados en un espacio en la nube que cuenta con las políticas de seguridad necesarias para restringir el acceso. Además, tuvieron en cuenta con una interfaz WEB que permite visualizar el valor actual del caudal en cada momento desde la instalación de dichos sensores.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Sistemas de comunicación

En la actualidad los Sistemas de comunicaciones nos rodean ampliamente, entre ellos se hallan los sistemas de telefonía móvil, incorporando las redes de datos inalámbricas, la televisión digital terrestre o los radio enlaces punto a punto, ahora para el adecuado manejo de dichos sistemas resulta determinante un diseño conveniente del interfaz radioeléctrico y el diseño de Radio enlaces es una disciplina que implica toda una secuencia de preguntas como, por ejemplo:

- La elección de la banda de frecuencias.
- El tipo de antenas.
- Los equipos de radiocomunicación.
- El cálculo del balance de potencias.
- La estimación de los niveles de ruido e interferencia.
- El conocimiento de las distintas.
- Modalidades y fenómenos de propagación radioeléctrica. Otras.

En el diseño de los sistemas de comunicaciones es necesario manejar información descriptiva de la zona geográfica, así como información fundamental para el cálculo de la propagación radioeléctrica, como el relieve del terreno, el tipo de suelo, la ubicación de los picos de las montañas, etc. (Nina, 2012).

2.1.1. Radioenlace

Según Ruesca (2016), un radioenlace es cualquier interconexión basada en ondas electromagnéticas entre terminales de telecomunicación. Si los terminales son móviles, se denomina servicios de propiedades. El radioenlace del servicio fijo puede considerarse como un sistema de comunicaciones entre puntos de vista fijos situados en la superficie terrestre que

proporcionan una capacidad de información con determinadas propiedades de calidad y disponibilidad.

Normalmente, estos enlaces operan en frecuencias que van de 800 MHz a 42 GHz. Un radioenlace impone un criterio de comunicación dúplex, que requiere la transmisión de dos portadoras moduladas: una para la transmisión y otra para la recepción. El radiocanal es el par de frecuencias asignado para la transmisión y la recepción de la señal. Las conexiones se realizan sobre todo entre puntos visibles, como aspectos elevados de la topografía (Ruesca, 2016).

Independientemente del tamaño del sistema de microondas, los trayectos entre enlaces deben tener una elevación independiente adecuada para la propagación en todas las épocas del año, teniendo en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas del territorio. Para calcular las alturas libres, hay que conocer la topografía de la zona, así como la elevación y ubicación de los posibles obstáculos en el trayecto (Ruesca, 2016).

Asimismo, la definición de diseño según Suqui (2010), es el levantamiento del perfil del terreno y el cálculo de la elevación del mástil para la antena, además del cálculo completo del radioenlace, el análisis de su trayectoria y los efectos a los que está sometido. Además, se realiza una prueba tras la instalación del radioenlace y su posterior puesta en marcha con tráfico real (p. 39).

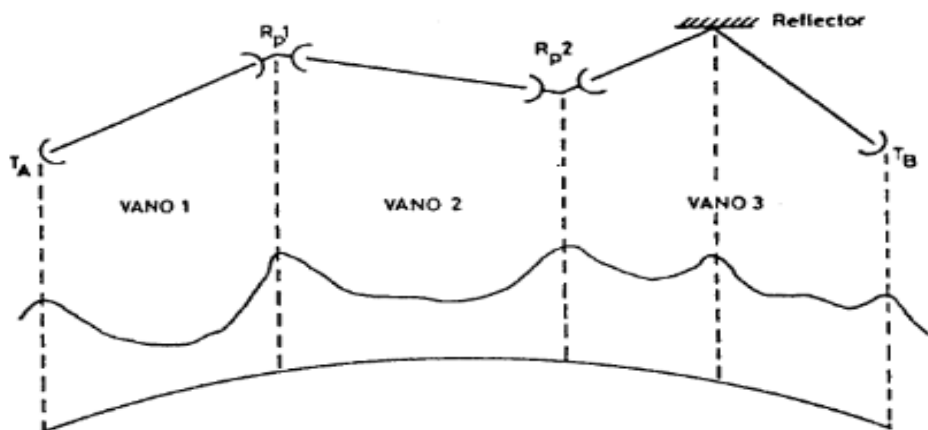
2.1.2. Estructura de un radio enlace:

Por otro lado, Suqui (2010) considera que radioenlace se compone de estaciones repetidoras terminales e intermedias, así como de conjuntos transceptores, antenas, recursos de monitorización y de respaldo. Además de las estaciones repetidoras, hay estaciones nodales en las que se demodula la señal y se baja a banda base, y ocasionalmente se extraen o insertan canales. La parte de conmutación de la estación nodal es una entidad de control, custodia y supervisión. Los repetidores se clasifican como activos o pasivos. *Los activos*, obtienen la señal

a la frecuencia de la portadora, la baja a una frecuencia intermedia (FI), la amplifica y la retransmite a la frecuencia de salida. Son transceptores sin demodulación.

Mientras que *los pasivos*, Actúan como espejos que reflejan la señal y se clasifican en pasivos convencionales, que son una pantalla reflectante, y pasivos back-back, que siguen estando formados por dos antenas espalda con espalda. En algunos casos, se utilizan para rescatar obstáculos aislados y de corta distancia. En ese sentido, se pueden considerar a los enlaces como sistemas estructuralmente en serie, si uno falla, todo el enlace queda cortado. Por ello, se requiere una alta disponibilidad y fiabilidad, con redundancia de conjuntos en caso de fallo y técnicas de pluralidad en caso de desvanecimiento (p. 38).

Figura 1. Planta y perfil topográfico de un enlace. Ref. Libro Transmisión por radio de José María Hernando Rábanos.



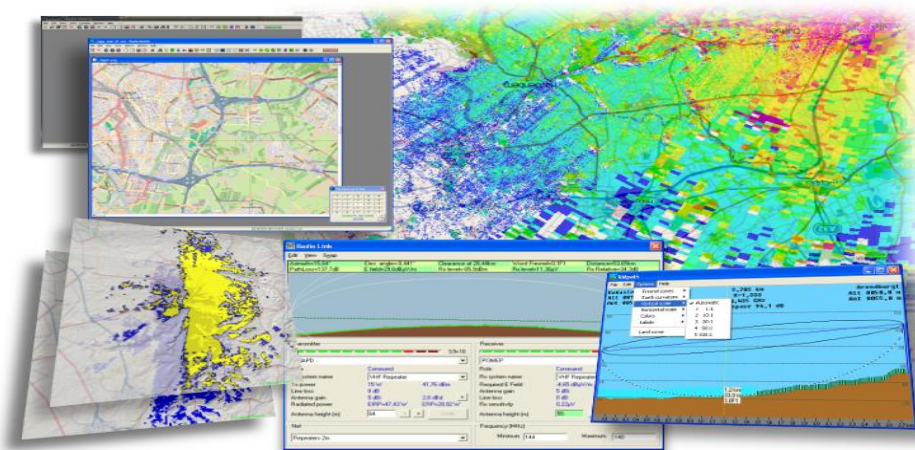
2.1.3. Software de diseño de radio enlaces

Radio Mobile (2006), considera que el software de diseño de radioenlaces, es un software de libre distribución que permite diseñar redes de telecomunicaciones basadas en radio y predecir el comportamiento del sistema mediante la simulación de los radioenlaces que se establecen en él, permitiendo realizar estudios de cobertura en la red, entre otras cosas. En base a ello, el programa requiere datos digitales de elevación del terreno donde se ubica la red, que se combinan con las características técnicas de los transceptores (potencia de transmisión, sensibilidad del receptor, características de la antena, pérdidas, etc.).

Roger Coudé, ingeniero y radioaficionado canadiense, desarrolló este programa en 1998 y lo ha perfeccionado desde entonces. Funciona en frecuencias que van de 20 MHz a 20 GHz. Se utiliza el modelo de propagación de ondas de radio ITM (Irregular Terrain Model) y se basa en el algoritmo Longley-Rice (también conocido como modelo de propagación ITS - Longley-Rice), un modelo de predicción troposférica para la transmisión de radio sobre terreno irregular en enlaces de largo y medio alcance (Radio Mobile, 2006).

Este diseño puede descargar datos de elevación de la zona de trabajo directamente desde Internet, generando un mapa topográfico virtual de la zona de interés a partir de fuentes como SRTM, GTOPO30 y DTED.

Figura 2. Representación gráfica de la interfaz de trabajo de radio Mobile.



2.1.4. Definición de términos y conceptos:

García & Morales (2018), definen los términos de la siguiente manera:

- **Vano:** Es la longitud real de un enlace de radio entre dos puntos. Esta distancia puede ser tan corta como unos pocos metros o tan larga como 50 kilómetros. Otros factores, como la curvatura de la tierra y la atenuación de la señal, limitan la distancia de alcance, además de los obstáculos. Si se requiere una distancia máxima, hay que desplegar repetidores intermedios.

- **Radiocanal:** Es un conjunto de frecuencias que se utilizan en un radioenlace, conformado por dos frecuencias diferentes, una en cada dirección, lo que equivale a un sistema dúplex de cuatro hilos.
- **Repetidor:** Los repetidores pueden ser necesarios cuando la distancia entre los extremos de un enlace radioeléctrico es excesiva o hay un obstáculo en el camino. Pueden ser pasivos, en cuyo caso la órbita del enlace se devuelve simplemente por reflexión o por el servicio de dos antenas conectadas entre sí (back to back). Por otro lado, demodulan la señal y la retransmiten amplificada mediante el intercambio de frecuencias en el siguiente tramo.
- **Frecuencia Disponible:** Las distintas recomendaciones de la UIT asignan a los radioenlaces del servicio fijo frecuencias que van de 1,5 GHz a 55 GHz. Dado que las bandas inferiores están sobresaturadas, la mayoría de los radioenlaces instalados actualmente están por encima de los 10 GHz.
- **Radioenlace analógico:** Es el que envía la señal mediante modulación analógica. La más común es la modulación de frecuencia (FM), aunque algunos modelos pueden utilizar la modulación de fase (PM). Los radioenlaces analógicos pueden enviar volúmenes de tráfico tan grandes como 2.700 canales de voz telefónica y un canal de vídeo de 5 MHz.
- **Radio enlace digitales:** Están sustituyendo gradualmente a los sistemas analógicos, las modulaciones en cuadratura, como QPSK y QAM, son las más utilizadas en los radioenlaces.
- **Capacidad de enlace:** Es la capacidad del enlace, especialmente en los radioenlaces digitales, en términos de la cantidad de información que puede transmitir. El uso de tramas de 2 Mb/s es el más habitual. Por ello, un enlace capaz de transmitir simultáneamente dos tramas de 2 Mb/s se denomina coloquialmente 2x2. Los

radioenlaces de hasta 2 Mb/s se consideran de baja capacidad, mientras que los de más de 34 Mb/s se consideran de alta capacidad.

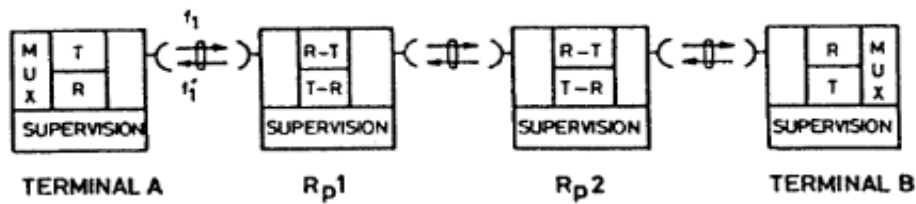
- **Despegamiento:** Para considerar que existe visibilidad directa entre ambos extremos del radioenlace, la distancia entre la línea imaginaria que une ambas antenas y el obstáculo debe ser superior al 60% del radio de la primera zona de Fresnel.
- **Línea de vista:** Se requiere una visión directa entre las antenas que forman el radioenlace para que éste funcione correctamente. Dado el elevado coste que supone la instalación de un terminal de radio, es difícil confirmar que será posible el enlace de radio con el excedente de la red. Se emplea la verificación preliminar,0 utilizando la cartografía disponible, trazando la línea que une ambas estaciones y confirmando la presencia o ausencia de obstáculos. Los programas de diseño de redes, como el ***Tems universal Cell Planner*** de Ericsson o algunos gratuitos para uso personal, como Radio Mobile, permiten obtener una función de enlace a cambio de su gratitud.

Desafortunadamente, no siempre los imprevistos quedarán reflejados en la cartografía, y ésta no siempre será tan precisa como se desea. Por ello, es fundamental realizar una inspección in situ. A menos que la visibilidad directa sea evidente y verificable desde el terreno, distinguiremos dos fases al realizar la comprobación:

- Las dos torres o estructuras que soportarán el enlace ya están construidas: es el caso más sencillo, ya que sólo será necesario desplazar a un técnico a cada torre, que comprobará la visibilidad entre las dos torres con prismáticos y, en algunos casos, con espejos. También determinarán la altura mínima de cada torre a la que se puede instalar el enlace (García & Morales, 2018).
- Una de las torres o estructuras aún no ha sido construida: en este caso, un técnico se dirigirá a la torre terminada y otro al lugar candidato para su instalación. Este último lanzará una serie de globos llenos de helio. El técnico de la torre utilizará unos

prismáticos para determinar si los globos son visibles o no. Si lo son, se determinará la altura mínima en cada extremo del radio de enlace que se puede medir (en el extremo sin torre se calculará midiendo la longitud de la cuerda que sujeta los globos) (García & Morales, 2018).

Figura 3. Esquema de bloques representativo de la estructura de un radioenlace y de la terminología que se utiliza.



Nota: Libro Transmisión por radio de José María Hernando Rábanos.

- **Primera Zona de Fresnel:** Es el espacio entre el emisor y el receptor en cuyo volumen el desfase máximo de las ondas es de 180°. Su radio se calcula con la siguiente formula:

$$r_1 = \sqrt{\frac{\lambda * d_1 * d_2}{d_1 + d_2}}$$

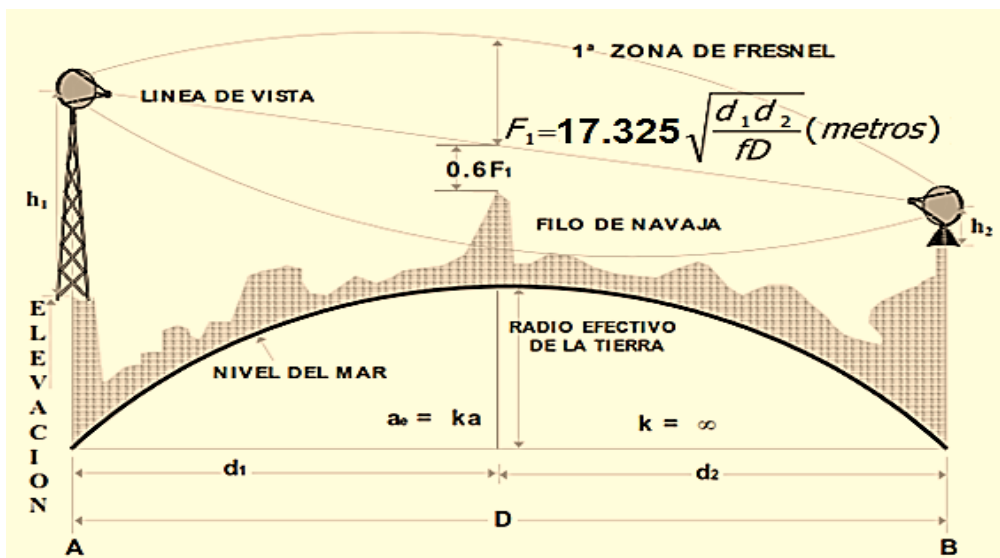
Dónde:

d_1 : distancia del transmisor al obstáculo en metros.

d_2 : distancia del obstáculo al receptor en metros.

λ : longitud de onda de la señal en metros.

Figura 4. Perfil topográfico de la 1era Zona de Fresnel



El lugar en el que el radio de la zona de Fresnel será mayor es en el punto medio entre el transmisor y el receptor. Para ese caso, podemos usar una ecuación simplificada.

$$r_1 = 8,657 * \sqrt{\frac{D}{f}}$$

Dónde:

D: distancia en km entre el transmisor y el receptor.

f: Frecuencia del enlace, expresada en GHz.

2.2. Automatización y control

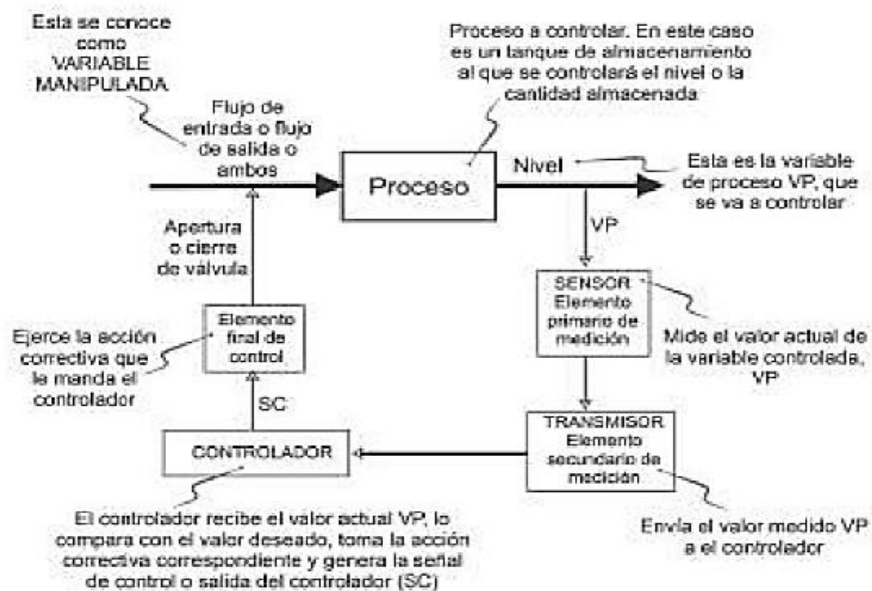
Es el uso de las nuevas tecnologías para controlar y supervisar un proceso, una máquina, un dispositivo o un mecanismo que suele realizar acciones o tareas repetitivas, lo que le permite funcionar de forma automática y con una intervención humana mínima. (Stefani group, 2019). El objetivo de la automatización industrial es fabricar el mayor número posible de productos en el menor tiempo posible, con el fin de reducir considerablemente los costes de productividad y aumentar la calidad de los productos (Automatización industrial, 2009).

La Automatización Industrial es posible gracias a la aplicación de diversas tecnologías, como la instrumentación, que nos permite cronometrar las variables de la ciencia en sus estados originales, como los gases, los sólidos y los líquidos (lo que significa que medimos cosas como el volumen, el peso, la presión, etc.), El impulso es controlado por la oleodinámica, la neumática, los servos y los motores, que nos ayudan a verificar los retos físicos (mover una bomba, presionar o mover un objeto) (Automatización industrial, 2009).

Los sensores indican que está pasando con el proceso, dónde se encuentra en un momento dado, y envían una señal al siguiente paso, los sistemas de comunicación conectan todas las partes, y los controladores lógicos programables (PLC), se encargan de controlar que todo tenga una secuencia, tome autonomía según una programación preestablecida, y se encarga de que el proceso cumpla una repetición (Automatización industrial, 2009).

Es preciso señalar que esta se encuentra en muchos sectores de la economía, fabricación de alimentos, productos farmacéuticos, industria gráfica, petróleo, automoción, plásticos y telecomunicaciones, por citar algunos; además, se aplica a las máquinas o a la producción de artículos, también a la gestión del crecimiento, los servicios y el tráfico de comunicaciones para recuperar cualquier proceso que conduzca a un rendimiento más eficaz, incluyendo la instalación, el mantenimiento, el diseño, la contratación y la comercialización (Automatización industrial, 2009).

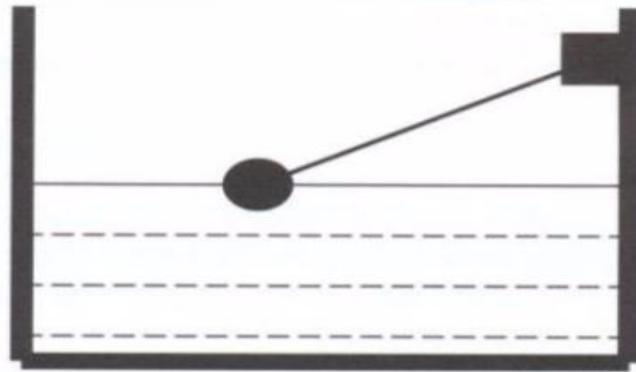
Figura 5. El circuito básico de control y sus componentes



2.2.1. Sistemas de medición

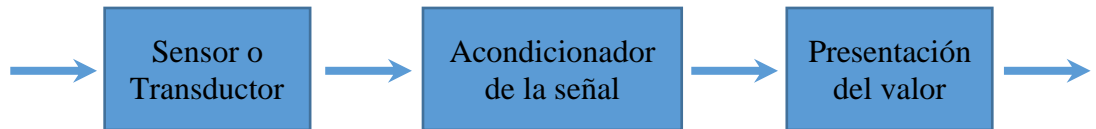
La cuantificación de una variable física se denomina sistemas de medición. Estos sistemas incluyen un elemento de medición (sensor o transductor) en la entrada, un acondicionador de señal y alguna forma de presentación o representación del valor calculado. Por ejemplo, si quisiéramos medir la cantidad de agua que hay en un recipiente, podríamos utilizar un potenciómetro (resistencia variable) que actuara como sensor de posición del flotador para indicar el nivel de agua, un amplificador operacional que condicionara el cambio de resistencia y lo convirtiera en un rango de tensiones y, finalmente, algún tipo de presentación o indicador numérico de estos valores (Automatización industrial, 2009).

Figura 6. Representación gráfica de un recipiente con flotador para medición de nivel.



Su estructura básica representada en diagrama de bloques puede ser:

Figura 7. Diagrama de Bloque de un sistema de medición Automático.



2.2.2. Sistema de control

Son sistemas que mantienen un valor constante o programado de la variable física que se mide a lo largo del tiempo o de cualquier otro parámetro. Por ello, los sistemas de control se basan en sistemas de medición, cuya salida se capta y se retroalimenta en el sistema. En el caso de la medición del agua de un recipiente, un sistema de control nos ayudaría a mantener el nivel del agua en un punto específico o dentro de un rango basado en su programación. (Automatización industrial, 2009).

Figura 8. Representación gráfica de un sistema de control de nivel.

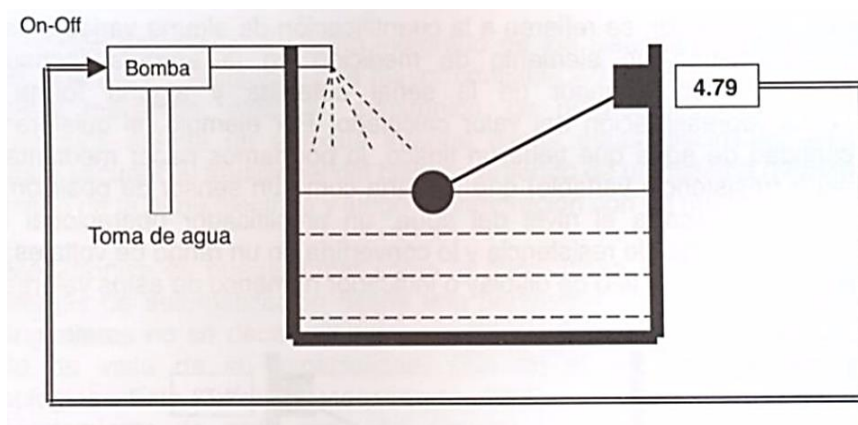


Figura 9. Sistema de control de velocidad

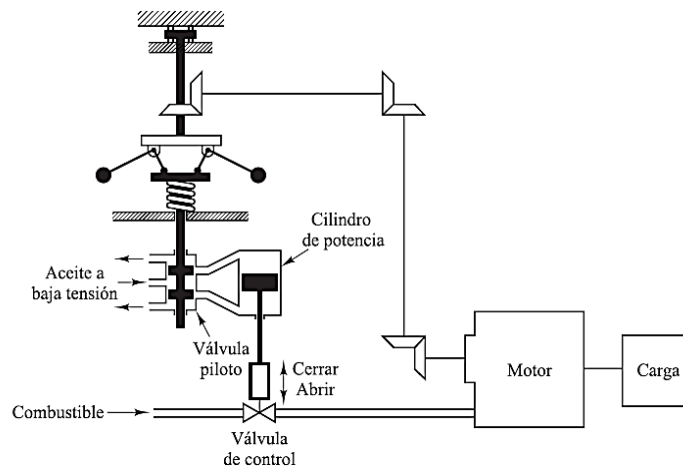
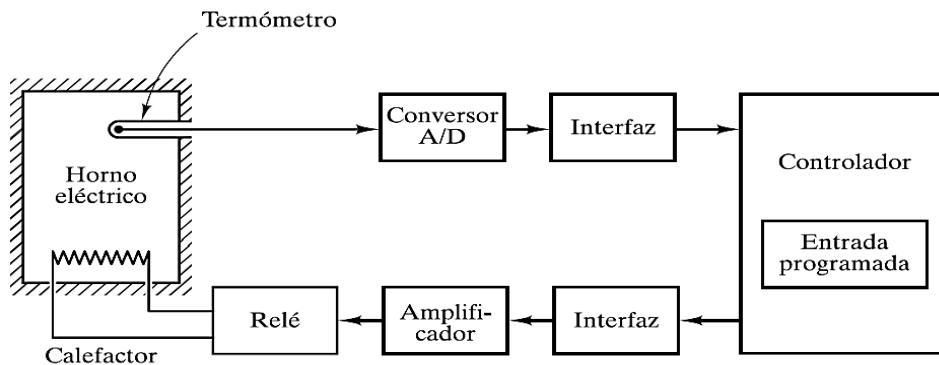


Figura 10. Sistema de control de temperatura.



2.2.3. Instrumentación de un sistema de control

Según Aymáet al, (2017) los siguientes instrumentos pueden encontrarse en su sistema de control básico: **Sensor:** dispositivo que mide las variables físicas o químicas de un sistema, como la variable controlada, la variable manipulada y las perturbaciones. **El transmisor o transductor:** se encarga de convertir la variable física a un lenguaje digital o analógico. **Controlador:** instrumento que recibe la señal medida y determina la acción de control adecuada. **El componente final:** es un instrumento que actúa sobre la variable manipulada. Al calcular la acción de control, los controladores eligen una de las siguientes acciones:

Acción P: acción proporcional que se llevará a cabo si se pueden tolerar errores aceptables o si el proceso es un integrador puro.

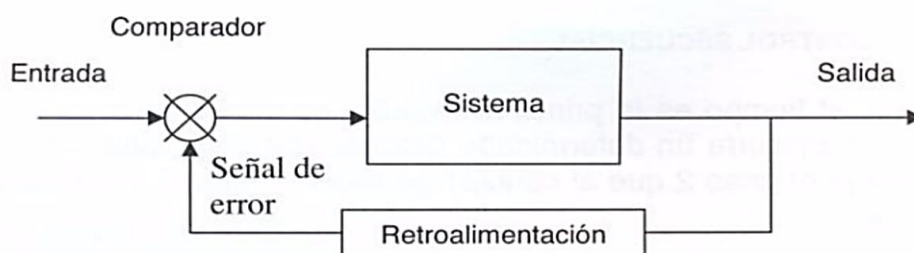
Acción PI: acción integradora, es una respuesta rápida que se mantiene a pesar de la acción integral.

Acción PID: Se utiliza cuando hay que aumentar el tiempo de respuesta. Se aconseja para los controles de temperatura y composición.

2.2.4. Sistemas de lazo abierto y de lazo cerrado

Los sistemas de control se dividen en dos tipos: sistemas de bucle abierto y sistemas de bucle cerrado. El primero ofrece poco control y son simples, como las variables de salida se retroalimentan como entrada general al sistema; el segundo es más complejo y tienen un control preciso sobre ellos.

Figura 11. Diagrama de bloques de un sistema de lazo cerrado.



El comparador es el elemento que compara el valor programado como salida esperada (entrada), contra el valor real de salida medido del sistema. Esta diferencia se considera como la señal de error.

$$\text{señal de error} = \text{valor programado de salida} - \text{valor real de salida}$$

El bloque del sistema puede contener varios subsistemas internos que alteran la señal de entrada de diversas maneras. En general, hay un subsistema de control que decide qué acción tomar sobre una señal de error, un subsistema de corrección que permite ejecutar una acción a través de un actuador para producir un cambio en la salida del sistema, y un subsistema de proceso que es la variable a controlar por el sistema. El dispositivo de medición con un valor relacionado con la señal de salida del sistema se encuentra en el bloque de retroalimentación (Stern, 2017, pp.4).

2.2.5. Sensores y transductores

Los Sensores según Steren (2017), son dispositivos que miden la magnitud de una señal y generan una señal como respuesta. Los sensores comparan su comportamiento con las variaciones de la señal a medir utilizando las propiedades de los materiales de los que están hechos. Aunque existen otros tipos, muchos de los sensores más utilizados son eléctricos o electrónicos, y las magnitudes a medir son fenómenos físicos como diversos tipos de energía, velocidad, aceleración, tamaño, humedad, fuerza, deformación, acidez, luz, sonido, contacto y proximidad (p.4).

Los transductores son dispositivos que pueden convertir un tipo de energía de entrada en otro tipo de energía de salida relacionada. Los transductores electroacústicos, electromecánicos, electromagnéticos, electroquímicos, fotoeléctricos, piezoeléctricos y de presión son algunos ejemplos (Steren, 2017, pp.4).

Características de operación: Según Steren (2017, pp.8 y 9) estas características son el rendimiento y la evaluación de los transductores, que se basan en diversas características de funcionamiento que pueden ampliarse y convertirse en características de los sistemas de medición en su conjunto. Éstas estarán siempre presentes, independientemente del tipo de transductor de que se trate. Las características más consideradas son:

Intervalo: Es el rango en magnitud que puede tener la señal de entrada.

Extensión: Es el valor máximo de entrada que puede detectar un transductor.

Resolución: Es la mínima señal de cambio en la señal de entrada detectada por el transductor.

Sensibilidad: Es la relación que existe entre la entrada y la salida del transductor.

Error: Es la variación existente entre el valor real de la señal y el valor registrado por el transductor.

Exactitud: Es la capacidad de reproducir la misma señal de salida a la misma señal real de entrada suponiendo un error constante del transductor.

Histéresis: Es la exactitud en la señal de salida considerando si los cambios en la señal de entrada son por incrementos o por decrementos de valor.

Linealidad: Es la exactitud que se obtiene en el intervalo de operación del transductor.

Estabilidad: Es la garantía de exactitud durante el mayor periodo de tiempo de uso del transductor.

Acoplamiento: Se refiere a la impedancia de salida del transductor que afecta el circuito en el que se conecta.

- **Acondicionamiento de señales analógicas**

Para pasar a la siguiente fase, las señales obtenidas de los sensores y transductores utilizados en los sistemas de medición deben ser procesadas y adaptadas. Este proceso de adaptación se conoce como acondicionamiento de la señal. (Steren, 2017, p.16).

- **Filtros analógicos**

Según Steren (2017) algunas señales emitidas por sensores y transductores contienen interferencia como resultado de su entorno, las señales de tensión de línea y de radiofrecuencia son dos ejemplos de interferencias. Los filtros analógicos pueden eliminar las señales interferentes limitando el ancho de banda mediante la generación de segmentos, o túneles, que permiten que pase sólo la señal que se quiere transmitir. La frecuencia de corte es la diferencia entre lo que se acepta y lo que se rechaza, además los filtros se clasifican en función de los segmentos de frecuencia; por ello, la clasificación puede dividirse en cuatro tipos. (p.22):

Figura 12. Gráficos de los filtros analógicos.1, 2, 3, 4



Filtro pasa bajas, permite el paso de señales desde una frecuencia o hasta la frecuencia de corte establecida.

Filtro pasa altas, permite el paso de señales a partir de la frecuencia de corte establecida.

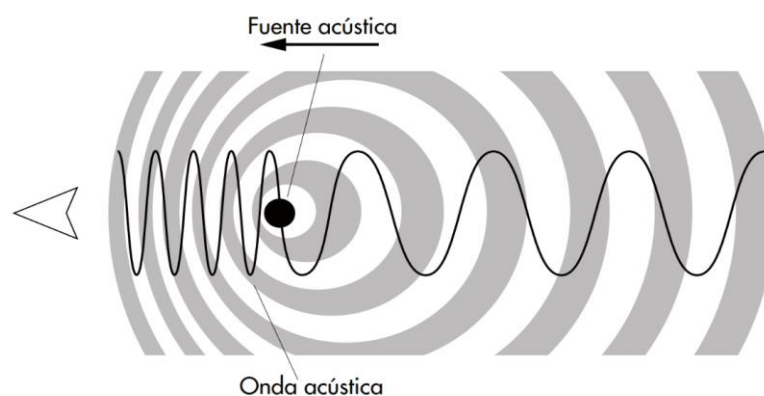
Filtro pasa banda, Permite el paso de señales dentro de un rango superior e inferior de frecuencias.

Filtro supresor de banda, Permite el paso de señales en todo el espectro excepto en un rango establecido de frecuencias.

2.2.6. El efecto Doppler

Es el cambio de frecuencia de una onda sonora causado por el movimiento de la fuente con respecto al observador, el caso contrario o ambos al mismo tiempo. (Stereon, 2017, p.28).

Figura 13. Efecto Doppler – Variación de la longitud de onda si la fuente y el receptor se mueven con respecto al otro.

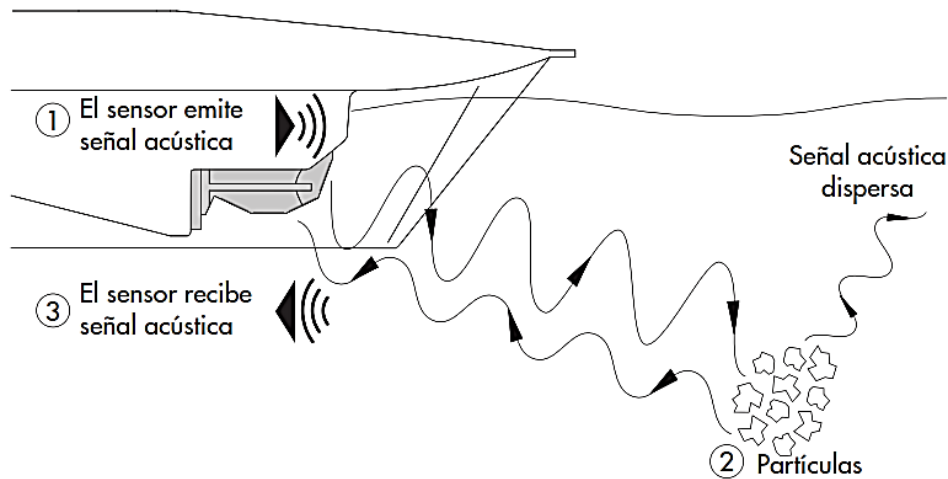


2.2.7. Medición de la velocidad

Según Stereon (2017), la velocidad de un canal fluvial que puede medirse con instrumentos digitales que utilizan el efecto Doppler como principio de funcionamiento. Estos equipos son capaces de aplicar uno o más métodos descritos a continuación: (1) pulso

incoherente o Narrow Band, (2) spread Spectrum or Broad Band, (3) coherente pulso a pulso (p.31).

Figura 14. Envío y recepción de haces de sonido a través del sensor.



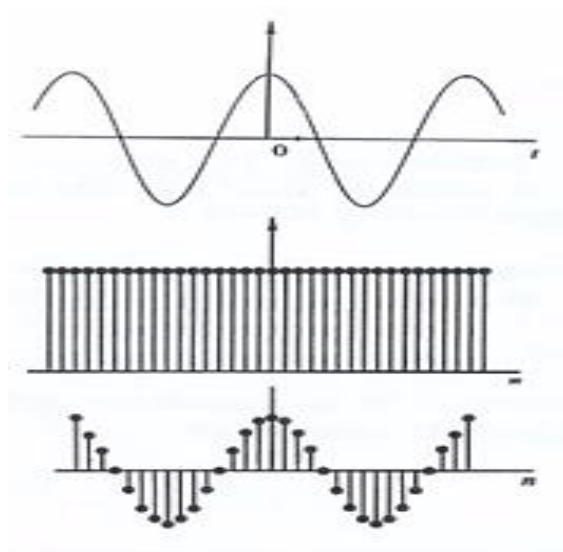
2.2.8. Conversores analógicos – digitales

Vivimos en un mundo que produce señales analógicas, estas siempre son generadas por sensores y transductores de señales, que deben convertirse en señales digitales antes de poder utilizarlas en sistemas como los circuitos electrónicos digitales o los ordenadores. Steren (2017) afirma que, el sistema binario, con códigos 0 y 1, es la base teórica para realizar esta conversión (bits). Cuando se utiliza este sistema para representar un número, la posición del dígito en el número binario indica el peso asignado a cada dígito, un peso que tiene un equivalente decimal y se incrementa en un factor de 2, como se representa con la expresión 2^n .

2^3	2^2	2^1	2^0
8	4	2	1
Bit3	Bit2	Bit1	Bit0

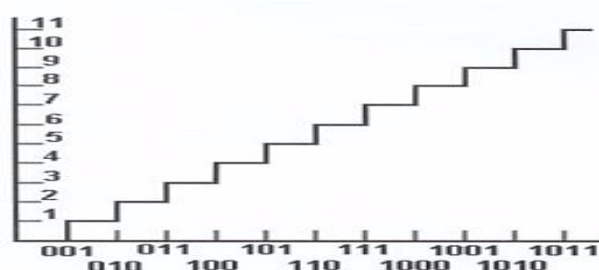
La capacidad del convertidor viene determinada por el número de bits, ya que cuanto mayor sea el número de bits, mayor será la resolución y el rango de amplitud de la señal a manejar; por ello, cuando se utilizan 4 bits, sólo se pueden distinguir 16 números, incluido el 0. El funcionamiento de un convertidor analógico-digital se basa en un circuito de muestreo de la señal y un módulo de conversión (Steren, 2017).

Figura 15. Digitalización de una señal analógica.



Estas muestras se introducen en el convertidor analógico-digital, que las convierte en el número de bits, la frecuencia de muestreo de una señal es importante porque determina la fidelidad con la que se reproducirá en forma binaria. Asimismo, el teorema de Nyquist – Shannon o teorema del muestreo, establece que esta frecuencia debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima de la señal original para poder reconstruirla, y la conversión analógico-digital puede realizarse de varias maneras, en ese contexto, el método de la escalera se utiliza habitualmente en los dispositivos de bajo coste, esta consiste en aumentar la cuenta binaria hasta que coincida con el valor analógico que se va a comparar. (Stereon, 2017)

Figura 16. Entrada analógica en el eje vertical y una salida digital equivalente en el eje horizontal.



La resolución del convertidor viene determinada por la longitud de la palabra binaria, que define el cambio de señal más pequeña que puede detectar en su salida. Así, para un convertidor analógico-digital con una longitud de palabra de 8 bits y un intervalo de señal

analógica de 5 voltios, el número de niveles en una palabra es $2^8 = 256$, y la resolución es $5/256 = 19,5\text{mV}$ (Stereon, 2017; pp. 23-24).

2.2.9. Controladores lógicos programables (PLC)

Es un ordenador digital que ha sido adaptado para funcionar en entornos industriales como las líneas de fabricación y montaje; es un componente utilizado por su alta fiabilidad en los procesos de control y su facilidad de programación. (Mellado, 2020; pp.24).

2.2.10. Comunicación industrial

En el sistema de automatización actual en las comunicaciones industriales son fundamentales. Los equipos deben comunicarse entre sí de forma segura y respetando las normas de comunicación más recientes (Siemens, 2021).

Figura 17: Uso de sistemas de comunicación.

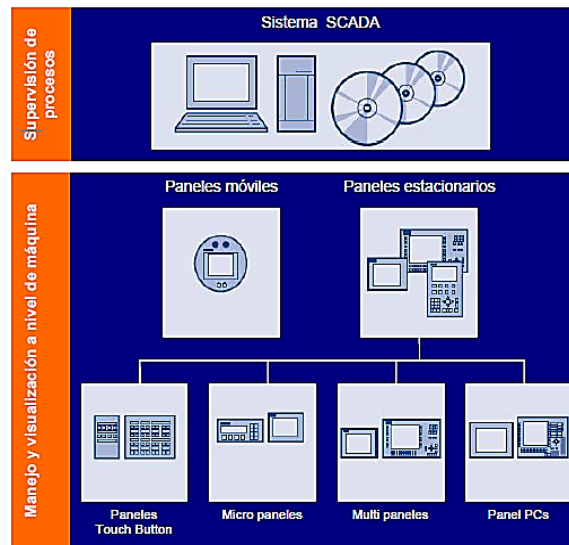
Uso de los Sistemas de comunicación					
	Industrial Ethernet	PROFINET	PROFIBUS DP	AS-Interface	IO-Link
Sistema de Gestión (ERP, PC)	●	○			
Sistema de Control	●	●	●	○	
Control de Movimiento	●	●	●		
Periferia Descentralizada		●	●	●	●
Sensor / actuador		●	●	●	●
RFID, Barcode	●	●	●		
Softstarter, Rele protección		●	●	●	●
Variadores de Velocidad	●	●	●	●	
Sistemas de Seguridad		●	●	●	
	● APTO		○ NO APTO		

Nota: FAMETAL A VCA GROUP COMPANY

2.2.11. Interfaces hombre maquina (HMI's)

La interfaz human-machine (HMI) es un panel que permite al usuario comunicarse con una máquina, un software o un sistema. Técnicamente, puede referirse a cualquier pantalla que se utilice para interactuar con un equipo, pero su uso más habitual es en entornos industriales. Las HMI utilizan interfaces gráficas de usuario para mostrar datos en tiempo real y controlar las máquinas. (Copadata, 2020).

Figura 18: Interfaz Hombre – Máquina.



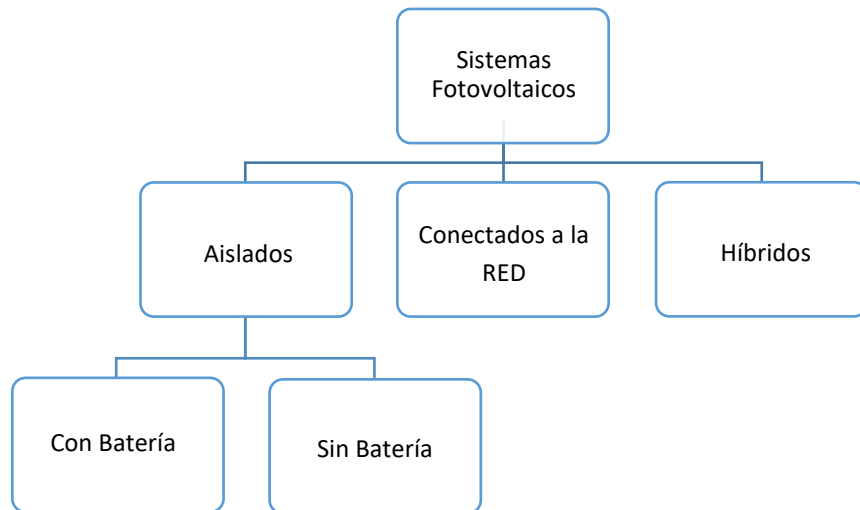
2.2.12. Sistema de alimentación: energía solar fotovoltaica

Antes de hablar de energía solar, se debe comprender el concepto de *energías renovables* estas se producen continuamente y son inagotables a escala humana, considerables con el medio ambiente, con mínimos efectos ambientales negativos, también la energía eólica, la hidroeléctrica, la biomasa, la geotérmica y la solar son ejemplos de energías renovables que han avanzado tecnológicamente y, por tanto, tienen más posibilidades de competir en el mercado. Con el avance de la tecnología, las energías renovables están siendo parte de la sostenibilidad energética ya que con estas se pueden obtener las dos formas de energía más utilizadas en la industria: Calor y Electricidad (Méndez & Cuervo, 2007).

El sol es la fuente de toda la energía de la Tierra, esta se recibe en forma de radiación, que mantiene la atmósfera y permite que la tierra conserve una temperatura más o menos constante, permitiendo la existencia de la vida. Esta fuente es una energía no transformada que sólo calienta e ilumina, y su radiación solar requiere el uso de sistemas de captación y almacenamiento, lo que permite utilizarla de diversas maneras: La energía solar térmica pasiva (uso directo), la energía solar térmica (transformación del calor) y la energía solar fotovoltaica son formas de energía solar (transformación en electricidad) (Méndez & Cuervo, 2007).

La energía solar fotovoltaica según Méndez & Cuervo (2007), es una fuente de energía renovable e inagotable, limpia y que puede utilizarse en el mismo lugar donde se produce, convirtiendo a la radiación solar en electricidad mediante células fotovoltaicas integradas en módulos solares, esta electricidad puede utilizarse directamente y almacenarse para su uso posterior o incluso alimentar la red eléctrica, lo que la convierte en una de las energías renovables con mayor potencial de desarrollo. Aunque la red eléctrica convencional es la más utilizada existen casos en los que no se puede emplear de forma eficiente; para solucionar esto, la tecnología fotovoltaica permite realizar instalaciones que alimentan sistemas alejados de la red de distribución. Un sistema fotovoltaico es un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que trabajan juntos para convertir la energía solar disponible en energía eléctrica utilizable.

Figura 19. Esquema con la clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos, independientemente de su utilización y tamaño.

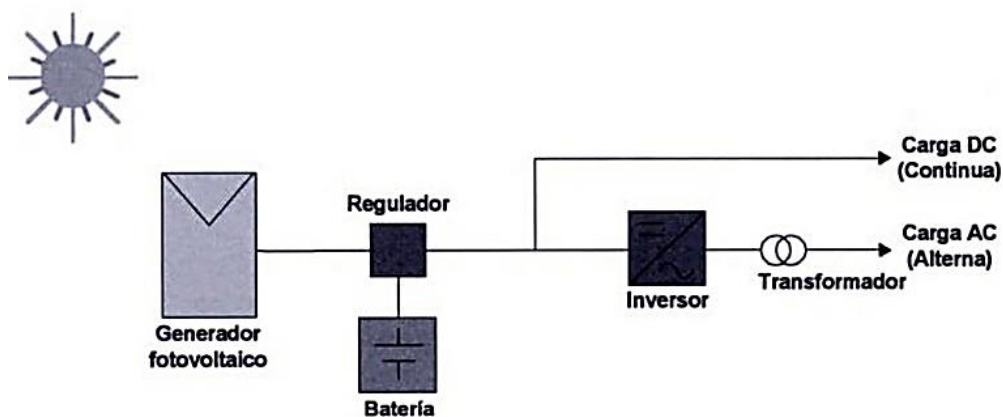


Componentes según Méndez & Cuervo (2007).:

- **Generador fotovoltaico:** mediante módulos fotovoltaicos, se encarga de captar y convertir la radiación solar en corriente eléctrica.

- **Baterías o acumuladores:** Almacenan la energía eléctrica producida por el generador fotovoltaico para poder utilizarla en periodos en los que la demanda exceda la capacidad de producción del generador fotovoltaico.
- **Regulador de carga:** Encargado de proteger y garantizar el correcto mantenimiento de la carga de la batería y evitar sobretensiones que puedan destruirla.
- **Inversor o acondicionador:** Se encarga de transformar la corriente continua producida por el generador fotovoltaico en corriente alterna, necesaria para alimentar algunas cargas o para introducir la energía producida en la red de distribución eléctrica.
- **Elementos de protección del circuito:** se encargan de proteger la descarga y derivación de elementos en caso de fallo o situaciones de sobrecarga.

Figura 20. Diagrama de un Sistema Solar Fotovoltaico.



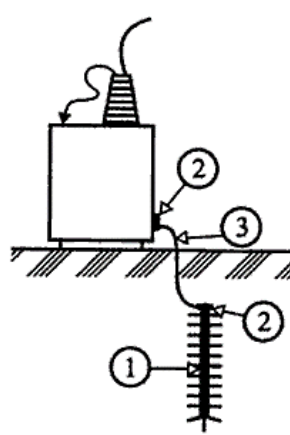
2.2.13. Sistemas de protección eléctrica

Para garantizar el buen funcionamiento de una instalación eléctrica, es necesario protegerla de las diferentes condiciones de funcionamiento anómalo provocadas por diversos fenómenos eléctricos como: *los cortocircuitos*, que pueden producirse por diversos motivos, como fallos de aislamiento, fallos mecánicos en los equipos, etc.; *las sobrecargas*, que pueden producirse por diversos motivos, como instalaciones inadecuadas, funcionamiento incorrecto de los equipos, etc. En este contexto, es necesario controlar y asegurar el correcto control de los parámetros eléctricos que entran en juego tanto en condiciones normales de funcionamiento

como en condiciones de fallo, utilizando dispositivos con innovaciones de vanguardia en ingeniería eléctrica y electrónica que garanticen la seguridad y la eficiencia de las instalaciones eléctricas (Harper, 2007; pp. 18).

Una **instalación de puesta a tierra** tiene como misión derivar corriente hacia la tierra, o bien, establecer contacto con ella; las corrientes implicadas pueden ser de naturaleza estacionaria, cuasi estacionaria, de alta frecuencia o electromagnética, y pueden originarse durante el funcionamiento de un sistema técnico hecho por el hombre o ser causadas por un fenómeno natural (De La Vega, 2002).

Figura 21. Puesta a tierra elemental. 1) Electrodo elemental de pica, 2) Conectores, 3) Conductor de tierra.



2.2.14. Definición de términos y conceptos

Automatización: es un conjunto de métodos y procedimientos para sustituir al operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. La automatización es la rama de la tecnología que se ocupa del uso de sistemas mecánicos, electrónicos e informáticos para operar y controlar la producción. (SteemKR, s.f.).

Proceso: un componente de un sistema que genera una transformación sujeta a las perturbaciones del entorno a partir de una entrada de energía e información, dando como resultado una salida en forma de producto. Existen tres tipos de procesos industriales: **los procesos continuos**, como la depuración del agua o la generación de electricidad, se

distinguen por la salida del proceso en forma de flujo continuo de material; *los procesos discretos*, consideran la salida del proceso en forma de unidades o un número finito de piezas, como la fabricación de automóviles, mientras que *los procesos por lotes*, consideran la salida del proceso en forma de cantidades o lotes de material, como la fabricación de productos farmacéuticos o la producción de cerveza (Ponsa & Vilanova, 2005, pp.8).

Control de procesos industriales: Desde un punto de vista académico, se trata de la teoría de control fundamental de la retroalimentación y la acción PID, la instrumentación de control (sensores, actuadores, dispositivos electrónicos, etc.), la aplicación a los procesos industriales (como la mezcla de componentes en un reactor químico), las distintas arquitecturas de control (centralizado, distribuido), las estructuras de control (retroalimentación, feedforward, cascada, etc.) y la teoría de control avanzada (control predictivo, control multivariable, etc.) (Ponsa & Vilanova, 2005, p.9).

Instrumentación de control: El PLC, el ordenador y los controladores industriales son los tres elementos básicos capaces de llevar a cabo la instrumentación de control de procesos industriales (tanto en versión analógica como digital) (Ponsa & Vilanova, 2005, p.9)

2.3. Métodos de medición hidrológicos

El agua que circula por los cauces fluviales se denomina escorrentía. Los volúmenes que circulan en pequeñas unidades de tiempo (generalmente segundos) se denominan caudales instantáneos del río en el punto del cauce donde se miden, y el volumen de agua suele expresarse en m³. Los caudales se suelen utilizar para intervalos de tiempo más largos (días, semanas, meses o años), y el volumen de agua correspondiente se suele expresar en hm³ (Martínez & Castaño, 2006, p. 59).

La medición de las principales variables para el cálculo de los caudales de los ríos es importante porque permite obtener información directamente para la predicción de inundaciones, además permite estimar indicadores para la delimitación de zonas inundables y

el control de infraestructuras hidráulicas (presas). La toma de medidas puntuales de almacenamiento de agua y caudales en el tiempo y en el espacio es un método habitual para obtener este tipo de datos.

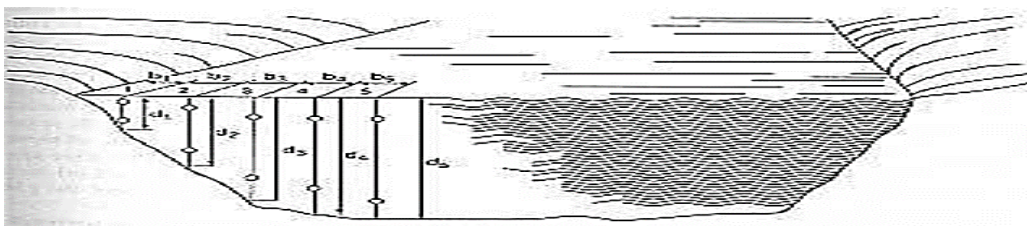
Para medir el caudal partimos de:

$$Q = AV$$

Donde Q es el flujo instantáneo a través de una sección transversal de un canal con área A, y V es la velocidad media del arroyo. El caudal, conocido como tasa de flujo, no siempre puede medirse directamente en los ríos o arroyos pequeños, para calcular el caudal de un río, hay que determinar el área de la sección transversal mediante el muestreo de las dimensiones espaciales, y se utiliza un molinete para determinar las velocidades (Martínez et al., 2006, cap.9).

El caudal de un río, o la cantidad de agua que fluye a través de una sección transversal, se mide en volumen por unidad de tiempo. El caudal en un momento dado puede medirse mediante diversos métodos, y el método elegido depende de las condiciones de cada lugar (Martínez et al., 2006, cap.11).

Figura 22. Vista de la sección transversal de un río en el que se muestra la ubicación de los puntos de observación.



2.3.1. Métodos directos e indirectos

Una serie de estaciones de aforo situadas en puntos estratégicos de la red fluvial controlan el régimen fluvial. En estas estaciones se realizan mediciones de caudal mediante métodos directos, indirectos o químicos. El caudal se calcula directamente multiplicando la velocidad del agua por la sección delimitada por el perímetro húmedo.

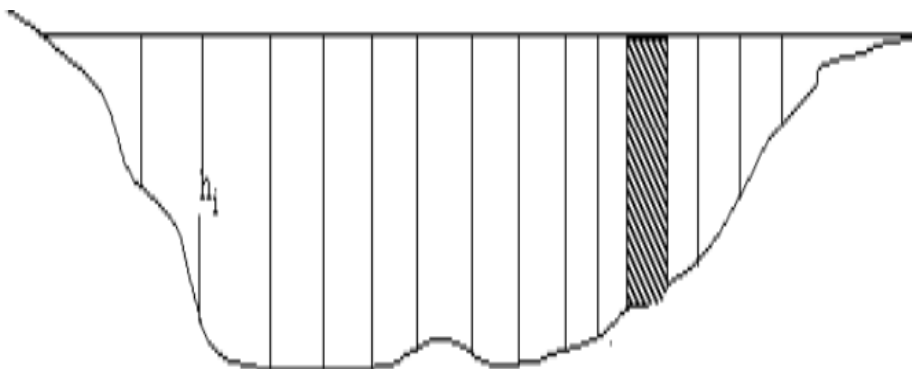
El problema del mantenimiento de la limpieza en el tramo del río considerado se presenta a través del conocimiento de la geometría del cauce para saber con precisión la sección por la que fluye el agua y determinar la velocidad exacta es un poco más difícil. El flujo debe ser laminar y hay que considerar la velocidad del agua a medida que aumenta en la superficie desde las orillas hasta el centro del cauce y disminuye en profundidad progresivamente hacia el fondo del río. La variación de la velocidad se debe a las pérdidas de energía por fricción (Martínez et al., 2006, pp.65). La finalidad de toda estación de aforo es poder establecer la curva de caudal a lo largo del tiempo. Los ríos de una región de cierto tamaño, así como los arroyos que se van a explotar, deben ser aforados.

- **Métodos directos**

Método área – velocidad

Según Martínez et al, (2006), Este método consiste en medir las velocidades del flujo en una zona de la corriente previamente determinada, a partir de la cual se puede calcular el caudal. El lugar elegido para el aforo o la medición debe cumplir los siguientes criterios: La sección transversal debe estar definida y en lo posible no se presente gradación o degradación del lecho, de fácil acceso, evitar las sobreelevaciones y cambios en la profundidad producidos por curvas, sitio libre de efectos de controles, que puedan producir remansos afectando los valores obtenidos con la curva de calibración.

Figura 23. Sección transversal para el método área – velocidad. Se consideran mediciones con el correntómetro a 0.2, 0.6 y 0.8m. de la profundidad total.



La velocidad media en cada vertical es:

$$V''' = \frac{V_{0.2} + V_{0.6} + V_{0.8}}{3}$$

Y el Caudal Q_i correspondiente a la respectiva área de influencia, A_i , es:

$$Q_i = V_i''' \cdot A_i$$

Y el caudal total, Q_T , será entonces:

$$Q_T = \sum_{i=1}^n Q_i$$

Medición del caudal con molinete.

De igual manera, Martínez et al. (2006), señala que esta medición implica introducir una hélice en el lecho del río y calcular la velocidad lineal de la corriente de agua en ese lugar utilizando la velocidad de rotación de la hélice. Al mismo tiempo que se mide la profundidad, se utiliza el molinete para medir la velocidad en uno o varios puntos de la vertical. El caudal de cada segmento de la sección transversal puede calcularse utilizando los valores de anchura, profundidad y velocidad. El caudal total es igual a la suma de los caudales de estos segmentos.

Medición del caudal por el método del flotador

Consiste en cronometrar el tiempo que tarda un flotador lanzado al río en alcanzar una distancia predeterminada. La velocidad calculada viene determinada por la línea de corriente por la que pasa el flotador (Martínez et al., 2006).

Aforos químicos

Asimismo Martínez et al, (2006), afirma que estos determinan el caudal del río calculando el balance de masas entre dos puntos del río tras la inyección de una solución trazadora de concentración conocida. Este método se denomina inyección instantánea o inyección continua, dependiendo de si el trazador se inyecta en el río de forma inmediata o continua. Los medidores de aforos directos son: flotador, tubo de Pitot (tubo de Darcy), molinete, efecto Doppler, electromagnético, vertedero portátil pre calibrado, volumétrico (pp.66).

- **Métodos Indirectos**

Según el libro publicado por Martínez et al, (2006) , sostiene que la medición directa del caudal del río, aunque no es difícil, requiere mucho tiempo. Normalmente se utilizan enfoques indirectos, que implican la determinación del valor de una variable que está directamente relacionada con el caudal y que, por tanto, es mucho más fácil de medir. La altura de la lámina de agua sobre el lecho del río es esta variable.

Este planteamiento requiere la canalización del cauce del río en la parte donde se van a realizar las mediciones, que suele ser un canal de estiaje y un canal de inundación, así como la instalación de escalas para determinar la altura del nivel del agua en los tramos canalizados. Se requiere la utilización de limnígrafo, que son capaces de obtener registros continuos de la evolución de la altura de la lámina de agua en el río, para adquirir información y poder conocer la evolución del caudal del río (limnigramas) (Martínez et al., 2006).

En esencia, un limnígrafo se compone de un rodillo que gira a cierta velocidad durante un periodo de tiempo determinado, generalmente una semana o un mes, y de un papel milimetrado en el que se utiliza un bolígrafo para dibujar las oscilaciones de una boya que flota en la superficie del río. Actualmente se utilizan transductores de presión junto con registradores de datos (p. 68).

Estructuras hidráulicas.

Martínez et al. (2006), señala que todos los sistemas hidráulicos parten de la premisa de establecer una sección de control a partir de la cual se puede aproximar el caudal en función de la profundidad. Los vertederos, los canales y las compuertas son las estructuras hidráulicas más típicas para este tipo de mediciones: para los vertederos, encontramos relaciones entre el caudal Q y la lámina de agua H del tipo:

$$Q = CH^n$$

Donde C y n son coeficientes que dependen de la forma geométrica del vertedero.

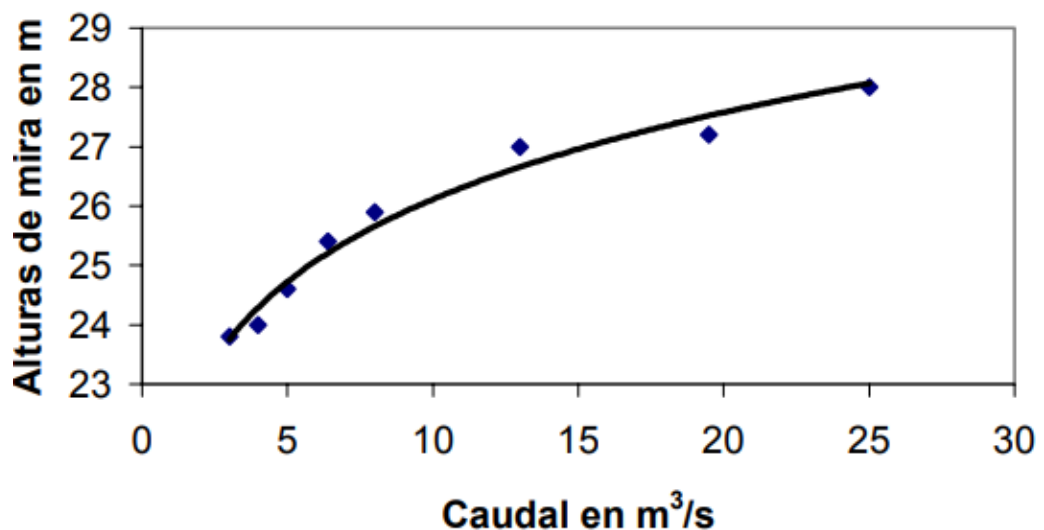
Método área – pendiente.

Las inundaciones pueden producirse en regiones en las que no existe instrumentación y en las que es necesario evaluar estructuras hidráulicas como puentes o canales. Las inundaciones dejan huellas que pueden utilizarse para estimar el caudal comparando las características geométricas de dos partes separadas por una distancia L y el coeficiente de rugosidad en cada parte (Martínez et al., 2006, pág. 9).

2.3.2. Relación nivel – caudal

El objetivo de medir un arroyo en distintas épocas del año en un segmento específico es calcular lo que se conoce como la curva de calibración de la sección. Esto permite convertir los caudales a partir de los niveles de agua medidos con una mirilla. Los niveles altos y bajos del río se obtienen construyendo curvas a partir de los aforos registrados durante un largo periodo de tiempo (Martínez et al., 2006).

Figura 24. Diagrama de la curva obtenida de la relación Nivel – Caudal.
Curva de Calibración.



Por medio de esta curva se obtienen los hidrogramas o graficas de las variaciones del caudal contra el tiempo en una sección determinada (Martínez et al., 2006, pág. 16).

2.3.3. Instrumentos de medida según Martínez et al. (2006)

- **Medidores de precipitación:** La medición de las precipitaciones líquidas y sólidas, así como su variación en el tiempo, es fundamental para predecir los caudales de los ríos y comprender el comportamiento de las cuencas hidrográficas; los datos de precipitación se utilizan para crear mapas de isoyetas, a partir de los cuales se determinan, entre otras cosas, los coeficientes de escorrentía y los déficits. Estos medidores son: pluviómetro, totalizador, pluvionivómetro, nivómetro.
- **Medidores de nivel:** El nivel del agua y su variación en el tiempo suelen registrarse en estaciones de aforo, datos con los que se calcula el caudal y, por tanto, la afluencia mediante la equivalencia nivel-caudal. La capacidad de medir el nivel también nos ayuda a prever las inundaciones en lugares situados aguas abajo del que se está considerando. El nivel del agua puede medirse de diversas maneras: algunas desde el exterior de la masa de agua, otras desde el interior y otras desde la superficie. Los medidores son: escala hidrométrica, flotador, neumático, piezométrico, ultrasónico.
- **Medidores de velocidad en continuo:** La medición continua de la velocidad del agua puede hacerse de varias maneras: algunas miden en un solo punto, otras en una banda normalmente horizontal y otras en un segmento de la masa de agua circulante. A partir de este valor se determina la velocidad media en el segmento medido, que, junto con el valor del nivel, permite estimar el caudal que atraviesa la estación de aforo. Estos son: molinete permanente, efecto Doppler, ultrasónico, electromagnético.
- **Medidores de caudal:** Los caudalímetros, también conocidos como medidores de caudal, son sistemas complicados en los que un microprocesador calcula el caudal basándose en datos fijos y cambiantes proporcionados por sensores. Un microprocesador que guarda la fórmula del caudal de una sección de aforo y está acoplado a un sensor de nivel es un tipo popular de caudalímetro. Un microprocesador que almacena la forma de la

sección de aforo y está conectado a un sensor de nivel y a un sensor de velocidad del agua es otro tipo. Ambos son capaces de calcular el caudal (Escuela de negocios).

2.3.4. Recolectores de datos

Estos sistemas recogen datos de varios sensores, los almacenan y, si es necesario, los envían a una ubicación remota. Podemos dividir estos dispositivos en dos grupos en función del soporte de la información: registros en papel y registros electrónicos.

- **Registrador sobre papel. Limnógrafo:** El recolector de datos más comúnmente utilizado en la hidrometría clásica consiste en un eje con una muesca helicoidal a través de la cual se desplaza un cursor, un lápiz, una pluma de tinta o un rotulador que marca en el papel; el eje está unido a una polea que es girada por una cadena unida a una boya y a un contrapeso; la subida o bajada de la boya hace girar la polea y el eje unido a ella, produciendo el desplazamiento del cursor que soporta el rotulador que dibuja en un gráfico. Por otra parte, estos dos movimientos sobre ejes perpendiculares dan lugar al limnograma, un dibujo gráfico que representa la evolución del nivel en el tiempo (Escuela de negocios).
- **Registrador electrónico:** Es un dispositivo electrónico que, junto con algunos sensores, recoge, almacena, presenta y transmite información, en algunas situaciones de forma automática. Se compone de un microprocesador programado y de una serie de circuitos eléctricos que almacenan datos y facilitan la conexión con sensores, energía, sistemas de transmisión y otros dispositivos. Estos dispositivos están programados para adquirir datos, controlarlos y procesarlos, almacenarlos y, si es necesario, emitirlos a intervalos regulares (Escuela de negocios, pp. 10-11).

CAPITULO III

DIAGNÓSTICO O EVALUACIÓN DE LA REALIDAD

3.1 Descripción de la empresa

3.1.1 Datos generales

El proyecto se encuentra en la región de Lambayeque, a 900 kilómetros al norte de Lima. Los terrenos del proyecto están a 60 kilómetros del Océano Pacífico y a unos 670 kilómetros de la línea ecuatorial, con latitudes que van de 6°0' a 6°13' sur y longitudes que van de 79°55' a 80°08' oeste. Paita, a 200 kilómetros al norte de la propiedad a desarrollar, es el puerto más cercano y es fácilmente accesible a través de las carreteras de concesión de Olmos a Paita o Chiclayo a Piura. Tanto Piura como Chiclayo cuentan con modernos aeropuertos con suficiente frecuencia. (Gobierno Regional de Lambayeque [GRL], 2015).

Figura 25. Mapa de la Ubicación “Proyecto de irrigación Olmos”



3.1.2 Constitución social

Fue adjudicada a CTO, empresa del Grupo Odebrecht, en 2004, por un período de 20 años, lo que la convierte en la primera APP en concesión realizada por el Estado peruano. En nombre de la República del Perú, el concedente es el Gobierno Regional de Lambayeque (Coaquira et al., 2016, p.15).

La Concesionaria Trasvase Olmos (en adelante la Concesionaria o CTO) fue constituida el 9 de julio de 2004 para cumplir con el contrato de concesión para la construcción, operación y mantenimiento de las obras de trasvase del Proyecto Olmos. Esta concesión tiene dos etapas: primero, la etapa de construcción, que ya ha sido concluida, y en la que se realizaron las obras necesarias para trasvasar las aguas del río Huancabamba desde la cuenca amazónica hasta los terrenos de Olmos; y segundo, la etapa de operación y mantenimiento de las obras, por la que la Concesionaria recibe una compensación económica, y en la que aún está en proceso de terminación (Ingeniería y construcción internacional [ODEBRECHT], 2016, p.12).

El 12 de septiembre de 2012 se celebró la ceremonia de la "Primera Piedra" del componente de Riego. Un evento histórico que marca el inicio de la construcción de un proyecto que daría agua a 43.500 hectáreas, incluyendo 5.500 hectáreas en el Valle de Olmos. Las mejoras se completaron en julio de 2012, y el período de operación y mantenimiento comenzó en agosto (Angeles & Izquierdo, 2021, p. 4).

3.1.3 Grupo empresarial

3.1.3.1 La concesionaria

Trasvase Olmos Concesionaria (Lambayeque, Perú). La Fase I (Trasvase del Río Olmos) y la Fase III (Trasvase del Río Olmos) son las dos fases del proyecto del que soy responsable (Riego del Valle del Olmos) (Minero, 2016).

Se trata también de la primera Asociación Público-Privada (APP) para la construcción, operación y mantenimiento de estructuras de trasvase de agua en el río Huancabamba. Entre los

proyectos se encuentran una presa de 44 millones de m³ y un túnel trasandino de 20 km de longitud (Gobierno Regional de Lambayeque [GRL], 2015).

Figura 26. Logo Oficial de la Organización ODEBRECHT.



Esta concesión es el resultado de una iniciativa privada ofrecida por las empresas del Grupo Odebrecht en el marco de los Decretos Legislativos 994 y 1012 para fomentar la inversión privada en proyectos de irrigación en tierras baldías del Estado, así como la colaboración público-privada y la creación de empleos productivos. El Proyecto de Irrigación Olmos es una concesión autosostenible, financiada al 100% por el sector privado y que no requiere recursos ni garantías financieras del Estado peruano (H2Olmos, 2012).

3.2 Realidad actual

3.2.1 Infraestructura instalada en la empresa

Odebrecht Ingeniería e Instalaciones Internacional participa en dos aspectos de este proyecto clave: el trasvase de agua y la construcción de una importante infraestructura de irrigación que beneficiará a 43.500 hectáreas de tierras agrícolas (Urpeque, 2015).

- **Obras de Occidente:** Construcción del Túnel Trasandino Y Túnel de Quebrada Lajas
- **Obras de oriente:** Construcción de la Presa Limón, Reubicación Oleoducto Nor peruano, Túnel de desvío, Bocatoma Provisional, Bocatoma Definitiva, Aliviadero, Purga.
- **La presa Limón:** 43 m de altura, Volumen total del Embalse, 44 millones de m³.
- **El Túnel Trasandino:** 20 km de longitud, 4.8 m de diámetro, Capacidad: 2,050 millones m³ año, 65m³ / segundo.

Figura 27. Vista Panorámica de la presa “LIMÓN”,
Concesionaria Trasvase Olmos.



3.2.2 Antecedentes que origina el problema.

En los últimos años hemos visto caudales más altos que en años anteriores. Estos acontecimientos produjeron tensiones entre el personal, y aunque cada circunstancia pudo ser controlada, siguen siendo vulnerables ya que los cambios y la fuerza de la naturaleza son imprevisibles y pueden causar daños mayores.

3.2.3 Alternativa de solución

Se propuso como solución al problema la transmisión de los datos de nivel, para calcular el caudal obtenido en la estación de aforo del Sauzal para su registro y monitorización mediante el diseño de un sistema de comunicación por radioenlace y la automatización del sistema, ya

que la obtención de datos a través de la medición del nivel, velocidad y caudal del río es crítica para el funcionamiento seguro de las estructuras hidráulicas de la presa.

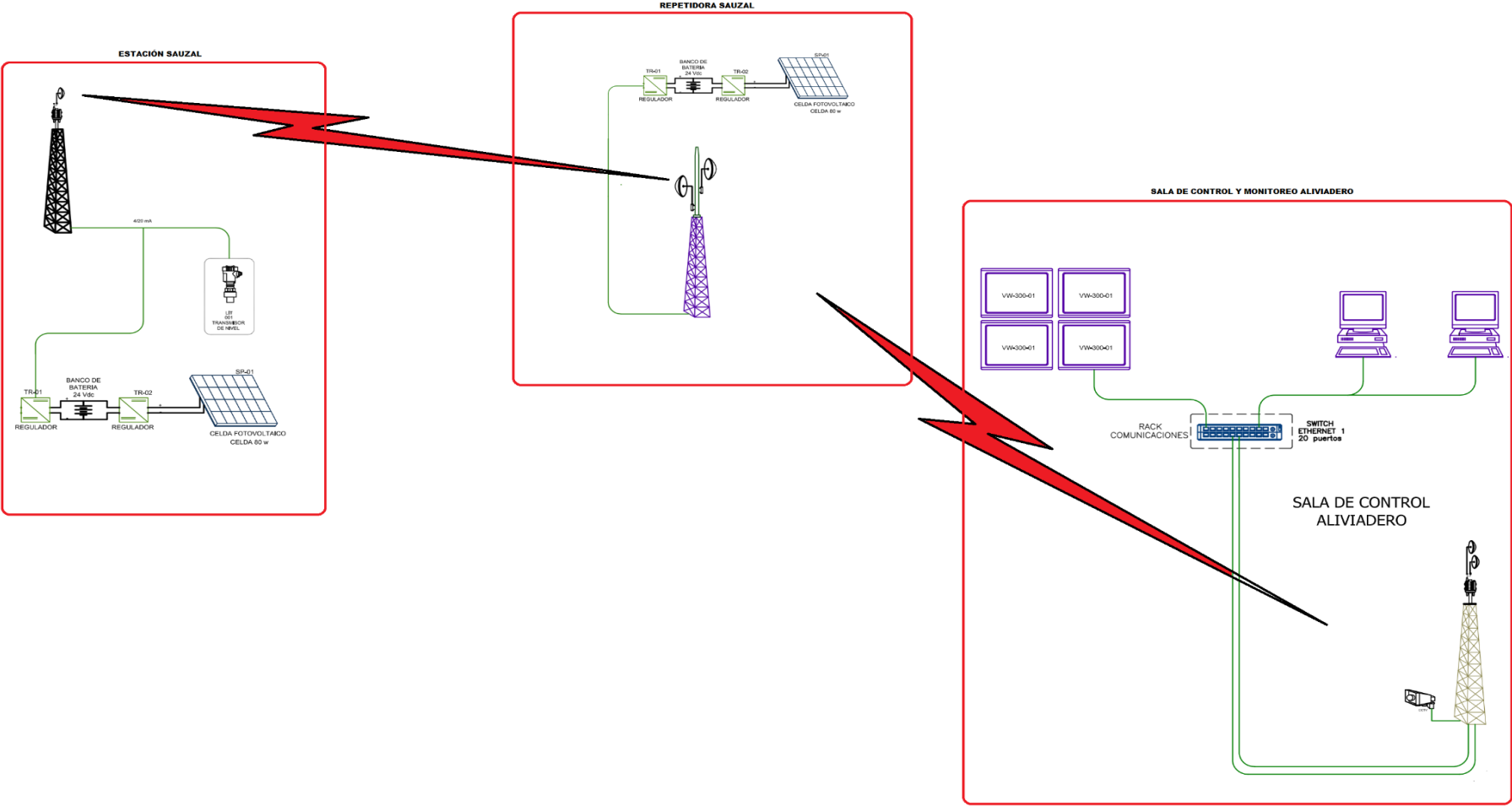
Aforo Sauzal, es una estación de medición de caudales con un limnígrafo y un huaro que emplea el método del correntímetro para medir y registrar el volumen de agua que baja por el río Huancabamba hacia la presa del proyecto Olmos, para compararlo con la información que proporciona el limnígrafo existente.

Figura 28. Toma fotográfica de la visita técnica que realizamos a la estación de aforo donde se implementará el proyecto de tesis. Se visualiza, caseta de limnígrafo, huaro, y limnímetro.



Figura 29. Diagrama General de la automatización del sistema de medición remoto.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA SAUZAL - ALIVIADERO, PROYECTO OLMOS



CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

Esta tecnología permitirá obtener datos en tiempo real de estaciones hidrológicas remotas mediante la automatización, empleando un sensor transmisor de tipo radar para calcular el caudal en función del nivel y la velocidad del río. Según el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTC) y el Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones (OPSITEL), encargados de elaborar el plan nacional de atribución de frecuencias y de determinar las condiciones de concesión de las bandas, los datos obtenidos se transmitirán a la sala de control mediante un sistema de comunicación por radiofrecuencia que operará en las bandas de 916 MHz y 928 MHz (Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC]; Organismo Supervisor de la inversión privada en telecomunicaciones [OPSITEL], 2010).

El diseño propuesto se basa en un sistema de comunicación de radioenlaces para el envío de datos, este sistema de comunicación diseñado junto a la automatización del sistema de aforos Sauzal, permitirá tener en tiempo real el estado del caudal del río Huancabamba en la sala de control ubicada en la Presa del proyecto Olmos, y así poder tomar las medidas necesarias para una óptima regulación de los sistemas de operación de la presa.

4.1 Cálculo del sistema de transmisión por radio frecuencia

Verificaremos la factibilidad del sistema de comunicación para la transmisión de datos obtenidos en el sistema de aforo Sauzal para garantizar la integración con la sala de control principal de las Obras de Tránsito del Proyecto Olmos.

Tabla 1. Documentos de referencia

Planos Referenciales:				
ITEM	Código	Descripción		
01	TOMO III - manual del EHM	Manual de Hidromecánico	de mantenimiento	Equipo

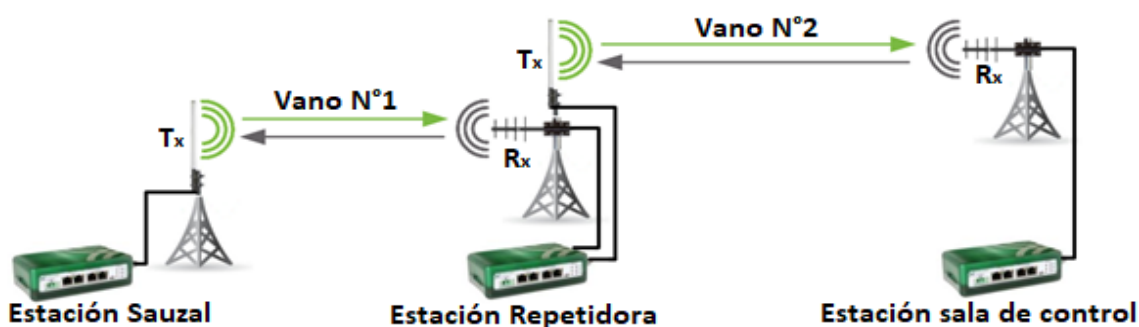
4.1.1 Cálculo matemático del sistema de radio enlace

Para poder definir correctamente la factibilidad y disponibilidad de nuestro radioenlace, es necesario realizar un análisis completo de todos los componentes que integran el sistema cuyos parámetros los mencionaremos en las tablas del presente capítulo. En base a esto se realizará el cálculo matemático para definir las características que se requieren en nuestro proyecto de tesis y así poder cumplir con los objetivos trazados.

4.1.1.1. Constitución del modelo

La transmisión de datos para nuestro sistema de medición estará constituida por tres estaciones: una de transmisión, una repetidora y una de recepción. El modelo topológico que se ha considerado es el siguiente:

Figura 30. Constitución del modelo de transmisión de datos del sistema de medición implementado.



Además, debemos conocer las ubicaciones geográficas, distancias de separación y alturas sobre el nivel del mar de cada una de las estaciones.

Tabla 2. Datos de ubicación del primer vano, Aforo Sauzal – Repetidora.

VANO N°1			
Sitio 1 Aforo Sauzal		Sitio 2 Repetidora	
Longitud	05° 46' 18, 8" S	Longitud	05° 48' 20" S
Latitud	079° 23' 54, 6" W	Latitud	079° 22' 58" W
Altura (h₁)	1231.6msnm	Altura(h₂)	1548,5msnm
Frecuencia (916–928MHz)	922MHz/0.992GHz	Distancia (Km)	d=4.13Km

Tabla 3. Datos de ubicación del segundo vano, Repetidora – Sala de Control.

VANO N°2			
Sitio 2 Repetidora		Sitio 3 Sala de Control	
Longitud	05° 48' 20" S	Longitud	05° 54' 13, 3" S
Latitud	079° 22' 58" W	Latitud	079°19' 52,2" W
Altura (h₁)	1548,5msnm	Altura(h₂)	1161 msnm
Frecuencia (916–928MHz)	922MHz/0.992GHz	Distancia (Km)	d=12.31Km

4.1.1.2. Enlace entre la estación aforo sauzal y su repetidora

Para el cálculo matemático hemos considerado el uso de los equipos que describimos en la **tabla 4.** ya que cuentan con las características técnicas necesarias para este tipo de aplicaciones y el certificado de homologación por el MTC para el funcionamiento en territorio peruano.

Tabla 4. Características de los equipos a utilizar en el diseño del radioenlace Aforo Sauzal y su repetidora.

MODELOS DE RADIOS Y ANTENAS	FRECUENCIA	GANANCIA
Radio Modem XETAWAVE, Xeta9-EL	902 – 928 MHz	
Antena Omnidireccional, FG9026	902 – 928 MHz	8dBi
Radio Modem Xetawave, Xeta9x9-EL	902 – 928 MHz	
Antena Yagi direccional, YA90012W	902 – 928 MHz	12dBi

Tabla 5. Parámetros para el cálculo de alturas, abultamiento y despejes del sistema de radioenlace Aforo Sauzal y su repetidora.

Altura de la antena en el punto más bajo	h_a	18.00 m
Altura de la antena en el punto más alto	h_b	24.00 m
Altura del obstáculo	h _c	1278.80 m
Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo	h ₁	1231.60 m
Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto	h ₂	1548.50 m
Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo + la altura de la antena	H ₁	1249.60 m
Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto + la altura de la antena	H ₂	1572.50 m
distancia hasta el obstáculo	d ₁	0.72 km
distancia del obstáculo al R _x , d1 debe ser menor que d2	d ₂	3.41 km
distancia del enlace	d	4.13 km
radio del planeta aprox.	a	6378.137 km
Factor de corrección de la curvatura terrestre	k	4/3

A. Análisis matemático en espacio libre

- Cálculo de la Primera Zona de Fresnel (F1):

Para el cálculo del radio de la primera Zona de Fresnel, utilizaremos la **fórmula 1**, conociendo de ella las distancias que hay entre el obstáculo más próximo encontrado a lo largo de la trayectoria, y que anotamos en la **tabla 5** de este apartado. Así como también la frecuencia de operación en la que trabajará el sistema (**tabla 1**).

$$F_1(m) = 17.325 * \sqrt{\frac{d_1(m) * d_2(m)}{f(MHz) * d(m)}}$$

$$F_1 = 17.325 * \sqrt{\frac{d_1 * d_2}{fd}}$$

$$F_1 = 17.325 * \sqrt{\frac{720 * 3410}{922 * 4130}}$$

$$F_1 = 13.91 \text{ m}$$

- Cálculo del abultamiento de la tierra

Para una buena transmisión es necesario tener entre las estaciones línea de vista sin obstrucciones, sin embargo, a lo largo de la trayectoria existe una curvatura característica de la

tierra, que debemos considerar para el cálculo correcto de las alturas a la que se deben instalar las antenas, para lo cual usaremos la expresión matemática que describimos en la **Fórmula 2**.

$$c(m) = \frac{d_1(Km) * d_2(Km) * 1000}{2k * a}$$

$$c = \frac{d_1 * d_2 * 1000}{2k * a}$$

$$c = \frac{0.72 * 3.41 * 1000}{2\left(\frac{4}{3}\right) * 6378.137}$$

$$c = 0.144 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura a la que se colocará las antenas.**

La utilización de esta fórmula ayuda a calcular las alturas de las antenas de tal forma que aseguran un Margen de despeje del 100% de la primera Zona de Fresnel. Para ello utilizaremos la **Fórmula 3**, que describimos a continuación:

$$h_b \geq (h_c + F_1 + c) * \frac{d}{d_1} + (h_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - h_2$$

$$h_b \geq (h_c + F_1 + c) * \frac{d}{d_1} + (h_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - h_2$$

$$h_b \geq (1278.80m + 13.91m + 0.144m) * \frac{4.13Km}{0.72Km} + (1231.60m + h_a) \left(1 - \frac{4.13Km}{0.72Km}\right) - 1548.50m$$

Por ser una ecuación con dos variables, se ingresó los datos a una hoja de cálculo utilizando Microsoft Excel, obteniéndose de esta **manera los valores de la tabla 6**.

Tabla 6. Valores obtenidos para las alturas de las antenas a instalar.

h_a	1.00m	2.00m	3.00m	4.00m	5.00m	6.00m	7.00m
h_b	29.91m	25.17m	20.43m	16.69m	10.95m	6.21m	1.47m

Esta fórmula nos brinda la relación que existe entre las alturas en las que se deben instalar las antenas para poder establecer un buen radioenlace. De acuerdo con los datos calculados se toma como referencia los valores para **h_a = 4.00m** y para **h_b = 16.69m**, alturas

aceptables para la instalación de torres de comunicación. Por lo tanto, las alturas por encima de estos valores brindarían con seguridad un correcto enlace.

- **Cálculo de despeje**

Con el cálculo del despeje, obtendremos la altura que existe entre el obstáculo y la línea de vista del radioenlace.

$$h_{des} = H_1 + \frac{d_1}{d}(H_2 - H_1) - (h_c + c)$$

$$h_{des} = H_1 + \frac{d_1}{d}(H_2 - H_1) - (h_c + c)$$

$$h_{des} = (1249.60m) + \frac{0.72Km}{4.13Km}(1572.50m - 1249.60m) - (1278.80m + 0.144m)$$

$$h_{des} = 26.92 m$$

- **Margen de despeje (%)**

El margen de despeje, indica la relación que existe entre la altura de despeje y el radio de la primera Zona de Fresnel.

$$MD = \frac{h_{des}}{F_1} \times 100\%$$

$$MD = \frac{h_{des}}{F_1} \times 100\%$$

$$MD = \frac{26.92m}{13.91m} \times 100\%$$

$$MD = 193.50\%$$

Para obtener un enlace satisfactorio, se debe tener despejado el 60% del radio de la primera zona de Fresnel como máximo. De lo expresado se deduce que:

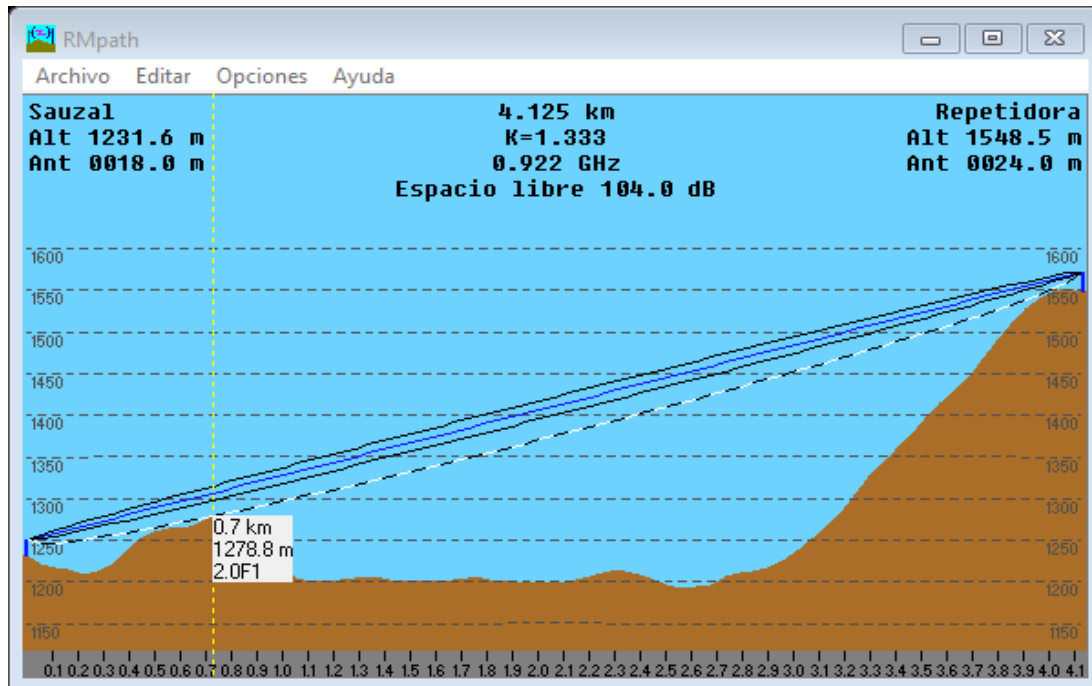
$$h_{des} \geq 60\% * F_1$$

$$26.92m \geq \frac{60}{100} * 13.91m$$

$$26.92m \geq 8.35m$$

Esto indica que existe suficiente margen de despeje (**1.9F1**) para obtener un buen radioenlace.

Figura 31. Visualización de los cálculos realizados por el software Radio Mobile.



- **Alcance de la señal**

Para calcular la distancia máxima que podemos transmitir en un radio enlace, aplicaremos la **fórmula 6**. Para ello tomaremos como valores fijos las alturas: $h_a = 18.00m$ y para $h_b = 24.00m$, puesto que para el diseño e implementación del sistema de telemetría encontramos torres de 6,12,18,24m y múltiplos de 3m o 6m por cuerpo, asegurando así un margen mayor al cálculo del radio enlace.

$$r = \sqrt{17h_a} + \sqrt{17h_b}$$

$$r = \sqrt{17h_a} + \sqrt{17h_b}$$

$$r = \sqrt{17 * 18m} + \sqrt{17 * 24m}$$

$$r = 37.69Km$$

El enlace entre Aforo Sauzal y la repetidora, tiene **4.13Km** de distancia de separación, estando dentro del rango de calculado (**37.69Km**).

A continuación, mostramos el cuadro de resumen de los parámetros calculados:

Tabla 7. Cuadro de resumen de los parámetros calculados para identificar la primera zona de Fresnel, las alturas de instalación de las antenas y el alcance máximo que tendría la señal.

primera zona de Fresnel	F₁	13.91 m
abultamiento	c	0.144 m
Altura de despeje desde el obstáculo hasta la línea de vista	h_{des}	26.92 m
Margen de despeje	MD	193.50 %
Altura de la antena en el punto más bajo	h_a	18 m
Altura de la antena en el punto más alto	h_b	24 m
Alcance de la señal	r	37.69 Km

B. PIRE, Potencia Isotrópica Radiada equivalente.

La EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) es la cantidad de potencia transmitida por una antena isotrópica. Cada gobierno determina el valor máximo que puede alcanzar esta potencia, por lo que es vital seguir la normativa del país en el que se va a realizar el proyecto para que el cálculo global no supere el límite especificado (Andrade & Espin, 2021).

$$PIRE(dBm) = P_t(dBm) - L_{tt}(dB) + G_t(dBi)$$

Para evitar interferir con los servicios públicos de telecomunicaciones en Perú, debemos establecer cuidadosamente la potencia máxima a la que debemos enviar. De acuerdo con el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias - PNAF, Perú forma parte de la región 2 de las tres regiones del mundo, que define las bandas sin licencia de 915-928MHz y 916-928MHz, que son personalizables en los equipos permitidos para operar en la banda 902-928MHz (Rivera, 2013, p.12).

Todos los equipos configurados en las bandas 915 – 928MHz, deben funcionar con una PIRE máxima de 30dBm. Y los equipos configurados en las bandas 916 – 928MHz, deben ser configurados con una PIRE máxima de 36dBm. Los equipos que utilizaremos para el presente proyecto son radios que operan en las bandas de los 902 – 928MHz, y serán configurados en el rango de los 916 – 928MHz, así reorganizaremos la potencia máxima de transmisión para

cumplir con el reglamento nacional utilizando la máxima PIRE de 36dBm (Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC], 2006).

$$P_{tm\acute{a}x}(dBm) = PIRE_{m\acute{a}x}(dBm) - G_t(dBi) + L_{tt}(dB)$$

$$P_{tm\acute{a}x} = PIRE_{m\acute{a}x}(dBm) - G_t(dBi) + L_{tt}(dB)$$

$$P_{tm\acute{a}x} = 36dBm - 8dBi + 1.1dB$$

$$P_{tm\acute{a}x} = 29.10dBm$$

Este valor nos indica que, para cumplir con las normas según el PNAF, debemos configurar nuestras radios modem con una potencia máxima de 29.10dBm.

C. Fórmulas de FRIIS para el enlace

Para un buen radioenlace es necesario el cálculo de las pérdidas básicas de propagación en condiciones de espacio libre, así como también las pérdidas de transmisión y por desvanecimiento, con el fin de evaluar la atenuación creada en el espacio libre que atraviesa la señal desde la antena emisora hasta la antena receptora en un espacio libre de obstáculos. Para el cálculo de estos parámetros, se consideran los datos de la **tabla 8**.

Tabla 8. Parámetros básicos para el cálculo de pérdidas y ganancias de potencia del radio enlace.

Distancia del radio enlace	d	4.13 Km
Frecuencia de trabajo	f	922 MHz
Perdida en el cable de transmisión	L_{tt}	1.10 dB
Perdida en el cable de recepción	L_{tr}	1.10 dB
Ganancia de la antena transmisora	G_t	8 dBi
Rendimiento de la antena de transmisión	η_{tx}	90.00 %
Ganancia de la antena receptora	G_r	12 dBi
Rendimiento de la antena de recepción	η_{rx}	90.00 %
Factor Topográfico	A	0.25
Factor climático	B	0.125
Confiabilidad	R	0.9999
Confiabilidad para una trayectoria de 400Km	$1-R$	0.0001
Sensibilidad del receptor	Sr	-92.00 dBm
POTENCIA ISOTROPICA IRRADIADA	$PIRE$	36.00 dBm

- **Perdidas en el espacio libre o por dispersión**

Este parámetro es calculado para predecir la pérdida de la onda electromagnética al propagarse en línea recta en una trayectoria por el espacio libre.

$$L_{bf}(dB) = 32.45 + 20 \log f(Mhz) + 20 \log d(Km)$$

$$L_{bf}(dB) = 92.45 + 20 \log f(Ghz) + 20 \log d(Km)$$

Consideramos para nuestro sistema, 922MHz como frecuencia central y una distancia de 4.132Km. por lo tanto aplicaremos de la siguiente manera:

$$L_{bf}(dB) = 32.45 + 20 \log \log f(Mhz) + 20 \log \log d(Km)$$

$$L_{bf}(dB) = 32.45 + 20 \log \log 922Mhz + 20 \log \log 4.13Km$$

$$L_{bf}(dB) = 104.06dB$$

- **Perdida de transmisión**

Para minimizar las pérdidas en el espacio libre se le agrega las ganancias de las antenas. Aplicamos la **fórmula 11**, descrita a continuación.

$$L_{tf}(dB) = L_{bf}(dB) - G_t(dB) - G_r(dB)$$

Esta pérdida también puede ser expresada en función de la potencia transmitida y recibida, pero en watts.

$$L_{tf}(dB) = 10 \log \frac{P_t(W)}{P_r(W)}$$

$$L_{tf} = L_{bf} - G_t - G_r$$

$$L_{tf} = 104.06dB - 8dB - 12dB$$

$$L_{tf} = 84.06dB$$

- **Perdidas por desvanecimiento. –**

Para poder determinar la confiabilidad del sistema, se agrega un cálculo más, considerando las perturbaciones climáticas y topográficas del medio en la siguiente ecuación.

$$F_m(dB) = 30 \log d(Km) + 10 \log(6ABf(GHz)) - 10 \log(1 - R) - 70$$

Según (Tomasi, 2003, p. 368) considera las siguientes constantes para el factor de rugosidad y el factor climático.

A= Factor topográfico - Rugosidad

- 4 propagación en zona plana o agua
- 1 terreno promedio

0.25 Terreno áspero y montañoso

B = Factor climático

- 1 Buenas condiciones todo el año
- 0.5 Zonas cálidas y húmedas.
- 0.25 áreas continentales promedio
- 0.125 áreas muy secas y montañosas**

$$F_m = 30 \log \log d + 10 \log \log (6 * A * B * f) - 10 \log \log (1 - R) - 70$$

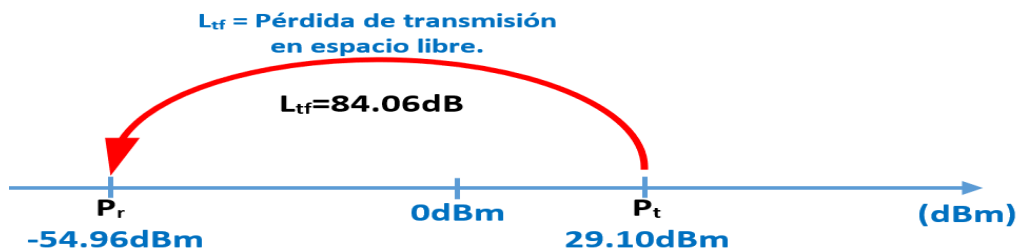
$$F_m = 30 \log \log 4.13Km + 10 \log \log (6 * 0.25 * 0.125 * 0.922GHz) - 10 \log \log (0.0001) - 70$$

$F_m = -19.14dB$

- **Potencia recibida: Ecuación de transmisión de Friis**

Una forma sencilla de conocer la potencia recibida en el receptor es restando las pérdidas de transmisión a la potencia entregada en el espacio libre. Este cálculo es ideal ya que sólo se usa para tener una estimación rápida de recepción.

Figura 32. Representación gráfica de las pérdidas de potencias en el espacio libre.



$P_r = P_t - L_{tf}$

$$P_r = P_t - L_{tf}$$

$$P_r = 29.10dBm - 84.06dB$$

$P_r = -54.96dBm$

La potencia disponible en las terminales de salida de la antena receptora se puede calcular con la fórmula siguiente:

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{G_t G_r \lambda^2}{16\pi d^2}$$

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{G_t G_r \lambda^2}{16\pi d^2}$$

$$\frac{P_r}{0.81w} = \frac{12dBi * 8dBi * (0.33m)^2}{16\pi * (4130m)^2}$$

$$P_r = 3.07 \times 10^{-9} w$$

$$P_r = 3.07 \text{nw}$$

Este valor puede ser convertido a dBm utilizando la siguiente fórmula:

$$P_r = 10 \log\left(\frac{1000}{P_r(w)}\right)$$

$$P_r = 10 \log\left(\frac{1000}{P_r}\right)$$

$$P_r = 10 \log\left(\frac{1000}{3.07 \times 10^{-9} w}\right)$$

$$P_r = -55.13 \text{dBm}$$

D. Balance de pérdidas y ganancias de potencia

Adicional a los cálculos realizados en el espacio libre, es necesario considerar otras pérdidas y ganancias que afectan el rendimiento del radioenlace.

- Pérdidas en las antenas

Para calcular las pérdidas en cada una de las antenas, se aplicará la fórmula:

$$L_{at} = 10 \log\left(\frac{100}{\eta_t \%}\right) \quad L_{ar} = 10 \log\left(\frac{100}{\eta_r \%}\right)$$

La pérdida de potencia en la antena Omnidireccional FG9026, considerando un rendimiento del 90% es:

$$L_{at} = 10 \log\left(\frac{100}{\eta_t \%}\right)$$

$$L_{at} = 10 \log\left(\frac{100}{90}\right)$$

$$L_{at} = 0.46 \text{dB}$$

La pérdida de potencia en la antena Yagi direccional 12dBi 900Mhz, YA90012W, considerando un rendimiento del 90% es:

$$L_{ar} = 10 \log\left(\frac{100}{\eta_r \%}\right)$$

$$L_{ar} = 10 \log\left(\frac{100}{90}\right)$$

$$L_{ar} = 0.46 \text{dB}$$

- **Ganancia de potencia**

$$G'_t = G_t - L_{at}$$

$$G'_r = G_r - L_{ar}$$

Para la antena Omnidireccional, FG9026. La ganancia de transmisión es:

$$G'_t = G_t - L_{at}$$

$$G'_t = 8 \text{dBi} - 0.46 \text{dB}$$

$$G'_t = 7.54 \text{dB}$$

Para la antena Yagi 12dBi 900Mhz, YA90012W. La ganancia de recepción es:

$$G'_r = G_r - L_{ar}$$

$$G'_r = 12 \text{dBi} - 0.46 \text{dB}$$

$$G'_r = 11.54 \text{dB}$$

- **Perdida de transmisión**

$$L_{tf}(\text{dB}) = L_{bf}(\text{dB}) - G_t(\text{dB}) - G_r(\text{dB})$$

$$L_{tf}(\text{dB}) = L_{bf}(\text{dB}) - G_t(\text{dB}) - G_r(\text{dB})$$

$$L_{tf}(\text{dB}) = 104.06 \text{dB} - 8 \text{dB} - 12 \text{dB}$$

$$L_{tf}(\text{dB}) = 84.06 \text{dB}$$

- **Perdida del sistema**

$$L_s(dB) = L_{tf}(dB) + L_{at}(dB) + L_{ar}(dB)$$

$$L_s(dB) = L_{tf}(dB) + L_{at}(dB) + L_{ar}(dB)$$

$$L_s = 84.06dB + 0.46dB + 0.46dB$$

$$L_s = 84.98dB$$

- **Pérdida global**

Para poder tener un cálculo más real, se debe tener en cuenta las pérdidas de los cables y conectores que se utilizaran para la implementación del sistema de telemetría.

De acuerdo con el manual de usuario brindado por XETAWAVE CUSTOM RF SOLUTIONS (p.120), para el uso y configuración de Radio módems, considera para un sistema de 900MHz una pérdida de 1.1dB en sus conectores, accesorios y cables (fig.33).

Figura 33. Perdida de conectores y accesorios utilizados para la implementación de un radioenlace. Manual de usuario de Xeta9.

Connector & Jumper Losses						
Part	Description	Loss (dB)				
		200 MHz	300 MHz	450 MHz	900 MHz	2.4 GHz
1	TNC Connector (Male)	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
2	3ft/1m LMR240 Jumper	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4
3	N-Type Connector (Male)	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
4	Surge Suppressor	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.25
5	N-Type Connector (Male)	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
6	N-Type Connector (Male)	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
Total Loss		0.60	0.60	0.70	1.10	1.45

$$L_g(dB) = L_s(dB) + L_{tt}(dB) + L_{tr}(dB)$$

$$L_g(dB) = L_s(dB) + L_{tt}(dB) + L_{tr}(dB)$$

$$L_g = 84.98dB + 1.1dB + 1.1dB$$

$$L_g = 87.18dB$$

- **Ecuación de balance (potencia disponible en el receptor)**

Para poder realizar el cálculo de la potencia recibida es necesario tener en cuenta la sensibilidad de las antenas receptoras, puesto que serán los que indican si la potencia calculada es suficiente para ser captadas por ellas o no.

$$P_{dr} = P_t(\text{dBm}) - L_{tt}(\text{dB}) + G'_t(\text{dBi}) - L_{bf}(\text{dB}) + G'_r(\text{dBi}) - L_{tr}(\text{dB})$$

$$P_{dr} = P_t(\text{dBm}) - L_{tt}(\text{dB}) + G'_t(\text{dBi}) - L_{bf}(\text{dB}) + G'_r(\text{dBi}) - L_{tr}(\text{dB})$$

$$P_{dr} = 29.10\text{dBm} - 1.10\text{dB} + 7.54\text{dBi} - 104.06\text{dB} + 11.54\text{dBi} - 1.10\text{dB}$$

$$P_{dr} = -58.08\text{dBm}$$

En resumen, para hallar la potencia real recibida por el receptor se tiene que realizar el cálculo de la diferencia entre la potencia entregada y el total de pérdidas.

$$P_{dr} = P_t(\text{dBm}) - L_g(\text{dB})$$

$$P_{dr} = P_t(\text{dBm}) - L_g(\text{dB})$$

$$P_{dr} = 29.10\text{dBm} - 87.18\text{dB}$$

$$P_{dr} = -58.08\text{dBm}$$

Resumen de los parámetros calculados para nuestro radioenlace Sauzal y su repetidora:

Tabla 9. Cuadro de resumen de los parámetros calculados para identificar la potencia de transmisión máxima, potencia de recepción y las pérdidas globales en base a un balance de potencias.

Potencia Isotrópica Radiada equivalente	PIRE	36 dBm
potencia entregada por el transmisor	P_t	29.10 dBm
perdidas por trayectoria en el espacio libre	L_{bf}	104.06 dB
Perdidas de transmisión	L_{tf}	84.06 dB
Perdida por desvanecimiento	F_m	-19.14 dB
potencia recibida en el receptor (ficticia)	P_r	-55.13 dBm
potencia disponible en el receptor	P_{dr}	-58.08 dBm
Potencia umbral o sensibilidad del equipo receptor	U_r	-38.93 dBm
Margen del umbral	M_u	33.92 dB

- **Umbral o sensibilidad del receptor (U_r)**

Es un valor de referencia de potencia que debe estar presente en el dispositivo receptor.

Se puede decir que se establecerá una comunicación inalámbrica fiable si el valor de la señal es inferior a éste (Vela, 2015, p.36).

$$U_r = P_r - F_m$$

$$U_r = P_r - F_m$$

$$U_r = -58.08dBm - (-19.14dB)$$

$$U_r = -38.95dBm$$

Según el cálculo matemático, nuestro receptor debe tener una sensibilidad de -38.95dBm. El radio modem que utilizaremos cuenta con una sensibilidad de -92dbm, el cual tiene un rango mucho mayor de sensibilidad que el calculado.

- **Margen de Umbral (M_u):** Este valor determina el grado de confiabilidad del radioenlace.

$$M_u = P_{rx} - S_r$$

$$M_u = P_{rx} - S_r$$

$$M_u = -58.08dBm - (-92dBm)$$

$$M_u = 33.92dB$$

Con este cálculo, podemos demostrar que nuestro radioenlace es confiable, ya que el margen de umbral debe ser mayor o igual al valor del margen por desvanecimiento:

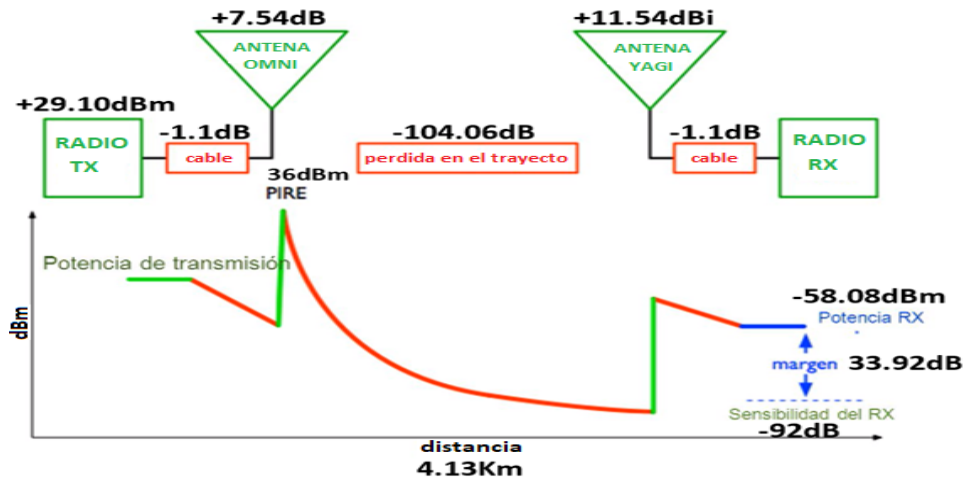
$$M_u \geq F_m$$

Según los valores obtenidos, concluimos que nuestro radioenlace es confiable.

$$M_u = 33.92dB \quad \text{y} \quad F_m = -19.14dB$$

Nuestro enlace quedaría de la siguiente manera:

Figura 34. Expresión gráfica del balance de potencias para nuestro enlace del primer vano.



4.1.1.3. Enlace entre la repetidora y sala de control

Ahora calcularemos todos los parámetros para poder asegurar la factibilidad de nuestro enlace en el vano N°2 de nuestro modelo.

Tabla 10. Características de los equipos a utilizar en el diseño del radioenlace entre la repetidora y la sala de control.

MODELOS DE RADIOS Y ANTENAS	FRECUENCIA	GANANCIA
Radio Modem XETA WAVE, Xeta9-EL	902 – 928 MHz	
Antena Omnidireccional, FG9026	902 – 928 MHz	8dBi
Radio Modem Xetawave, Xeta9x9-EL	902 – 928 MHz	
Antena Yagi direccional, YA90012W	902 – 928 MHz	12dBi

Tabla 11. Parámetros para el cálculo de alturas, abultamiento y despejes del sistema de radioenlace.

Altura de la antena en el punto más bajo	h_a	40.00 m
Altura de la antena en el punto más alto	h_b	46.61 m
Altura del obstáculo	h_c	1366.90 m
Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo	h_1	1161.00 m
Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto	h_2	1548.50 m
Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más bajo + la altura de la antena	H_1	1201.00 m
Altura del terreno sobre el nivel del mar en el punto más alto + la altura de la antena	H_2	1595.11 m
distancia hasta el obstáculo	d_1	6.24 km
distancia del obstáculo al R_x , d_1 debe ser menor que d_2	d_2	6.07 km
distancia del enlace	d	12.31 km
radio del planeta aprox.	a	6378.137 km
Factor de corrección de la curvatura terrestre	k	4/3

A. Análisis matemático en espacio libre

- Cálculo de la Primera Zona de Fresnel (F1):

$$F_1 = 17.325 * \sqrt{\frac{d_1 * d_2}{fd}}$$

$$F_1 = 17.325 * \sqrt{\frac{6240m * 6070m}{922MHz * 12310m}}$$

$$F_1 = 31.65 \text{ m}$$

- Cálculo del abultamiento de la tierra

$$c = \frac{d_1 * d_2 * 1000}{2k * a}$$

$$c = \frac{6240m * 6070m * 1000}{2\left(\frac{4}{3}\right) * 6378.137Km}$$

$$c = 2.23 \text{ m}$$

- Cálculo de la altura a la que se colocará las antenas.

$$h_b \geq (h_c + F_1 + c) * \frac{d}{d_1} + (h_1 + h_a) \left(1 - \frac{d}{d_1}\right) - h_2$$

$$h_b \geq (1366.90m + 31.65m + 2.23m) * \frac{12.31Km}{6.24Km} + (1161.00m + h_a) \left(1 - \frac{12.31Km}{6.24Km}\right) - 1548.50m$$

Ingresando los valores en la fórmula se obtiene los datos de la **tabla 12**.

Tabla 12. Valores obtenidos para las alturas de las antenas a instalar.

h_a	1.00m	10.00m	20.00m	30.00m	40.00m	50.00m	60.00m
h_b	84.55m	75.79m	66.07m	56.34m	46.61m	36.88m	27.15m

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de aplicar esta fórmula es asegurar el 100% de despeje de la primera zona de Fresnel. Consideraremos los valores para **h_a = 40.00m** y para **h_b = 46.61**, alturas aceptables para la instalación de torres de comunicación.

- **Cálculo de despeje**

$$h_{des} = H_1 + \frac{d_1}{d} (H_2 - H_1) - (h_c + c)$$

$$h_{des} = (1201.00m) + \frac{6.24Km}{12.31Km} (1595.11m - 1201.00m) - (1366.90m + 2.23m)$$

$$h_{des} = 31.65 m$$

- **Margen de despeje (%)**

$$MD = \frac{h_{des}}{F_1} \times 100\%$$

$$MD = \frac{31.65m}{31.65m} \times 100\%$$

$$MD = 100.00\%$$

Para obtener un enlace satisfactorio, se debe tener despejado el 60% del radio de la primera zona de Fresnel como máximo.

De lo expresado se deduce que:

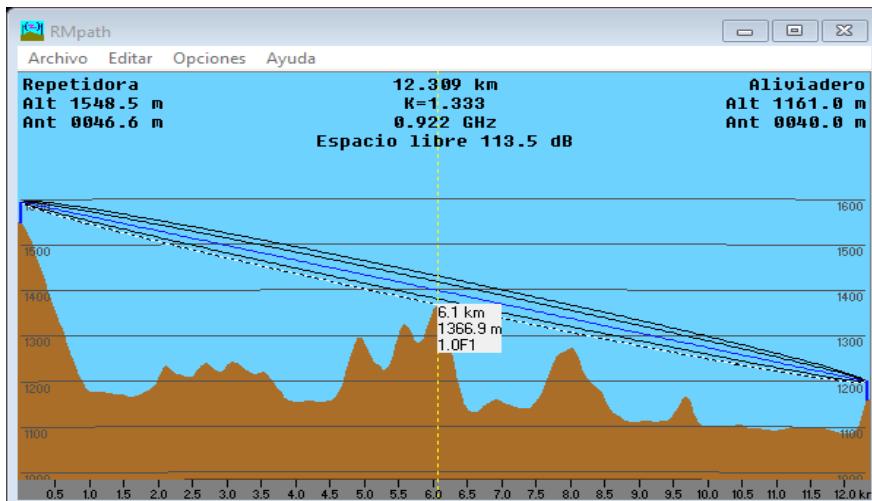
$$h_{des} \geq 60\% * F_1$$

$$31.65m \geq \frac{60}{100} * 31.65m$$

$$31.65m \geq 18.99m$$

Esto indica que existe suficiente margen de despeje (1.0F1) para obtener un buen radioenlace.

Figura 35. Visualización de los cálculos realizados por el software Radio Mobile.



- **Alcance de la señal**

Para calcular la distancia máxima que podemos transmitir en un radio enlace, aplicaremos la **fórmula 6**. Para ello tomaremos como valores fijos las alturas: $h_a = 40.00m$ y para $h_b = 46.61m$.

$$r = \sqrt{17h_a} + \sqrt{17h_b}$$

$$r = \sqrt{17 * 40.00m} + \sqrt{17 * 46.61m}$$

$r = 54.23Km$

El enlace entre la repetidora y la estación de la sala de control cuenta con aproximado de **12.31Km** de distancia de separación, estando dentro del rango calculado (**54.23Km**).

A continuación, mostramos el cuadro de resumen de los parámetros calculado.

Tabla 13. Cuadro de resumen de los parámetros calculados para identificar la primera zona de Fresnel, las alturas de instalación de las antenas y el alcance máximo que tendría la señal.

Primera zona de Fresnel	F₁	31.65 m
Abultamiento	c	2.23 m
Altura de despeje desde el obstáculo hasta la línea de vista	h_{des}	31.65 m
Margen de despeje	MD	100.00 %
Altura de la antena en el punto más bajo	h_a	40.00 m
Altura de la antena en el punto más alto	h_b	46.61 m
Alcance de la señal	r	54.23 Km

B. PIRE, Potencia Isotrópica Radiada equivalente.

Aplicando los principios dados en la norma que describe el funcionamiento técnico de los equipos de radiocomunicación (PNAF), calculamos la potencia máxima que podemos transmitir con una PIRE máxima de 36dBm.

$$P_{tm\acute{a}x} = PIRE_{m\acute{a}x}(dBm) - G_t(dBi) + L_{tt}(dB)$$

$$P_{tm\acute{a}x} = 36dBm - 8dBi + 1.1dB$$

$P_{tm\acute{a}x} = 29.10dBm$

C. Fórmulas de FRIIS para el enlace

Para el cálculo de estos parámetros, se consideran los datos de la **tabla 14**.

Tabla 14. Parámetros básicos para el cálculo de pérdidas y ganancias de potencia del radio enlace.

Distancia del radio enlace	d	12.31 Km
Frecuencia de trabajo	f	922.00 MHz
Perdida en el cable de transmisión	L_{tt}	1.10 dB
Perdida en el cable de recepción	L_{tr}	1.10 dB
Ganancia de la antena transmisora	G_t	8.00 dBi
Rendimiento de la antena de transmisión	η_{tx}	90.00 %
Ganancia de la antena receptora	G_r	12.00 dBi
Rendimiento de la antena de recepción	η_{rx}	90.00 %
Factor Topográfico (1, 0.5, 0.25) (4,1,0.25)	A	0.25
Factor climático (1, 0.5, 0.25) (0.5,0.25,0.125)	B	0.125
Confiabilidad	R	0.9999
Confiabilidad para una trayectoria de 400Km	$1-R$	0.0001
Sensibilidad del receptor	S_r	-92.00 dBm
POTENCIA ISOTROPICA IRRADIADA	$PIRE$	36.00 dBm

- **Pérdidas en el espacio libre o por dispersión. –**

Consideramos para nuestro sistema, 922MHz como frecuencia central y una distancia de 12.31Km. por lo tanto aplicaremos la **fórmula 10**.

$$L_{bf}(\text{dB}) = 32.45 + 20 \log f (\text{Mhz}) + 20 \log d (\text{Km})$$

$$L_{bf}(\text{dB}) = 32.45 + 20 \log 922\text{MHz} + 20 \log 12.31 \text{ Km}$$

$$L_{bf}(\text{dB}) = 113.55\text{dB}$$

- **Perdida de transmisión.**

$$L_{tf} = L_{bf} - G_t - G_r$$

$$L_{tf} = 113.55\text{dB} - 8\text{dB} - 12\text{dB}$$

$$L_{tf} = 93.55 \text{ dB}$$

- **Pérdidas por desvanecimiento.**

$$F_m = 30 \log d + 10 \log(6 * A * B * f) - 10 \log(1 - R) - 70$$

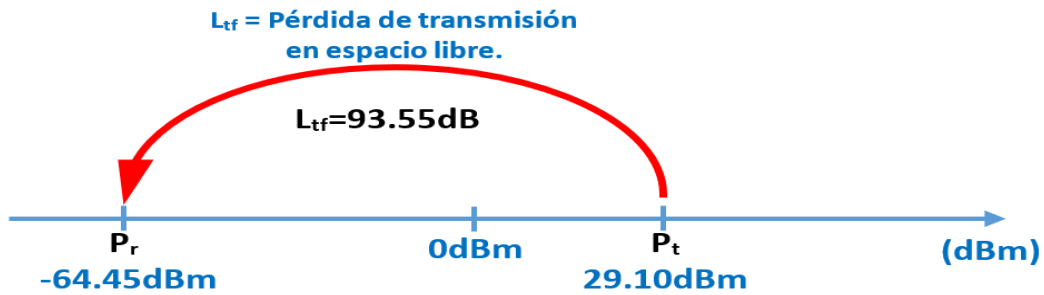
$$F_m = 30 \log 12.31\text{Km} + 10 \log(6 * 0.25 * 0.125 * 0.922\text{GHz}) - 10 \log(0.0001) - 70$$

$$F_m = -4.91\text{dB}$$

- **Potencia recibida: Ecuación de transmisión de Friis**

La potencia recibida en primera instancia es:

Figura 36. Representación gráfica de las pérdidas de potencias en el espacio libre.



$$P_r = P_t - L_{tf}$$

$$P_r = 29.10 \text{ dBm} - 93.55 \text{ dB}$$

$$P_r = -64.45 \text{ dBm}$$

La potencia disponible en las terminales de salida de la antena receptora se puede calcular con la **fórmula 15** que describimos en continuación.

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{G_t G_r \lambda^2}{16\pi d^2}$$

$$\frac{Pr}{0.81 \text{ W}} = \frac{8 \text{ dBi} * 12 \text{ dBi} * (0.33 \text{ m})^2}{16\pi * (12310 \text{ m})^2}$$

$$Pr = 3.45 \times 10^{-10} \text{ W}$$

$$Pr = 0.35 \text{ nW}$$

Este valor puede ser convertido a dBm utilizando la siguiente fórmula:

$$P_r = 10 \log\left(\frac{1000}{P_r}\right)$$

$$P_r = 10 \log\left(\frac{1000}{3.45 \times 10^{-10} \text{ W}}\right)$$

$$P_r = -64.62 \text{ dBm}$$

D. Balance de pérdidas y ganancias de potencia

- Pérdidas en las antenas

La pérdida de potencia en la antena Omnidireccional, FG9026, considerando un rendimiento del 90% es:

$$L_{at} = 10 \log \left(\frac{100}{\eta_t \%} \right)$$

$$L_{at} = 10 \log \left(\frac{100}{90} \right)$$

$$L_{at} = 0.46 \text{ dB}$$

La pérdida de potencia en la antena Yagi direccional 12dBi 900Mhz, YA90012W, considerando un rendimiento del 90% es:

$$L_{ar} = 10 \log \left(\frac{100}{\eta_r \%} \right)$$

$$L_{ar} = 10 \log \left(\frac{100}{90} \right)$$

$$L_{ar} = 0.46 \text{ dB}$$

- **Ganancia de potencia**

Para la antena Omnidireccional, FG9026. La ganancia de transmisión es:

$$G'_t = G_t - L_{at}$$

$$G'_t = 8 \text{ dBi} - 0.46 \text{ dB}$$

$$G'_t = 7.54 \text{ dB}$$

Para la antena Yagi direccional 12dBi 900Mhz, YA90012W. La ganancia de recepción es:

$$G'_r = G_r - L_{ar}$$

$$G'_r = 12 \text{ dBi} - 0.46 \text{ dB}$$

$$G'_r = 11.54 \text{ dB}$$

- **Perdida de transmisión**

$$L_{tf}(\text{dB}) = L_{bf}(\text{dB}) - G_t(\text{dB}) - G_r(\text{dB})$$

$$L_{tf}(\text{dB}) = 113.55 \text{ dB} - 8 \text{ dB} - 12 \text{ dB}$$

$$L_{tf}(\text{dB}) = 93.55 \text{ dB}$$

- **Perdida del sistema**

$$L_s(\mathbf{dB}) = L_{tf}(\text{dB}) + L_{at}(\text{dB}) + L_{ar}(\text{dB})$$

$$L_s = 93.55\text{dB} + 0.46\text{dB} + 0.46\text{dB}$$

$$L_s = 94.46\text{dB}$$

- **Pérdida global**

$$L_g(\mathbf{dB}) = L_s(\text{dB}) + L_{tt}(\text{dB}) + L_{tr}(\text{dB})$$

$$L_g = 94.46\text{dB} + 1.1\text{dB} + 1.1\text{dB}$$

$$L_g = 96.66\text{dB}$$

- **Ecuación de balance (potencia disponible en el receptor)**

$$P_{dr} = P_t(\text{dBm}) - L_{tt}(\text{dB}) + G'_t(\text{dBi}) - L_{bf}(\text{dB}) + G'_r(\text{dBi}) - L_{tr}(\text{dB})$$

$$P_{dr} = 29.10\text{dBm} - 1.10\text{dB} + 7.54\text{dBi} - 113.55\text{dB} + 11.54\text{dBi} - 1.10\text{dB}$$

$$P_{dr} = -67.56\text{dBm}$$

$$P_{dr} = P_t(\text{dBm}) - L_g(\text{dB})$$

$$P_{dr} = 29.10\text{dBm} - 96.66\text{dB}$$

$$P_{dr} = -67.56\text{dBm}$$

Resumen de los parámetros calculados para nuestro radioenlace de la repetidora y el enlace de la sala de control:

Tabla 15. Cuadro de resumen de los parámetros calculados para identificar la potencia de transmisión máxima, potencia de recepción y las pérdidas globales en base a un balance de potencias.

Potencia Isotrópica Radiada equivalente	PIRE	36 dBm
potencia entregada por el transmisor	P_t	29.10 dBm
perdidas por trayectoria en el espacio libre	L_{bf}	113.55 dB
Perdidas de transmisión	L_{tf}	93.55 dB
Perdida por desvanecimiento	F_m	-19.14 dB
potencia recibida en el receptor (ficticia)	P_r	-55.14 dBm
potencia disponible en el receptor	P_{dr}	-58.08 dBm
Potencia umbral o sensibilidad del equipo receptor	U_r	-38.95 dBm
Margen del umbral	M_u	33.92 dB

- **Umbral o sensibilidad del receptor (U_r)**

$$U_r = P_r - F_m$$

$$U_r = -67.56\text{dBm} - (-4.91\text{dB})$$

$$U_r = -62.65\text{dBm}$$

Según el cálculo matemático nuestro receptor debe tener una sensibilidad de -62.65dBm. El radio modem que utilizaremos cuenta con una sensibilidad de -92dbm, el cual tiene un rango mucho mayor de sensibilidad que el calculado.

- **Margen de Umbral (M_u)**

$$M_u = P_{rx} - S_r$$

$$M_u = -67.56\text{dBm} - (-92\text{dBm})$$

$$M_u = 24.44\text{dB}$$

Con este cálculo, podemos demostrar que nuestro radioenlace es confiable, ya que el margen de umbral debe ser mayor o igual al valor del margen por desvanecimiento:

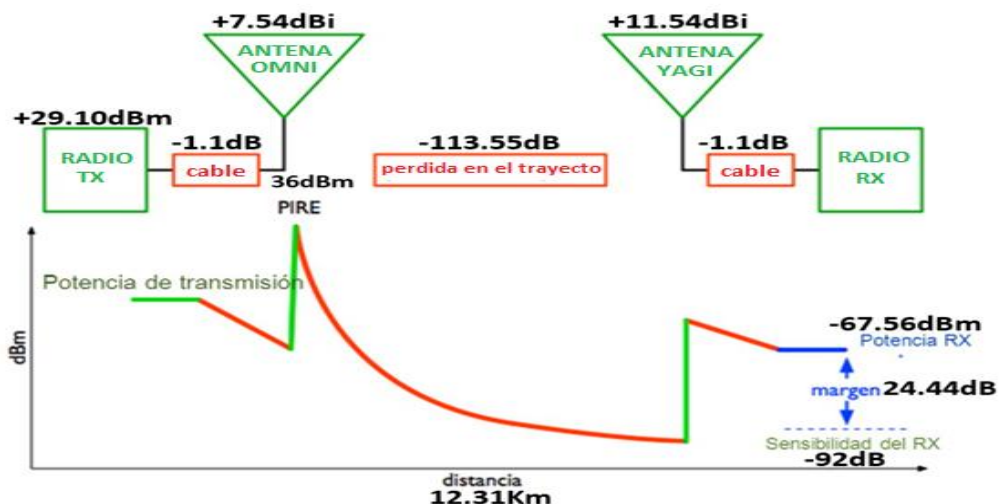
$$M_u \geq F_m$$

Según los valores obtenidos, concluimos que nuestro radioenlace es confiable.

$$M_u = 24.44\text{dB} \quad \text{y} \quad F_m = -4.91\text{dB}$$

Nuestro enlace quedaría de la siguiente manera:

Figura 37. Expresión gráfica del balance de potencias para nuestro enlace del primer vano.



4.1.2 Diseño e implementación por software

Este apartado describe el diseño del sistema de comunicación utilizando una de las herramientas más potentes, cuyos cálculos está basado en el conocido modelo de terreno irregular de Longley-Rice que predice las condiciones de propagación desde 20 MHz a 20 GHz, mediante el uso de varios tipos de mapas digitales de elevación, cartografía y mapas satelitales, Para ello es muy importante conocer la región donde se va a instalar el enlace, así como las coordenadas.

Para empezar, se obtuvo con ayuda de un GPS (**GPSmap 60CSX GARMIN**) las coordenadas de los puntos principales:

A. Sauzal: Ubicado a orillas del río Huancabamba, Distrito de San Felipe - Jaén, cuyas coordenadas de ubicación son las siguientes:

- **Latitud** : 05° 46' 18, 8" S
- **Longitud** : 079° 23' 54, 6" W
- **Altura** : 1223,7 msnm

B. Repetidora Sauzal: Ubicado aproximadamente a 2km de la estación 9 de Petroperú, carretera Fernando Belaunde Terry, y a 4km de la estación de aforo Sauzal; cuyas coordenadas de la torre de comunicación son las siguientes:

- **Latitud** : 05° 48' 20" S
- **Longitud** : 079° 22' 58" W
- **Altura** : 1548,2 msnm

C. Aliviadero: Ubicado en la sala de control principal del Proyecto de Traspase Olmos cuyas coordenadas de la torre de comunicación son las siguientes:

- **Latitud** : 05° 54' 13, 3" S
- **Longitud** : 079° 19' 52, 2" W
- **Altura** : 1161 msnm

Con estos puntos se ha simulado los enlaces en RADIO MOBILE para el diseño del sistema de comunicación planteado.

A continuación, mostraremos los cálculos y resultados obtenidos:

4.1.2.1 Configuración de parámetros en Radio Mobile:

Figura 38. Ingreso de coordenadas en Radio Mobile para cálculo de Radio enlace.

Coordenadas

Latitud 05 ° 54 ' 13.3 " S

Longitud 079 ° 19 ' 52.2 " O

Latitud -5.9037

Longitud -79.33117

QRA FI04IC

OK

Cancelar

Figura 39. Ingreso de las coordenadas de cada uno de los puntos para el diseño de los enlaces

Propiedades de las unidades

Sala de Control

Repetidora

Sauzal

Unit 4

Unit 5

Unit 6

Unit 7

Unit 8

Unit 9

Unit 10

Unit 11

Unit 12

Unit 13

Unit 14

Unit 15

Unit 16

Unit 17

Unit 18

Unit 19

Unit 20

Unit 21

Unit 22

Unit 23

Unit 24

Unit 25

Unit 26

Unit 27

Unit 28

Unit 29

Unit 30

Unit 31

Unit 32

Nombre Sala de Control

Altitud (m) 1161

Posición 05°54'13.3"S 079°19'52.2"O

FI04IC

Propiedades de las unidades

Sala de Control

Repetidora

Sauzal

Unit 4

Unit 5

Unit 6

Unit 7

Nombre Repetidora

Altitud (m) 1548.5

Posición 05°48'20.0"S 079°22'58.0"O

FI04HE

Propiedades de las unidades

Sala de Control

Repetidora

Sauzal

Unit 4

Unit 5

Unit 6

Unit 7

Nombre Sauzal

Altitud (m) 1231.6

Posición 05°46'18.8"S 079°23'54.6"O

FI04HF

Figura 40. Ingreso de los parámetro, frecuencia y características del medio, para el diseño de los enlaces.

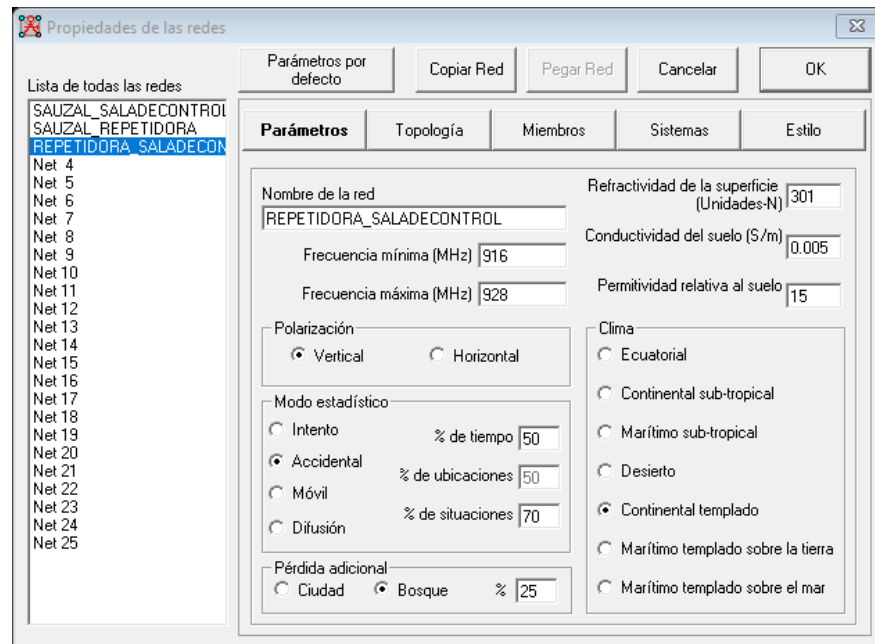


Figura 41. Selección de la topología de la Red.

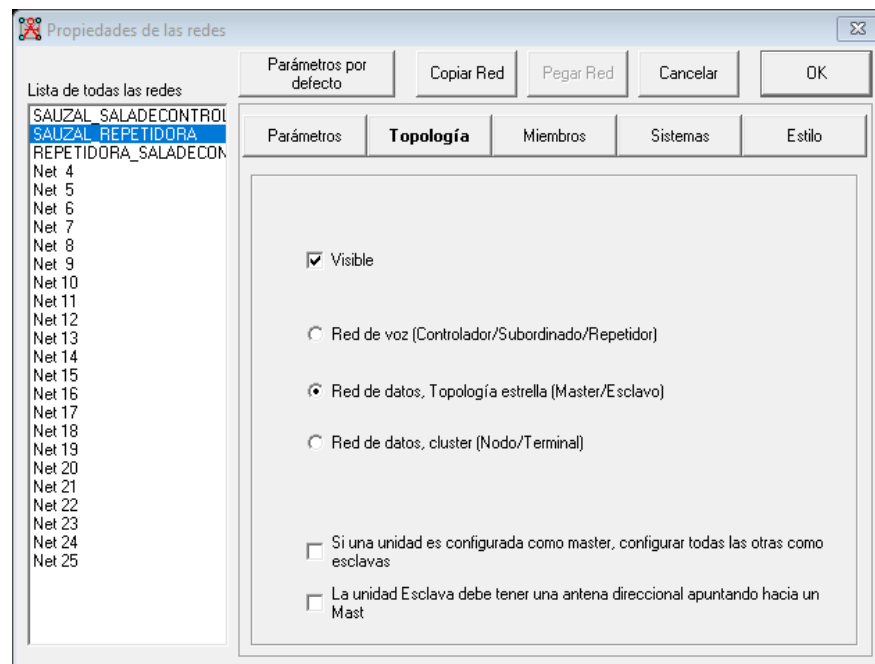


Figura 42. Selección de los puntos para el diseño de cada uno de los enlaces a diseñar.

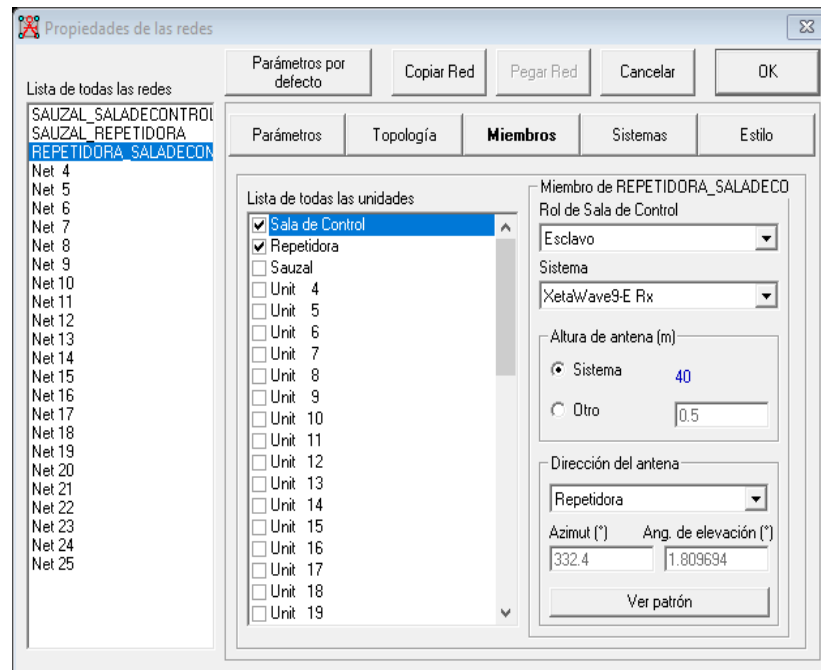


Figura 43. Ingreso de los parámetros de los equipos Tx y Rx y creación de las redes para el diseño.

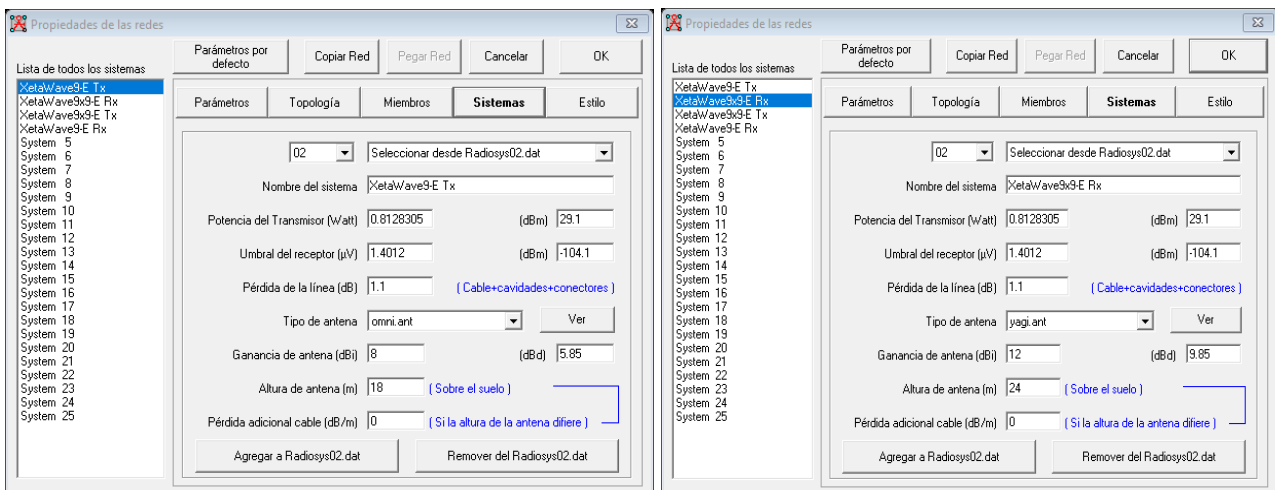


Figura 44. Ingreso del margen relativo de recepción para cada enlace.

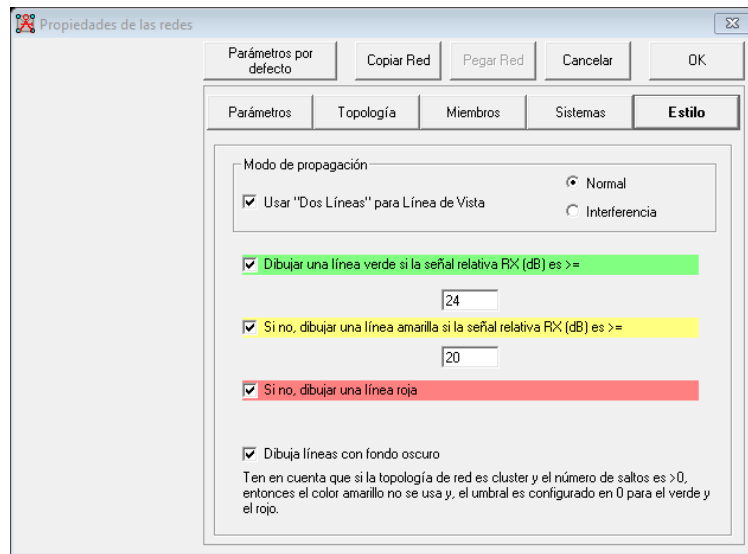


Figura 45. Ubicación de los puntos en un mapa exportado por Radio Mobile.

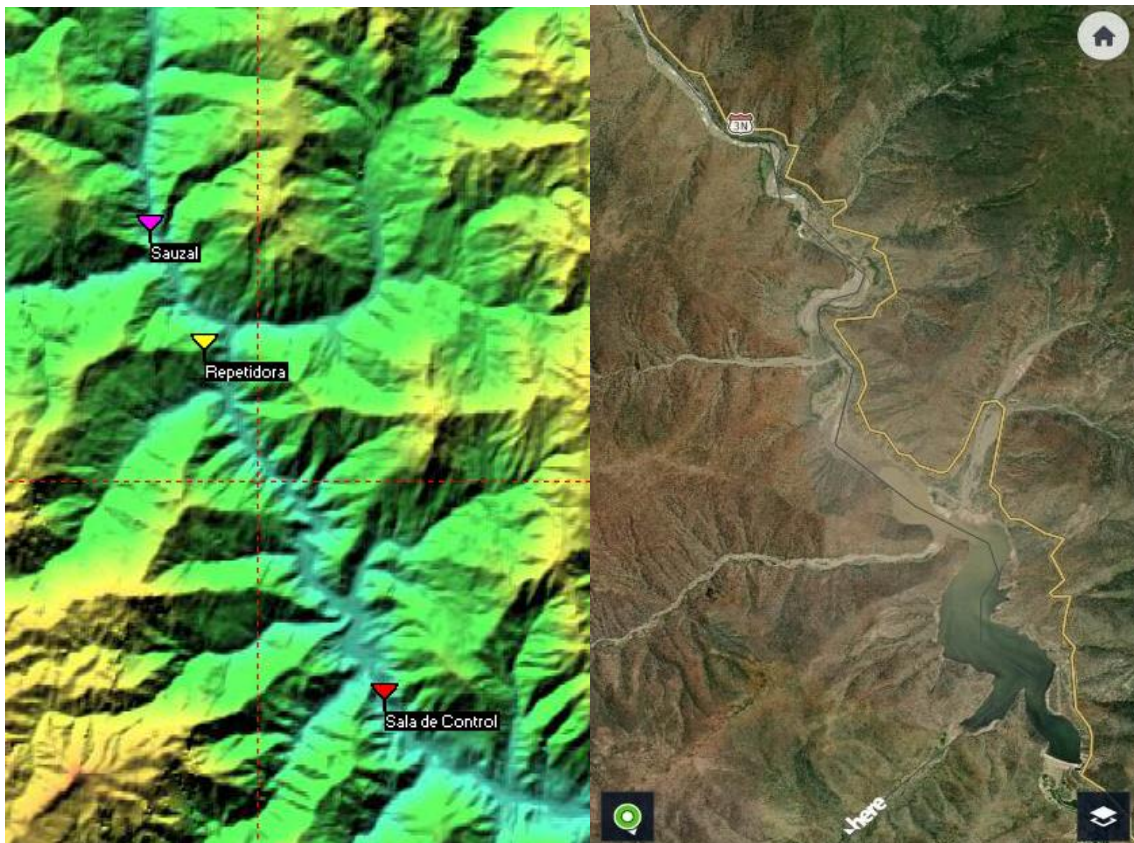


Figura 46. Trazado de Radioenlaces en Radio Mobile, Enlace factible (color verde); enlace no factible (color rojo).



4.1.2.2 Enlace Sauzal – Aliviadero

Figura 47. Enlace entre los puntos Sauzal y Aliviadero, Vista en Radio Mobile. Enlace No factible.

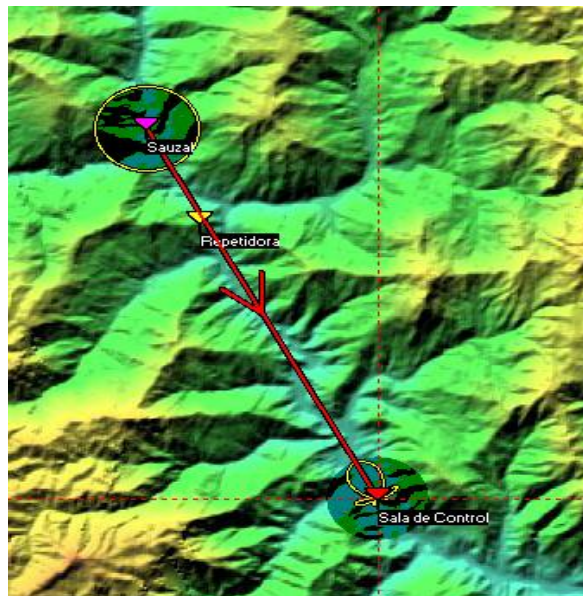


Figura 48: Detalles del enlace entre Sauzal y Aliviadero

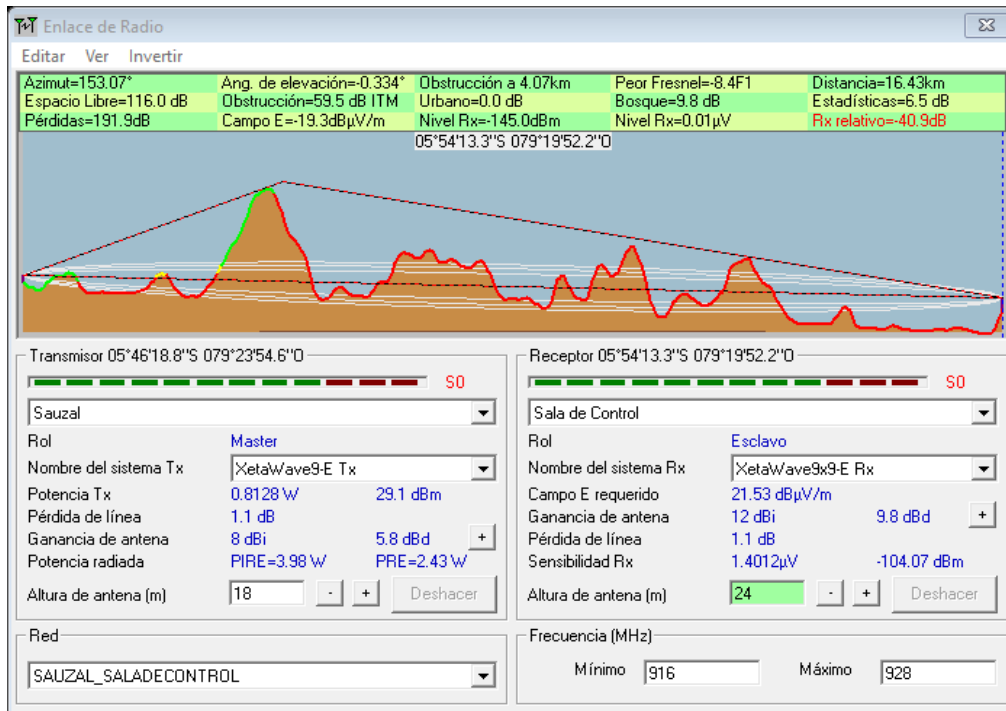


Figura 49. Rango de la señal dada por el enlace entre Sauzal y Aliviadero.

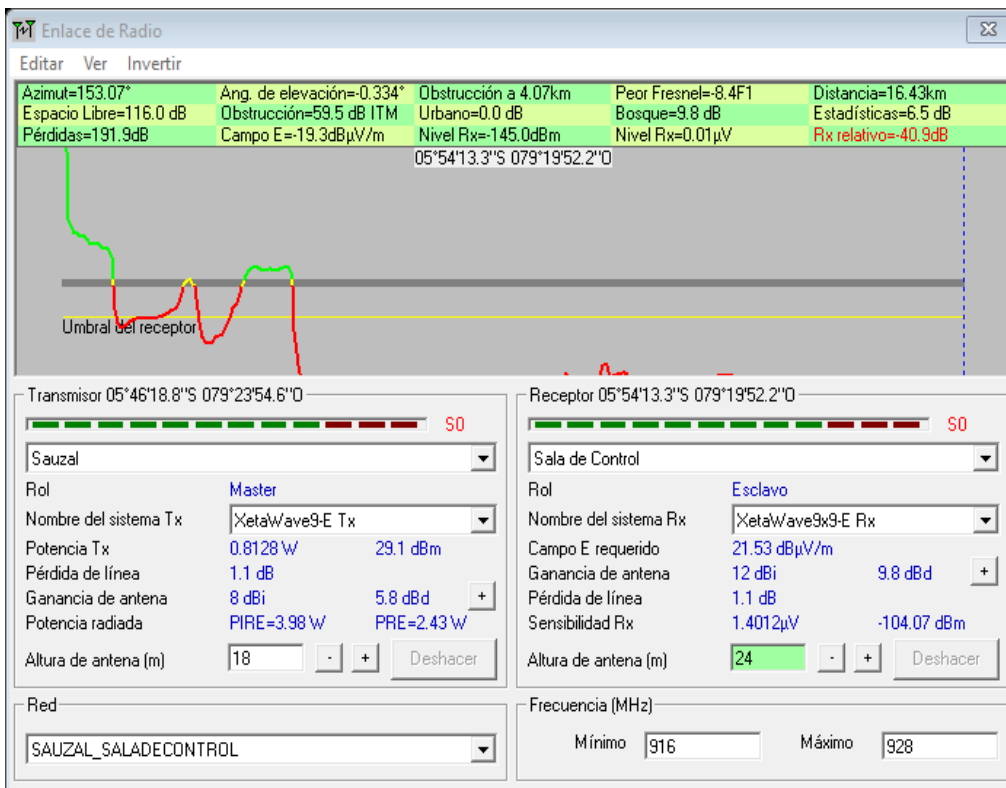


Figura 50. Presentación en RM PATH, Programa externo a Radio Mobile para el análisis el transmisor y el receptor.

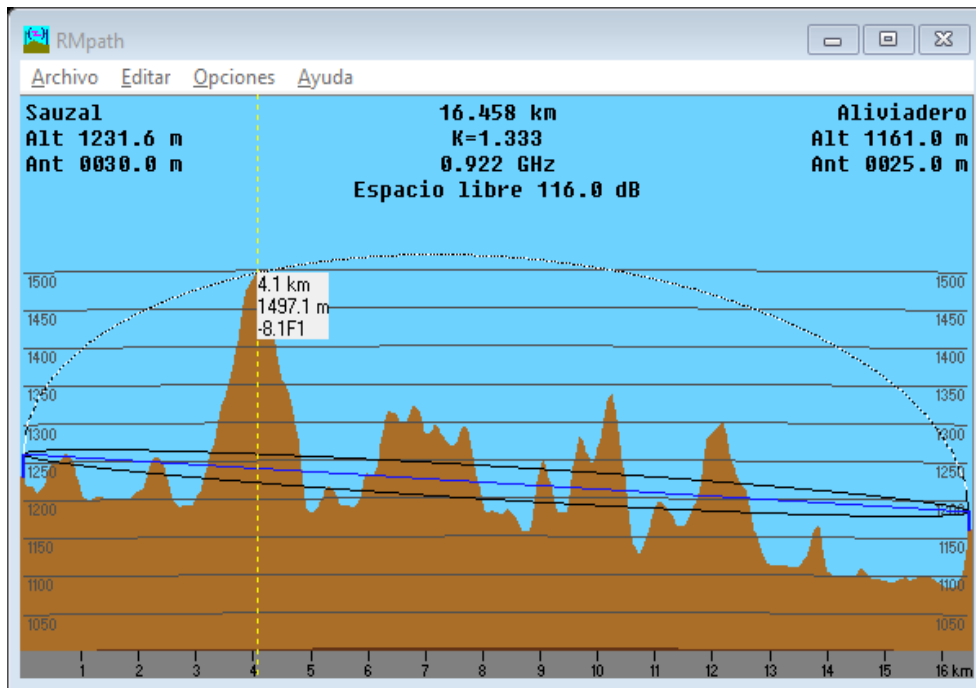
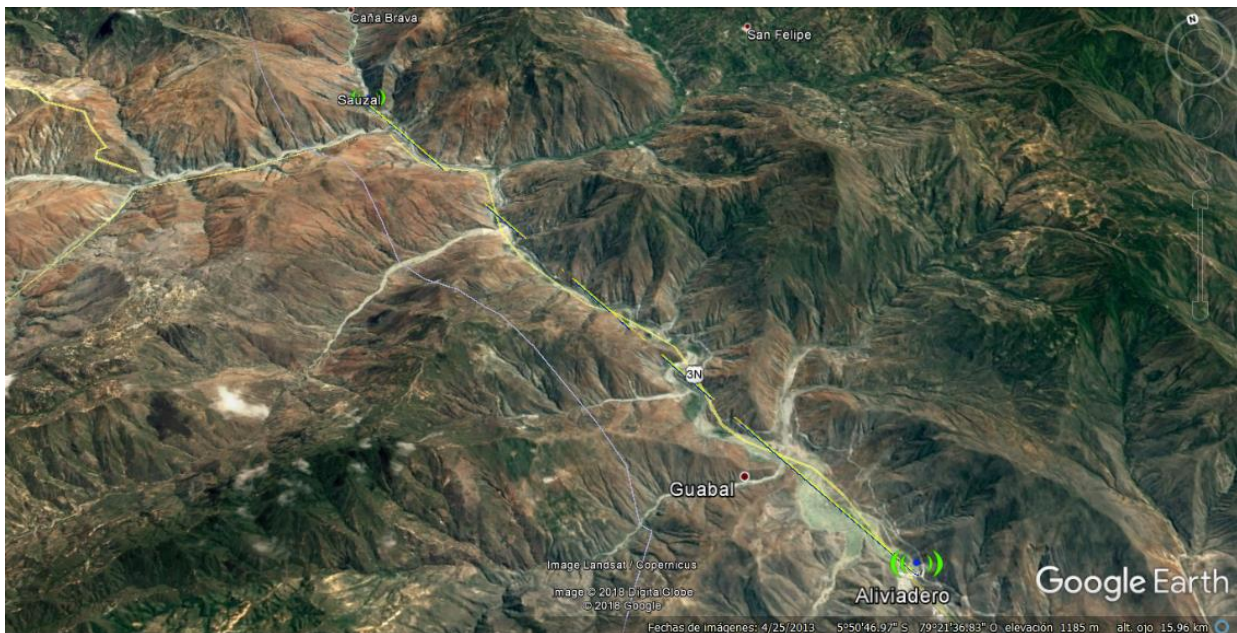


Figura 51. Vista en Google Earth, exportado desde Radio Mobile.



4.1.2.3 Enlace sauzal – Repetidora Sauzal

Figura 52. Vista de la factibilidad del enlace entre los puntos Sauzal – Repetidora Sauzal.

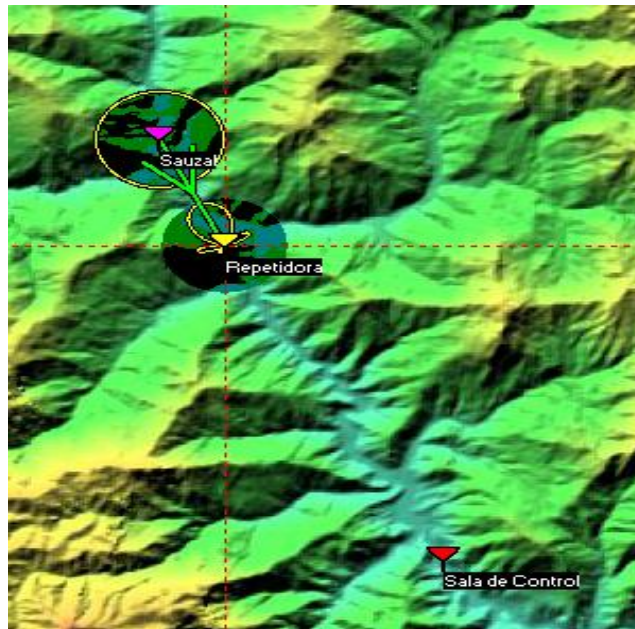


Figura 53. Detalles del enlace entre Sauzal y la repetidora Sauzal.

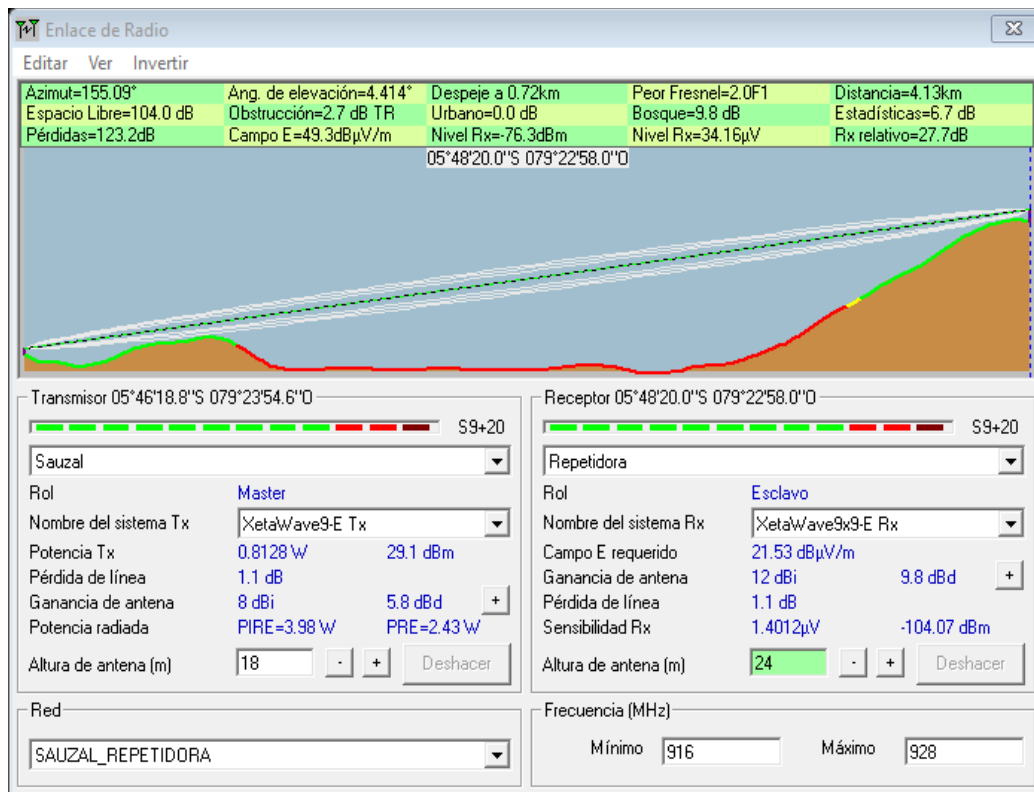


Figura 54. Rango de la señal dada por el enlace entre Sauzal y la Repetidora Sauzal.

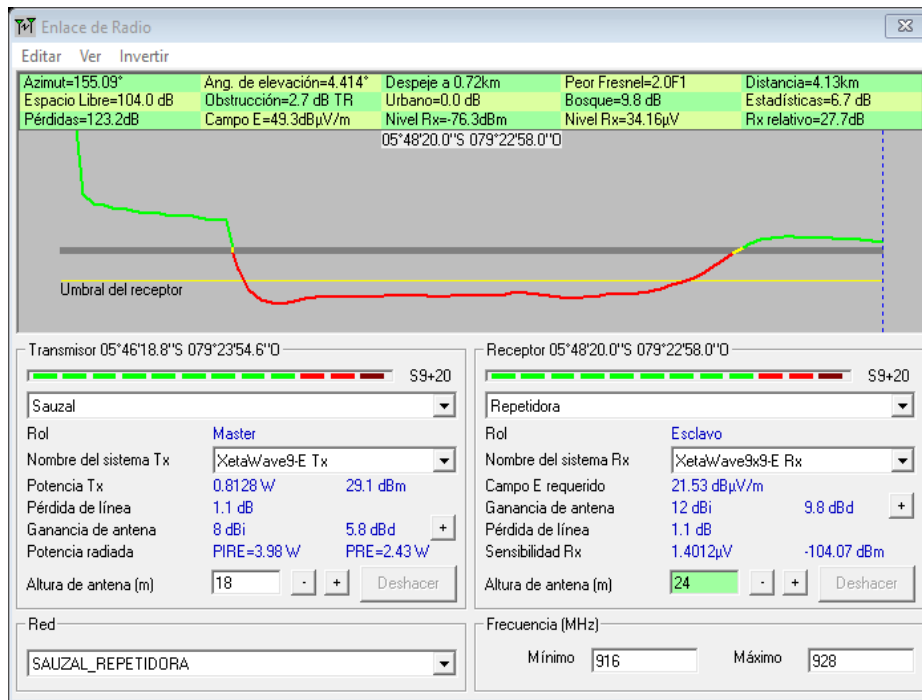


Figura 55. Presentación del enlace Sauzal – Repetidora Sauzal en RM PATH, Programa externo a Radio Mobile.

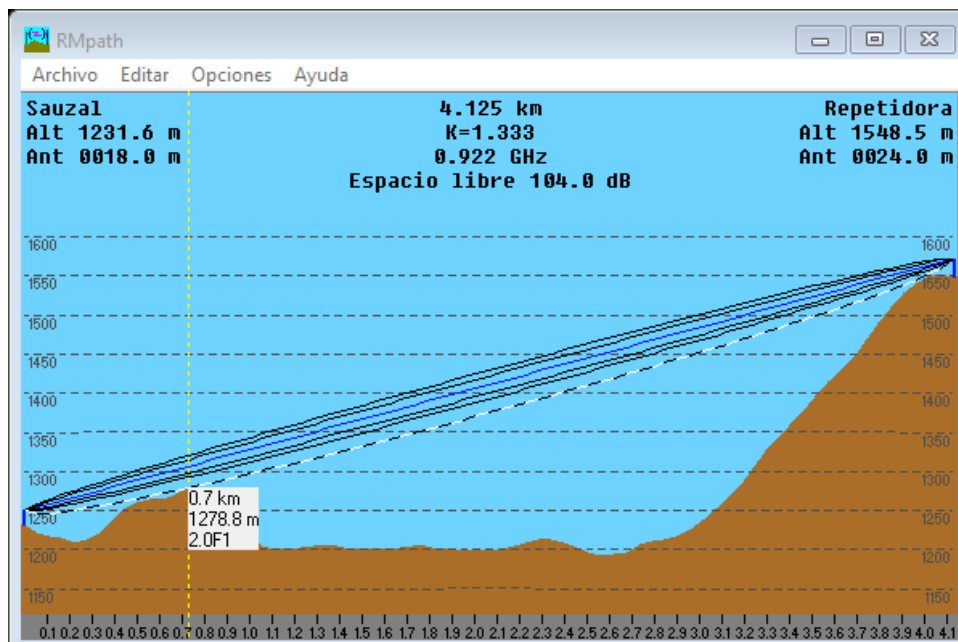
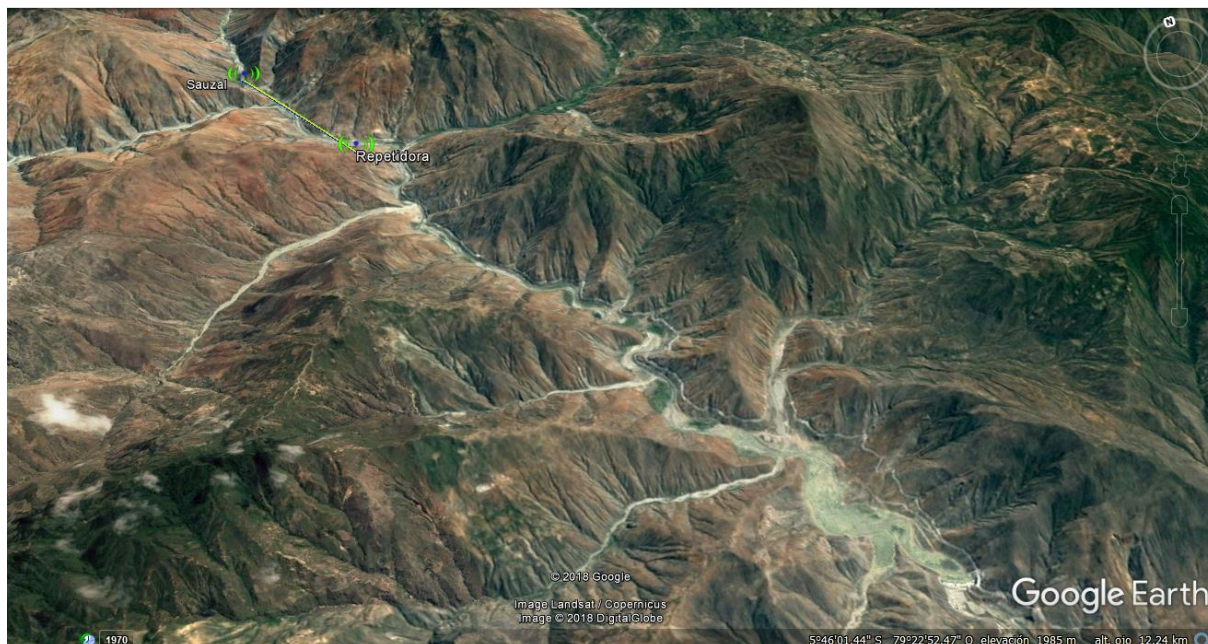


Figura 56. Vista del enlace Sauzal – Repetidora Sauzal en Google Earth, exportado desde Radio Mobile.



4.1.2.4 Enlace Repetidora Sauzal – Sala de Control

Figura 57. Vista de la factibilidad del enlace Repetidora Sauzal – Sala de Control.



Figura 58. Enlace Repetidora Sauzal – Sala de Control, Vista en Radio Link. Enlace factible.

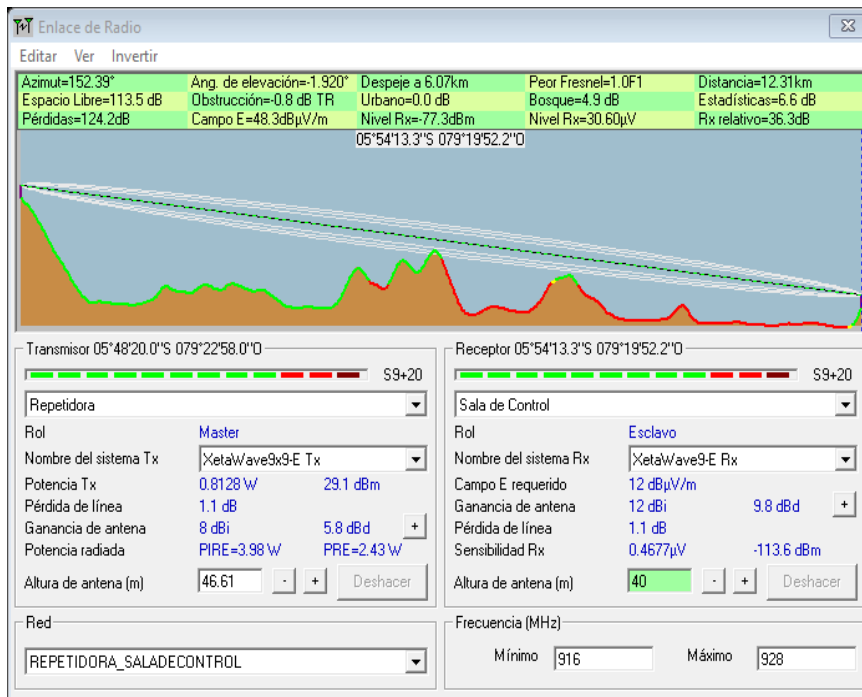


Figura 59. Rango de la señal dada por el enlace entre la Repetidora Sauzal – Sala de Control.

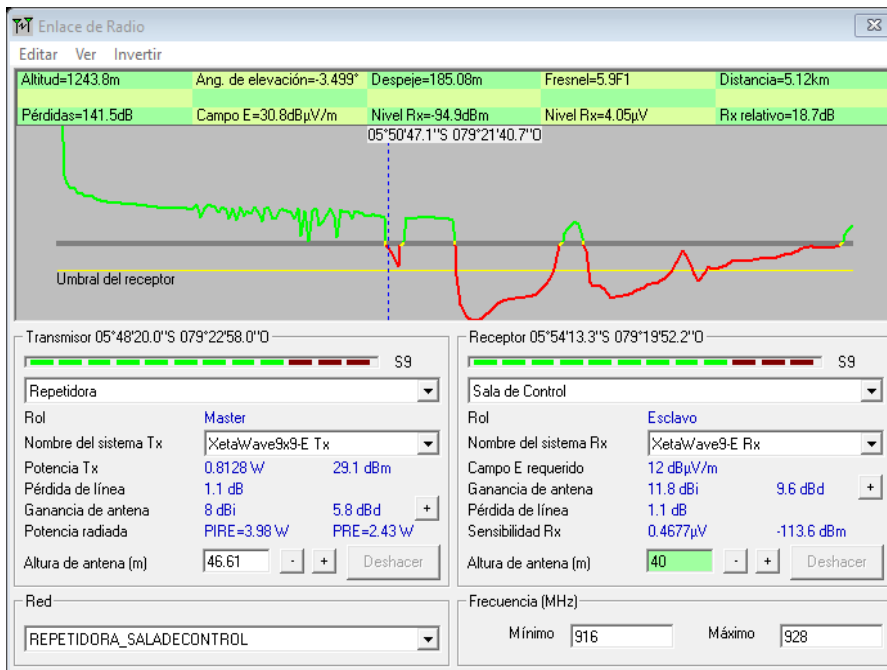


Figura 60. Presentación del enlace Repetidora Sauzal – Sala de Control en RM PATH, Programa externo a Radio Mobile.

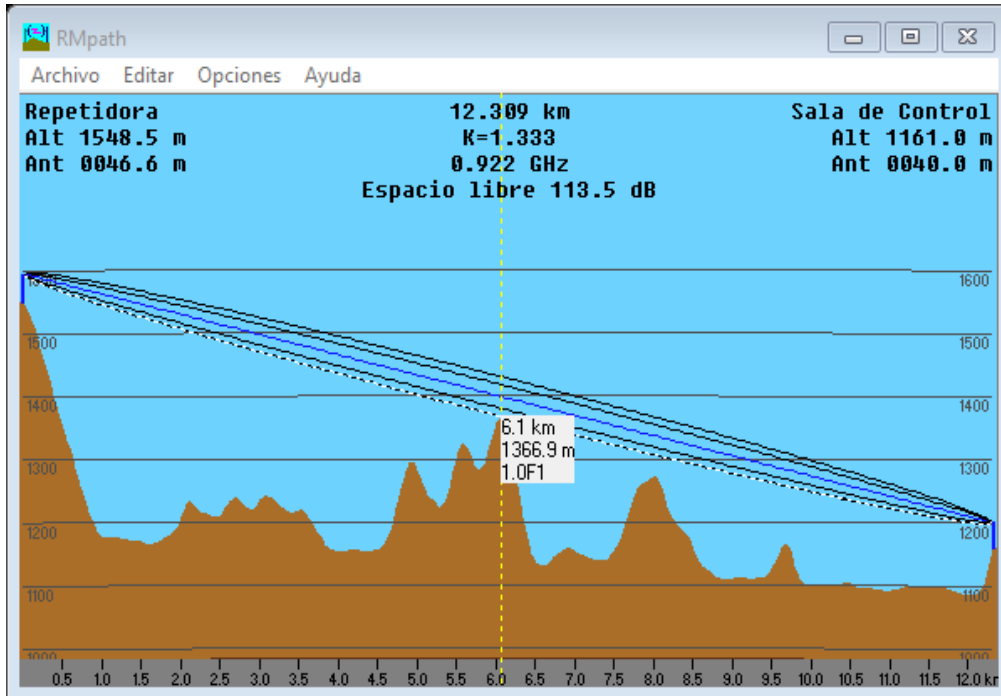


Figura 61. Vista del enlace Repetidora Sauzal – Sala de Control, en Google Earth, exportado desde Radio Mobile.

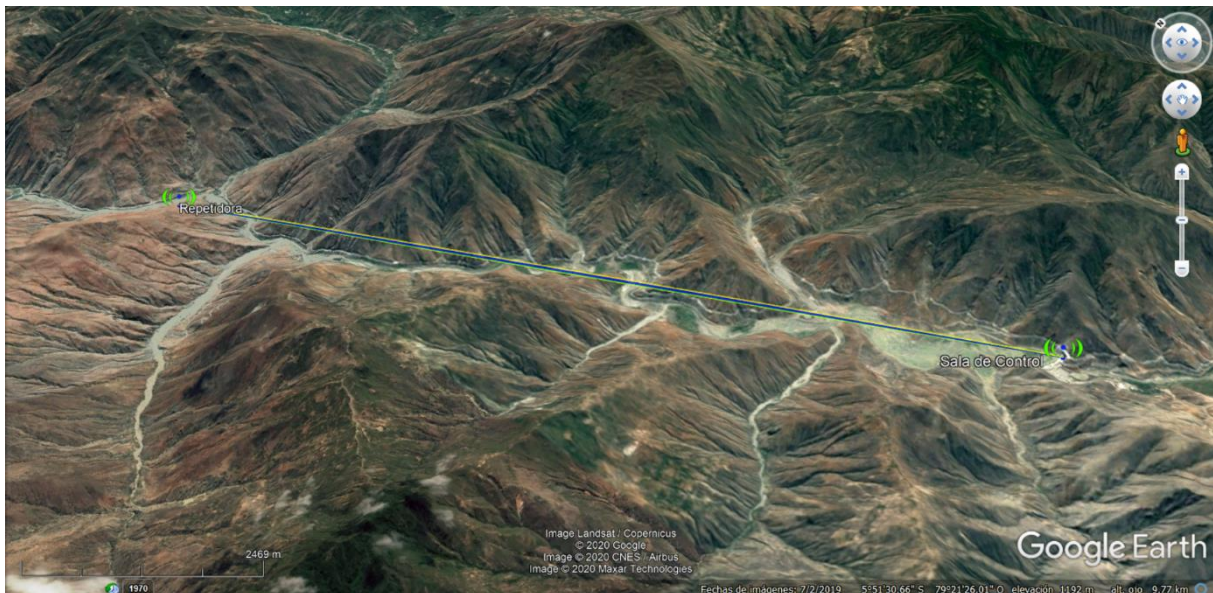
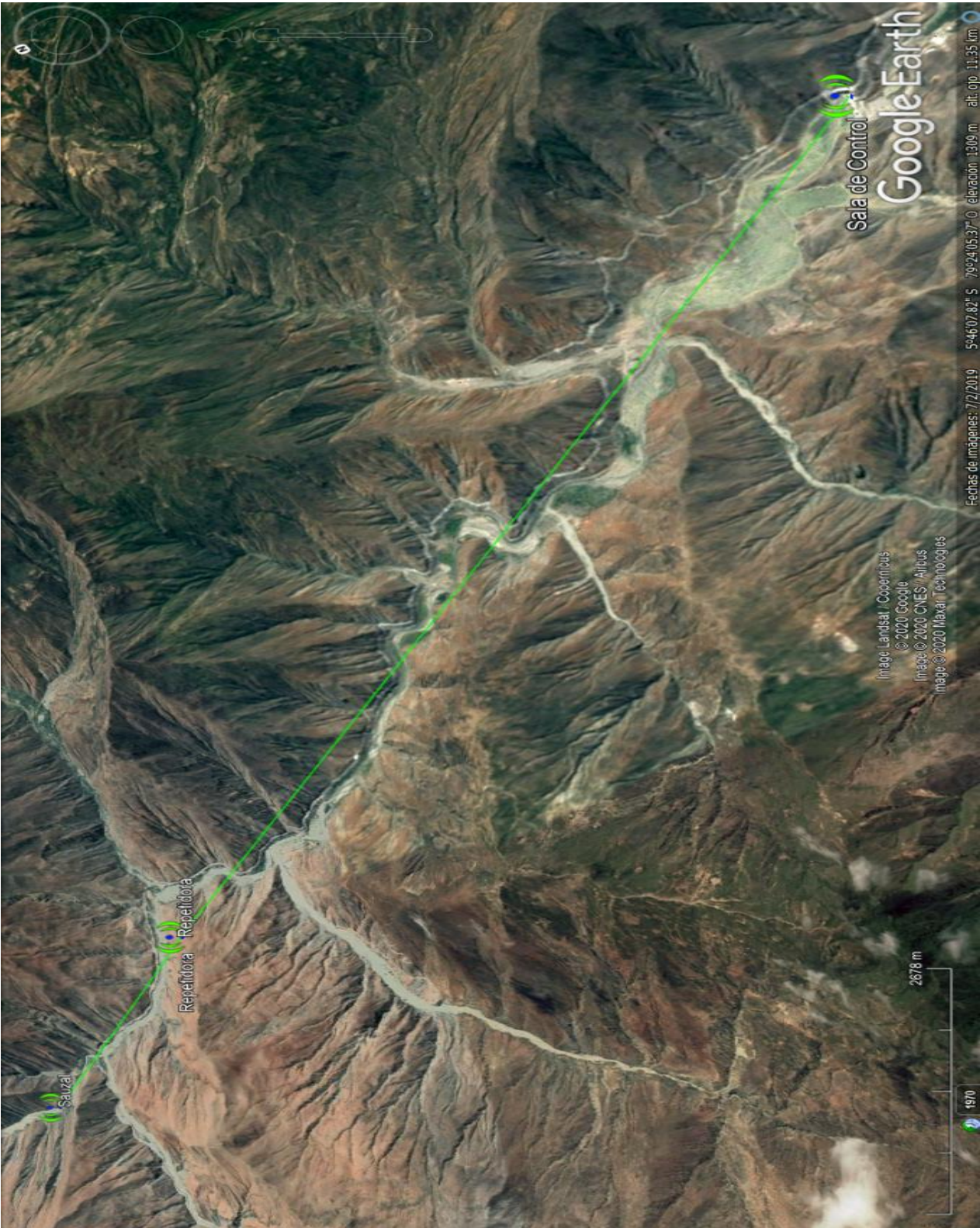


Figura 62. Vista del Radio Enlace para la Transmisión de datos de la estación de Aforo Sauzal – Radio enlace Factible. Vista en Google Earth, exportado desde Radio Mobile.



4.2 Consumo de energía del sistema y diseño solar

4.2.1 Potencia del sistema

4.2.1.1 Estación Sauzal

Tabla 16. Equipos y accesorios, tablero de control del sistema de medición de caudal – Sauzal.

CANT.	DESCRIPCIÓN / DATOS TÉCNICOS	MODELO	FABRICANTE	POTENCIA
01	PLC Módulo S7-1200 / 6ES7214-1AG40-0XB0	CPU 1214C DC/DC/DC	Siemens	36.00W
01	Radio Modem	Xeta9-E/Xeta9-EL	Xetawave	6.60W
01	Sensor de nivel tipo radar	VegaPuls WL 61	Vega	0.53W
01	Baliza Roja fija XVB – Led 24VDC IP65	Harmony	XVBL0B4	1.13W
01	Luminaria LED compacta	SZ 4140.840	Rittal	3.84W
01	Switch de posición (apertura/cierre de tablero)	Type 4746	Samson	2.00W

4.2.1.2 Repetidora

Tabla 17. Equipos y accesorios, tablero de control de repetidora

CANT.	DESCRIPCIÓN / DATOS TÉCNICOS	MODELO	FABRICANTE	POTENCIA
01	Switch Ethernet 5 puertos	EDS-205	moxa	2.00W
01	Radio Modem	Xeta9x9-E/Xeta9x9-EL	Xetawave	6.60W
01	Luminaria LED compacta	SZ 4140.840	Rittal	3.84W
01	Baliza Roja fija XVB – Led 24VDC IP65	Harmony	XVBL0B4	1.13W
01	Switch de posición (apertura/cierre de tablero)	Type 4746	Samson	2.00W

4.2.1.3 Sala de control – Aliviadero

Tabla 18. Equipos y accesorios, tablero de control – Aliviadero.

CANT.	DESCRIPCIÓN / DATOS TÉCNICOS	MODELO	FABRICANTE	POTENCIA
01	Switch Ethernet 5 puertos	EDS-205	moxa	2.00W
01	Radio Modem	Xeta9-E/Xeta9-EL	Xetawave	6.60W
01	Luminaria LED compacta	SZ 4140.840	Rittal	3.84W
01	Switch de posición (apertura/cierre de tablero)	Type 4746	Samson	2.00W
01	Columna de señalización de tres elementos	AB	XVMB1RAG	5.50W

4.2.2 Dimensionamiento del sistema solar

A continuación, se detalla el consumo de energía de cada uno de los equipos que se utilizarán en los tableros de control para el **diseño de un sistema de medición remota de caudal en la estación de aforo sauzal monitoreado desde la sala control principal de trasvase del proyecto olmos.**

4.2.2.1 Estación Sauzal

La Energía (**Wh**) de cada equipo se da por la multiplicación de la potencia (**W**) y el tiempo de trabajo en horas. La suma total de la Energía (**Wh**) de cada equipo da el total de la demanda energética (**De**) por día.

➤ **Cálculo total del consumo de energía del sistema:**

Tabla 19. Consumo unitario en Watts, de los equipos y accesorios del tablero de control del sistema de medición de caudal – Aforo Sauzal.

Voltaje Nominal Sistema FV = 24 VDC				
Cant.	DESCRIPCIÓN	POT. (W)	T (H)	E (Wh)
01	PLC Módulo S7-1200 / 6ES7214-1AG40-0XB0	36.00W	24	864.00
01	Radio Modem Xeta9-E/Xeta9-EL	6.60W	24	158.40
01	Sensor de nivel tipo radar	0.53W	24	12.72
01	Baliza Roja fija XVB – Led 24VDC IP65	1.13W	24	27.12
01	Luminaria LED compacta	3.84W	02	7.68
01	Switch de posición (apertura/cierre de tablero)	2.00W	02	4.00
Total, Demanda Energética (De)				1073.92

➤ **Cálculo de Paneles**

La irradiación solar es un componente importante en el cálculo de los paneles solares. Es necesario conocer las coordenadas del emplazamiento para definir este parámetro; existen diversas fuentes que proporcionan la media diaria de la irradiación solar en KWh/m² y permiten evaluar el rendimiento de los sistemas solares. Para nuestra investigación empleamos el programa METEONORM v8.1.0, que incluye datos de más de 8000 estaciones meteorológicas, cinco satélites geoestacionarios y una climatología de aerosoles calibrada a nivel mundial, lo que permite obtener resultados de gran precisión.

Utilizamos como fuente de validación de datos una plataforma WEB sobre meteorología y energía solar proporcionada por la NASA: NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources, o simplemente POWER Data Access Viewer. También está disponible el "Atlas de la Energía Sun", que detalla la irradiación solar en Perú por departamento y mes. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú (SENAMHI) y la Dirección General de Electrificación Rural (DGER - MEM) del Ministerio de Energía y Minas emitieron estos mapas en 2003. (MINEM).

Figura 63. Mapa de Radiación Solar del departamento de Cajamarca, región donde se implementará el proyecto de tesis.

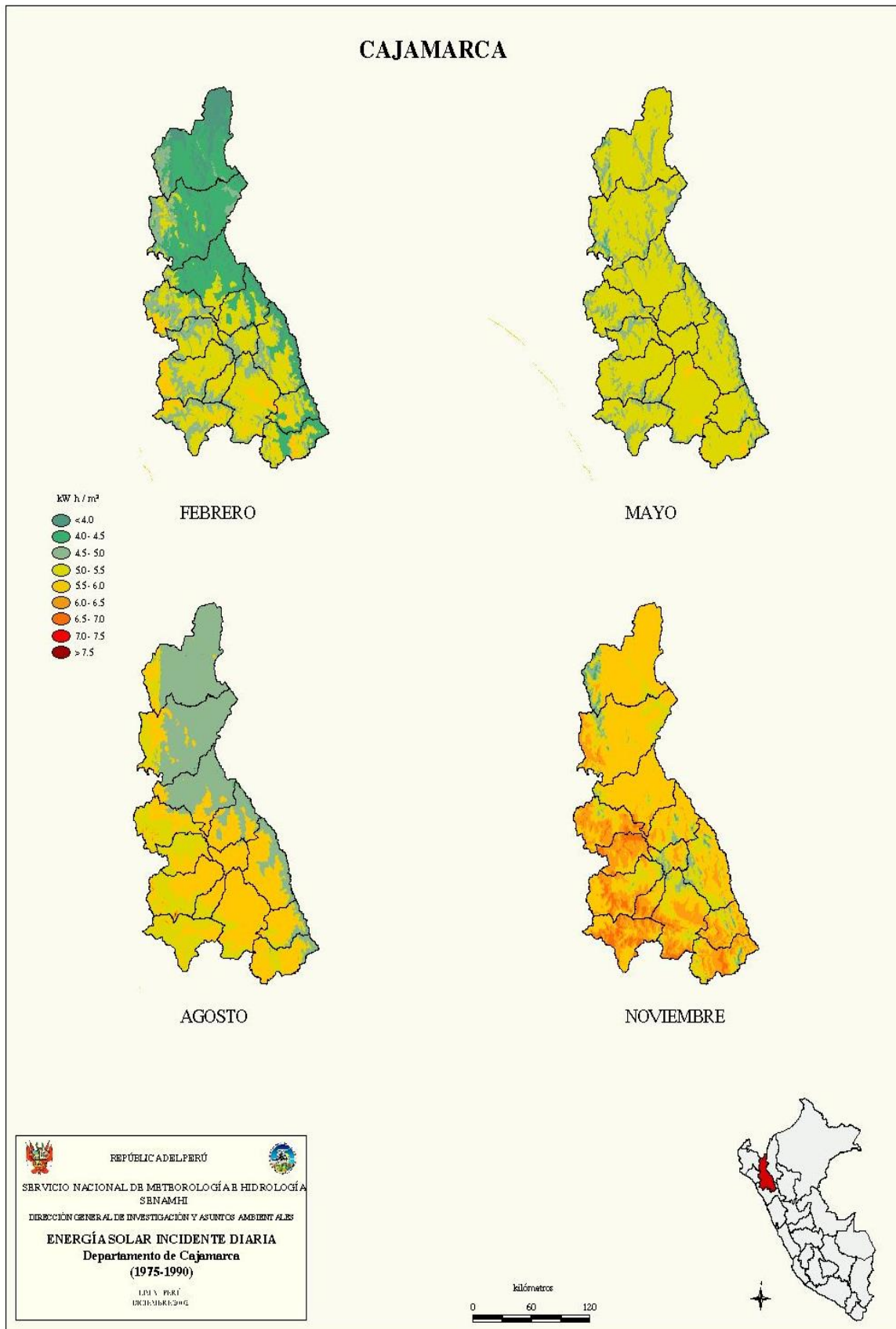


Figura 64. Promedio mensual de la radiación solar en Sauzal, Software Meteonorm 8.1.

ESTACIÓN DE AFORO SAUZAL

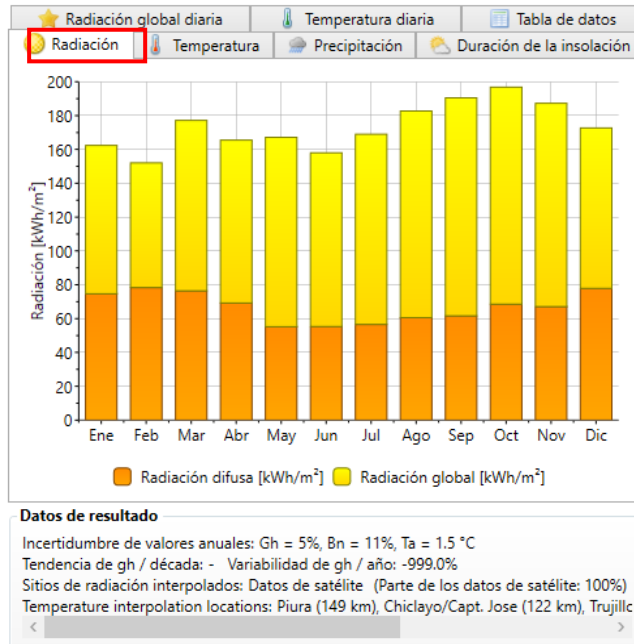


Figura 65. Duración promedio mensual de la radiación solar en Sauzal en horas, Software Meteonorm 8.1.

ESTACIÓN DE AFORO SAUZAL

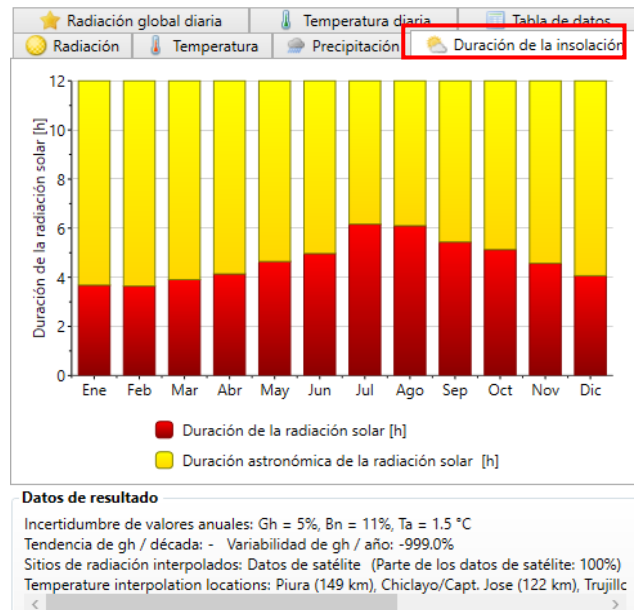


Figura 66. Tabla de datos con los niveles de radiación solar promedio mensual en Sauzal, Software Meteonorm 8.1.

ESTACIÓN DE AFORO SAUZAL

	Gh kWh/m ²	Gk kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s	
Enero	162	171	75	128	19.8	13.6	3.9	
Febrero	152	155	78	106	21	14.6	3.3	
Marzo	177	171	76	143	21	14.6	3.2	
Abril	166	151	69	144	19.3	13.4	3.6	
Mayo	167	143	55	175	16.9	11.8	4	
Junio	158	131	55	167	15.2	10.7	3.7	
Julio	169	142	57	180	14.8	10.4	3.7	
Agosto	183	162	61	183	14.5	10.1	3.8	
Setiembre	191	180	62	182	14.5	9.9	4.3	
Octubre	197	197	69	187	15	10.2	4.4	
Noviembre	187	197	67	180	15.9	10.8	4.2	
Diciembre	173	184	78	138	17.8	12.3	4.2	
Año	2081	1984	802	1913	17.1	11.9	3.9	

Datos de resultado

Incertidumbre de valores anuales: Gh = 5%, Bn = 11%, Gk = 6%, Ta = 1.5 °C
Tendencia de gh / década: - Variabilidad de gh / año: -999.0%
Sitios de radiación interpolados: Datos de satélite (Parte de los datos de satélite: 100%)
Temperature interpolation locations: Piura (149 km), Chiclayo/Capt. Jose (122 km), Trujillo

Tabla 20. Tabla resumida de los niveles de radiación solar para la estación Sauzal.

Mes	Irradiación Mensual	Número de días por mes	irradiación diaria promedio mensual (inclinado 15 grados)
Enero	171	31	5.52
Febrero	155	28	5.54
Marzo	171	31	5.52
Abril	151	30	5.03
Mayo	143	31	4.61
Junio	131	30	4.37
Julio	142	31	4.58
Agosto	162	31	5.23
Setiembre	180	30	6.00
Octubre	197	31	6.35
Noviembre	197	30	6.57
Diciembre	184	31	5.94
Año	1984	365	5.44

Tabla 21. Parámetros fundamentales para el cálculo correcto de un sistema fotovoltaico.

Cálculo de paneles solares		
Tensión del sistema	24.00	VDC
Demanda Energética (De)	1073.92	Wh
Factor de compensación por Perdidas (Fp)	1.25	
Irradiación Solar (Is)	4.37	Kw/m ² /día

- ❖ La tensión del sistema (**24VDC**), es la alimentación en voltios de funcionamiento de nuestro sistema de medición.
- ❖ Demanda energética (**De**), designa a la potencia total por día del sistema y es igual a **1073.92Wh**.
- ❖ El factor de compensación por perdidas (**Fp**), designa al sobredimensionamiento del sistema por pérdidas de potencia en la instalación, consideraremos un sobredimensionamiento del **125%**.
- ❖ Irradiación solar en la zona (**Is**), es el nivel de potencia que captan los paneles solares durante el día en determinada Zona. De acuerdo con los datos obtenidos con el software **METEONORM** y en contraste con las demás fuentes ya citadas, observamos que la irradiación promedio anual es de **5.44 KWh/m2/día**, siendo noviembre el mes con mayor irradiación solar, llegando a un nivel de 6.57 KWh/m2/día y **junio el mes de menor irradiación solar con 4.37 KWh/m2/día**. Dentro de las consideraciones para el óptimo rendimiento del sistema se debe considerar la **menor irradiación** registrada durante el año.

Tabla 22. Cálculo del número de paneles para la estación Sauzal.

Potencia Total (Pt)	$\frac{Fp \times De}{Is} = \frac{1.25 \times 1073.92}{4.37} = 307.19W$
Nº de paneles solares (panel solar de 200W a 24VDC)	$N^{\circ}PS = \frac{Pt}{200} = \frac{307.19W}{200W} = 1.54$
~ 2 paneles solares	

El cálculo de La potencia total (**Pt**) describirá el tamaño en watts de los paneles solares, para ello se calcula multiplicando el Factor de Compensación por Perdidas (**Fp**) = **1.25** y la Demanda Energética (**De**) = **1073.92**, al producto resultante, se le divide la Irradiación solar en la zona (**Is**) =**4.37**, dando como resultado los watts necesarios para los paneles = **307.19 Watts**.

El número de paneles se designa por los watts obtenidos en la Potencia total (**Pt**); dado que en el mercado no se encuentran paneles de 307.19W, para ello se utilizarán paneles solares comerciales de 24VDC con potencia de **200W**.

Para nuestro diseño necesitaremos **2 paneles solares conectados en paralelo**.

➤ **Cálculo de Baterías**

Tabla 23. Parámetros para calcular el número de baterías para el sistema fotovoltaico de la estación Sauzal.

Cálculo del Banco de Batería	
POTENCIA TOTAL DEL SISTEMA (De)	1073.92W
AUTONOMÍA(AUT)	3 días
EFICIENCIA DE LAS BATERÍAS(Rend)	75%
DESCARGA MÁXIMA DE LAS BATERIAS(Desc)	75%
VOLTAJE DEL SISTEMA(VDC)	24VDC

- ❖ Autonomía (**Aut**), es el tiempo que se necesita para que el sistema esté funcionando en ausencia de sol.
- ❖ Eficiencia de las Batería (**Rend**), es la carga real que te da la batería para la alimentación de los equipos.
- ❖ Descarga máxima de las baterías (**Desc**), es la descarga real de la batería en el cual el sistema puede ser alimentado.

Tabla 24. Cálculo del número de baterías para la estación Aforo Sauzal.

POTENCIA TOTAL DEL BANCO DE BATERIAS (PB)	$PB = \frac{AUT \times De}{Rend \times Desc} = \frac{3 \times 1073.92}{0.75 \times 0.75} = 5727.57W$
CAPACIDAD TOTAL DEL BANCO DE BATERIAS	$CB = \frac{PB}{VDC} = \frac{5727.57W}{24V} = 238.65A$
NÚMERO DE BATERIAS (Batería de 150AH)	$N^{\circ}B = \frac{CB}{150A} = \frac{238.65A}{150A} = 1.59$ <p>Disponemos de baterías de 12VDC y nuestro sistema es de 24VDC, para ello requerimos instalar dos baterías en serie, y así obtener el voltaje que necesitamos. Concluyendo con el cálculo realizado, necesitamos un total de: 4 Baterías.</p> <ul style="list-style-type: none">✓ 2 baterías de 12V en Serie (24VDC)✓ 2 arreglos en paralelo

Potencia Total del Banco de Batería (**PB**), se calcula con la multiplicación de la Autonomía (**AUT**) = **3 días** y la Demanda energética (**De**) = **1073.92W**, al resultado, se le divide la multiplicación de la Eficiencia de las Batería (**Rend**) = **75%** y la Descarga máxima de las baterías (**Desc**) = **75%**, dando como resultado, **PB = 5727.57W**.

Para calcular la capacidad total del Banco de Baterías (**CB**): habiendo obtenido la potencia total del banco de baterías (**PB**) = **5727.57W** se le divide el voltaje con el que trabaja toda la plataforma, **24 VDC**, da como resultado la Capacidad total del banco de baterías = **238.65A**. El número total de batería a necesitar se da con la división de la potencia total del banco de batería (**PB**) y el valor numérico de la capacidad de la batería de ciclo profundo = **150 Ah**, dando como resultado = **1.59 baterías equivalente a 2 baterías**.

Adicional a esto debemos considerar que estamos trabajando con un sistema de 24 VDC, por lo tanto, es necesario calcular el número de baterías en serie que se deben conectar. Par ello se divide el Voltaje del sistema (**24VDC**) con el voltaje nominal de la batería (**12VDC**) obteniendo un arreglo de 2 baterías en serie. Consideraremos en total 4 baterías de 12VDC de ciclo profundo con una capacidad de 150AH.

➤ **Cálculo del Controlador de carga**

Tabla 25. Parámetros para calcular el controlador solar requerido en la estación Sauzal.

Cálculo del Controlador de carga	
POTENCIA MAXIMA DE LOS PANELES(Pt)	400W
VOLTAJE DEL SISTEMA(VDC)	24VDC

Tabla 26. Cálculo de la capacidad del controlador solar para la estación Sauzal.

CORRIENTE EN EL CONTROLADOR(IC)	$IC = \frac{Pt}{VDC} = \frac{400W}{24V} = 16.67A$
~ Equivalente a un controlador de 32A	

La corriente en el controlador de carga se determina con la división entre la potencia máxima de los paneles (**Pt**) = **400W** y el voltaje nominal de alimentación del sistema =**24VDC**, dando como resultado **16.67A**, el controlador a utilizar debe tener una capacidad mayor, consideraremos un controlador de **32A**.

4.2.2.2 Repetidora Sauzal

➤ **Cálculo del consumo total de energía del sistema**

Tabla 27. Consumo unitario en Watts, de los equipos y accesorios del tablero de control de la repetidora.

Voltaje Nominal Sistema FV = 24 VDC				
ITEM	DESCRIPCIÓN	POT. (W)	T (H)	E (Wh)
01	Switch Ethernet 5 puertos	2.00W	24	48.00
01	Radio Modem Xeta9-E/Xeta9-EL	6.60W	24	158.40
01	Luminaria LED compacta	3.84W	02	7.68
01	Baliza Roja fija XVB – Led 24VDC IP65	1.13W	24	27.12
01	Switch de posición (apertura/cierre de tablero)	2.00W	02	4.00
TOTAL, Demanda Energética (De)				245.20

➤ **Cálculo de Paneles**

Figura 67. Nivel promedio mensual de la radiación solar en el punto donde irá instalada la repetidora, Software Meteonorm 8.1.

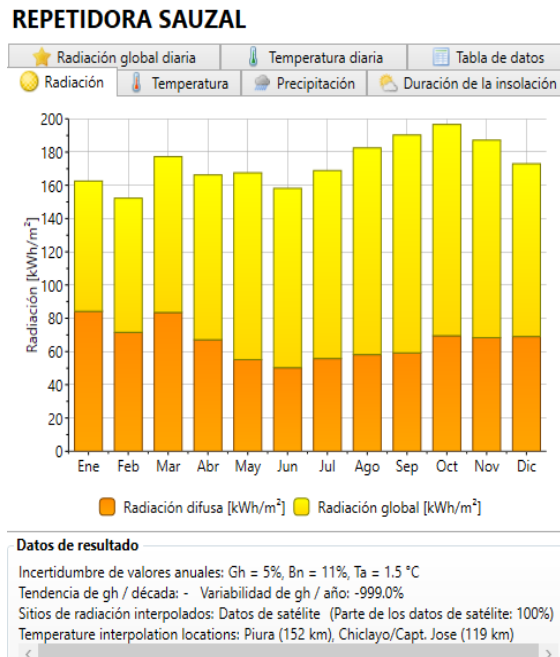


Figura 68. Duración promedio mensual de la radiación solar en el punto donde irá instalada la repetidora en horas, Software Meteonorm 8.1.

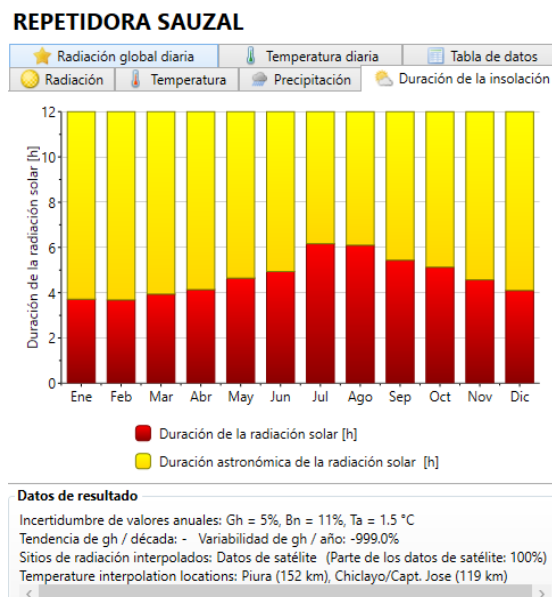


Tabla 28. Duración promedio mensual de la radiación solar en el punto donde irá instalada la repetidora en horas, Software Meteonorm 8.1.

REPETIDORA SAUZAL

	Gh kWh/m ²	Gk kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s	
Enero	163	171	84	116	18.3	11.9	3.9	
Febrero	152	154	72	116	19.5	12.8	3.4	
Marzo	177	171	83	135	19.4	12.9	3.2	
Abril	166	152	67	148	17.8	11.8	3.6	
Mayo	167	143	55	177	15.4	10.2	4.1	
Junio	158	130	50	176	13.6	9	3.7	
Julio	169	142	56	181	13.1	8.7	3.7	
Agosto	183	161	58	188	12.9	8.4	3.9	
Setiembre	190	179	59	188	13	8.4	4.4	
Octubre	197	198	70	189	13.5	8.7	4.4	
Noviembre	187	198	68	183	14.3	9.3	4.3	
Diciembre	173	185	69	154	16.3	10.7	4.2	
Año	2082	1984	792	1951	15.6	10.2	3.9	

Datos de resultado
 Incertidumbre de valores anuales: Gh = 5%, Bn = 11%, Gk = 6%, Ta = 1.5 °C
 Tendencia de gh / década: - Variabilidad de gh / año: -999.0%
 Sitios de radiación interpolados: Datos de satélite (Parte de los datos de satélite: 100%)
 Temperature interpolation locations: Piura (152 km), Chiclayo/Capt. Jose (119 km)

Tabla 29. Tabla resumida de los niveles de radiación solar para la zona de nuestra Repetidora Sauzal.

Mes	Irradiación Mensual	Número de días por mes	irradiación diaria promedio mensual (inclinado 15 grados)
Enero	171	31	5.52
Febrero	154	28	5.50
Marzo	171	31	5.52
Abril	152	30	5.07
Mayo	143	31	4.61
Junio	130	30	4.33
Julio	142	31	4.58
Agosto	161	31	5.19
Setiembre	179	30	5.97
Octubre	198	31	6.39
Noviembre	198	30	6.60
Diciembre	185	31	5.97
Año	1984	365	5.44

Tabla 30. Parámetros para calcular el número de baterías en la estación Repetidora.

Cálculo de paneles solares	
Tensión del sistema (Ts)	24 V
Demanda Energética (De)	245.20 Wh
Factor de compensación por Perdidas (Fp)	1.25
Irradiación Solar (Is)	4.33 Kw/m2/dia

Tabla 31. Cálculo del número de paneles solares para la estación Repetidora.

$$\text{Potencia Total (Pt)} \quad \frac{Fp \times De}{Is} = \frac{1.25 \times 245.20}{4.33} = 70.79$$

$$\text{Nº de paneles solares (panel solar de 80W) en Paralelo} \quad N^{\circ}PSp = \frac{Pt}{80} = \frac{70.79}{80} = 0.89$$

$$\text{Nº de paneles solares (panel solar de 80W) en serie} \quad N^{\circ}PSS = \frac{Ts}{Tm} = \frac{24}{12} = 2.0$$

Para este cálculo dispondremos de paneles solares cuya potencia es baja, en el mercado encontramos estos paneles para sistemas de 12VDC. Nuestro diseño es de 24 VDC, para ello debemos tener un arreglo en serie.

Por lo tanto, necesitaríamos **2 paneles solares conectados en Serie.**

Los paneles solares de 24V son los paneles que más potencia ofrece, suelen oscilar entre los 180 y los 320 W. Los paneles solares de menor potencia son diseñados para sistemas de 12VDC, por lo tanto, para este cálculo necesitamos agrupar los paneles solares de tal forma que podamos conseguir 24VDC.

Para obtener esta configuración debemos instalar los paneles solares en serie.

➤ **Cálculo del Banco de Batería**

Tabla 32. Parámetros para el cálculo del número de baterías para la estación Repetidora.

Cálculo del Banco de Batería	
POTENCIA TOTAL DEL SISTEMA (De)	245.20Wh
AUTONOMÍA(AUT)	3 días
EFICIENCIA DE LAS BATERÍAS(Rend)	75%
DESCARGA MÁXIMA DE LAS BATERIAS(Desc)	75%
VOLTAJE DEL SISTEMA(VDC)	24VDC

Tabla 33. Cálculo del número de baterías para la estación Repetidora.

POTENCIA TOTAL DEL BANCO DE BATERIAS (PB)	$PB = \frac{AUT \times De}{Rend \times Desc} = \frac{3 \times 245.20}{0.75 \times 0.75} = 1307.73W$
CAPACIDAD TOTAL DEL BANCO DE BATERIAS	$CB = \frac{PB}{VDC} = \frac{1307.73W}{24V} = 54.49A$
Nº DE BATERIAS (Batería de 100AH)	$N^{\circ}B = \frac{CB}{150} = \frac{54.49A}{100A} = 0.55 \text{ baterias}$ <p>Disponemos de baterías de 12VDC y nuestro sistema es de 24VDC, para ello requerimos instalar dos baterías en serie, y así obtener el voltaje que necesitamos. Concluyendo con el cálculo realizado, necesitamos un total de: 2 Baterías. ✓ 2 baterías de 12V en Serie (24VDC)</p>

➤ **Cálculo del Controlador de carga**

Tabla 34. Parámetros para el cálculo del controlador solar que se utilizará en la estación Repetidora.

Cálculo del Controlador de carga	
POTENCIA MAXIMA DE LOS PANELES(Pt)	160W
VOLTAJE DEL SISTEMA(VDC)	24VDC

Tabla 35. Cálculo de la capacidad del controlador solar a utilizar en la estación Repetidora.

CORRIENTE EN EL CONTROLADOR(IC)	$IC = \frac{Pt}{VDC} = \frac{160W}{24V} = 6.67A$
~ Equivalente a un controlador de 10A	

4.2.2.3 Sala de control - Aliviadero

En la Sala de control, donde se visualizará la transmisión de datos, no es necesario la utilización de un sistema solar, ya que cuenta con red eléctrica estabilizada de 220VAC, así como también un sistema de respaldo conformado por tres grupos electrógenos. Sólo describiremos el cuadro de potencias, que nuestro sistema consumirá en esta zona, así como también la irradiación solar para cálculos futuros, si es que se desea implementar algún sistema solar alternativo.

➤ **Cálculo del consumo total de energía del sistema**

Tabla 36. Consumo unitario en Watts, de los equipos y accesorios del tablero de la sala de control.

Voltaje Nominal Sistema FV = 24 VDC				
Cant.	DESCRIPCIÓN	POT. (W)	T (H)	E (Wh)
01	Switch Ethernet 5 puertos	2.00W	24	48.00
01	Radio Modem	6.60W	24	158.40
01	Luminaria LED compacta	3.84W	02	7.68
01	Switch de posición (apertura/cierre de tablero)	2.00W	02	4.00
01	Columna de señalización de tres elementos	5.50W	24	132.00
TOTAL (Demanda Energética (De))				350.08

Figura 69. Nivel promedio mensual de la radiación solar en la sala de control, Software Meteonorm 8.1.

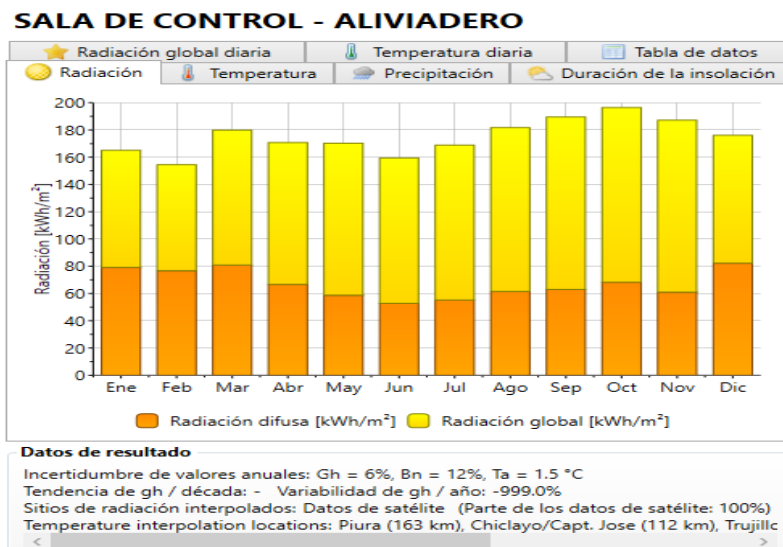


Figura 70. Duración promedio mensual de la radiación solar en la sala de control en horas, Software Meteonorm 8.1.

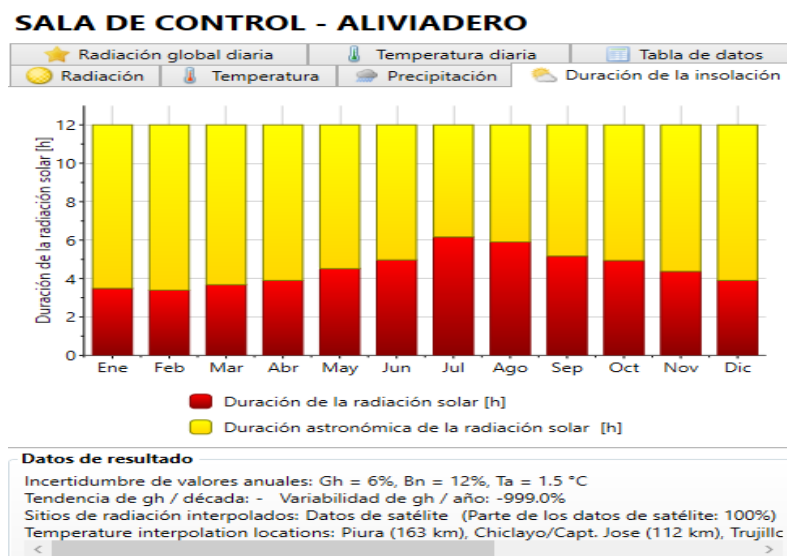


Figura 71. Tabla de datos con los niveles de radiación solar promedio mensual en la sala de control, Software Meteonorm 8.1.

SALA DE CONTROL - ALVIADERO

☀ Radiación		🌡 Temperatura		☁ Precipitación		🌞 Duración de la insolación	
★ Radiación global diaria			🌡 Temperatura diaria			📄 Tabla de datos	
	Gh kWh/m ²	Gk kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s
Enero	165	173	79	124	19.7	13.6	4
Febrero	155	157	77	110	21	14.5	3.5
Marzo	180	174	81	142	20.9	14.7	3.4
Abril	171	156	67	154	19.2	13.4	3.8
Mayo	170	146	59	175	16.8	11.8	4.2
Junio	159	132	53	174	15.1	10.8	3.8
Julio	169	142	55	178	14.7	10.4	3.8
Agosto	182	161	62	181	14.5	10.1	3.9
Setiembre	190	179	63	181	14.5	9.9	4.5
Octubre	196	197	68	187	15	10.3	4.5
Noviembre	187	198	61	189	15.9	10.8	4.4
Diciembre	176	187	82	141	17.8	12.3	4.3
Año	2100	2002	806	1936	17.1	11.9	4

Datos de resultado

Incertidumbre de valores anuales: Gh = 6%, Bn = 12%, Gk = 7%, Ta = 1.5 °C
Tendencia de gh / década: - Variabilidad de gh / año: -999.0%
Sitios de radiación interpolados: Datos de satélite (Parte de los datos de satélite: 100%)
Temperature interpolation locations: Piura (163 km), Chiclayo/Capt. Jose (112 km), Trujillo

Tabla 37. Tabla resumida de los niveles de radiación solar para la zona de la estación Sala de Control.

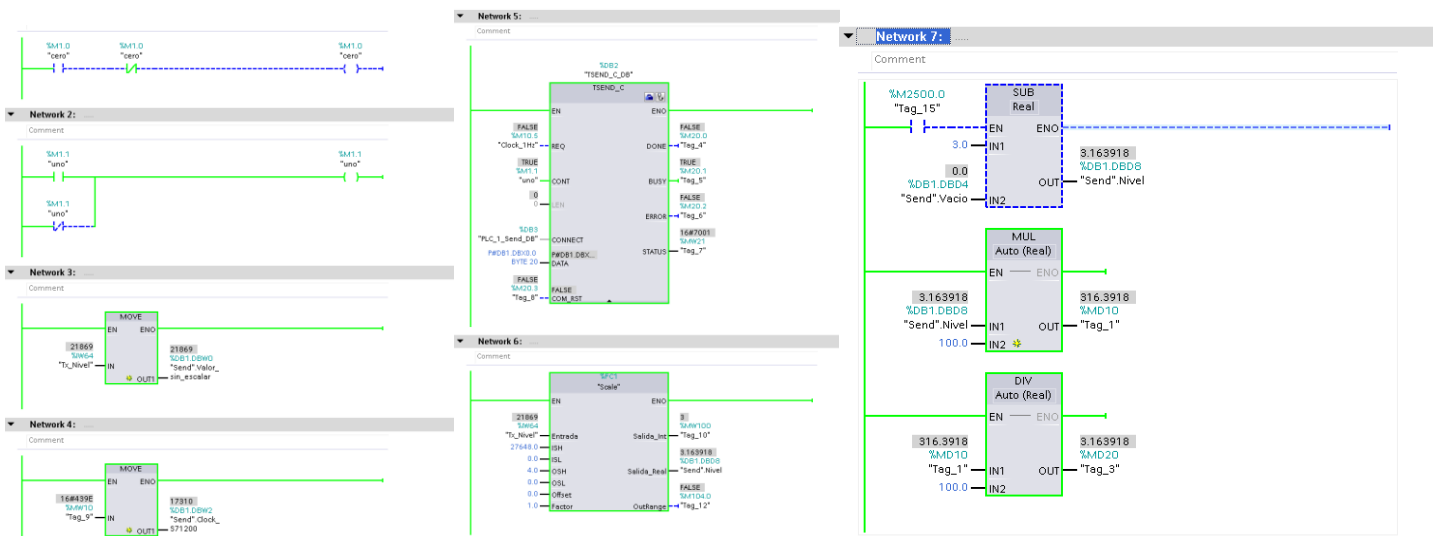
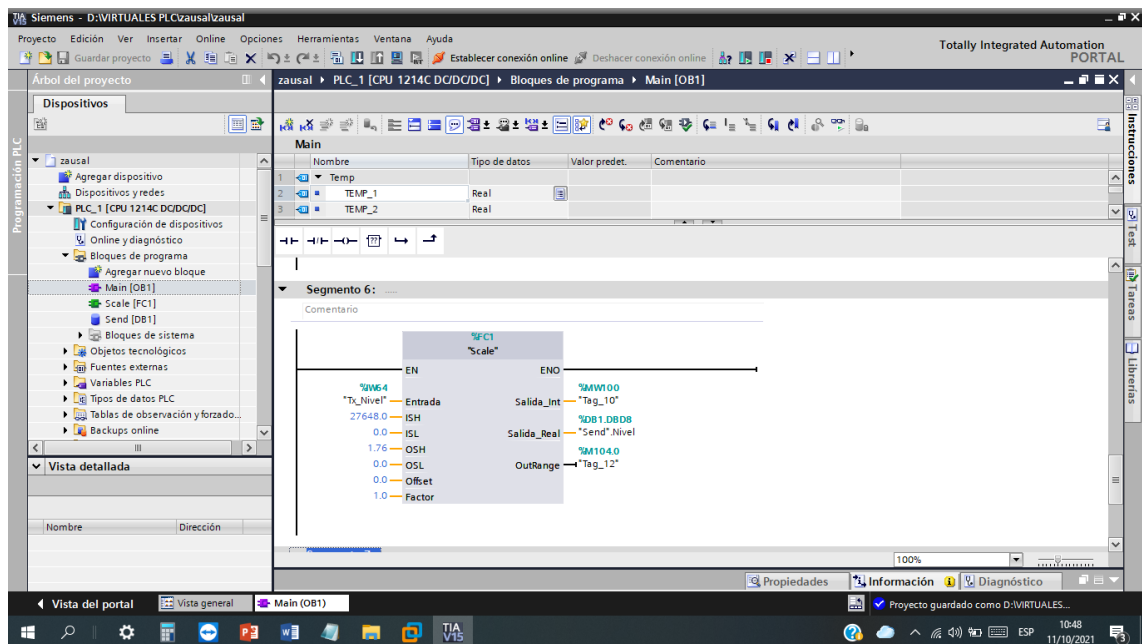
Mes	Irradiación Mensual	Número de días por mes	irradiación diaria promedio mensual (inclinado 15 grados)
Enero	173	31	5.58
Febrero	157	28	5.61
Marzo	174	31	5.61
Abril	156	30	5.20
Mayo	146	31	4.71
Junio	132	30	4.40
Julio	142	31	4.58
Agosto	161	31	5.19
Setiembre	179	30	5.97
Octubre	197	31	6.35
Noviembre	198	30	6.60
Diciembre	187	31	6.03
Año	2002	365	5.48

4.3 Enlace para transmisión de señales

4.3.1 Programa Tia Porta en PLC S7-1200 (estación de monitoreo Sauzal)

Se crea un programa en TIA PORTA para la adquisición de datos del sensor, usaremos un sensor de nivel tipo radar y transmisor, que luego esta señal será enviada al PLC1200. Este programa se encargará de medir el nivel del rio y nos dará una señal de corriente de 4mA a 20mA.

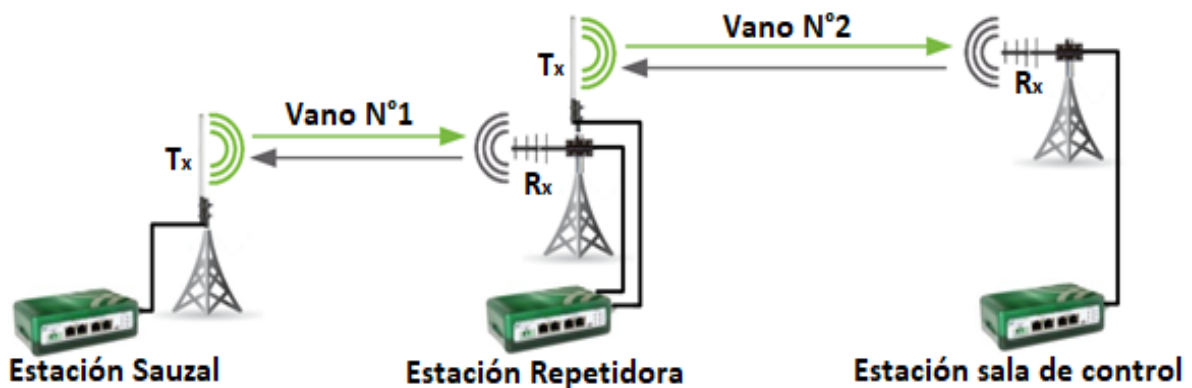
Figura 72: Capturas del programa realizado en Tia Portal, para la simulación del proyecto de tesis.



4.3.2 Enlace de antenas hacia sala de control

De acuerdo con el capítulo 4.1. ya se tiene el cálculo y desarrollo del sistema de transmisión de datos.

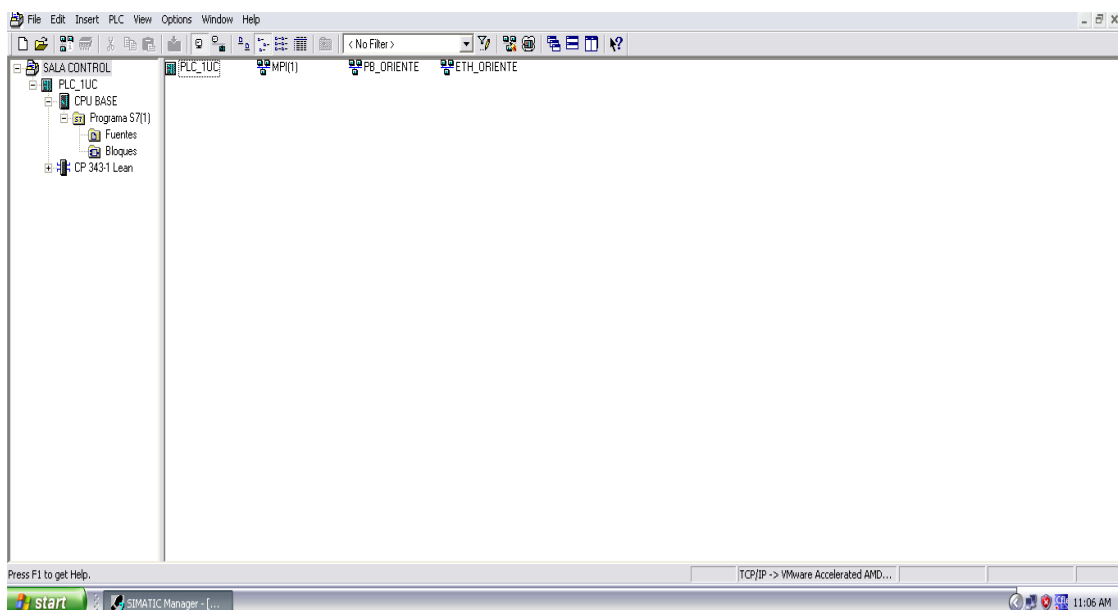
Figura 73: Diseño del sistema de enlace de antenas – Telemetría.



4.3.3 Comunicación de red entre PLC S7-1200 con PLC S7-300

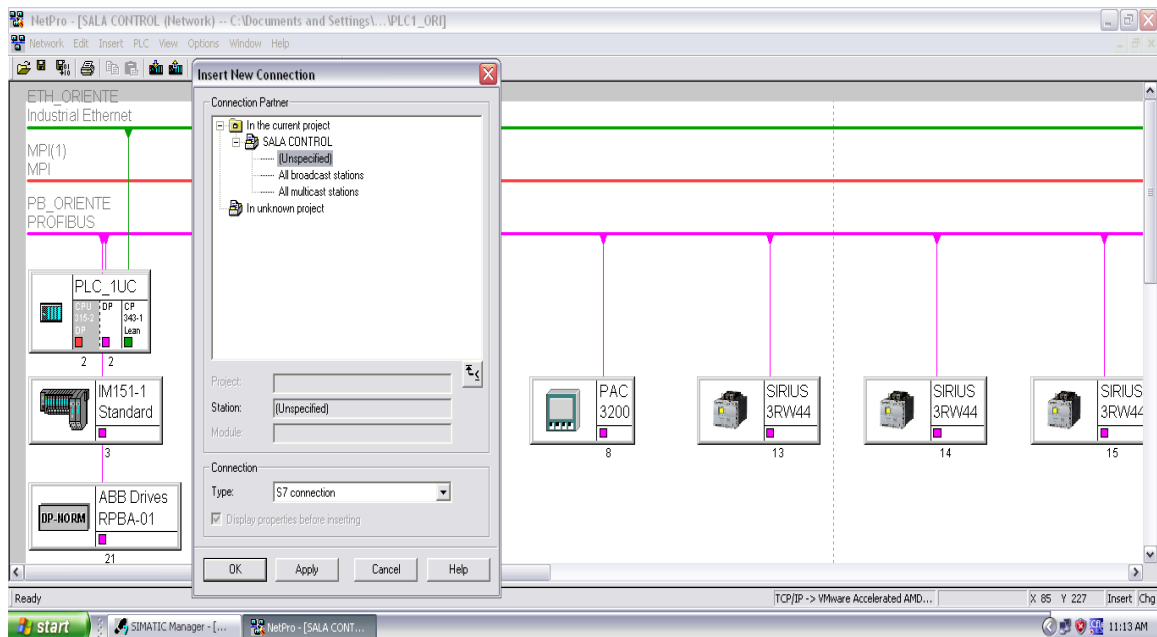
Incluiremos al PLC 1200 (Sauzal) en una red del nodo donde se encuentra el PLC S7 300 (sala de control), este procedimiento se desarrollará dentro de sala de control, abriremos el programa SIMATIC 5.5. Una vez ingresado al programa nos dirigimos al programa que se está ejecutando en el PLC S7 300.

Figura 74: Captura del procedimiento para la comunicación de red entre el PLC S7-1200 y el S7-300



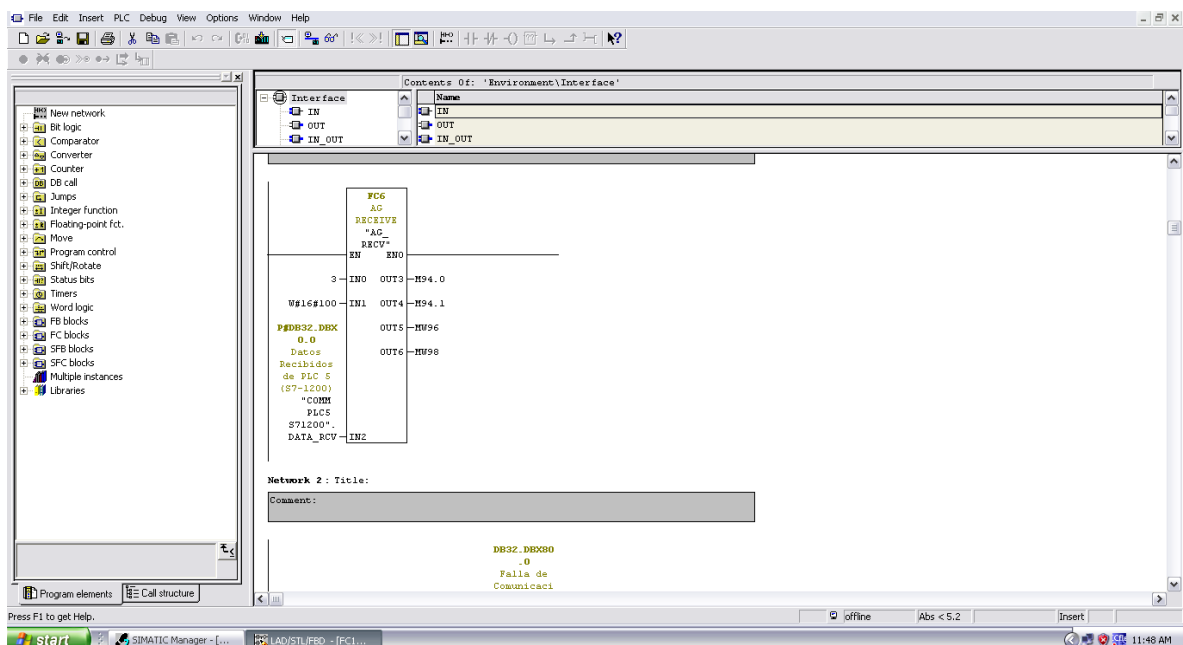
Luego se procede a entrar al NETPRO del mismo programa SIMATIC 5.5 donde se creará la nueva red. Esto se hace para que el PLC S7 1200 tenga un acceso a la red de sala de control.

Figura 75: Creación de la red para establecer la comunicación entre el PLC S7-1200 con la sala de control.



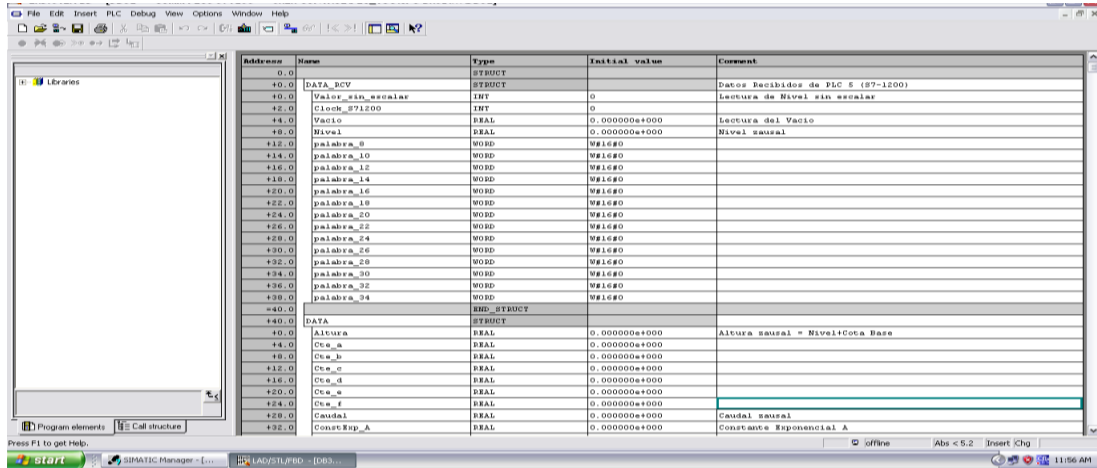
Luego procederemos a crear unos módulos en el PLC S7 300 que se encargaran de la comunicación con el PLC S7 1200.

Figura 76: Creación de los módulos de comunicación para el PLC S7-1200.



También crearemos una base de datos igual a la que tenemos en el PLC S7-1200 del programa TIA PORTA.

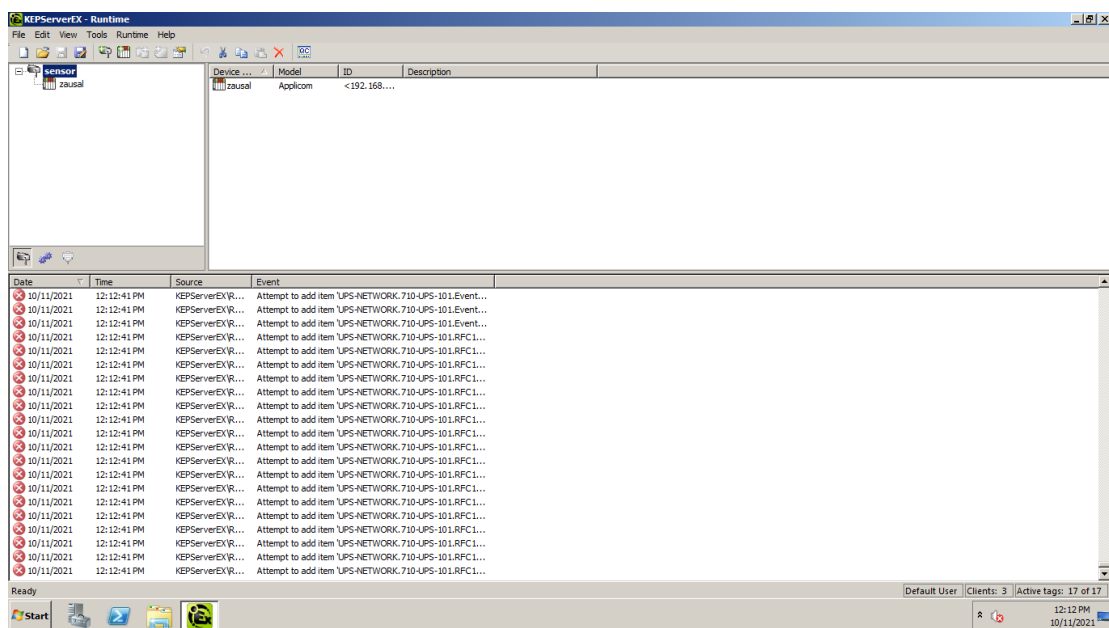
Figura 77: Creación de la base de datos



4.3.4 Creación de una red (Sausal) en kepsserver

Ahora se procede con la creación de datos desde el PLC S7 1200 con un programa OPC (KEPSERVER) que se encuentra en sala de control para nuestro caso. Este programa se encarga de interpretar la data del PLC S7 1200 para luego poder leer los datos En el SCADA.

Figura 78: Creación de datos en el PLC S7-1200, dentro del programa OPC, ubicado en la sala de control.

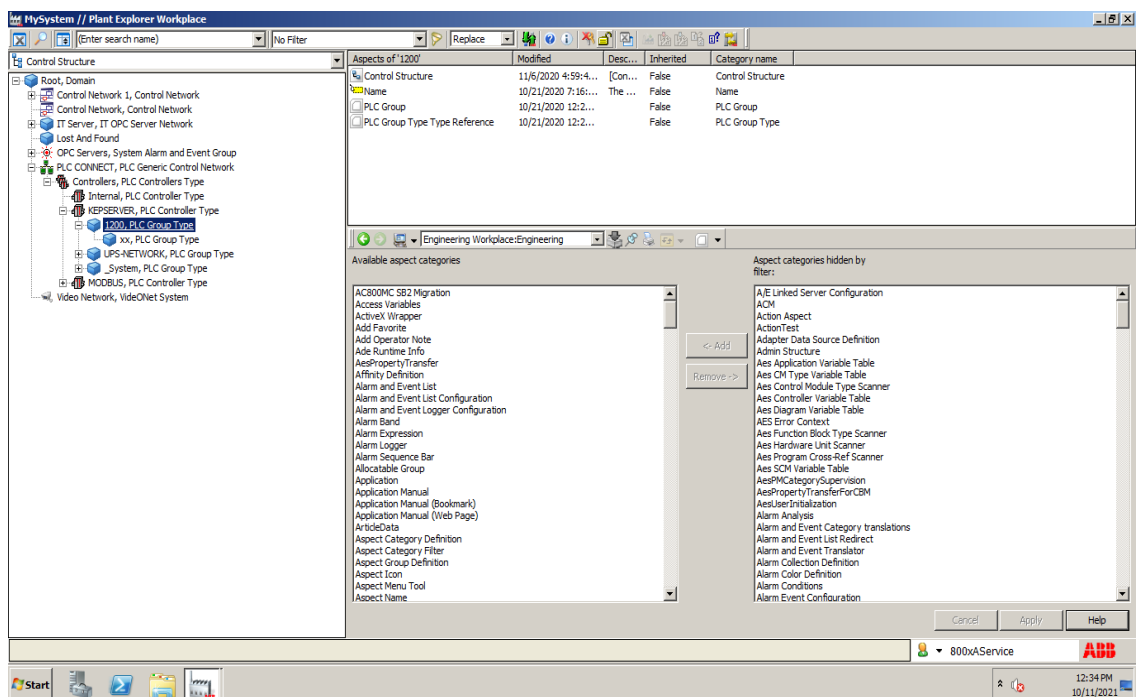
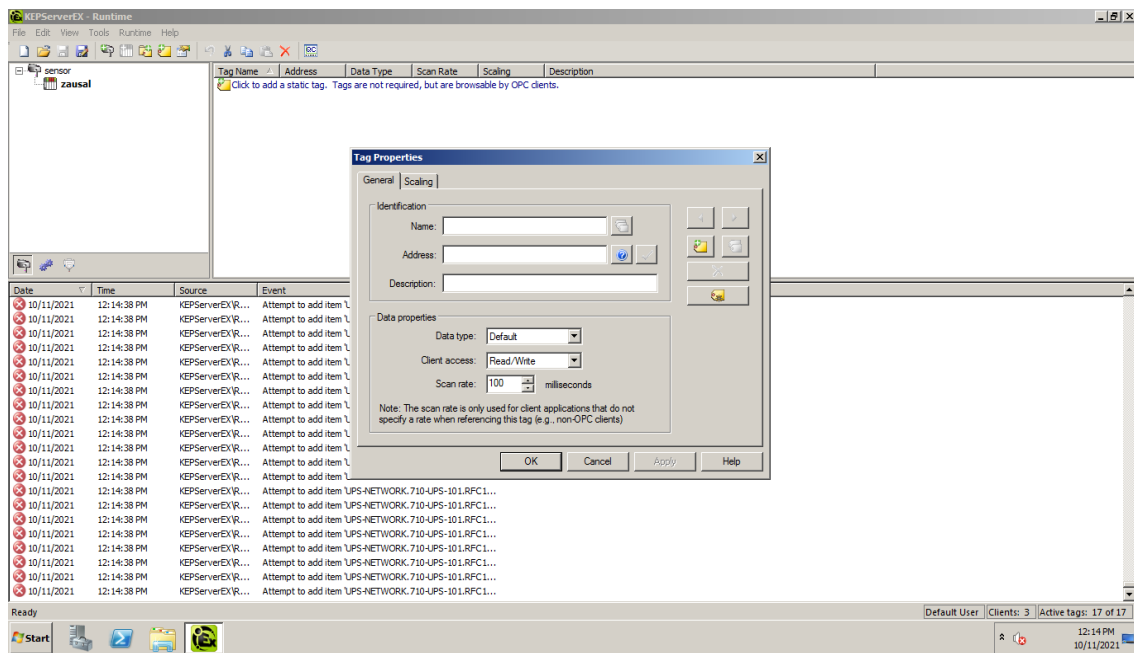


Una vez abierto el programa se crea un nuevo nodo que se llamara Sauzal.

4.3.5 Configuración de la red Sauzal en el PLC S7 300

Después se creará los TAG donde se encuentran todas las señales de la base de datos que vienen del PLC S7 1200. Una vez creado estos datos ya podríamos pasar a diseñar nuestro SCADA.

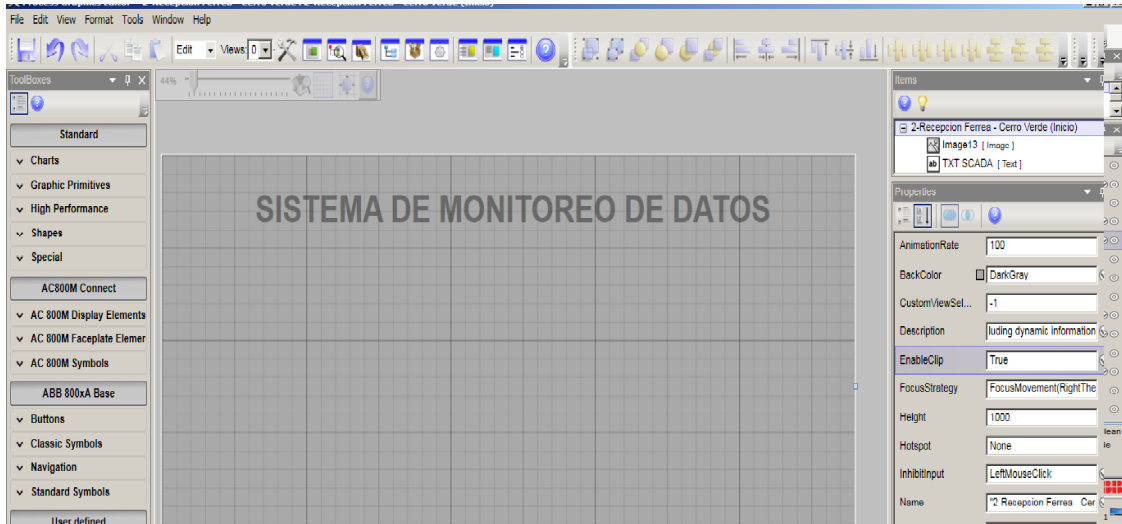
Figura 79: Capturas del inicio de la creación de los TAG, para el diseño del SCADA



4.3.6 Diseño del sistema SCADA

Se procede con la creación de pantallas con el programa de gráficos del system800xa

Figura 80: Captura referencial de la interfaz del editor de gráficos de procesos para el diseño del SCADA.



4.3.7 Simulación del sistema SCADA en Tia Portal

Debido a las restricciones que tenemos en el acceso al sistema SCADA que tiene implementado el proyecto Olmos, Se procedió a diseñar un SCADA como simulación para comprobar la funcionalidad de la programación Ladder realizada en este proyecto.

Figura 81: Captura del SCADA diseñado para la simulación del programa Ladder que almacena la señal analógica recibida del sensor de nivel, para ser escalada y mostrarla gráficamente.

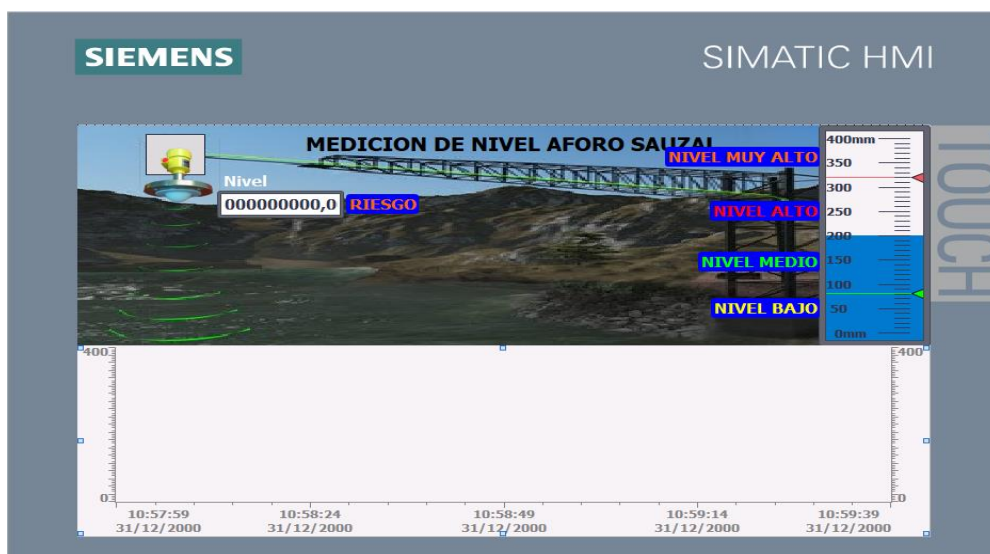


Figura 82: Captura de la interfaz PLCSim, donde configura una variable como una señal forzada.

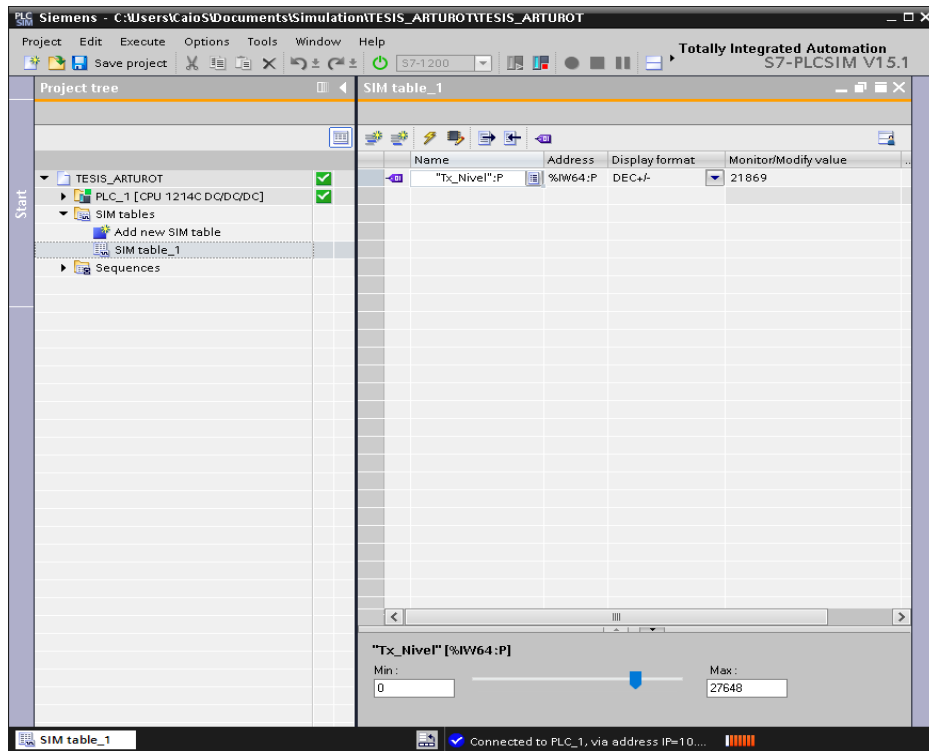


Figura 83: Visualización grafica del nivel a través de la simulación en Tia Portal, Nivel Bajo

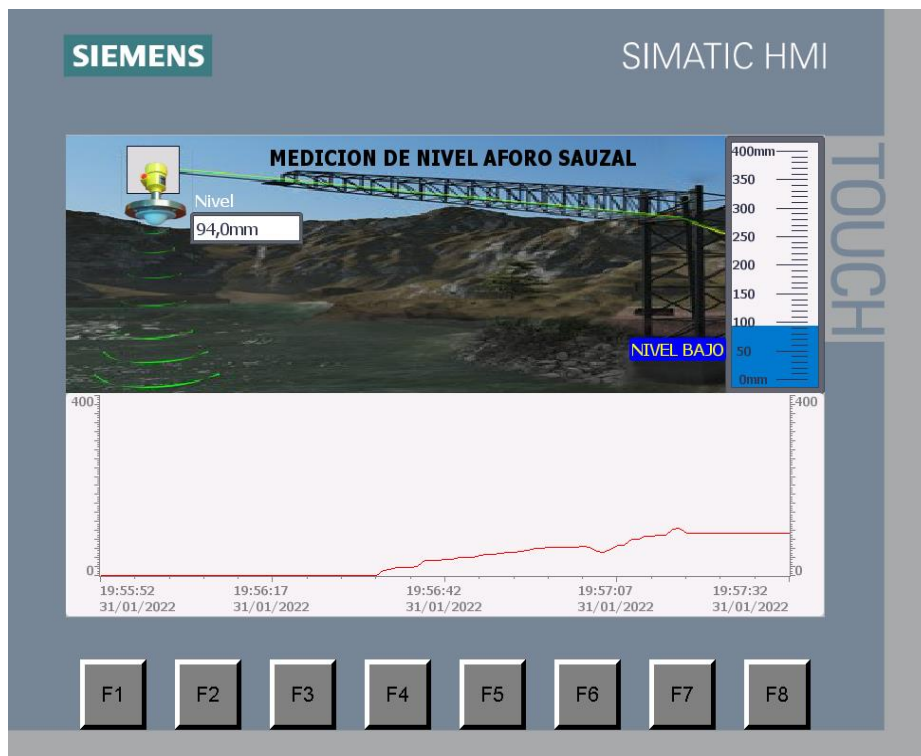


Figura 84: Visualización grafica del nivel a través de la simulación en Tia Portal, Nivel Medio.

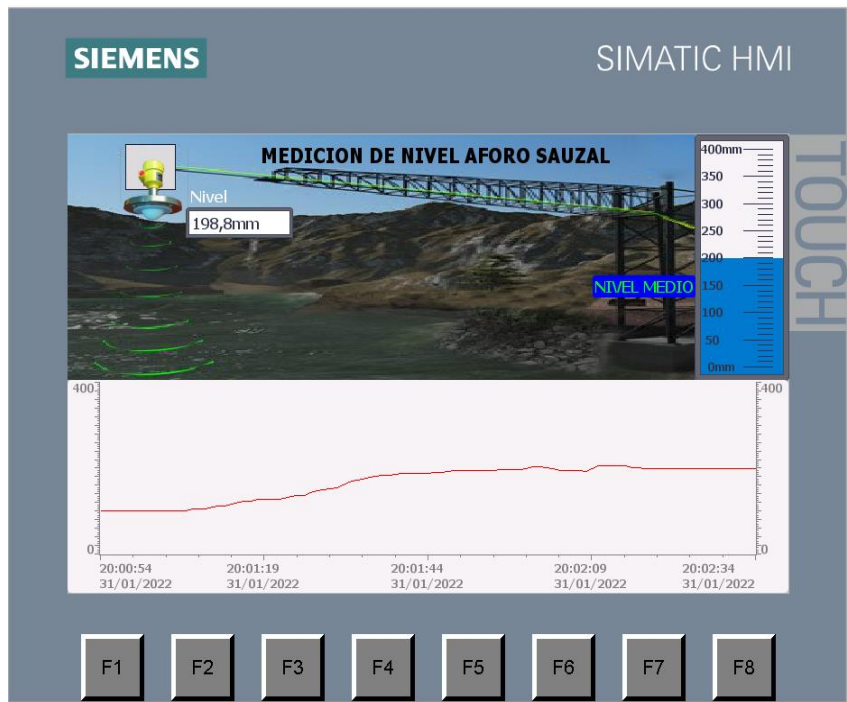


Figura 85: Visualización grafica del nivel a través de la simulación en Tia Portal, Nivel Alto.

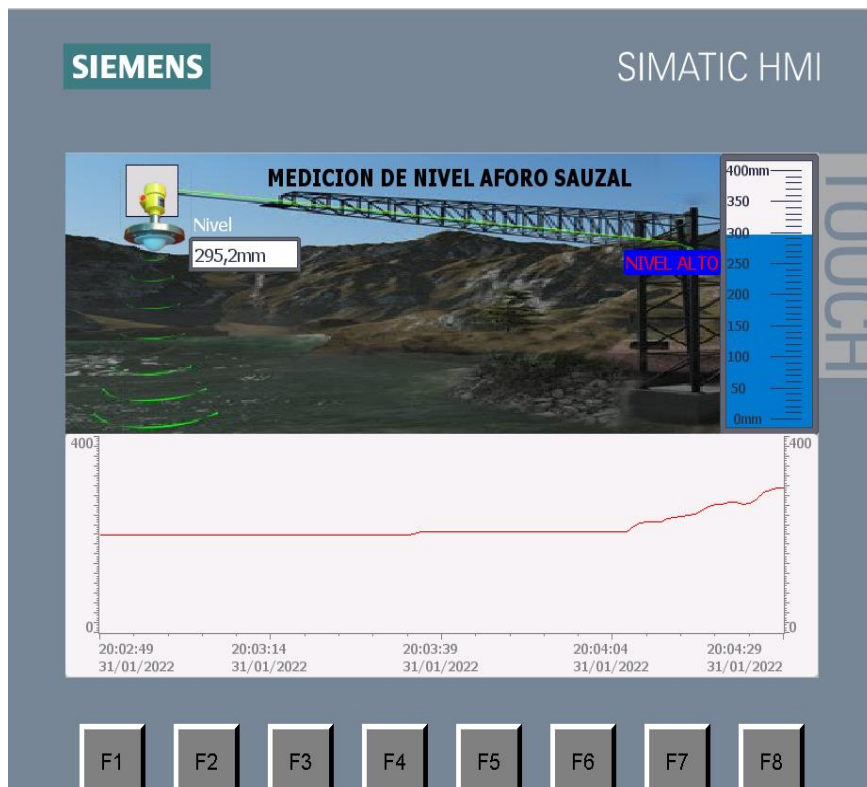
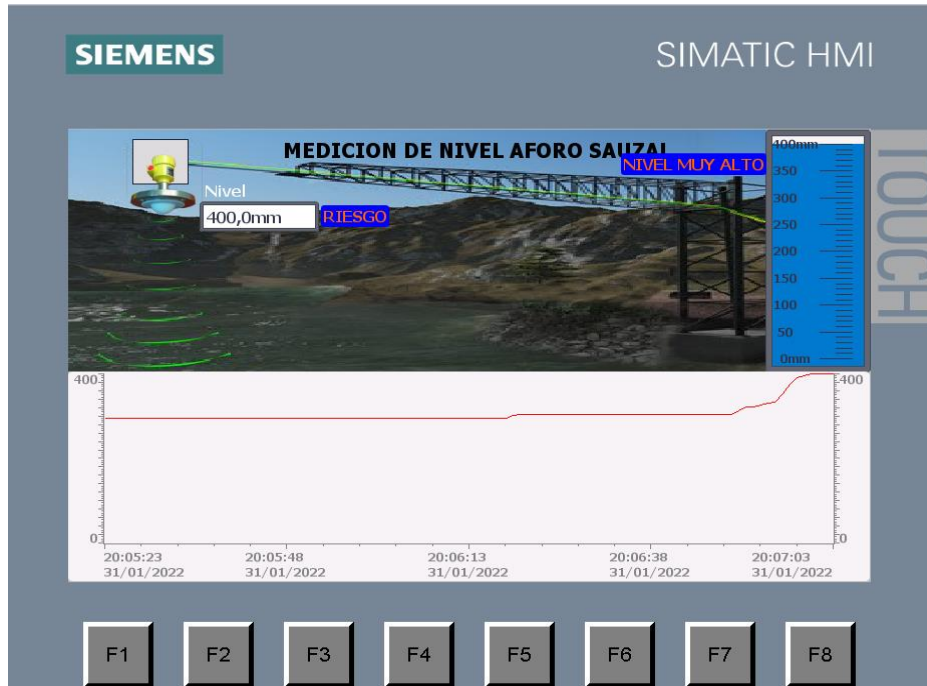


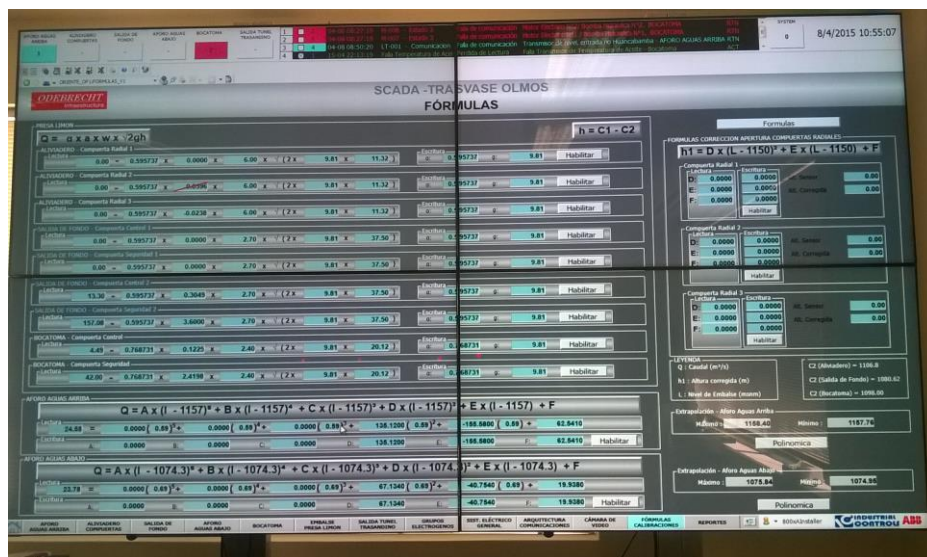
Figura 86: Visualización grafica del nivel a través de la simulación en Tia Portal, Nivel Muy Alto.



4.3.8 Integración con el SCADA de sala de control

Para el cálculo del Caudal, es necesario integrar los datos de nivel obtenidos por el sensor ultrasónico que junto a otras variables son ingresadas a una fórmula matemática que tienen ya predefinida en el SCADA máster de sala de control.

Figura 87: Toma fotográfica de la Sección del SCADA, donde se encuentran las formas de cálculo de caudal y otros.



4.4 Propuesta

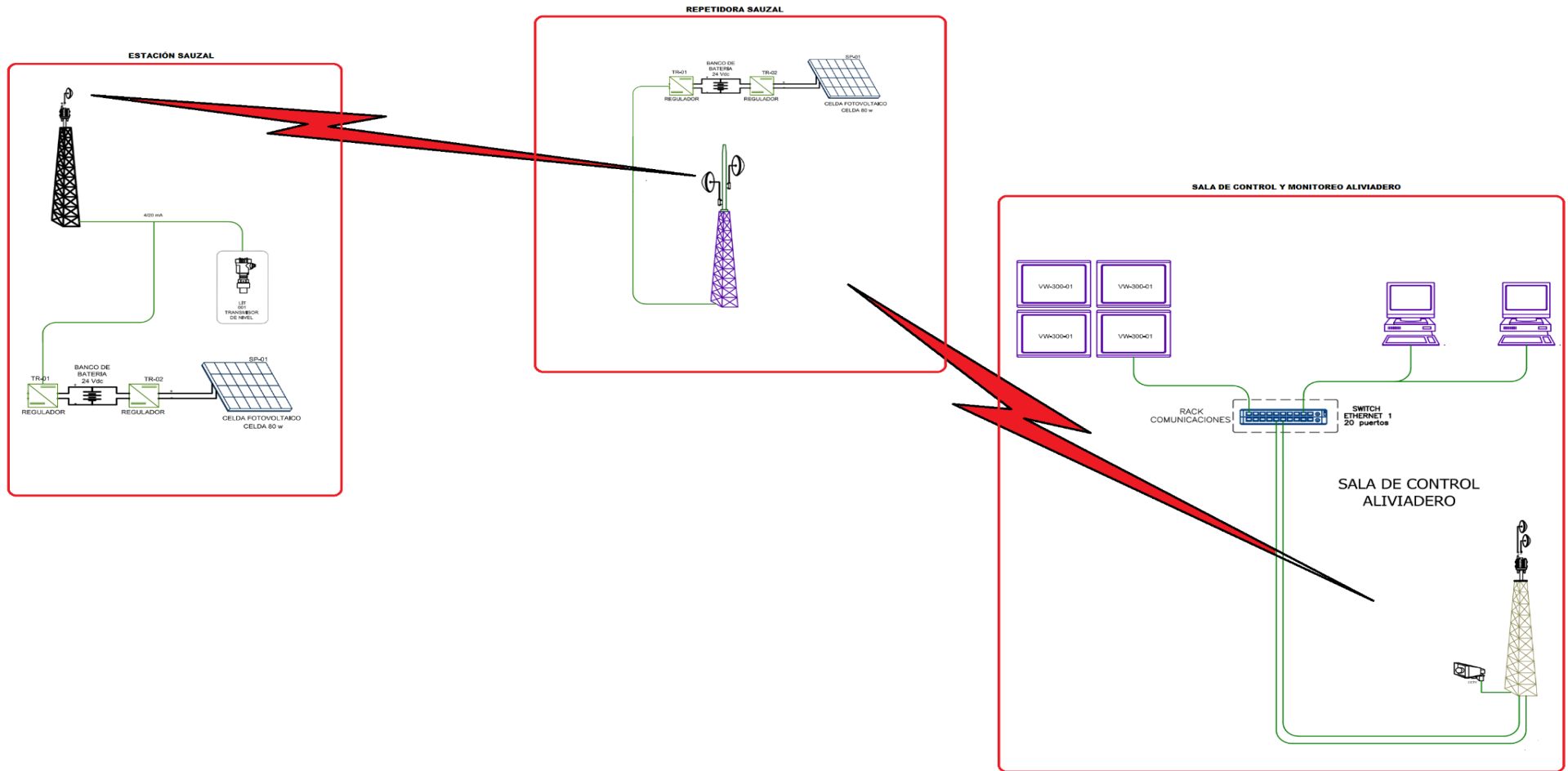
4.4.1 Sistema propuesto

El Sistema propuesto, es un sistema integrado que tiene como base principal el diseño de factibilidad de una red de telemetría para la transmisión de datos entre el punto de aforo “Sauzal” con la sala de control “Aliviadero” del proyecto Olmos, y para la integración de estos puntos es necesario una estación repetidora.

El sistema propuesto contempla una estación de aforo (Sauzal) totalmente automatizada, integrando un sensor transmisor de tipo radar que medirá en todo momento el nivel, la velocidad y caudal del río, datos que deberán ser almacenados en un registrador instalado en el tablero de control y comunicación, luego esta señal debe ser llevada a través de tres repetidoras debidamente diseñadas siendo así retransmitidas hasta la sala de control del campamento Oriente “Aliviadero” donde se realizará la integración y registro de los datos en un SCADA.

Figura 88. Diagrama general del proyecto de Tesis

ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA SAUZAL - ALIVIADERO, PROYECTO OLMOS



4.4.2 Diseño y selección

4.4.2.1 Criterio de diseño y selección

Para la selección de cada uno de los instrumentos de medición y control, así como también los equipos y accesorios necesarios para la implementación del proyecto han sido seleccionados tomando en cuenta varios criterios de selección, como son: la investigación de nuevas tecnologías, estudio de mercado, experiencia obtenida en el uso de equipos en proyectos similares y la recomendación de ingenieros con gran experiencia en el rubro de la automatización y control. Sin embargo, debemos tener en cuenta que el avance de la tecnología va a pasos agigantados, por tal motivo se considerarán las características técnicas necesarias para el correcto funcionamiento del proyecto, ya que en el mercado se pueden encontrar muchos equipos que difieren en calidad, precio, tecnología, entre otros aspectos que pueden aumentar o disminuir el presupuesto de ejecución del proyecto, junto a su optimización del sistema.

4.4.2.2 Sensor de caudal VEGAPULS WL 61

El VEGAPULS WL61 es un sensor ideal para todas las aplicaciones en el campo del agua y aguas residuales. Es especialmente adecuado para la medición de nivel en el tratamiento de agua, en estaciones de bombeo, así como en rebosaderos de lluvia, **medición de caudal en canales abiertos y control de nivel**. El VEGAPULS WL61 representa una solución eficiente en costes debido a sus posibilidades de montaje universales y sencillas. La carcasa segura con protección IP 68 garantiza un servicio permanente sin mantenimiento. Para la configuración cuenta con un módulo Bluetooth integrado para la comunicación a través de Smartphone, Tablet o PC.

Figura 89. Sensor Vega Puls WL61



Fuente: Página web: www.vega.com

APLICACIONES

Figura 90. Medición de Caudal en canal abierto, medición del nivel del agua en ríos y acequias, Atascos en balsas de contención.

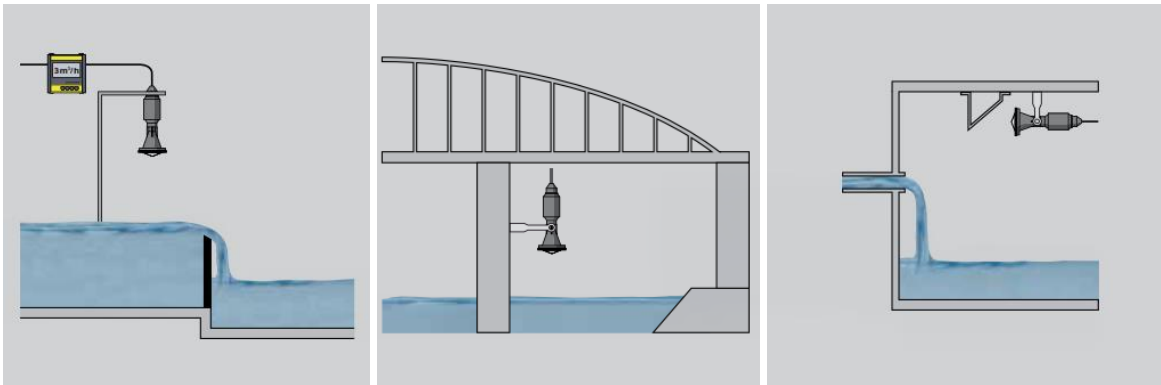


Figura 91. Medición de caudal en rebosadero de balsa, Medición de nivel en pozo de bombeo, Bomba helicoidal en elevador de aguas residuales.

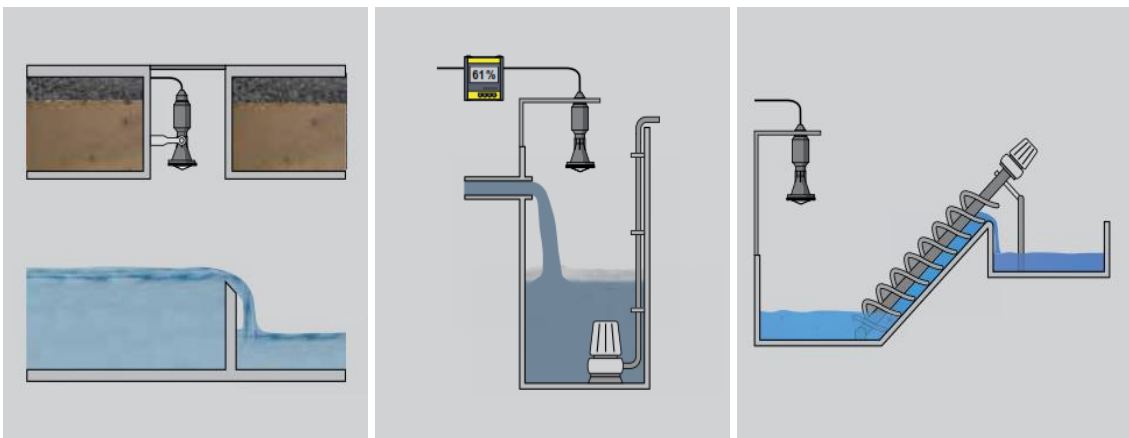
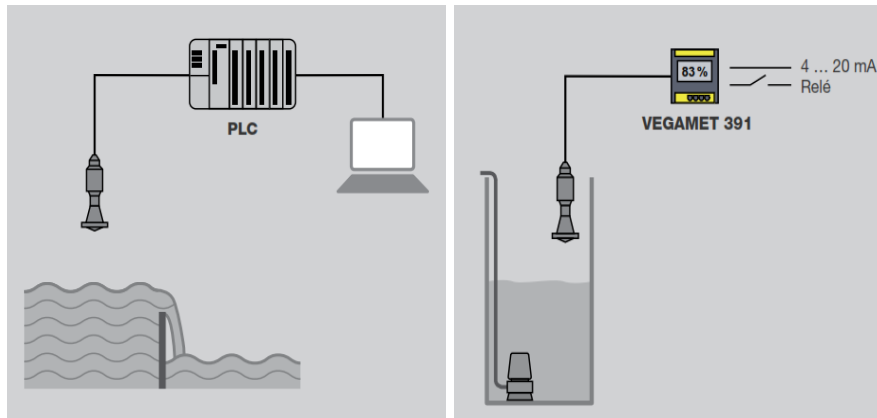


Figura 92. Conexión directo a sistema de control, Acondicionamiento de señal in situ con VEGAMET 391.



4.4.2.3 Controlador Lógico Programable, Módulo S7-1200 / 6ES7214-1AG40-0XB0

El controlador S7-1200 proporciona la flexibilidad y la potencia necesarias para controlar una amplia gama de dispositivos para diversas aplicaciones de automatización. El S7-1200 es perfecto para gestionar una amplia gama de aplicaciones gracias a su forma compacta, su configuración flexible y su amplio conjunto de instrucciones.

La CPU es un sofisticado controlador que incluye un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en un pequeño paquete. La lógica necesaria para supervisar y hacer funcionar los dispositivos de la aplicación está contenida en el programa una vez cargado en la CPU. La CPU supervisa las entradas y cambia el estado de las salidas basándose en la lógica del programa del usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complicadas y conectividad con otros dispositivos inteligentes. La CPU lleva incorporado un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Hay módulos adicionales disponibles para la comunicación en red PROFIBUS, Modbus, GPRS, RS485 o RS232 (Manual de sistema (s/f), p.27).

Características

- Hay disponibles controladores de 20 puntos.
- El S7-1200 admite nuevos bloques de organización (OB) con diferentes niveles de prioridad y alertas. Tanto desde un dispositivo móvil como desde un PC.
- El servidor web permite ahora la presentación de páginas web estándar y definidas por el usuario. En esta edición se proporcionan páginas web estándar en inglés, alemán, francés, español, italiano y chino simplificado
- La función "descarga en funcionamiento" permite ahora descargar un máximo de veinte bloques en estado RUN. También es posible añadir y modificar variables en los bloques de datos y de funciones existentes y, a continuación, descargar los bloques de datos modificados en el modo RUN.
- La CPU, los módulos de señal, los módulos de comunicación, las Signal Boards y las tarjetas de comunicación insertadas pueden tener su firmware actualizado utilizando las herramientas online y de diagnóstico de STEP 7.
- En las CPUs S7-1200 V4.0, STEP 7 ofrece una capacidad de rastreo y analizador lógico que puede utilizarse. Cuando la CPU detecta una circunstancia de disparo definida por el usuario, esta función permite establecer datos específicos que pueden ser registrados y rastreados. Los datos registrados se almacenan en la CPU y STEP 7 ofrece herramientas para recuperarlos y evaluarlos (Manual de sistema (s/f), p.30).

Figura 93. Controlador Lógico Programable, PLC Módulo S7-1200 / 6ES7214-1AG40-0XB0.



4.4.2.4 Equipos para el sistema fotovoltaico y banco de batería

Panel Solar, SolarWorld

Un panel solar es un dispositivo que utiliza la energía del sol para producir calor o electricidad. En función de estos dos usos se distinguen los colectores solares, que utilizan la energía térmica solar para producir agua caliente (normalmente para uso residencial), y los paneles radioeléctricos.

Los paneles solares fotovoltaicos están formados por un gran número de células fotovoltaicas que convierten la luz solar en electricidad. El "efecto fotovoltaico", impulsado por la energía solar (fotones), genera cargas positivas y negativas en dos semiconductores vecinos de distinto tipo, lo que da lugar a un campo eléctrico que produce corriente eléctrica. El Arseniuro de Galio (GaAs), que también se utiliza en otros complicados dispositivos electrónicos, y el silicio (Si), menos caro y también empleado en la industria microelectrónica, son los materiales más frecuentes para fabricar estas células.

Figura 94. Paneles Solares, Solar World.



Controlador de carga solar

Es un aparato que regula la carga y descarga de la batería o acumulador de una instalación solar. Para controlar el estado de carga de la batería, los reguladores de carga se colocan entre los paneles solares y la batería.

Figura 95. Controlador Solar, Victron.



Batería de libre mantenimiento

El objetivo de las baterías en un sistema de energía solar fotovoltaica es almacenar la energía generada por los paneles durante las horas de luz para poder utilizarla por la noche o en días nublados. Cuando los paneles fotovoltaicos no pueden generar suficiente electricidad, las baterías se utilizan para proporcionar energía al sistema (por ejemplo, durante la noche o en momentos de baja luminosidad). Cuando los paneles fotovoltaicos crean más electricidad de la que necesita el sistema eléctrico, los paneles proporcionan toda la energía necesaria, y el excedente se utiliza para cargar las baterías.

Figura 96. Batería gelificada de Ciclo profundo, libre mantenimiento, Narada.



Inversor Solar

El inversor es un equipo electrónico que convierte la electricidad continua en corriente alterna. La electricidad en corriente continua es generada por el panel solar fotovoltaico. Esta corriente puede convertirse en corriente alterna y luego inyectarse en la red eléctrica o en una red privada.

Figura 97. Inversor Solar, Victron Energy



4.4.2.5 Equipos para el sistema de transmisión de datos

Radio Modem, Xetawave9 – E/Xetawave9 – EL

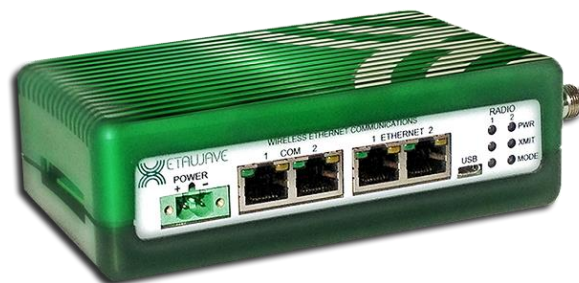
El módem radio de la serie Xeta9 es un módem radio de banda dual ISM / MAS 902 - 960 MHz definido por software con modulación dinámica, amplias opciones de configuración y capacidades de Ethernet multicapa como VLAN y enrutamiento

En función de la calidad del enlace y del ruido ambiental, el Xeta9 altera la modulación de forma selectiva. En la banda ISM sin licencia, esta modulación dinámica permite velocidades de datos de 57 kbps a 4,4 Mbps, con diámetros de canal que van de 76 kHz a 1,2 MHz y una potencia de salida que oscila entre 50 mW y 1 W. Utilizando canales

de 12,5 / 25 / 50 kHz y una potencia de salida de 50 mW - 4 W, el funcionamiento MAS proporciona velocidades de datos que van de 10 a 210 kbps.

Xeta9 permite que los controles remotos de alta y baja velocidad funcionen en la misma red con un único punto de acceso gracias a la compatibilidad integrada con las redes MultiSpeed MultiPoint. Esta nueva capacidad permite a los planificadores de redes inalámbricas integrar cámaras de vídeo y otros sistemas de control de alta velocidad de datos en su infraestructura SCADA sin necesidad de redes de radio separadas.

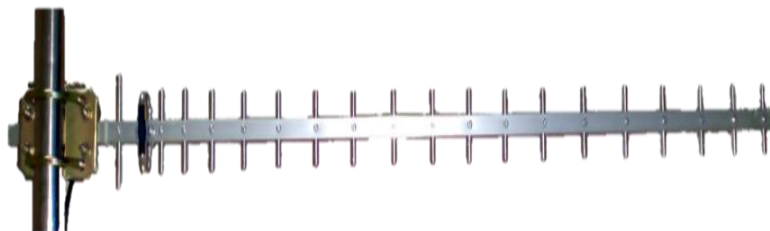
Figura 98. Radio Modem, Xetawave9



Antena Yagi 12dBi 900MHz

En las bandas ISM y GSM de 900 MHz, son perfectas para aplicaciones direccionales. Internet inalámbrico de 900 MHz, SCADA, conexiones de vídeo inalámbricas y telefonía móvil de 900 MHz son ejemplos de aplicaciones comunes. La antena Yagi es una antena de alto rendimiento con un gran ancho de haz y alta ganancia.

Figura 99. Antena Yagi, 900MHz.



Antena Omnidireccional 902 – 928MHz

Diseñada para su uso en todos los entornos climáticos, esta antena proporciona cobertura multipunto sin línea de vista (NLOS) en la banda de 902 a 928 ISM. Se monta

con dos pernos en U. **Aplicaciones:** Banda de 902 a 928 MHz Industrial / Science / Medical (ISM) sin licencia, SCADA, RFID, Internet inalámbrico.

Figura 100. Antena Omnidireccional, 902 - 928MHz



Switch Ethernet, 5 Puertos

Son ideales para redes pequeñas de control. Estos interruptores aptos para la industria no requieren configuración y usan conexiones de cable simples para una conexión sencilla.

Figura 101. Switch Ethernet, MOXA



4.4.3 Composición del sistema

El sistema propuesto está compuesto por tres etapas:

Tabla 38: Descripción y Composición del sistema diseñado

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN
Sistema de medición y transmisión, Estación de aforo Sauzal.		
1	1	Sensor de Nivel y Transmisor tipo radar
		Tablero de control y transmisión de datos, incluye radio modem, antena
		Tablero de banco de baterías y control fotovoltaico – Sistema Solar
		Torres para comunicación vía radio modem, materiales de montaje e instalación de instrumentos Pozo a tierra y pararrayos
Sistema de transmisión, Estación Repetidora		
2	1	Tablero de comunicación y transmisión de datos incluye radio modem y antena, con sistema solar
		Torres de transmisión de datos.
		Puesta a tierra
Sistema de control, Integración sistema Scada		
3	1	Tablero de control y recepción de datos, incluye radio modem y antena.
		Sistema Scada

- ✓ Soportes de tableros y accesorios de montaje.
- ✓ Cobertores de tableros.
- ✓ Fuentes de alimentación.
- ✓ Cableado del sistema.

4.4.4 Propuesta económica

Tabla 39: Resumen de la Propuesta económica

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	P. NETO	P. TOTAL
SISTEMA DE MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN, ESTACIÓN DE AFORO SAUZAL					
1	Tablero de control y comunicación vía radio modem.	1	Glb	18923.62	18923.62
	Tablero de banco de baterías con sistema solar	1	Glb	23948.14	23948.14
	Suministro de Torres para comunicación vía radio modem	1	Glb	4100.00	4100.00
	Sistema de tierra y pararrayos para protección contra cortos circuitos y descargas atmosféricas.	1	Glb	67980.23	67980.23
SISTEMA DE TRANSMISIÓN, ESTACIÓN REPETIDORA					
2	Tablero comunicación y transmisión de datos con alimentación Solar.	1	Glb	29079.78	29079.78
	Suministro de Torres para comunicación vía radio modem	1	Glb	10200.00	10200.00
	Sistema de tierra y para rayos para protección contra cortos circuitos y descargas atmosféricas.	1	Glb	67980.23	67980.23
SISTEMA DE CONTROL, INTEGRACIÓN SISTEMA SCADA					
3	Tablero de control y comunicación vía radio modem.	1	Glb	20145.74	20145.74
	Suministro de Torres para comunicación vía radio modem	1	Glb	8600.00	8600.00
4	Servicios especializados de montaje eléctrico, mecánico	1	Glb	25507.12	25507.12
5	Gastos generales	1	Glb	1373.56	1373.56
				TOTAL, S/.	277838.42

4.4.5 Montajes e instalación

Los instrumentos contemplan soportes adecuados para ser colocados en el punto de medición, las torres de comunicación contemplan soportes y accesorios de fijación.

- ❖ Instalación de torres para comunicación vía radio modem, incluye accesorios anti-torsión y vientos de fijación y accesorios de montaje.
- ❖ Instalación soportes necesarios para los instrumentos suministrados.
- ❖ Tablero de protección e integración para enlace por radio enlace.
- ❖ Entubado y canalizaciones necesarias para protección de los instrumentos suministrados y alimentación eléctrica.
- ❖ Cableados desde el sensor de medición de aforo hasta el tablero de control y comunicación.
- ❖ Interconexión de los instrumentos suministrados.
- ❖ Integración al sistema de control existente.
- ❖ Instalación de sistema de tierras y pararrayos.
- ❖ Pruebas y puesta en marcha del sistema propuesto.

4.4.6 Personal propuesto:

- ❖ 01 instrumentista.
- ❖ 01 programador Ing. Electrónico.
- ❖ 02 torreros.

4.4.7 Recursos necesarios:

- ❖ 02 computadoras portátiles con software necesario.
- ❖ 01 convertidores y accesorios según la aplicación.
- ❖ 01 software de aplicación con licencias necesarias según aplicación.
- ❖ 01 maletas de herramientas.

4.4.8 Plazo ejecución:

- ❖ Tableros e instrumentos 6 – 7 semanas.

4.5 Presupuesto

4.5.1 Inversión total

TOTAL, S/.

277838.42

CAPITULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 Diseño de prototipo de prueba

5.1.1 Descripción

Para nuestro prototipo de demostración utilizaremos una miniplanta de procesos continuos que consta de dos módulos controlados por PLC de la marca Siemens. El primer módulo – Esclavo, cumple la función de recibir la señal analógica de corriente de 4 a 20mA del transmisor de Nivel ultrasónico para luego ser controlada por el PLC Módulo S7-1200, quien mediante programación Ladder, da las instrucciones de escalamiento convirtiendo la señal recibida en el rango deseado (0 – 300 cm; altura).

El segundo módulo Máster, cuenta en su estructura con el PLC Módulo S7-1200, cuya función es recibir las señales del módulo esclavo para ser controladas, direccionadas y diseñar el SCADA con los parámetros que se desean mostrar al usuario.

La comunicación entre los módulos Máster – Esclavo y la transmisión de los datos del sensor de nivel es de forma inalámbrica, utilizando radios de transmisión RF XetaWave.

Figura 102: Toma fotográfica de la miniplanta de procesos, donde se realizaron las pruebas de demostración del proyecto de tesis.



5.1.2 Equipos y accesorios para el prototipo

Para el diseño del prototipo, se han utilizado dispositivos básicos y accesibles para el diseño de pruebas y aplicación de los conocimientos obtenidos a lo largo de nuestra carrera universitaria. En el siguiente cuadro describiremos los equipos y accesorios utilizados.

Tabla 40. Equipos y accesorios utilizados para el diseño del prototipo de Tesis.

CANT.	DESCRIPCIÓN	MODELO	MARCA
SENSOR DE NIVEL			
01	Transmisor de nivel ultrasónico de 3 hilos 4 a 20mA		IFM
MÓDULO MÁSTER			
01	PLC Módulo S7-1200	CPU 1214C DC/DC/DC	Siemens
01	Interruptor térmico bipolar 32A	C32	SIEMENS
03	Interruptor térmico bipolar 10A	C10	SIEMENS
01	Interruptor térmico bipolar 04A	C4	SIEMENS
12	Borneras de Conexión	DIN4mm2	SIEMENS
06	Borne Porta fusible	Seccionable	SIEMENS
01	Lámparas Piloto de señalización (Amarillo, Verde, Rojo)	3SU1051	SIEMENS
MÓDULO ESCLAVO			
01	PLC Módulo S7-1200	CPU1214CDC/DC/DC	Siemens
01	Módulo de Entrada analógica de 4 canales, 0-20 mA, 0-10 VDC,		Siemens
01	Switch Ethernet Industrial Elinx 4 puertos	EIRP305-T	B&B Electronics
01	Interruptor térmico unipolar	5SX21 C10	SIEMENS
12	Borneras de conexión	DIN4mm2	SIEMENS
06	Borne Porta fusible	Seccionable	SIEMENS
TRANSMISIÓN DE DATOS			
02	Radio Modem	Xeta9-E/Xeta9-EL	Xetawave
02	Antenas de Transmisión 900MHz		
SOFTWARE			
01	Tía Portal	V14	Siemens
01	Interfaz WEB de Radio Modem	XetaWave	XetaWave
MINIPLANTA DE PROCESOS CONTINUOS			
02	Tanque de acero inoxidable de 80 litros		
02	Electrobomba centrífuga de 1Hp		
01	Válvula de control automático tipo globo con regulación de 4 a 20mA		
02	Válvula solenoide de ¾" 220VAC		

Figura 103: Tablero de control y comunicación de la miniplanta de procesos.

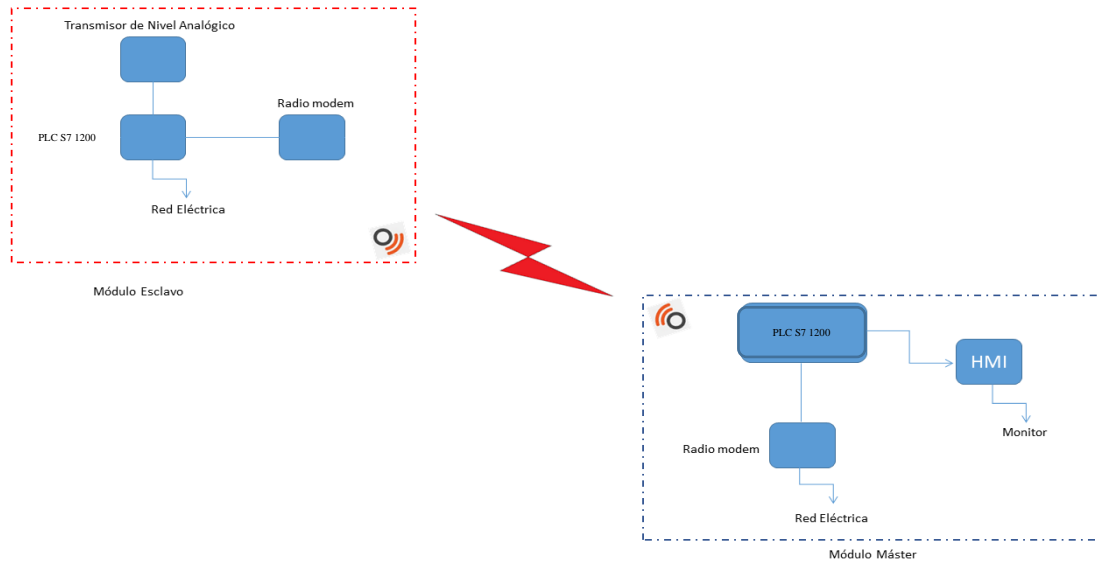


Figura 104: Módulos PLC S71200, utilizados para la demostración del proyecto de tesis.



5.1.3 Topología de los módulos de prueba

Figura 105. Topología de conexión y comunicación de los módulos de prueba para demostración de funcionamiento del proyecto de tesis.



5.2 Pruebas de radio enlace con radio modem Xetawave

Figura 106. Toma Fotográfica de las radios Modem's, utilizadas para las pruebas de transmisión de datos.



Figura 107. Toma Fotográfica de conexión del radio Módems para pruebas de comunicación.



Figura 108. Toma Fotográfica de ubicación, direccionamiento de antenas y configuración de radio módems; pruebas de comunicación.



Figura 109. Captura de la interfaz web de la radio modem Xetawave.

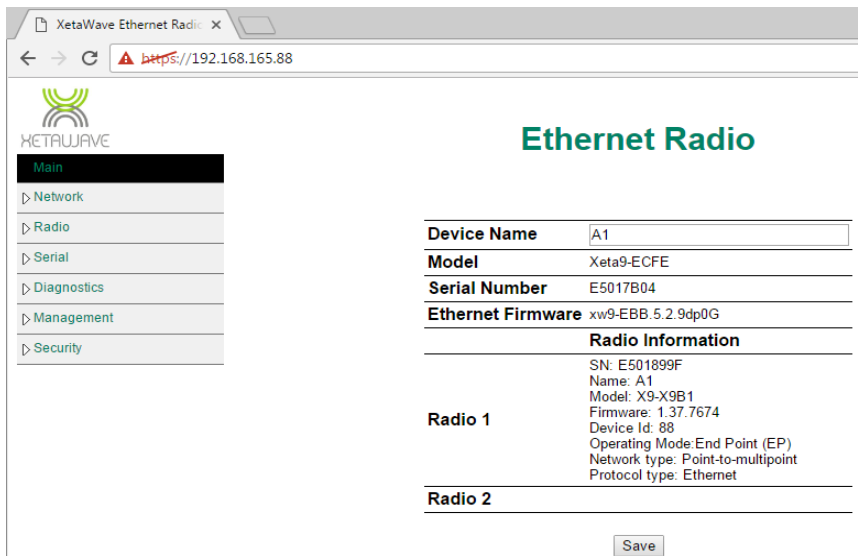


Figura 110. Captura de imagen de la interfaz web de la Radio Modem, para configuración de parámetros. A1 – Tx.

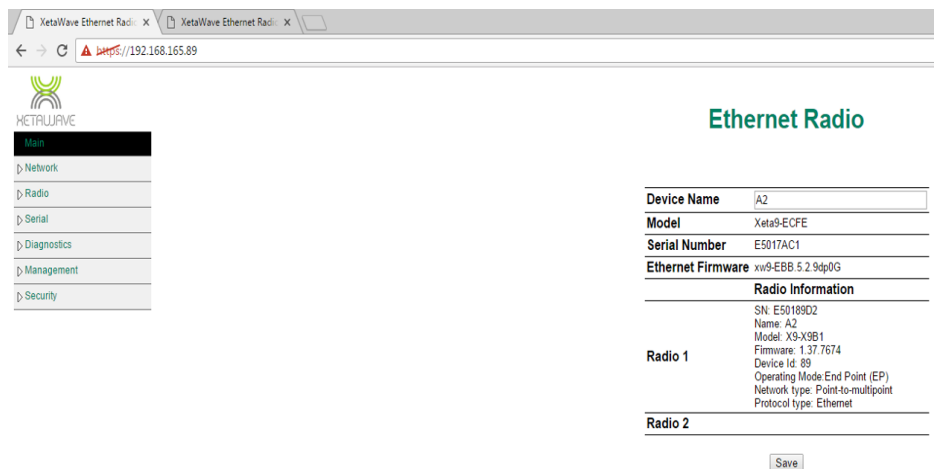
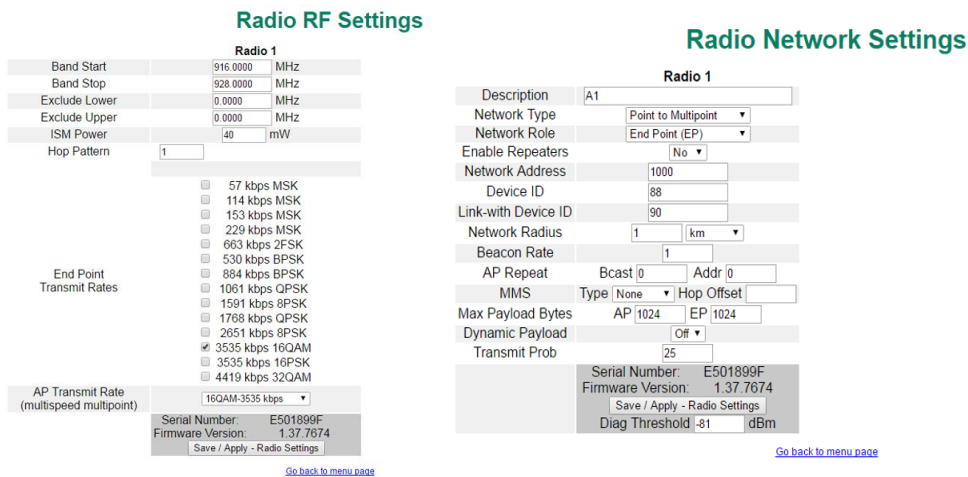


Figura 111. Captura de imagen de la interfaz web de la Radio Modem, para configuración de parámetros. A2 – Rx

Radio RF Settings

Radio 1

Band Start	916.0000	MHz
Band Stop	928.0000	MHz
Exclude Lower	0.0000	MHz
Exclude Upper	0.0000	MHz
ISM Power	80	mW
Hop Pattern	1	

57 kbps MSK
 114 kbps MSK
 153 kbps MSK
 229 kbps MSK
 663 kbps 2FSK
 530 kbps BPSK
 884 kbps BPSK
 1061 kbps QPSK
 1591 kbps 8PSK
 1768 kbps QPSK
 2651 kbps 8PSK
 3535 kbps 16QAM
 3535 kbps 16PSK
 4419 kbps 32QAM

End Point Transmit Rates
 AP Transmit Rate (multispeed multipoint): 16QAM-3535 kbps

Serial Number: E50189D2
 Firmware Version: 1.37.7674
 Save / Apply - Radio Settings

[Go back to menu page](#)

Radio Network Settings

Radio 1

Description	A2	
Network Type	Point to Multipoint	
Network Role	End Point (EP)	
Enable Repeaters	No	
Network Address	1000	
Device ID	89	
Link-with Device ID	90	
Network Radius	2	km
Beacon Rate	1	
AP Repeat	Bcast 0	Addr 0
MMS	Type None	Hop Offset
Max Payload Bytes	AP 1024	EP 1024
Dynamic Payload	Off	
Transmit Prob	25	

Serial Number: E50189D2
 Firmware Version: 1.37.7674
 Save / Apply - Radio Settings
 Diag Threshold -81 dBm

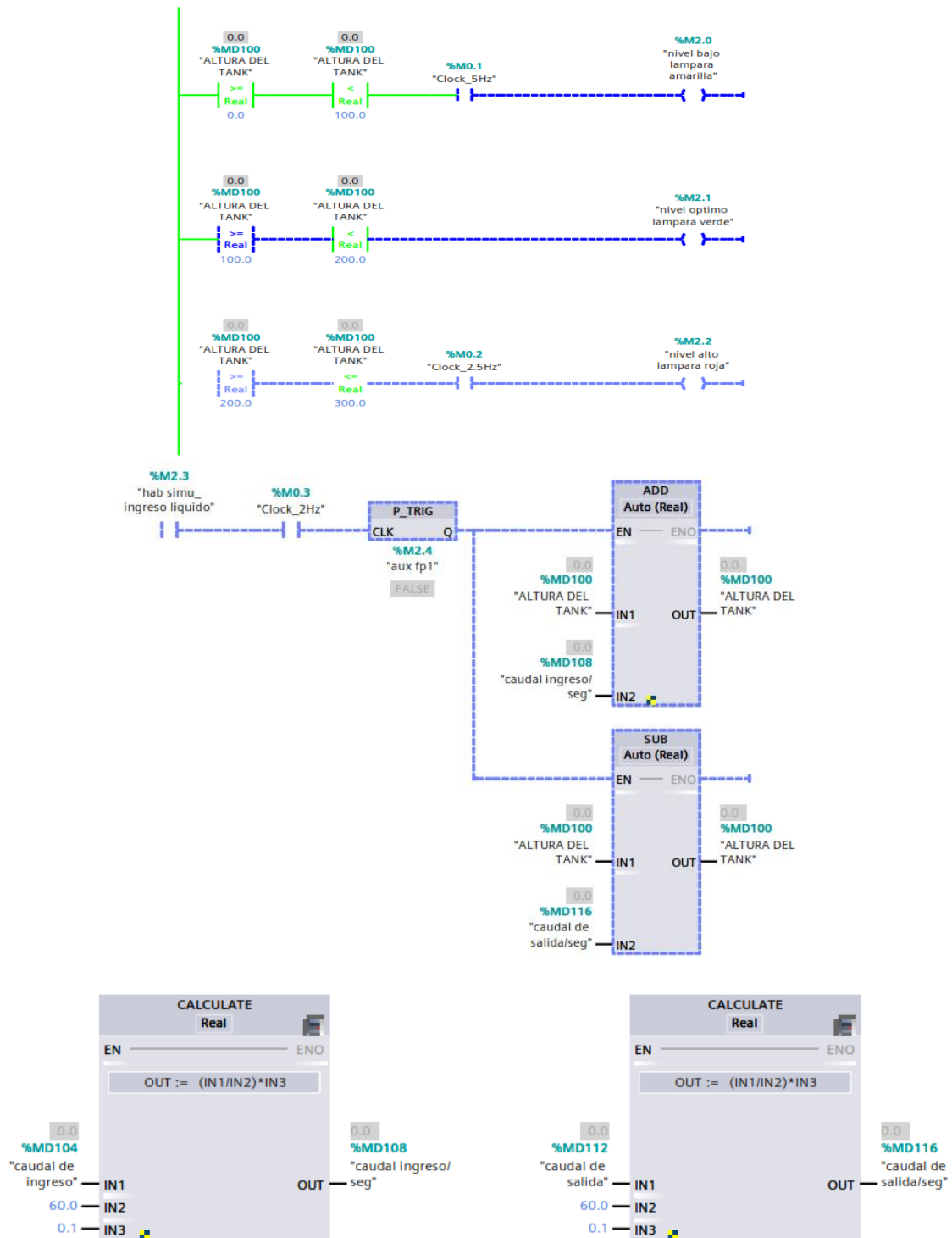
[Go back to menu page](#)

5.3 Pruebas de comunicación con módulos PLC Siemens.

5.3.1 Programación y simulación en Tia Portal

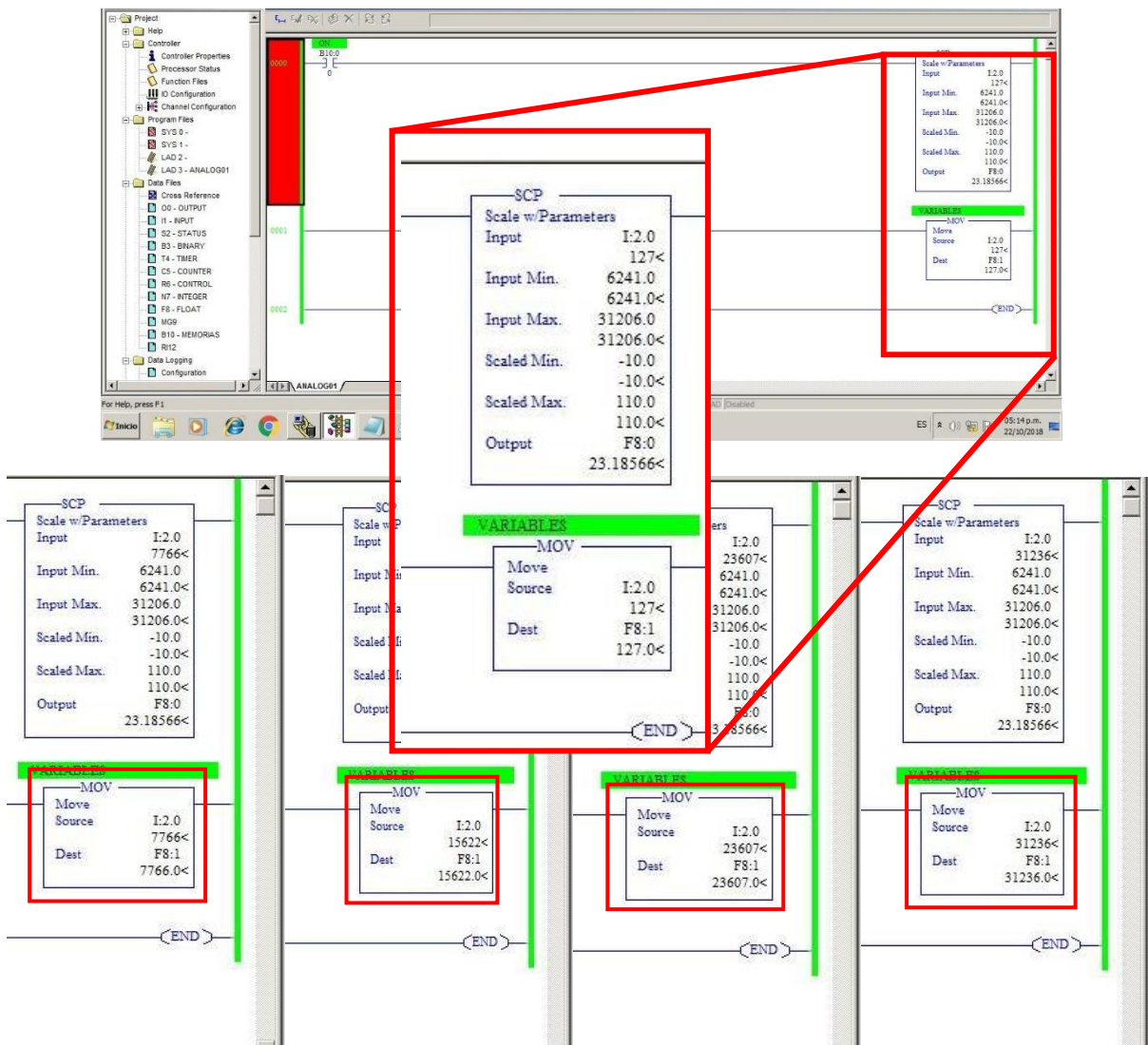
Para la demostración de nuestro proyecto se realizó un pequeño programa quien controlará una serie de mecanismos dentro de la miniplanta de procesos para el llenado y vaciado de un tanque, quien simulará el proceso de control de nivel mediante una señal análoga de corriente de 4 a 20mA, obtenida por el transmisor de nivel ultrasónico instalado en el tanque.

Figura 112: Captura de la programación LADDER para la simulación del proyecto de tesis.



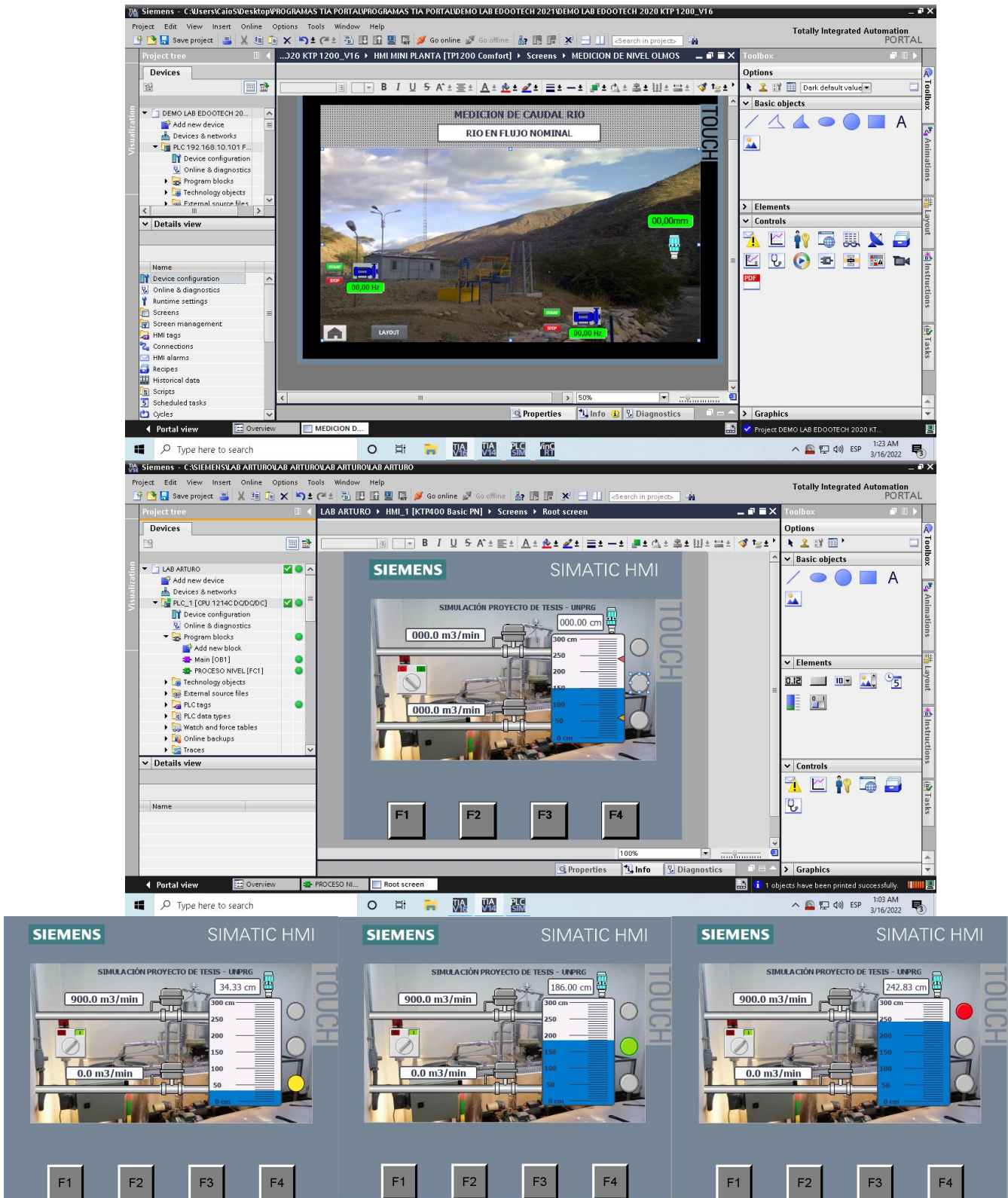
5.3.2 Comunicación y escalamiento de la señal del sensor de nivel, con el módulo esclavo, comandado por el PLC S7-1200. Software Tia Portal.

Figura 113. Pruebas de comunicación y escalamiento de la señal del sensor de nivel, con el módulo esclavo, comandado por el PLC S7-1200. Software Tia Portal.



5.3.3 Diseño y simulación SCADA

Figura 114: Diseño y simulación del proyecto de tesis.



5.3.4 Pruebas realizadas en la miniplanta de acuerdo con la simulación realizada.

Figura 115: Toma fotográfica de las pruebas realizadas en la miniplanta de procesos.



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

❖ De acuerdo con el objetivo trazado en este proyecto de Tesis, se pudo diseñar un sistema de medición remota de caudal en la estación de aforo sauzal monitoreado desde la sala control principal de trasvase del proyecto olmos.

❖ Al aplicar las diversas herramientas tecnológicas (software, Radio Mobile) para el desarrollo de simulación, nuestra tesis ha podido diagnosticar la factibilidad e implementación de un sistema de comunicaciones por radio enlace y su integración al sistema SCADA.

❖ En base a la aplicación de los conocimientos obtenidos de diferentes bibliografías, se ha logrado realizar los cálculos matemáticos del sistema de transmisión por radio enlace, así como también el dimensionamiento del sistema solar asegurando el funcionamiento continuo del sistema a implementar.

❖ De acuerdo con los cálculos matemáticos y las simulaciones realizadas, se ha podido definir las características técnicas mínimas de los dispositivos eléctricos y electrónicos a utilizar, pudiendo así seleccionar la instrumentación adecuada para la implementación de este proyecto.

❖ Con apoyo de herramientas de simulación como el software de Siemens (Tia Portal) y la utilización de un prototipo que muestra a pequeña escala el proyecto de tesis (miniplanta de procesos continuos) se pudo realizar la simulación del proyecto de tesis, mostrando la programación en lenguaje Ladder y la visualización gráfica diseñada – SCADA, corroborando de esta manera el diseño y simulación del proyecto.

❖ Finalmente se concluye que con la automatización del sistema de medición de la estación Aforo Sauzal y un sistema de comunicación por radio enlace se podrá obtener y transmitir datos a la sala de control del proyecto Olmos.

Con este proyecto, se obtuvo un aprendizaje profundo reforzando los conocimientos obtenidos a lo largo de toda la carrera universitaria de Ingeniería Electrónica, ya que se aplicó en las áreas de instrumentación, automatización, control y telecomunicaciones, sumando a nuestra investigación conocimientos del uso de energías renovables como lo es la energía solar.

6.2 Recomendaciones

❖ Se recomienda utilizar Los Sistemas de comunicación Industrial: El carácter abierto y la flexibilidad de los sistemas de bus individuales en diferentes topologías permiten la conexión de sistemas y sus ampliaciones. El uso de sistemas de bus estandarizados y abiertos permite conectar sin problemas los componentes normalizados de distintos fabricantes. Esto asegura una alta protección de las inversiones porque las redes existentes pueden ampliarse sin repercusiones.

❖ Respecto a la Potencia Recibida para un buen radio enlace, se recomienda tener las siguientes consideraciones:

La máxima potencia recibida en una red es de -10 a -30 dBm. Y como rango admisible para una conexión estable se debe tener valores entre -60 y -80 dBm

❖ Se recomienda establecer un plan de mantenimiento para el sistema eléctrico (Sistema Fotovoltaico).

❖ Se recomienda verificar periódicamente el estado del sensor y calibrar sus valores de medición para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

- Alfaro, P., Santos, P., & Castaño, S. (2006). *Fundamentos de hidrología*. Obtenido de [http://www.ingenieroambiental.com/4018/hidrologia%20-%20caudales\(2\)\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4018/hidrologia%20-%20caudales(2)(2).pdf)
- Amás, G., & Fohad, J. (2016). *Diseño de un sistema de monitoreo hidrométrico y meteorológico en línea del río Pilcomayo*. Argentina. Obtenido de <https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/handle/123456789/7532>
- Andrade, A., & Espin, M. (2021). *DISEÑAR Y SIMULAR EL ENLACE ENTRE LAS PLANTAS DE CARNQUI, AZAYA Y. UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS. ESPE*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25402/2/ESPEL-EMI-0409-P.pdf>
- Angeles, M., & Izquierdo, J. (2021). *Concesionaria trasvase Olmos (CTO)*. Lima: FitchRatings . Obtenido de <https://www.aai.com.pe/wp-content/uploads/2021/06/CTO-Dic20-Mar21.pdf>
- Apostila. (2017). *Medición de caudal mediante método acústico Doppler (ADCP)-básico* (Vol. 1). Obtenido de <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2256/1/apostila.pdf>
- Automatización industrial. (2009). *Automatización Industrial, ¿qué es y cómo funciona?* Obtenido de *Automatización Industrial, ¿qué es y cómo funciona?*: <https://vestertraining.com/blog/automatizacion-industrial-que-es-como-funciona/>
- Aymá, I., Luque, R., Rodríguez, C., & Sellares, S. (2017). *Planta de producción de clorobenceno*. Chorben. Obtenido de https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2017/183732/TFG_CHRORBEN_part03.pdf

- Chusin, W., & Pilaguano, J. (2020). *Implementación de un Sistema de Monitoreo de Caudal de Río San Pablo*. San Pablo, Brasil. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6860>
- Coaquira, E., Quispe, L., Ccalle, G., & Quispe, E. (2016). *Cosntrucciones en el Perú y en el mundo*. Puno. Obtenido de <https://es.slideshare.net/EdwinYildoCoaquiraJusto/construcciones-en-el-peru-y-en-el-mundo>
- Copadata. (2020). *¿Qué es una HMI?* Obtenido de <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/visualizacion-control/que-significa-hmi-interfaz-humano-maquina-copa-data/>
- De La Vega. (2002). *Serie: “Confiabilidad en Sistemas de misión Crítica: Empezar por el Principio”*. *Sistemas de Puesta a Tierra (II Parte)*. Predictiva. Obtenido de <https://predictiva21.com/serie-sistemas-puesta-tierra-ii-parte/>
- Díaz, R. (2015). *“DISEÑO DE RADIOENLACE MICROONDAS ISLA SAN LORENZO – CAMPUS PUCP PARA EL PROYECTO PERU MAGNETO”*. Tesis de titulación, Pucp, Lima, Lima. Recuperado el 2021, de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/7038/DIAZ_RICARDO_DISE%c3%91O_RADIOENLACE_MICROONDAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- El Peruano. (14 de julio de 2021). Modifican la R.M. N° 777-2005-MTC/03 mediante la cual se establecen condiciones técnicas de servicios de telecomunicaciones y se modifica el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias. *RESOLUCIÓN MINISTERIAL*. Recuperado el 25 de noviembre de 2021, de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/modifican-la-rm-n-777-2005-mtc03-mediante-la-cual-se-est-resolucion-ministerial-n-690-2021-mtc01-1972885-1/>

- Escudero, A. (2007). Simulación de Radioenlaces para exteriores. *Tricalcar*, 1 - 18. Obtenido de http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/09_es_simulacion-redes-inalambricas_guia_v02.pdf
- Escuela de negocios. (1987). *Recursos hídricos*. EOI. Obtenido de <https://static.eoi.es/savia/documents/componente45237.pdf>
- Escuela de negocios. (s.f.). *Caudales en rios. Instrumentos de medida y redes*. EOI. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjseeMpK31AhX4SjABHW8aBdkQFnoECACQAQ&url=https%3A%2F%2Fstatic.eoi.es%2Fsavia%2Fdocuments%2Fcomponente45237.pdf&usg=AOvVaw3IDD5NEE4-rutKUjdE5_sp
- Fernández, F., & Duarte, J. (2012). DEVELOPMENT OF A DIGITAL FLOW METER FOR THE MEASUREMENT OF RIVERS FLOW. *Rev. Investig. Desarro. Innov*, 3(1), 44 - 51. Obtenido de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_duitama/article/view/2130/2084
- García, R., & Morales, S. (2018). *Instalaciones de radiocomunicaciones*. Madrid, España: Copyright. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=7jb-DwAAQBAJ&pg=PA45&lpg=PA45&dq=Es+un+conjunto+de+frecuencias+utilizado+en+el+radioenlace.+Estar%C3%A1+formado+por+dos+frecuencias+distintas,+una+a+cada+sentido,+esto+equivale+a+un+sistema+d%C3%BAplex+cableado+a+4+hil>
- Gobierno Regional de Lambayeque. (2015). *Manual de operaciones del proyecto especial Olmos Tinajones*. Lambayeque: GRL. Obtenido de http://www.peot.gob.pe/descarga/transparencia/inst_gestion/MOP.pdf

- Gobierno Regional de Lambayeque[GRL]. (2017). *OLMOS - DESCRIPCION / HISTORIA / BENEFICIOS*. Obtenido de OLMOS - DESCRIPCION / HISTORIA / BENEFICIOS:
<https://www.regionlambayeque.gob.pe/web/tema/detalle/1958?pass=MTA1Nw>
- H2Olmos. (2012). *Proyecto irrigación Olmos*. Obtenido de Proyecto irrigación Olmos:
http://www.h2olmos.com/proyecto_irrigacion.html#:~:text=El%20Proyecto%20de%20Irrigaci%C3%B3n%20Olmos,siendo%20financiado%20100%25%20por%20privado s.&text=El%20producto%20de%20la%20subasta,las%20obras%20de%20infraestructura%20hidr%C3%A1ulica.
- Harper, E. (2007). *Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales*. Limusa. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=w7HcrKdI4wQC&pg=PA18&lpg=PA18&dq=El+cortocircuito+puede+tener+su+origen+en+distintas+formas,+por+ejemplo,+fallas+de+aislamiento,+fallas+mec%C3%A1nicas+en+el+equipo,+etc.+Las+sobrecargas+s e+pueden+presentar+tambi%C3%A9n>
- Ingeniería y construcción internacional [ODEBRECHT]. (2016). *Clasificación de riesgo*. Lima: ODEBRECHT. Obtenido de <https://www.smv.gob.pe/ConsultasP8/temp/CTO%20-%20Informes%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20-%20Dic15.pdf>
- Itaipu, A. (2008). *MEDICIÓN DE CAUDAL MEDIANTE MÉTODO ACÚSTICO DOPPLER (ADCP) – BÁSICO*. Obtenido de <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2256/1/apostila.pdf>
- Khoub, M., Karimi, A., & Ahmadi, H. (2009). Repair and Maintenance Cost Models for Mf285 Tractor: A Case Study in Central Region of Iran. *American-Eurasian J. Agric. & Environ*, 4(1), 76 - 80. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/The-accumulated-repair-and-maintenance-costs-and-working-hours_tbl1_237364572

Manual de sistema. (s.f.). *Controlador programable S7-1200*. Obtenido de https://media.automation24.com/manual/es/91696622_s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf

Martínez, P., Martínez, P., & Castaño, S. (2006). *Fundamentos de hidrogeología*. México: Mundi-Prensa. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?id=wWcJAQAAQBAJ&pg=PA59&lpg=PA59&dq=Llamamos+Escorrent%C3%ADa+al+agua+que+circula+por+los+cauces+de+los+r%C3%ADos.+A+los+vol%C3%BAmenes+circulantes+en+unidades+de+tiempo+peque%C3%B1as+\(generalmente+segundos\)+se+les+denomi](https://books.google.com.pe/books?id=wWcJAQAAQBAJ&pg=PA59&lpg=PA59&dq=Llamamos+Escorrent%C3%ADa+al+agua+que+circula+por+los+cauces+de+los+r%C3%ADos.+A+los+vol%C3%BAmenes+circulantes+en+unidades+de+tiempo+peque%C3%B1as+(generalmente+segundos)+se+les+denomi)

Mellado, J. (2020). *El IOT-PLC: Una nueva generación de controladores lógicos programables para la industria 4.0*. Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile. Obtenido de file:///C:/Users/KENIA/Downloads/TESIS_JMellado_Firma%20Final.pdf

Méndez, J., & Cuervo, R. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. Fundación Confemetal. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=GZh1DGUQoOUC&pg=PA17&lpg=PA17&dq=Dentro+del+marco+de+las+energ%C3%ADas+renovables+se+pueden+destacar+las+que+tienen+un+mayor+desarrollo+tecnol%C3%B3gico+y+por+tanto+mayores+posibilidades+de+competir+en+el+mercado,+esta>

Minero, R. (2016). *Odebrecht latin fund*. Obtenido de <https://www.rumbominero.com/revista/34382/>

Ministerio de transportes y comunicaciones. (27 de diciembre de 2019). *Ministerio de transportes y comunicaciones*. Recuperado el 2021, de Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) - Servicios de Telecomunicaciones - DGAT – MTC:

- <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/392979-plan-nacional-de-atribucion-de-frecuencias-pnaf-servicios-de-telecomunicaciones-dgat-mtc>
- Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC]. (2006). *Proyectos*. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/3722.pdf
- Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC]; Organismo Supervisor de la inversión privada en telecomunicaciones [OPSITEL]. (2010). *Espectro para el desarrollo del Perú*. Obtenido de https://www.apc.org/sites/default/files/countries/factsheet%20peru_esp.pdf
- Nasimba, E., & Ríos, S. (2016). *Diseño, reconstrucción e implementación del modular didáctico para control de nivel, caudal y emperatura basado en autómatas programables usando software libre*. Tesis de titulación, Sangolquí. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12467>
- Nina, S. (2012). *diseño de radio enlace coripata dorado para viva*. Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/13852/EG-1220-Nina%20Quispe%2c%20Sulma%20Reyna.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pellejero, I. (s.f.). *Manual de Cálculo de Coberturas con Radio Mobile*. España. Obtenido de <http://www.ipellejero.es/radiomobile/index.php>
- Pep, M. (2007). *Energía solar fotovoltaica (2007)*. Madrid, España: Energy Management Agency. Recuperado el 25 de noviembre de 2021, de <https://www.fenercom.com/publicacion/energia-solar-fotovoltaica-2007/>
- Ponsa, P., & Vilanova, R. (2005). *Automatización de procesos mediante la guía Gemma*. UPC. Obtenido de https://www.e-buc.com/portades/9788498800227_L33_23.pdf

Quintero, S. (2015). *2 Manual de operaciones y mantenimiento 2015*. All Rights Reserved.

Obtenido de <https://es.scribd.com/document/458133083/2-Manual-de-Operacion-y-Mantenimiento-2015-pdf>

Radio Mobile. (2006). Diseño de una red de transmisión de acceso UMTS (UTRAN) con Radio

Mobile. *Radio Mobile*, 1(1), 35 - 45. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/11901/fichero/capitulo5.pdf>

Rivera, L. (2013). *FACTIBILIDAD DE CANALIZACIÓN DEL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN EN LA LOCALIDAD DE COLQUIJIRCA-CERRO DE PASCO*.

Universidad Ricardo Palma. Obtenido de https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2113/rivera_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Roveri-Myenergia. (2018). ABB posicionará el PLC AC500 en el Perú. *Minería y energía*.

Obtenido de <https://mineriaenergia.com/abb-posicionara-el-plc-ac500-en-el-peru/>

Ruesca, P. (25 de septiembre de 2016). *Radio comunicaciones*. Obtenido de ¿Qué es un

radioenlace?: <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/>

Siemens. (2021). *Documentación didáctica*. Obtenido de

<https://new.siemens.com/es/es/productos/automatizacion/sce/documentacion-didactica.html>

SteenKR. (s.f.). *La Automatización Industrial*. Obtenido de La Automatización Industrial:

<https://steemkr.com/spanish/@jmhb85/la-automatizacion-industrial>

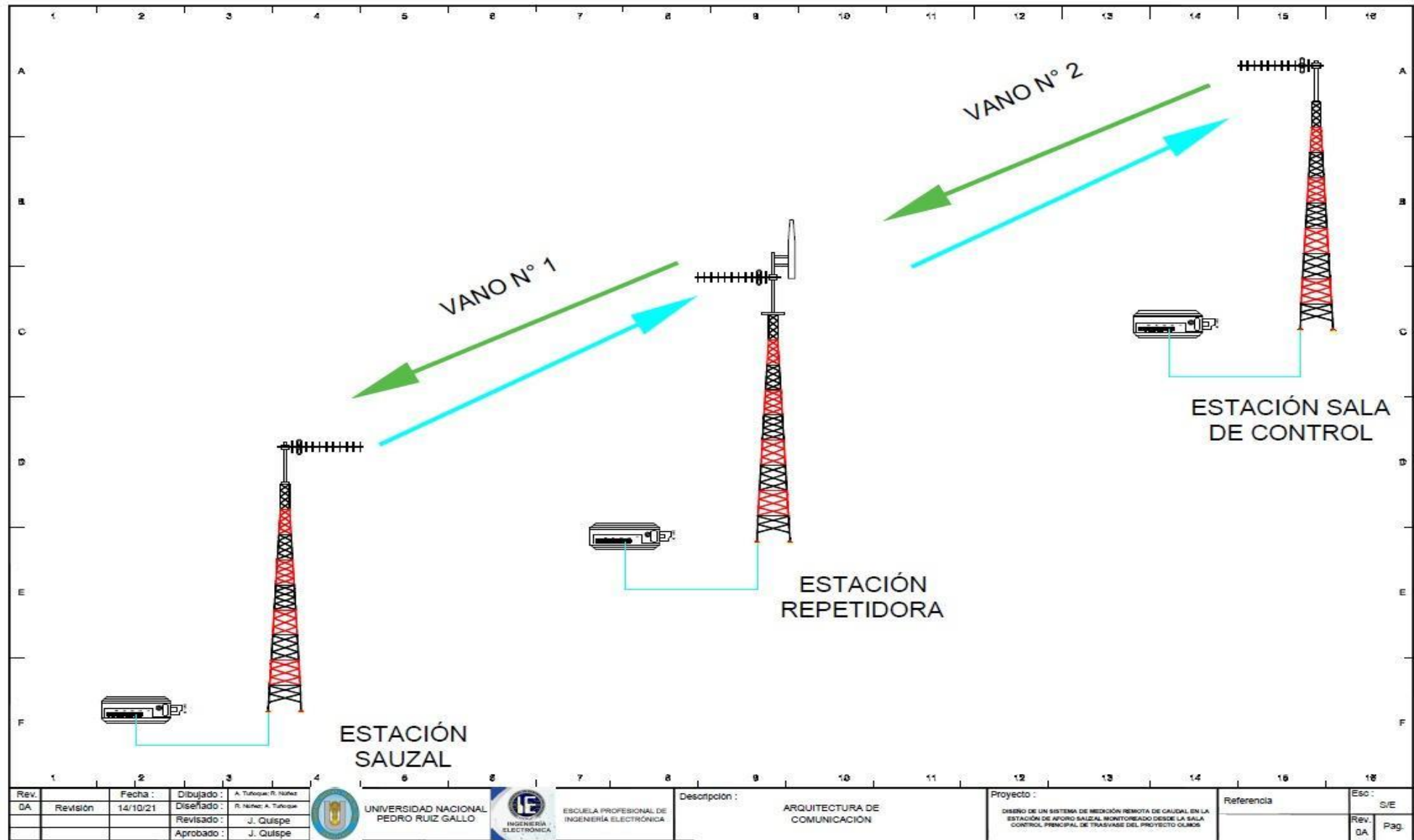
Stefani group. (2019). *Autormatización industrial*. Obtenido de Autormatización industrial:

<https://stefanini.com/es/la-stefanini/partners/ihm/automatizacion-industrial>

- Steren. (2017). *ABC de la mecatrónica* (Vol. 1). Obtenido de <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-tecnologica-nacional/fisica/abc-de-la-mecatronica-sterenpdf-version-1/7701078>
- Suqui, K. (2010). *Estudio e implementación de un radio enlace con tecnología mikrotik para el I.S.P. JJSistemas en el Cantón Gualaquiza, Provincia Morona Santiago*". Tesis de grado, Universidad Politécnica salesiana sede Cuenca, Cuenca-Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1061/13/UPS-CT002036.pdf>
- Urpeque, H. (1 de agosto de 2015). RPP noticias. *Acuña dice que proyecto Olmos no será afectado por caso Odebrecht*. Recuperado el 23 de enero de 2022, de <https://rpp.pe/peru/actualidad/acuna-dice-que-proyecto-olmos-no-sera-afectado-por-caso-odebrecht-noticia-827298>
- Vela, P. (2015). *Estudio y diseño de un radioenlace para transmisión de datos, e internet en frecuencia libre para la cooperativa indígena "alfa y omega" utilizando equipos airmax de ubiquiti*. Escuela politécnica nacional, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10776/1/CD-6315.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1: Arquitectura de comunicación



ANEXO 2: Certificado de homologación de radio modem



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Comunicaciones

Dirección General de Control y Supervisión de Comunicaciones

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Promoción de la Industria Responsable y del Compromiso Climático"

Lima, 17 OCT. 2014

OFICIO Nº 5399 -2014-MTC/29

Señor
SALVADOR SANTIAGO CEBRIAN PLACIDO
Representante Legal
GEOINSTRUMENTS INTERNATIONAL S.A.C.
Av. Arequipa Nº 5103
LIMA 18

Asunto : Certificado de Homologación
Ref. : Exp. Nº 2014-053997 del 25/08/2014

Tengo el agrado de dirigirme a usted, en atención al documento de la referencia, mediante el cual solicita la homologación del equipo Transceptor RF para transmisión de datos - Configurado de fábrica en 916 - 928 MHz (a título secundario), marca XETAWAVE, modelo XETA9-E.

Al respecto, hago de su conocimiento que este Despacho ha considerado procedente su solicitud de homologación, expidiéndose el Certificado de Homologación TRSS32427 de fecha 06/10/2014, de conformidad a lo recomendado en el informe Nº 2052-2014-MTC/29.01.

Finalmente, se solicita se sirva indicar las medidas y acciones adoptadas para cumplir con lo dispuesto en el artículo 11° de la Resolución Ministerial Nº 199-2013-MTC/03 publicado el 12 de abril de 2013 respecto a la difusión de sus clientes sobre las condiciones de operación de los servicios cuyos equipos utilizan las bandas 915 - 928 MHz, 916 - 928 MHz, entre otras.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para expresarle los sentimientos de mi consideración.

Atentamente,



JUAN CARLOS MEJÍA CORNEJO
Director General de Control y Supervisión de Comunicaciones (e)

*De conformidad con el TUPA del MTC el pago por derecho de trámite del procedimiento de homologación Nº 01 (Homologación de equipos y/o aparatos de telecomunicaciones que se conectan a la red pública) y del procedimiento de homologación Nº 2 (Homologación de sistema irradiante (antena), terminales móviles (celulares), equipos de teleservicio privado y equipos y/o aparatos de telecomunicaciones que utilizan el espectro radioeléctrico) es de S/. 106.5. En caso de pago en exceso, el administrado puede solicitar la devolución correspondiente.
Para el ingreso de equipos y/o aparatos de telecomunicaciones al país no es un requisito que los mismos deban estar homologados, sino contar con el permiso de internamiento otorgado por el MTC.
En caso de que los equipos no estuvieran homologados, éstos no podrán ser utilizados o comercializados hasta que obtengan el Certificado de Homologación expedido por el MTC.
Base Legal: Artículo 245° del TUO del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones aprobado por D.S. Nº 020-2007-MTC publicado el 4 de julio de 2007.

www.mtc.gob.pe | Jr. Zorritos Nº 1203
Lima - 01 Perú
(511) 615-7800





MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCION GENERAL DE CONTROL Y SUPERVISION
 DE COMUNICACIONES
CERTIFICADO DE HOMOLOGACION

Código: TRSS32427	Emisión: 06/10/2014
--------------------------	----------------------------

SE CERTIFICA QUE: Visto el INFORME N° 2052-2014-MTC/29.01.01 del 06/10/2014, en el cual se indica que cumple con las disposiciones de la Ley y su Reglamento General, el Reglamento Especifico de Homologación de Equipos y Aparatos de Telecomunicaciones (Decreto Supremo N° 001-2006-MTC publicado el 21/01/2006) y Normas Técnicas Vigentes, por lo que se permite su uso en el territorio nacional bajo las siguientes condiciones:

El presente certificado no constituye título habilitante para la prestación de servicios de telecomunicaciones, ni autoriza el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

La expedición del presente certificado no exime a la Dirección General de Control y Supervisión de Comunicaciones de realizar las mediciones y comprobaciones técnicas destinadas a verificar el cumplimiento de las condiciones en que se otorgó la homologación.

En caso de incumplirse las disposiciones establecidas en el Reglamento Especifico de Homologación de Equipos y Aparatos de Telecomunicaciones o verificarse alguna modificación de las especificaciones técnicas consignadas en el certificado de homologación el órgano competente procederá a cancelar el certificado otorgado.

Las infracciones relativas a la homologación de equipos y aparatos de telecomunicaciones se encuentran tipificadas en la Ley y su Reglamento General y en el ámbito del servicio de radiodifusión por la ley de Radio y Televisión y su Reglamento.

FABRICANTE / CONSTRUCTOR / EMPRESA


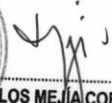
Nombre	: XETAWAVE, LLC	
Dirección	: 1668 Valtec Lane Suite G, Boulder, Colorado 80301	Pais : U.S.A.

DATOS TECNICOS DEL EQUIPO Y/O APARATO

Descripción	: TRANSCPTOR RF	
Función	: Transceptor RF para transmisión de datos - Configurado de fábrica en 916 - 928 MHz (a título secundario)	
Marca	: XETAWAVE	Modelo : XETA9-E
Norma Técnica Aplicada	: PNAF-R.M. N° 187-2005-MTC/03, pub. el 03/04/2005. R.M. N° 777-2005-MTC/03 del 05/11/05	

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE FUNCIONAMIENTO

Banda de frecuencias de operación	: 916 - 928 MHz (Configurado de fábrica)
Potencia de transmisión	: 4 W máx.
Estabilidad de frecuencia	: ± 1.0 ppm
Técnica de transmisión	: FHSS
Tipo de modulación	: BPSK, QPSK, 8PSK, 16PSK, 16QAM, 2-4 LEVEL GFSK, 32QAM
Temperatura de operación	: -40 °C a +85 °C
Nota	: El uso y operatividad del equipo está sujeto a las restricciones y disposiciones del D.S. N° 006-2013-MTC. Asimismo para comercializar este equipo deberá cumplir con adherir, grabar o imprimir en el aparato o equipo una "Etiqueta de Cumplimiento" de forma visible y permanente, conforme a lo dispuesto en la R.M. N° 199-2013-MTC/03 que modifica la R.M. N° 777-2005-MTC/03 y el PNAF aprobado mediante R.M. N° 187-2005-MTC/03.



JUAN CARLOS MEJÍA CORNEJO
 Director General de Control y Supervisión de Comunicaciones

REGLAMENTO ESPECÍFICO DE HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS Y APARATOS DE TELECOMUNICACIONES

(Decreto Supremo N° 001-2006-MTC, publicado el 21/01/2006)

Artículo 3°.- Finalidad

La homologación de equipos o aparatos de telecomunicaciones tiene por finalidad:

- 3.1 Prevenir daños a las redes públicas a las que se conecten.
- 3.2 Garantizar la seguridad del usuario, operadores y terceros.
- 3.3 Garantizar el correcto uso del espectro radioeléctrico.
- 3.4 Evitar las interferencias electromagnéticas y asegurar la compatibilidad electromagnética con otros usos del espectro.

Artículo 4°.- Aplicación

El presente Reglamento es de obligatorio cumplimiento en territorio nacional y se aplica a toda persona natural o jurídica que importe o fabrique, construya, comercialice u opere equipos y/o aparatos de telecomunicaciones, que se conecten a una red pública de telecomunicaciones para prestar cualquier tipo de servicio de telecomunicaciones y/o se utilice para realizar emisiones radioeléctricas.

Artículo 14°.- Del certificado

- 14.1 El certificado de homologación es el documento mediante el cual el Ministerio certifica, que los equipos y/o aparatos de telecomunicaciones examinados cumplen con las disposiciones de la Ley, su Reglamento General, el presente Reglamento y normas técnicas vigentes. Su plazo de vigencia es indefinido.
- 14.2 El certificado de homologación no constituye título habilitante para la prestación de servicios de telecomunicaciones, ni autoriza al uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.
- 14.3 Los equipos transmisores o transceptores de construcción nacional obtendrán un certificado de homologación único cuyas mediciones son válidas solamente para el equipo homologado. Para un equipo o aparato similar deberá realizarse un nuevo trámite de homologación.

Artículo 16°.- Acciones de Supervisión y Control

La expedición del certificado de homologación no exime a la Dirección de realizar las mediciones y comprobaciones técnicas destinadas a verificar el cumplimiento de las condiciones en que se otorgó la homologación, debiéndose levantar en cada caso, el acta de verificación correspondiente.

En caso de incumplirse las disposiciones establecidas en este Reglamento o verificarse alguna modificación de las especificaciones técnicas consignadas en el certificado de homologación, el órgano competente podrá cancelar el certificado otorgado.

TEXTO ÚNICO ORDENADO DE LA LEY DE TELECOMUNICACIONES

(Decreto Supremo N° 013-93-TCC)

Artículo 88°.- Constituye infracciones graves:

1. La instalación de terminales o equipos que no disponen del correspondiente certificado de homologación.
2. La importación, fabricación, distribución y venta de equipos terminales o aparatos que no disponen de certificados de homologación.
3. La alteración o manipulación de las características técnicas marcas etiquetas o signos de identificación de los equipos o aparatos.

Se deja a salvo las operaciones propias de radioaficionados en cuanto a las características de los equipos destinados específicamente a este servicio.

Artículo 91°.- Las infracciones consideradas como graves serán sancionadas con multas entre cincuenta y uno (51) y ciento cincuenta (150) Unidades Impositivas Tributarias (UIT).

En el caso de alteración de las características de los equipos la sanción podrá extenderse al decomiso de los mismos (Mod. Por Ley 27336 del 05.08.00).

ANEXO 3: Presupuesto general

**TABLERO DE CONTROL Y COMUNICACIÓN VIA RADIO MODEM
(PUNTO DE AFORO SAUZAL) – PRESUPUESTO**

ITEM	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	CANT.	P. NETO	SUB T.
1	PLC Módulo S7-1200 / 6ES7214-1AG40-0XB0	SIEMENS	CPU1214CDC/DC/DC	1	2337.65	2337.65
2	Sensor de nivel tipo radar	Vega	VegaPuls WL 61	1	2896.50	2896.50
3	Radio Modem	Xetawave	Xeta9-E/Xeta9-EL	1	7955.14	7955.14
4	Antena Yagi direccional 12dBi 900Mhz		YA90012W	1	707.25	707.25
5	Protector de sobretensión	P+F		1	425.41	425.41
6	Luminaria LED compacta	Rittal	SZ 4140.840	1	160.26	160.26
7	Baliza Roja fija XVB – Led 24VDC IP65	Harmony	XVBLOB4	1	508.58	508.58
8	Switch de posición (apertura/cierre de tablero)	ABB		1	229.80	229.80
9	Interruptor térmico bipolar 32A	SIEMENS	C32	1	60	60.00
10	Interruptor térmico bipolar 10A	SIEMENS	C10	3	42	126.00
11	Interruptor térmico bipolar 04A	SIEMENS	C4	1	33	33.00
12	Tomacorriente 2 tomas + tierra	ABB		1	450.54	450.54
13	Borneras Porta Fusibles	ABB		10	6.86	68.60
14	Borneras de paso de 2.5mm	ABB		10	6.20	62.00
15	Borneras de tierra (color Verde / Amarillo)	ABB		10	13.20	132.00
16	Tapa final para borneras de paso	ABB		12	7.37	88.44
17	Tapa final para borneras de tierra color amarillo	ABB		12	8.26	99.12
18	Separador para Bornes	ABB		10	7.80	78.00
19	Tope Final para Borneras	ABB		6	6.51	39.06
20	Kit Rejilla + Filtro + Ventilador	ABB		1	920.39	920.39
21	Porta Planos A4	ABB		1	185.68	185.68
22	Tablero mural metálico de 1200x800x300 con accesorios	NOVUM SOLAR		1	1360.20	1360.20
TOTAL, SOLES					18923.62	

**TABLERO BANCO DE BATERIAS CON SISTEMA FOTOVOLTAICO
(PUNTO DE AFORO SAUZAL) – PRESUPUESTO**

ITEM	DESCRIPCION	MARCA	CANT.	PU S/.	SUBTOTAL
1	Paneles solares 200W	SOLARWORLD	2	613.72	1,227.44
2	Controlador de carga solar	VICTRON ENERGY	1	4320.21	4320.21
3	Baterías de libre mantenimiento de 150 AH	VICTRON ENERGY	4	1505.64	6,022.56
4	Inversor 24VDC/220VAC – 300 W	SIEMENS	1	1145.99	1145.99
5	Regulador de Voltaje 12VDC/24VDC	VICTRON ENERGY	1	229.14	229.14
6	Switch de posición (apertura/cierre de tablero)	ABB	1	229.80	229.80
7	Fluorescente 15Watt, 230v	ABB	1	255.96	255.96
8	termo magnético 2x16A Interruptor	ABB	2	45.01	90.03
9	Interruptor termo magnético 2x6 A	ABB	4	45.01	180.04
10	Interruptor termo magnético 2x4 A	ABB	4	45.01	180.04
11	Borneras Porta Fusibles	ABB	10	6.86	68.60
12	Borneras de paso de 2.5mm	ABB	15	6.20	93.00
13	Borneras de tierra (color Verde/Amarillo)	ABB	10	13.20	132.00
14	Tapa final para borneras de paso	ABB	12	7.37	88.44
15	Tapa final para borneras de tierra color amarillo	ABB	12	8.26	99.12
16	Separador para Bornes	ABB	15	7.80	117.00
17	Tope Final para Borneras	ABB	10	6.51	65.10
18	Kit Rejilla + Filtro + Ventilador	ABB	1	920.39	920.39
19	Porta Planos A4	ABB	1	185.68	185.68
20	Soporte para paneles solares y accesorios de fijación	NOVUM SOLAR	1	3486.39	3486.39
21	Tablero mural metálico de 1200x800x300 con accesorios	NOVUM SOLAR	1	4811.22	4811.22

TOTAL, SOLES 23,948.14

**TABLERO DE CONTROL Y COMUNICACIÓN VIA RADIO MODEM CON
SISTEMA SOLAR (ESTACIÓN REPERIDORA) – PRESUPUESTO**

ITEM	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	CANT	P. NETO	SUBTOTAL
1	Radio Modem	Xetawave	Xeta9x9- E/Xeta9x9-EL	1	7955.14	7955.14
2	Switch Ethernet Industrial Stratix 2000,	ABB	1783-US5T/A	1	492.85	492.85
3	Antena Yagi direccional 12dBi 900Mhz		YA90012W	1	707.25	707.25
4	Antena de transmisión Omnidireccional 902 – 928 MHz		FG9026	1	618.24	618.24
5	Paneles solares 80W	SolarWorld		2	323.72	647.44
6	Controlador de carga solar			1	4320.21	4320.21
7	Baterías de libre mantenimiento de 150 AH			2	1505.64	3011.28
9	Luminaria LED compacta	Rittal	SZ 4140.840	1	160.26	160.26
10	Baliza Roja fija XVB – Led 24VDC IP65	Harmony XVB	XVBL0B4	1	224.58	224.58
11	Switch de posición (apertura/cierre de tablero)	ABB		1	63.94	63.94
12	Protector de sobretensión	P+F		1	307.31	307.31
13	Interruptor termo magnético 2x16A	ABB		2	45.01	90.02
14	Interruptor termo magnético 2x6 A	ABB		4	45.01	180.04
15	Interruptor termo magnético 2x4 A	ABB		4	45.01	180.04
16	Tomacorriente 2 tomas + tierra <	ABB		1	450.54	450.54
17	Borneras Porta Fusibles	ABB		10	6.86	68.60
18	Borneras de paso de 2.5mm	ABB		15	6.20	93.00
19	Borneras de tierra (color Verde / Amarillo)	ABB		10	13.20	132.00
20	Tapa final para borneras de paso	ABB		10	7.37	73.7
21	Tapa final para borneras de tierra color amarillo	ABB		10	8.26	82.6
22	Separador de para Bornes	ABB		10	7.80	78.00
23	Tope Final para Borneras	ABB		6	6.51	39.06
24	Kit Rejilla + Filtro + Ventilador	ABB		1	920.39	920.39
25	Porta Planos A4	ABB		1	185.68	185.68
26	Soporte para paneles solares y accesorios de fijación			1	3486.39	3486.39
27	Tablero mural metálico de 800x600x300 con accesorios			1	4511.22	4511.22
					TOTAL, SOLES	29079.78

**TABLERO DE CONTROL Y COMUNICACIÓN VIA RADIO MODEM
(SALA DE CONTROL, ALIVIADERO) – PRESUPUESTO**

ITEM	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	CANT	P. NETO	SUBTOTAL
1	Fuente de alimentación 24Vdc 4A	ABB		1	1066.12	1066.123
2	Switch Ethernet Industrial Stratix 2000	ABB	1783-US5T/A	1	492.85	492.85
3	Radio Modem	XETAWAVE	Xeta9-E/Xeta9-EL	1	7955.14	7955.14
4	Antena Yagi direccional 12dBi 900Mhz		YA90012W	1	707.25	707.25
5	Switch de posición (apertura/cierre de tablero)	ABB		1	63.94	63.94
7	Protector de sobretensión	P+F		1	307.31	307.31
8	Luminaria LED compacta	Rittal	SZ 4140.840	1	1870.26	1870.26
9	Columna de señalización de tres elementos	AB	XVMB1RAG	1	575.72	575.72
11	Interruptor termo magnético 2x16A	ABB		2	45.01	90.02
12	Interruptor termo magnético 2x6 A	ABB		4	45.01	180.04
13	Interruptor termo magnético 2x4 A	ABB		4	45.01	180.04
14	Tomacorriente 2 tomas + tierra	ABB		1	110.54	110.54
15	Borneras Porta Fusibles	ABB		10	6.86	68.60
16	Borneras de paso de 2.5mm	ABB		20	6.20	124.00
17	Borneras de tierra (color Verde / Amarillo)	ABB		10	13.20	132.00
18	Tapa final para borneras de paso	ABB		12	7.37	88.44
19	Tapa final para borneras de tierra color amarillo	ABB		12	8.26	99.12
20	Separador para Bornes	ABB		10	7.80	78.00
21	Tope Final para Borneras	ABB		6	6.51	39.06
22	Kit Rejilla + Filtro + Ventilador	ABB		1	920.39	920.39
23	Porta Planos A4	ABB		1	185.68	185.68
24	Tablero mural metálico de 1200x800x300 con accesorios			1	4811.22	4811.22

**TOTAL,
SOLES 20145.74**

**SISTEMA DE TIERRA Y PARA RAYOS Y REPETIDORA
(PRESUPUESTO POR DOS KITS)**

ITEM	DESCRIPCIÓN	MARCA	CANT.	U.M	P. NETO	SUB TOTAL
SISTEMA DE PARARRAYO ALTURA 24 METROS						
1	Pararrayo PDC IONIFLASH MACH 60 – cabeza de Acero I, Pararrayo con dispositivo de cebado de procedencia francesa, construido y diseñado bajo las normas internacionales 21-186 Y NFC 17102, el cual tiene un radio de protección de 80 metros.	BURNDY	2	Pza	51928.05	103,856.10
2	Mástil de 2"X3m + Acople EN FE GLV.	BURNDY	2	PZA	815.12	1,630.24
3	BBU, BASE BANDERA UNIVERSAL (PAR)		4	PAR	73.49	293.96
4	CABLE 50 MM, DESNUDO/BLANDO.	INDECO	100	MT	39.31	3931.00
5	TUBO PROTECTOR DE 2" X 3M.DE FE.GLV.		2	JGO	445.13	890.26
6	Aislador de Bakelita		40	Pza	69.37	2,774.80
BALIZA LUMINOSA						
1	Señalizador de obstáculo aéreos construido con emisores de luz en estado sólido-IP-65 - 90 a 220V, 50/60Hz	SUNLAB	2	Pza	2046.47	4,092.94
2	Cable de potencia 3 conductores Cu-clase 5- 0,6/1kV (EPR)-blanco, negro y azul-Normas NBR NM 280 y NBR 7288, tipo Eprotenax Gsette	PRYSMI AN	80	M.	9.02	721.60
3	Tubería Conduit IMC x 03 metros	METELS A	24	Pza	86.71	2,081.04
4	Prensaestopas PG13,50		4	M.	6.92	27.68
5	Caja de paso Metalice		2	Pza	92.49	184.98
PUESTA A TIERRA						
1	Electrodo de puesta a tierra de Copperweld		2	Pza	153.38	306.76
2	Conector Burndy tipo GAR6429 para varilla -cable	BURNDY	4	Pza	363.75	1,455
3	Caja de registro P/puesta a tierra redondas 0.40m de diámetros y 0.40 de profundidad de concreto con asa y señalización.		2	Pza	68.83	137.66
4	Bentonita		180	K	7.74	1,393.20
5	Tierra de cultivo		6	m ³	407.04	2,442.24
6	CABLE 50 MM, DESNUDO/BLANDO.		100	MT	40.63	4063.00
7	CABLE 35 MM, AISLADO AMARILLO VERDE.		100	MT	56.78	5678.00
TOTAL (SOLES)						135,960.46

**SUMINISTRO DE TORRES PARA COMUNICACIÓN VIA RADIO MODEM,
MATERIALES DE MONTAJE E INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS
(PRESUPUESTO POR TRES KITS)**

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	U.M	P. NETO	SUB TOTAL
Estación Sauzal					
01	Torres ventada de comunicación (cuerpos de 3mtsx6)	1	U	1800.00	1800.00
01	Accesorios de instalación	1	U	800.00	800.00
01	Traslado del equipamiento	1	U	500.00	500.00
01	Instalación de Torre	1	U	1000.00	1000.00
Estación repetidora					
01	Torres ventada de comunicación (cuerpos de 3mtsx16)	1	U	4800.00	4800.00
01	Accesorios de instalación	1	U	1950.00	1950.00
01	Traslado del equipamiento	1	U	650.00	650.00
01	Instalación de Torre	1	U	2800.00	2800.00
Estación de control					
01	Torres ventada de comunicación (cuerpos de 3mtsx14)	1	U	4200.00	4200.00
01	Accesorios de instalación	1	U	1700.00	1700.00
01	Traslado del equipamiento	1	U	500.00	500.00
01	Instalación de Torre	1	U	2200.00	2200.00
SUB TOTAL					S/. 22900.00

ANEXO 4: Cotización del sistema de comunicación



Simonett W, S.A. de C.V.
 Angel Urraza 1838
 Col. Independencia
 Del. Benito Juárez DF C.P. 03630
 Mexico
 52 5556721500

Cotización Resumen

Fecha	No. de Cotización
9-Sep-2016	QA11063

Cliente	Facturar a	Enviar a
3Geoinstruments International SAC RUC. 20509077160 Av. Arequipa 5103, Miraflores Lima 18 PE	Geoinstruments International SAC Av. Arequipa 5103, Miraflores Lima 18 Perú	Oliver Aguirre Geoinstruments International SAC Av. Arequipa 5103 Miraflores Lima-18 Perú

Asesor especialista	E-Mail	Teléfono Asesor
SAMANTHA CAROLINA CHEW OLVERA (SO...	schew@ampere.com.mx	56721500
Ejecutivo de Ventas	E-mail Ejecutivo de ventas	Teléfono Ejecutivo
RICARDO RODRIGUEZ DIAZ (SOCIO)	rdriguez@ampere.com.mx	52(55)56721500 Ext 232
Vigencia de Cotización	INCOTERM	Tiempo de Entrega
9-Oct-2016	CPT	45 Días a la confirmación de su pago y/o p...
Moneda	Condiciones especiales de pago	Términos
US Dollar		100% Anticipo
Observaciones		
Propuesta #1_Proyecto Mina Toquepala_parte (2)		

Cant	Unidades	Número de parte	Descripción	Precio	Importe
2	PZA	Xeta9-E	Radio Modem Ethernet/Serial 902-928MHz	1,428.00	2,856.00
2	PZA	YA90010W-5MLMR400-M-XBr and-Xcolo	Antena Yagi 902-928MHz	172.50	345.00
2	PZA	TW-LP-N-J-BHJ	Protector de descargas, DC 0 a 6 GHz, N(F)--N(F)	44.00	88.00
2	PZA	SFCABLE000064	Cable coaxial equivalente LMR240,N(M)-TNC(M),50cms	57.00	114.00
2	PZA	20245	Accesorio para montaje en riel DIN	25.20	50.40
1	PZA	Flete Internacional a LATAM	Flete de envío al aeropuerto de destino.	98.00	98.00
				Total	\$3,551.40

* Precio especial en los radios otorgado por CSW.

Términos y Condiciones de Venta. Disponibles en <http://politicas.ampere.com.mx/home/venta>
 Cotizaciones: Las cotizaciones serán válidas solo por el periodo establecido en la misma. En caso de que no indicar vigencia esta será de 30 días a partir de su emisión. Las cotizaciones están sujetas a la celebración del contrato correspondiente y a que se acepten los términos y condiciones de venta de SIMONETT W, S.A. de C.V. Precios: Los precios contenidos en las cotizaciones y contratos son en dólares americanos, salvo que se exprese lo contrario. El tipo de cambio será el publicado por el Banco de México en el Diario Oficial de la Federación, para el cumplimiento de obligaciones en moneda extranjera, vigente en la fecha del día de pago.
 Garantía de 1 año contra defectos de fabricación NO aplica en Accesorios. La mercancía viaja por cuenta y riesgo del cliente. *Favor de preguntar a su ejecutivo por el seguro de daño.



ESTRUCTURAS METÁLICAS LLACSA



Calle Incanato N° 1315, José Leonardo Ortiz - Chiclayo
Contacto: (074) 518522 / Celular: 97 9701148
E-mail: p.llacsav@gmail.com

Chiclayo, 05 de marzo del 2022

Señor: Arturo Tufoque.
Presente. -

Referencia: Proforma

Estimado señor: Arturo Tufoque.

De acuerdo a su gentil solicitud, a continuación, se detalla el contenido de la propuesta que cubre los requerimientos especificados:

ITEM	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	TOTAL S/.
	FABRICACIÓN DE TORRE VENTADA DE 18M		
01	Torre ventada de 18m	1800.00	1800.00
02	Instalación de la torre ventada de 18m	1000.00	1000.00
03	Materiales de instalación	800.00	800.00
04	Traslado	500.00	500.00
		SUB TOTAL (S/.)	4100.00
		I.G.V. (18%)	738.00
		TOTAL (S/.)	4838.00

Plazo de entrega: 04 días hábiles.
Forma de pago: 50% al iniciar la obra y el otro 50% al culminar la obra.
Incluye: Transporte, EPP, SCTR.

Condiciones Comerciales:

Cuenta Ahorro en soles del BBVA N°: 0011-0288-80-0200083102

Porfirio Llacsav Vásquez
Atentamente



ESTRUCTURAS METÁLICAS LLACSA



Calle Incanato N° 1315, José Leonardo Ortiz - Chiclayo
Contacto: (074) 518522 / Celular: 97 9701148
E-mail: p.llacsav@gmail.com

Chiclayo, 05 de marzo del 2022

Señor: Arturo Tufoque.
Presente. -

Referencia: Proforma

Estimado señor: Arturo Tufoque.

De acuerdo a su gentil solicitud, a continuación, se detalla el contenido de la propuesta que cubre los requerimientos especificados:

ITEM	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	TOTAL S/.
FABRICACIÓN DE TORRE VENTADA DE 42M			
01	Torre ventada de 42m	4200.00	4200.00
02	Instalación de la torre ventada de 42m	2200.00	2200.00
03	Materiales de instalación	1700.00	1700.00
04	Traslado	500.00	500.00
SUB TOTAL (S/.)			8600.00
I.G.V. (18%)			1548.00
TOTAL (S/.)			10148.00

Plazo de entrega: 04 días hábiles.
Forma de pago: 50% al iniciar la obra y el otro 50% al culminar la obra.
Incluye: Transporte, EPP, SCTR.

Condiciones Comerciales:

Cuenta Ahorro en soles del BBVA N°: 0011-0288-80-0200083102

Porfirio Llacsá Vásquez
Atentamente



ESTRUCTURAS METÁLICAS LLACSA



Calle Incanato N° 1315, José Leonardo Ortiz - Chiclayo
Contacto: (074) 518522 / Celular: 97 9701148
E-mail: p.llacsav@gmail.com

Chiclayo, 05 de marzo del 2022

Señor: Arturo Tufoque.
Presente. -

Referencia: Proforma

Estimado señor: **Arturo Tufoque.**

De acuerdo a su gentil solicitud, a continuación, se detalla el contenido de la propuesta que cubre los requerimientos especificados:

ITEM	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	TOTAL S/.
	FABRICACIÓN DE TORRE VENTADA DE 48M		
01	Torre ventada de 48m	4800.00	4800.00
02	Instalación de la torre ventada de 48m	2800.00	2800.00
03	Materiales de instalación	1950.00	1950.00
04	Traslado	650.00	650.00
		SUB TOTAL(S/)	10200.00
		I.G.V. (18%)	1836.00
		TOTAL (S/.)	12036.00

Plazo de entrega: 04 días hábiles.

Forma de pago: 50% al iniciar la obra y el otro 50% al culminar la obra.

Incluye: Transporte, EPP, SCTR.

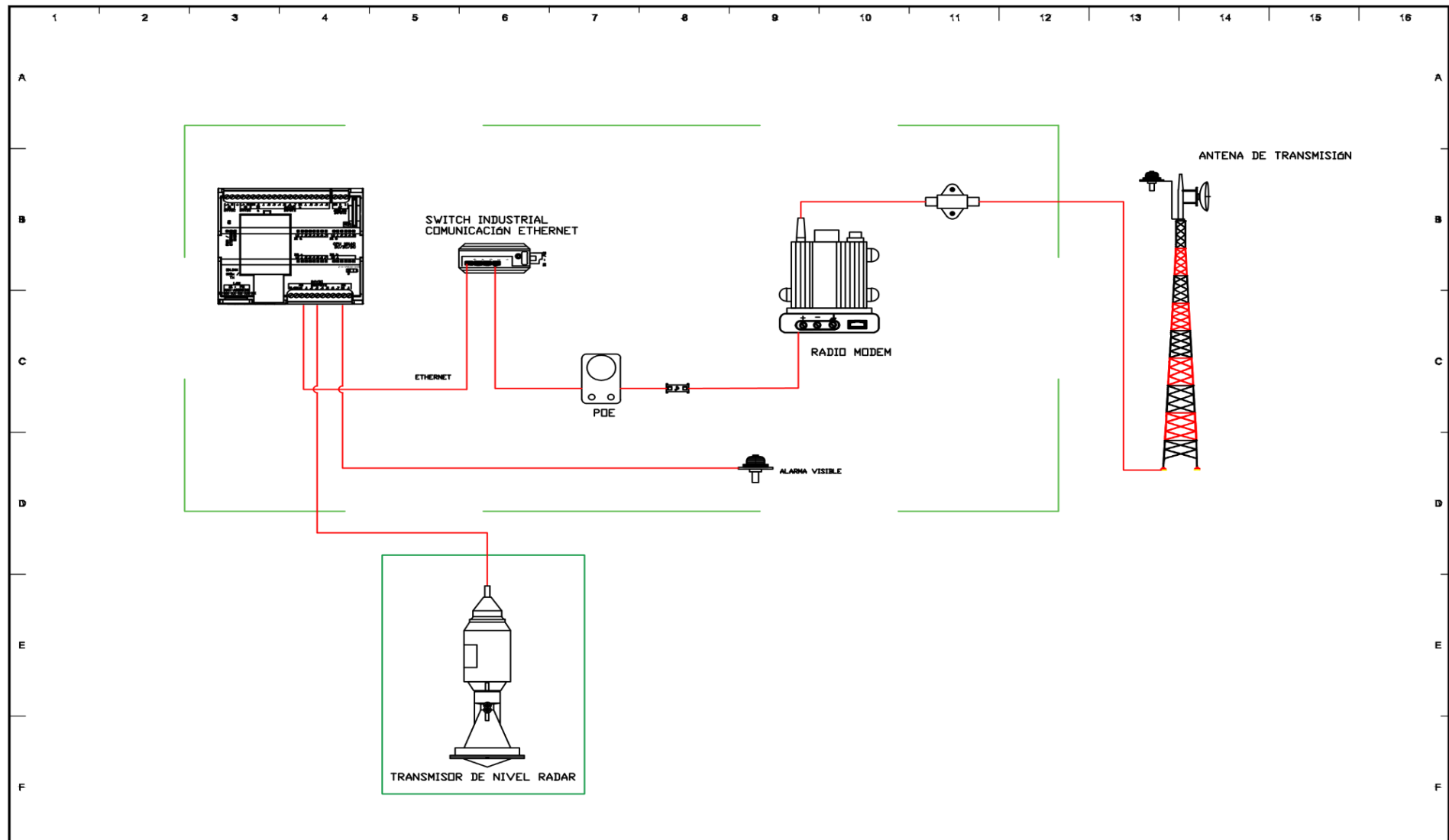
Condiciones Comerciales:

Cuenta Ahorro en soles del BBVA N°: 0011-0288-80-0200083102

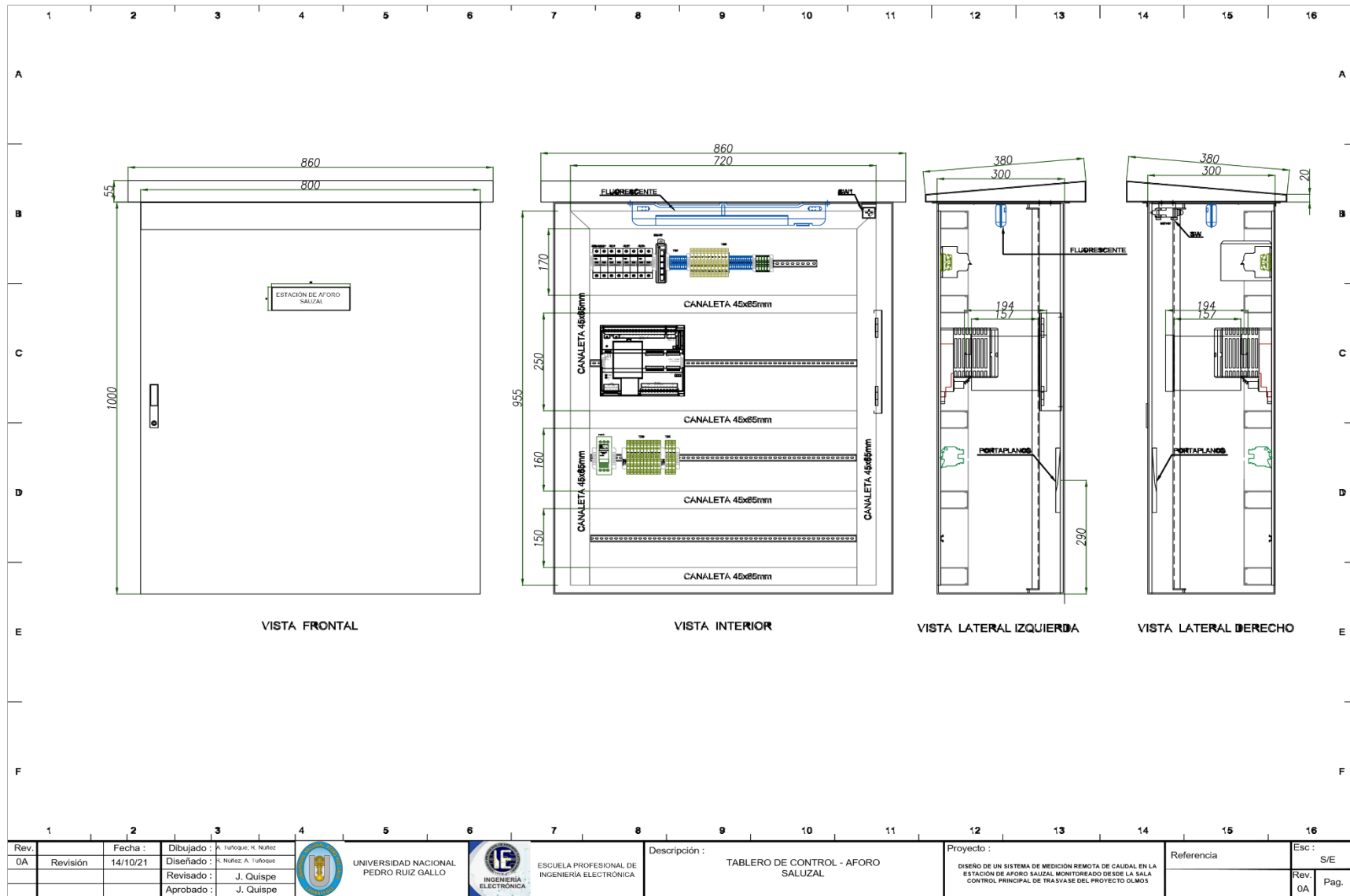
Porfirio Llacsav Vásquez
Atentamente

ANEXO 5: Planos

ANEXO:
TABLERO DE CONTROL Y COMUNICACIÓN VIA RADIO MODEM
(PUNTO DE AFORO SAUZAL) - PLANOS

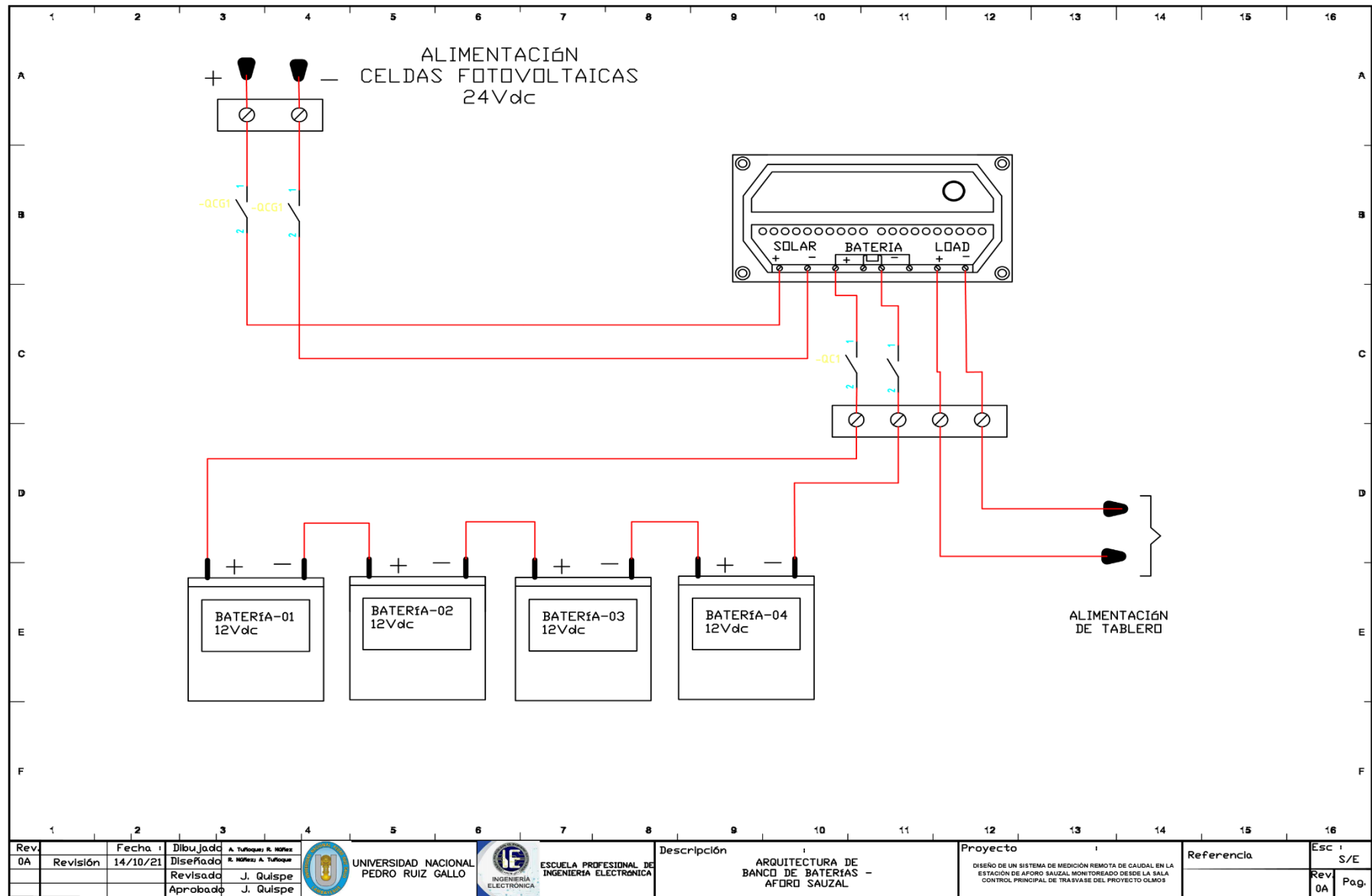


Rev. 0A	Revisión	Fecha 14/10/21	Dibujado R. Núñez A.	A. Tufloquez R.	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA	Descripción ESTACIÓN DE AFORO SAUZAL BANCO DE BATERÍAS	Proyecto DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA ESTACIÓN DE AFORO SAUZAL MONITOREADO DE SDE LA SALA CONTROL PRINCIPAL DE TRÁNSITO DEL PROYECTO OLMOS.	Referencia	Esc. S/E
			Revisado J. Quispe	Rev. 0A						Pág.
			Aprobado J. Quispe							

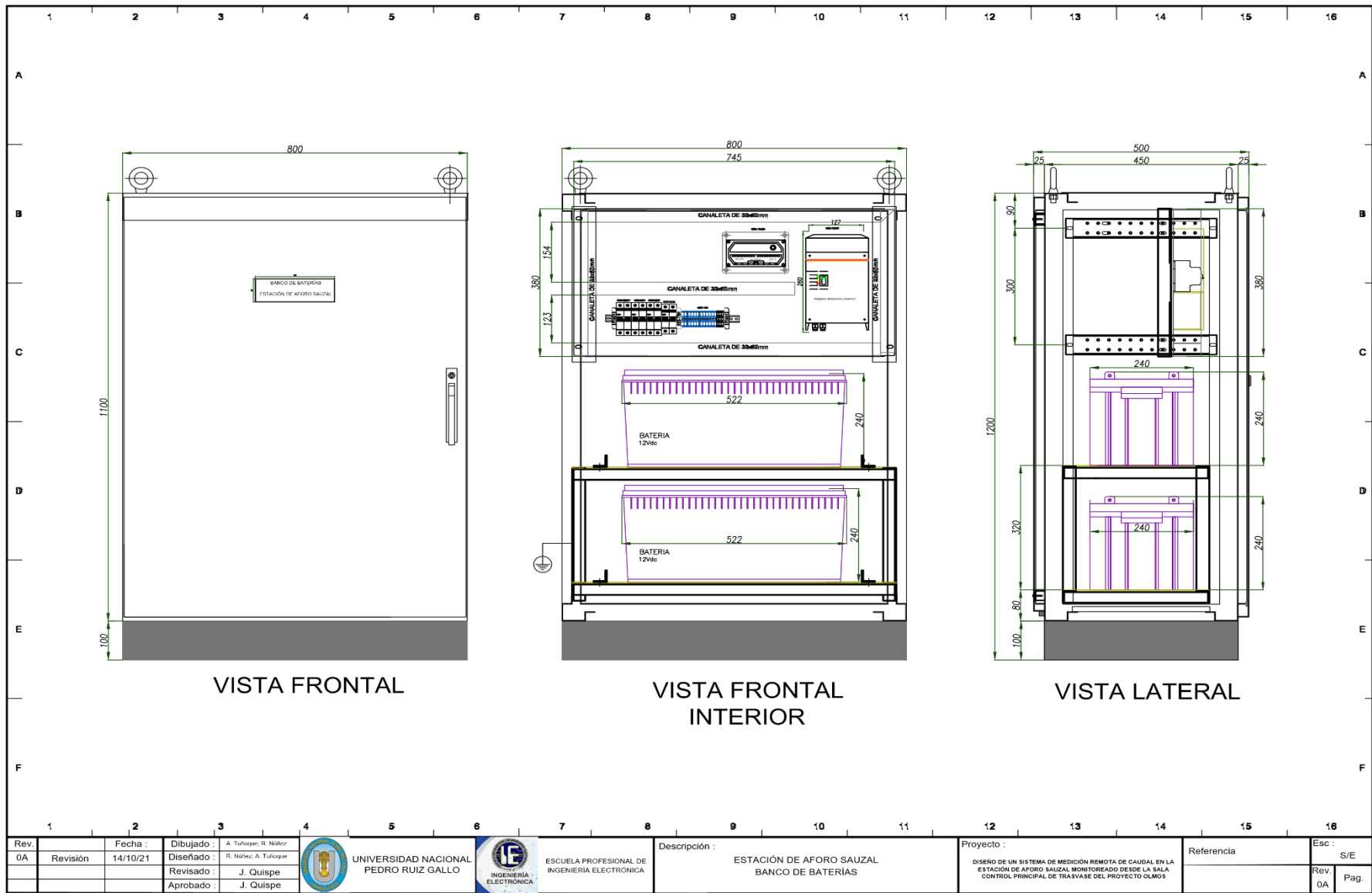



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
Rev.	Fecha :	Dibujado :	A. Tuñocac, R. Nuñez	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA		Descripción :	TABLERO DE CONTROL - AFORO SALUZAL			Proyecto :	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA ESTACIÓN DE AFORO SALUZAL MONITOREADO DESDE LA SALA CONTROL PRINCIPAL DE TRÁNSITO DEL PROYECTO OLMOS			Referencia	Esc :	S/E
0A	Revisión	14/10/21	Diseñado :	R. Nuñez, A. Tuñocac												Rev.	0A	Pag.
			Revisado :	J. Quispe														
			Aprobado :	J. Quispe														

ANEXO:
TABLERO BANCO DE BATERIAS CON SISTEMA FOTOVOLTAICO
(PUNTO DE AFORO SAUZAL) – PLANOS

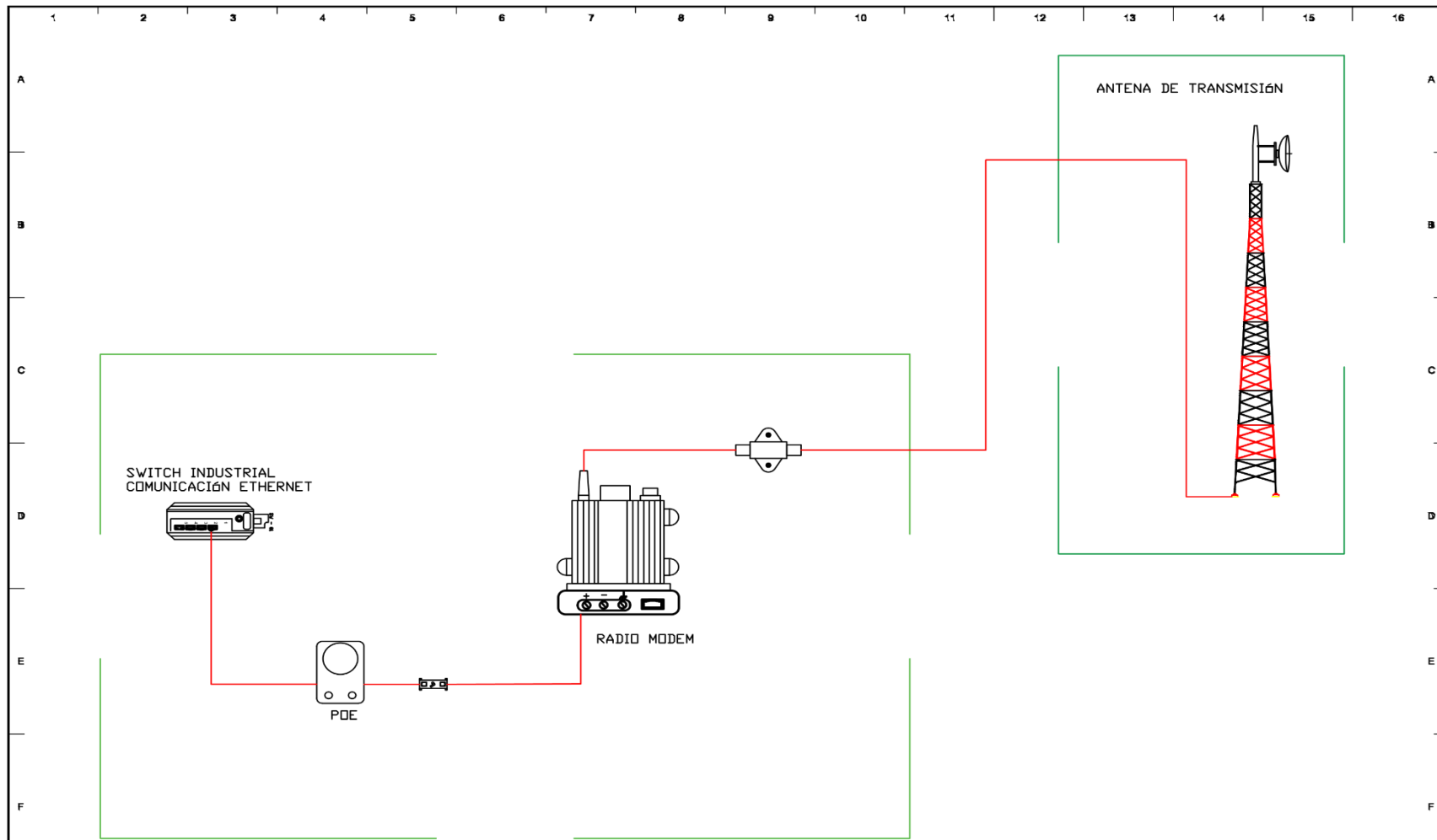




Rev. 0A	Revisión	Fecha 14/10/21	Dibujado A. Tufiño R. Rojas	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA	Descripción ARQUITECTURA DE BANCO DE BATERÍAS - AFORD SAUZAL	Proyecto DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA ESTACIÓN DE AFORD SAUZAL MONITOREADO DESDE LA SALA CONTROL PRINCIPAL DE TRÁNSITO DEL PROYECTO OLMOS	Referencia	Esc 1 S/E
		Revisado J. Quispe	Rev 0A					Pag.
		Aprobado J. Quispe						

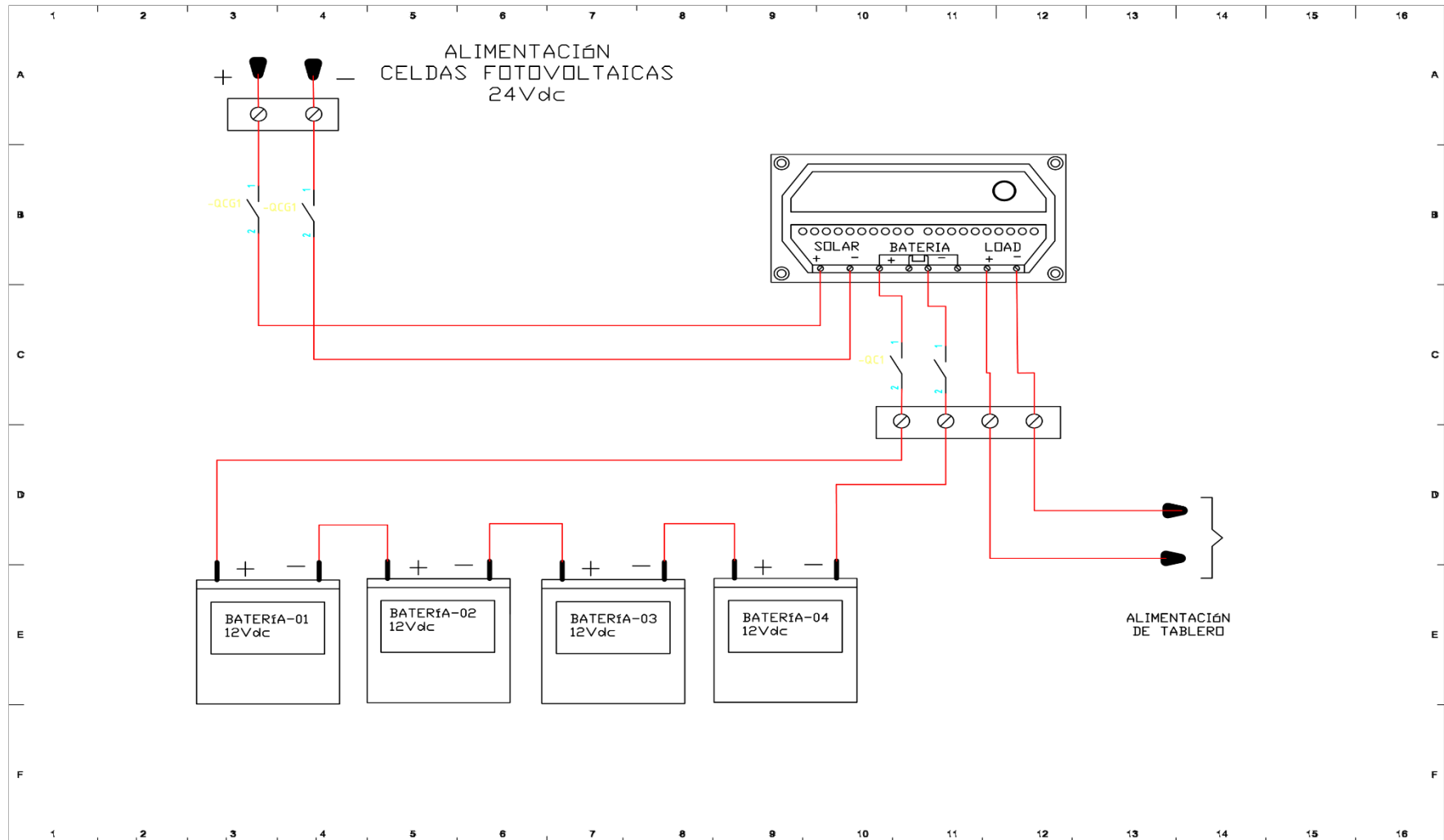




Rev.	Fecha	Dibujado	A. Tufoque, R. Nájiz	 UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO	 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA	Descripción : ESTACION DE AFORO SAUZAL BANCO DE BATERIAS	Proyecto : DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA ESTACION DE AFORO SAUZAL MONITOREADO DESDE LA SALA CONTROL PRINCIPAL DE TRAVASE DEL PROYECTO OLMOS	Referencia	Esc :	S/E		
0A	Revisión	14/10/21	Diseñado						R. Nájiz, A. Tufoque	Rev.	0A	Pag.
			Revisado						J. Quispe	Aprobado	J. Quispe	

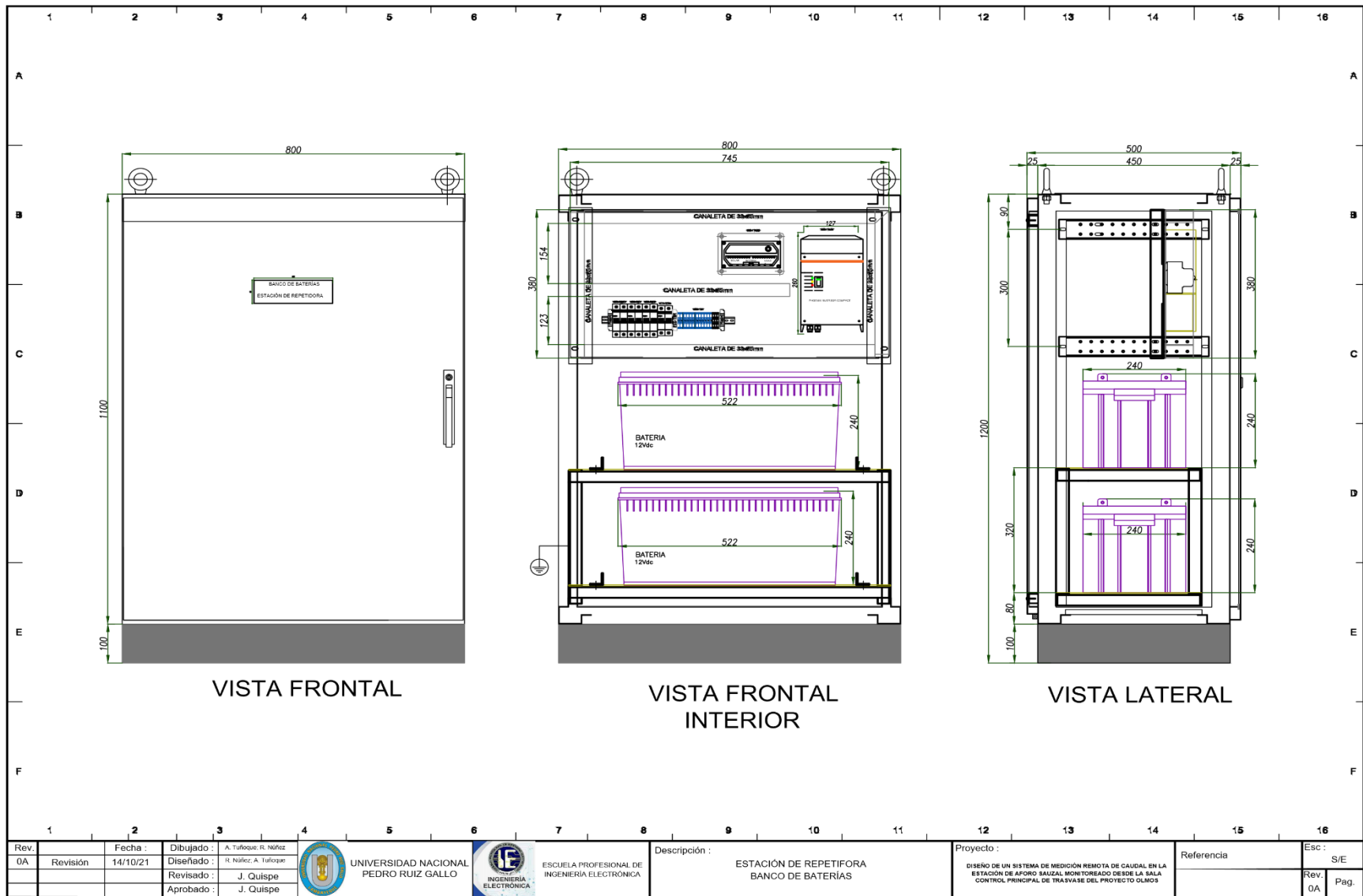
ANEXO:
TABLERO DE CONTROL Y COMUNICACIÓN VIA RADIO MODEM CON
SISTEMA SOLAR (ESTACIÓN REPERIDORA) – PLANOS





Rev. 0A	Fecha: 14/10/21	Dibujado: Tufloquez R. Nofre	Diseñado: Nofre J. A. Tufloquez	Revisado: J. Quispe	Aprobado: J. Quispe	 UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO	 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA	Descripción	Proyecto	Referencia	Esc: S/E
								ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN - REPETIDORA	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA ESTACIÓN DE AFORO SAUZAL MONITOREADO DESDE LA SALA CONTROL PRINCIPAL DE TRÁNSITO DEL PROYECTO OLMOS		Rev: 0A

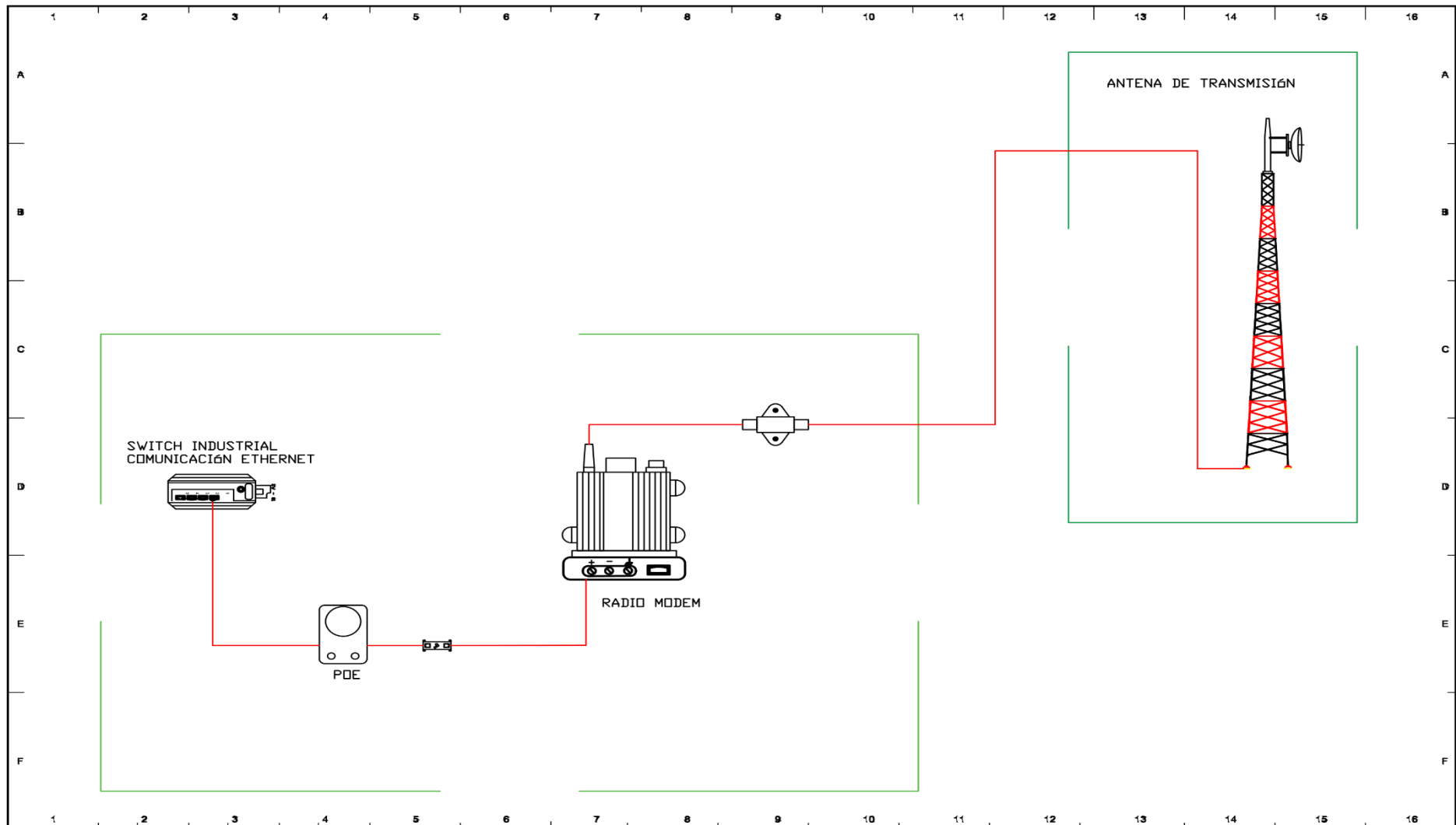


Rev.	0A	Fecha	14/10/21	Dibujad	A. Turquesa R. Nolasco	Revisad	J. Gulspe	Aprobado	J. Gulspe	 UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO	 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA	Descripción	ARQUITECTURA DE BANCO DE BATERÍAS - REPETIDORA	Proyecto	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA ESTACIÓN DE AFORDO SAUZAL MONITOREADO DESDE LA SALA CONTROL PRINCIPAL DE TRÁNSITO DEL PROYECTO OLMOS	Referencia	Esc	S/E	

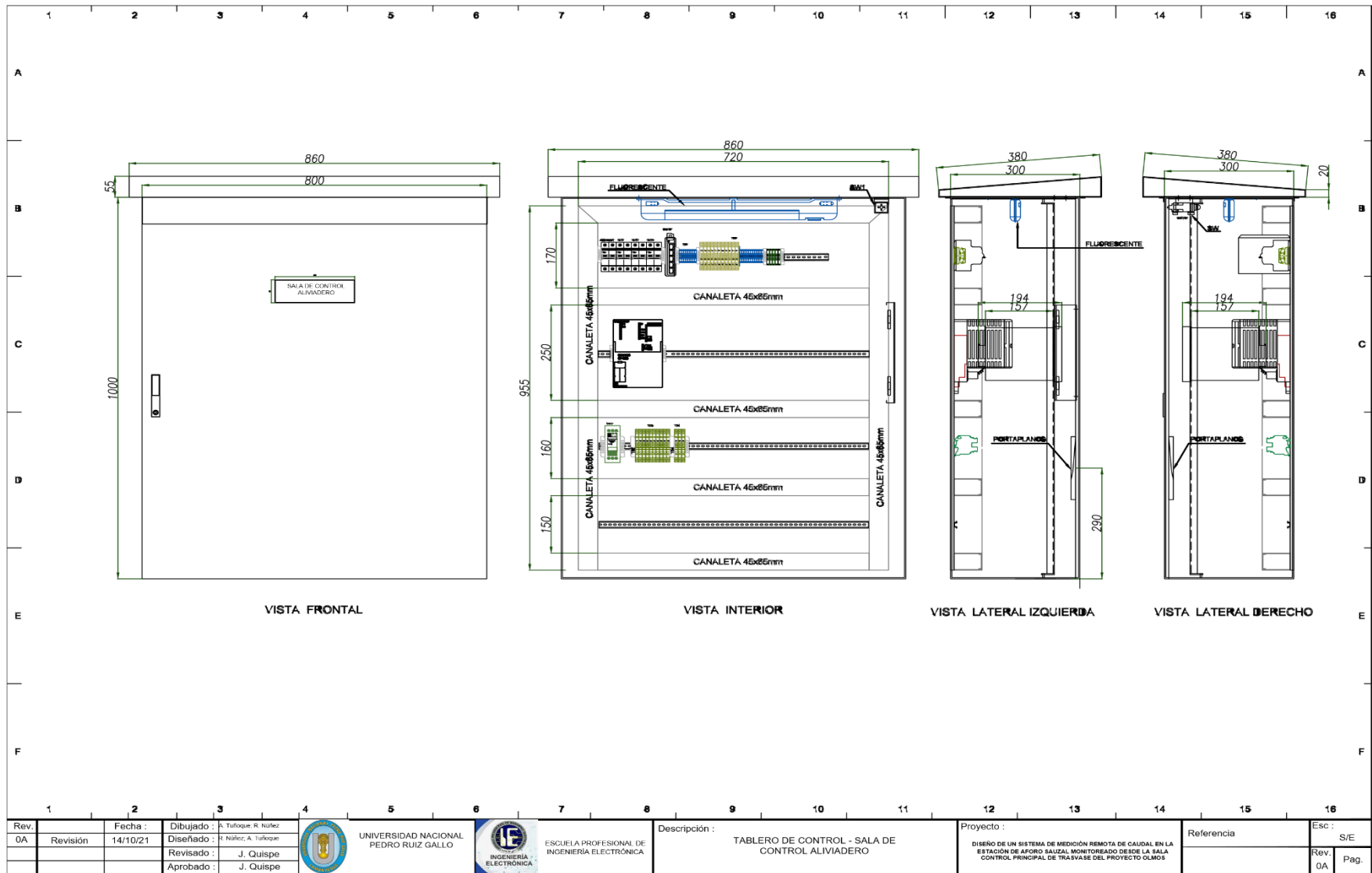


Rev.	0A	Revisión	Fecha : 14/10/21	Dibujado : A. Tufloque, R. Nández	 UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO	 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA	Descripción :	ESTACION DE REPETIDORA BANCO DE BATERIAS	Proyecto :	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA ESTACION DE APORO SAUZAL MONITOREADO DESDE LA SALA CONTROL PRINCIPAL DE TRAVASE DEL PROYECTO OLMOS	Referencia	Esc : S/E		
				Revisado : J. Quispe									Rev.	0A
				Aprobado : J. Quispe										Pag.

ANEXO:
TABLERO DE CONTROL Y COMUNICACIÓN VIA RADIO MODEM
(SALA DE CONTROL, ALIVIADERO) – PLANOS



Rev. 0A	Revisión	Fecha: 14/10/21	Dibujado: Túroque R. Népez	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA	Descripción: ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN - SALA DE CONTROL ALIVIADERO	Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA ESTACIÓN DE AFORO SAUZAL MONITOREADO DESDE LA SALA CONTROL PRINCIPAL DE TRÁNSITO DEL PROYECTO OLMOS	Referencia:	Esc: S/E
			Revisado: J. Quispe						Rev: 0A
			Aprobado: J. Quispe						Pag.:



Rev.:	Fecha :	Dibujado :
0A	Revisión 14/10/21	A. Tullioque R. Nuñez
		R. Nuñez A. Tullioque
		J. Quispe
		J. Quispe

UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO



Descripción :
TABLERO DE CONTROL - SALA DE
CONTROL ALIVIADERO

Proyecto :
DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA
ESTACIÓN DE AFORO SAUZAL MONITOREADO DESDE LA SALA
CONTROL PRINCIPAL DE TRÁNSITO DEL PROYECTO OLMOS

Referencia	Esc :
	S/E
Rev. 0A	Pag.

ANEXO 6: Diseño de sensor de nivel ultrasónico para pruebas de laboratorio

A. Diseño del sensor de nivel con Arduino

Figura 116. Simulación del sensor Ultrasónico HC – SR04, con Arduino en TinkerCad de Autodesk.

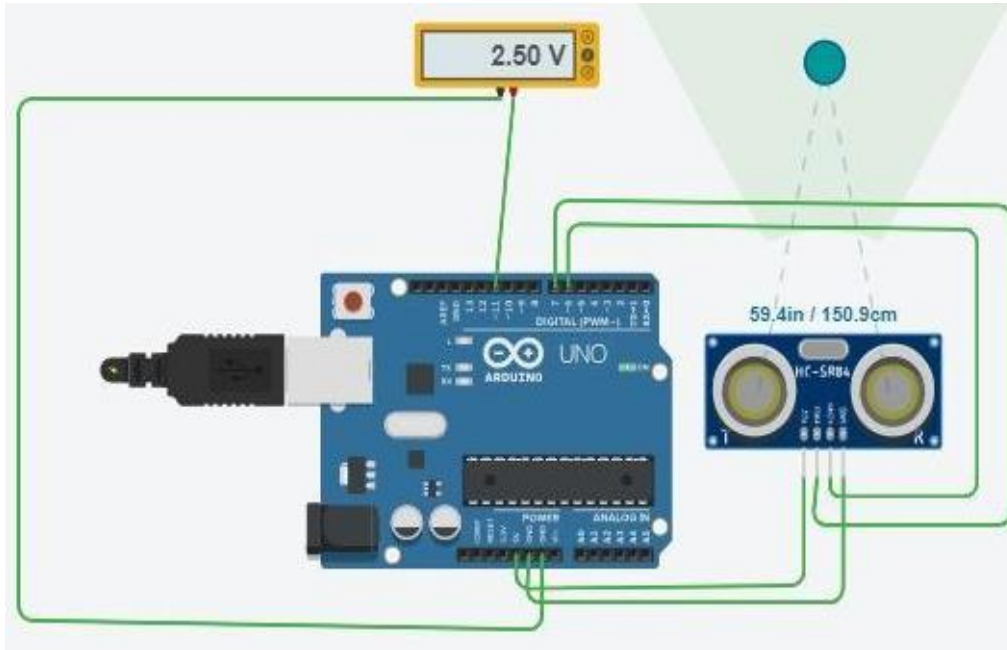
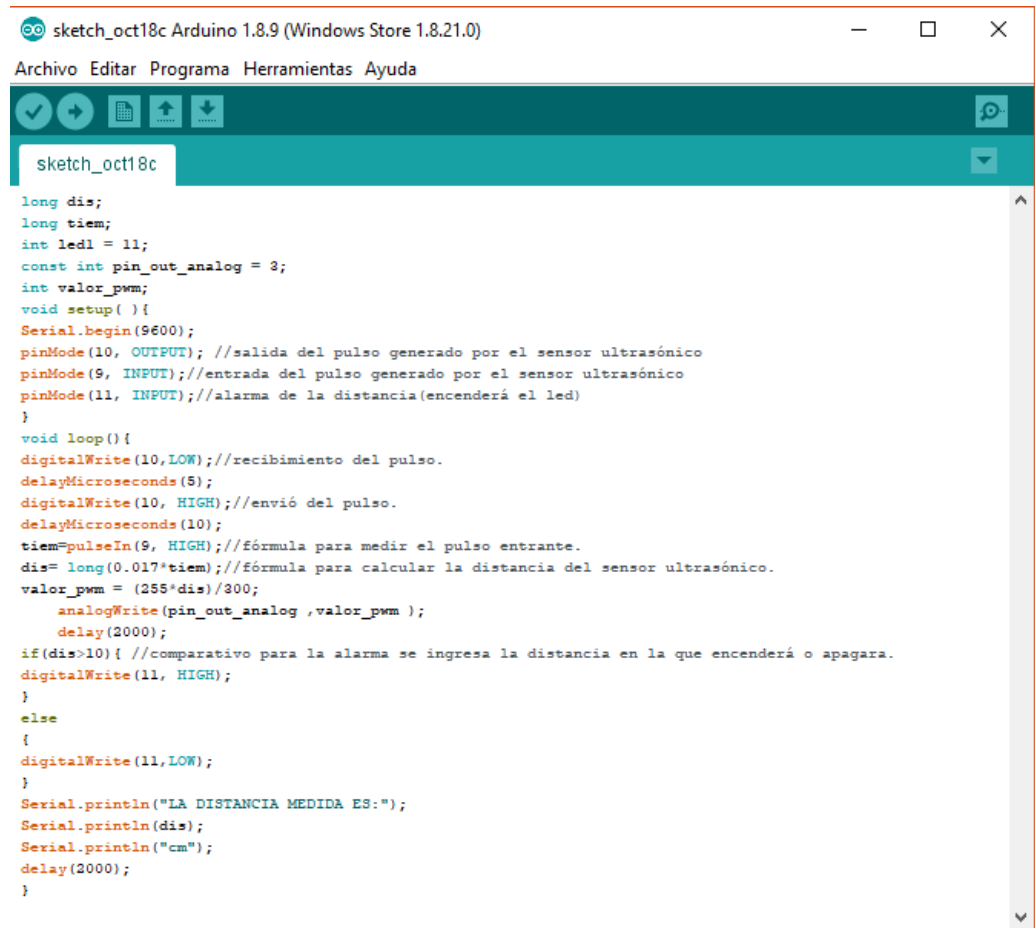


Figura 117. Toma fotográfica del diseño del sensor de nivel.



B. Programación en Arduino ide

Figura 118. Captura del código de programación utilizado para el sensor de nivel con Arduino.



```
sketch_oct18c Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
sketch_oct18c
long dis;
long tiem;
int ledl = 11;
const int pin_out_analog = 3;
int valor_pwm;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(10, OUTPUT); //salida del pulso generado por el sensor ultrasónico
  pinMode(9, INPUT); //entrada del pulso generado por el sensor ultrasónico
  pinMode(11, INPUT); //alarma de la distancia(encenderá el led)
}
void loop() {
  digitalWrite(10, LOW); //recibimiento del pulso.
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(10, HIGH); //envió del pulso.
  delayMicroseconds(10);
  tiem=pulseIn(9, HIGH); //fórmula para medir el pulso entrante.
  dis= long(0.017*tiem); //fórmula para calcular la distancia del sensor ultrasónico.
  valor_pwm = (255*dis)/300;
  analogWrite(pin_out_analog ,valor_pwm );
  delay(2000);
  if(dis>10){ //comparativo para la alarma se ingresa la distancia en la que encenderá o apagará.
    digitalWrite(11, HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(11, LOW);
  }
  Serial.println("LA DISTANCIA MEDIDA ES:");
  Serial.println(dis);
  Serial.println("cm");
  delay(2000);
}
```

C. Diseño de la etapa amplificadora en proteus

Figura 119. Diseño del circuito que acondicionará la señal de salida del Arduino a un voltaje real CC de 0 a 10V, Software Proteus - Isis.

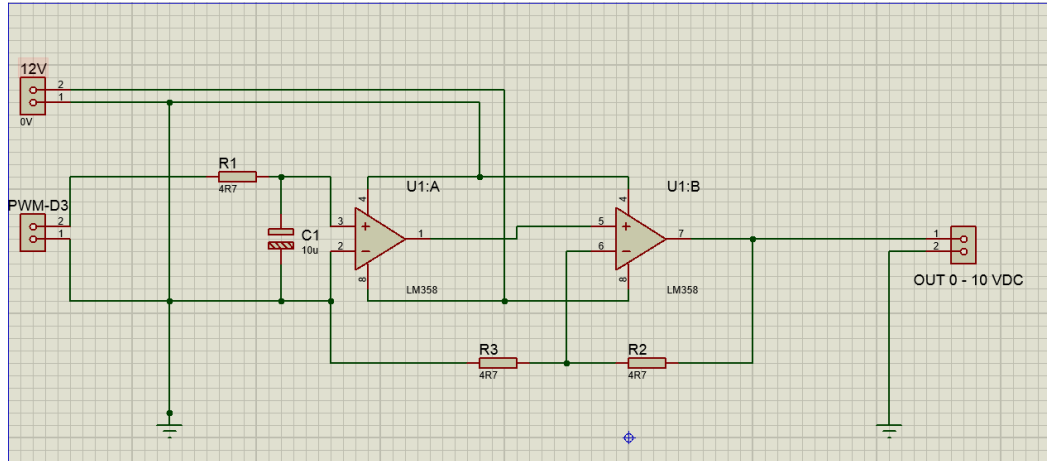


Figura 120. Diseño, placa electrónica de circuito que acondicionará la señal de salida del Arduino a un voltaje real CC de 0 a 10V, Software Proteus – Ares.

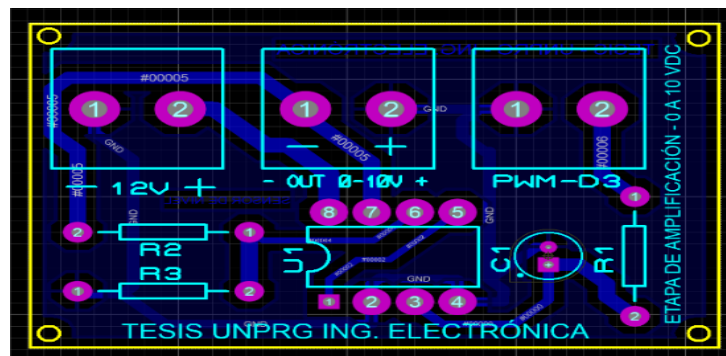


Figura 121. Diseño, Visualización en 3D de la placa electrónica diseñada.

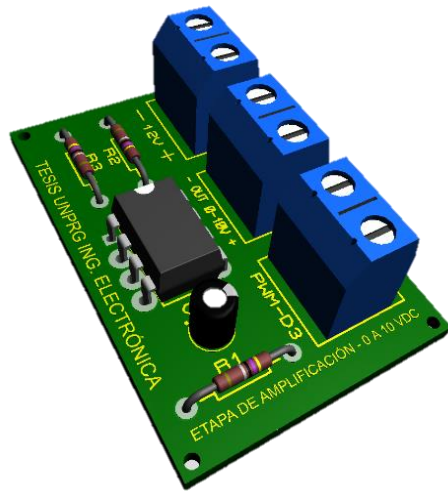
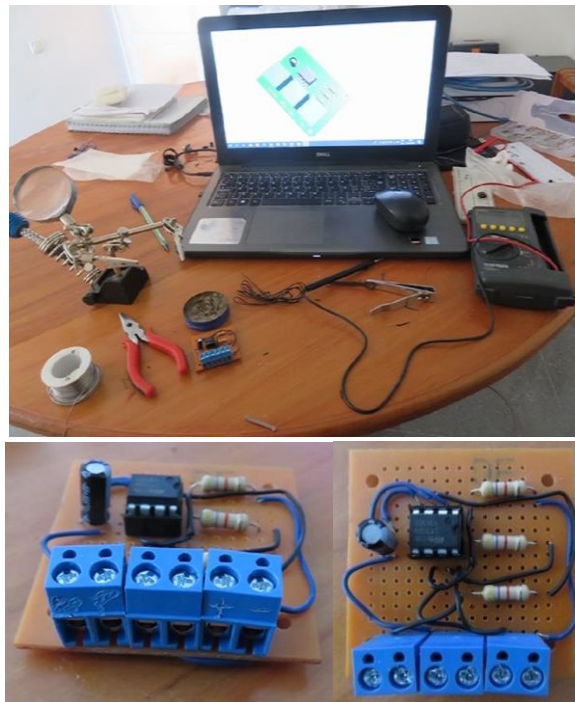


Figura 122. Toma fotográfica de placa electrónica de prueba del circuito que acondicionará la señal de salida del Arduino a un voltaje real CC de 0 a 10V.



D. Pruebas de funcionamiento del sensor

Tabla 41. Pruebas de funcionamiento del sensor.

Pruebas y calibración del sensor de Nivel			
NIVEL (cm)	OUT(VDC)	Out Real (VDC)	Read - PLC (C)
0	0.0	0.1	127
75	2.5	2.4	7766
150	5.0	4.7	15622
225	7.5	6.9	23607
300	10.0	9.7	31236

Figura 123. Toma Fotográfica de las pruebas realizadas en el sensor ultrasónico con la etapa de acondicionamiento de señal, Calibración del sensor: 0 a 10VDC/ 0 a 300cm.





ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N°016-2022-D/FACFyM

Siendo las 11:03 am del día 09 de mayo del 2022, se reunieron vía plataforma virtual, <https://meet.google.com/mdf-wsut-cwg> los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada:

"Diseño de un Sistema de Medición Remota de Caudal en la Estación de Aforo Sauzal Monitoreado Desde la Sala Control Principal de Trasvase del Proyecto Olmos"

Designados por Resolución N° 083-2021-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 08 de febrero de 2021

Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro	Presidente
M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos	Secretario
M.Sc. Ing. Lucía Isabel Chamán Cabrera	Vocal

La tesis fue asesorada por el Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano, nombrado por Resolución 318-2022-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 31 de marzo de 2022

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 375-2022-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 19 de abril de 2022.

La Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: Núñez Marroquín Romel Alonso y Tuñoque Effio Gerardo Arturo, y tuvo una duración de 60 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de 16 (Dieciseis) en la escala vigesimal, con mención de Bueno.

Por lo que quedan aptos para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico**, de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:10 pm se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro
Presidente

M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos
Secretario

M.Sc. Ing. Lucía Isabel Chamán Cabrera
Vocal

Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano
Asesor



ANEXO 01

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD (RESOLUCIÓN N° 626-2021-CU DEL 30 DE DICIEMBRE 2021)

Yo, Segundo Francisco Segura Altamirano, usuario revisor del documento titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAUDAL EN LA ESTACIÓN DE AFORO SAUZAL MONITOREADO DESDE LA SALA CONTROL PRINCIPAL DE TRASVASE DEL PROYECTO OLMOS**. Cuyos autores son: **Bach. Tuñoque Effio, Gerardo Arturo y Bach. Núñez Marroquín, Romel Alonso**, Identificado con Documento de Identidad 09922587; declaro que la evaluación realizada por el Programa Informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **19 %**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 15 de abril de 2022



SEGUNDO FRANCISCO SEGURA ALTAMIRANO
DNI: 09922587
Asesor

(Precisar si es docente, asesor, docente investigador, administrativo u otro)

Se adjunta:

*Resumen de Reporte automatizado de similitudes

*Recibo Digital

Proyecto Final

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	19%	1%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	idoc.pub Fuente de Internet	2%
2	www.slideshare.net Fuente de Internet	2%
3	docplayer.es Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	1%
5	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	manualzz.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	1%
9	media.automation24.com Fuente de Internet	1%



10	www.coursehero.com Fuente de Internet	1 %
11	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
12	snia.mop.gob.cl Fuente de Internet	<1 %
13	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
14	bibing.us.es Fuente de Internet	<1 %
15	www.vega.eu Fuente de Internet	<1 %
16	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %
18	1520706.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Aliat Universidades Trabajo del estudiante	<1 %
20	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.utc.edu.ec	

	Fuente de Internet	<1 %
22	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1 %
24	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
25	www.carlosaguilera.info Fuente de Internet	<1 %
26	poseidon.unalmed.edu.co Fuente de Internet	<1 %
27	proyectobwmc.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
28	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	www.eos-power.com Fuente de Internet	<1 %
30	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
31	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
32	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **Gerardo Arturo/romel Alonso Tuñoque Effio/núñes Marroquin**
Título del ejercicio: **PerfilMaestria**
Título de la entrega: **Proyecto Final**
Nombre del archivo: **11.04.22_PROYECTO_TESIS_FINAL_ARTURO_ROMEL.docx**
Tamaño del archivo: **87.31M**
Total páginas: **202**
Total de palabras: **28,287**
Total de caracteres: **154,553**
Fecha de entrega: **15-abr.-2022 12:28p. m. (UTC-0500)**
Identificador de la entrega... **1811532308**

