



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de
medición de energía eléctrica con tecnología de radio frecuencia
para CENTROSUR**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTORES: CARLOS JAVIER PARRA VÁSQUEZ

DARWIN PATRICIO QUIZHPE GUALÁN

DIRECTOR: ING. XAVIER GUTIÉRREZ A.

MATRIZ CUENCA

2019

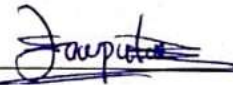
DECLARACIÓN

Nosotros, Carlos Javier Parra Vásquez y Darwin Patricio Quizhpe Gualán declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.



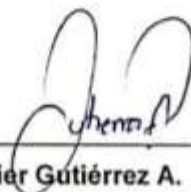
Carlos Javier Parra Vásquez



Darwin Patricio Quizhpe Gualán

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Javier Parra Vásquez, Darwin Patricio Quizhpe Gualán, bajo mi supervisión.



Ing. Xavier Gutiérrez A.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Carlos Javier Parra Vásquez

Mi más sincero agradecimiento al Ing. Xavier Gutiérrez por su tiempo, guía y colaboración que nos ha brindado para poder alcázar el objetivo del presente trabajo de titulación.

Darwin Patricio Quizhpe Gualán

A Dios por darnos salud y bienestar para alcanzar y cumplir una meta en mi vida, a mis padres Luis y María por el apoyo incondicional a cada instante durante mi etapa de desarrollo académico y personal.

Al personal docente de la Universidad Católica de Cuenca, por haber impartido sus conocimientos y experiencias durante toda la etapa de formación académica y profesional, de manera especial al Ing. Xavier Gutiérrez director de nuestra Tesis, por su invaluable colaboración, el tiempo y la asesoría brindada durante la revisión y desarrollo del proyecto.

A la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. por la información y ayuda brindada para la elaboración de nuestra tesis.

DEDICATORIA

Carlos Javier Parra Vásquez

El presente trabajo y todo lo vivido en la carrera universitaria van dedicados a mi madre Silbia y a mi hermano Edison porque sin su apoyo y paciencia no hubiese recorrido este camino.

Darwin Patricio Quizhpe Gualán

A todas las personas quienes de uno u otra manera me apoyaron durante mi formación académica y en la realización de este trabajo de titulación de manera especial a mis padres Luis- María y mis hermanos que me supieron apoyar cada instante para poder cumplir una meta más en mi vida.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA.....	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE ANEXOS	xiii
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPITULO 1... ..	1
GENERALIDADES DEL TRABAJO DE INVESTIGACION.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.4 DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	3
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo general.....	4
1.5.2 Objetivo Específicos	4
1.6 Alcance	4
1.7 Justificación	5
CAPITULO 2... ..	6
2.1 Introducción	6
2.2 Generalidades	6
2.2.1 Contadores de Energía Eléctrica	6
2.2.2 Medidores Inteligentes	6
2.2.3 Lectura o medición.....	6
2.2.4 Área de servicio	6
2.2.5 Sistema de medición	6
2.2.6 Ruta de Lectura	7
2.2.7 Cliente	7
2.2.8 Radiofrecuencia.....	7

2.3	Características técnicas del medidor.....	7
2.4	Medición de energía Eléctrica.....	9
2.5	Tipos de medidores de energía eléctrica	10
2.6	Sistema de Telemedición Eléctrica.....	11
2.7	Sistema de Telemedición mediante Radiofrecuencia	11
2.8	Sistemas de Medición Convencional.....	12
2.9	Sistema de Telemedición AMI.....	12
2.10	Recorrido del lector dentro de la Ruta.....	13
2.11	Descripción del software de Gestión “SUNRISE”	15
2.12	Requerimientos necesarios para la comunicación del sistema	18
2.12.1	Modem externo USB	18
2.12.2	Laptop o Tablet.....	19
2.12.3	El software SUNRISE.....	20
2.12.4	ArcGis 10.5.	20
CAPITULO 3... ..		21
INVESTIGACION DE CAMPO.....		21
3.1	Área de estudio	21
3.2	Pruebas de cobertura radial de acuerdo a las zonas demográficas.....	22
3.2.1	Prueba 1 de línea de vista directa	23
3.2.2	Prueba 2 en el sector urbano	26
3.2.3	Prueba 3 en el sector urbano	27
3.2.4	Prueba 4 En el área rural.....	29
3.2.5	Prueba 5 En el área rural.....	31
3.2.6	Prueba 6 lecturas de las 16 Rutas	32
3.3	Pruebas en campo de las rutas MRU y obtención de datos de lectura	35
3.3.1	MRU 0502M006	35
3.3.2	MRU 0507M025	36
3.3.3	MRU 0507M007	39
3.3.4	MRU 0507M008	40
3.3.5	MRU 0504M046	41
3.3.6	MRU 0504M044	43
3.3.7	MRU 0502M072	45
3.3.8	MRU 0504M025	46
3.3.9	MRU 0504M026	48

3.3.10	MRU 0507M003	49
3.3.11	MRU 0504M027	51
3.3.12	MRU 0504M023	52
3.3.13	MRU 0504M024	53
3.3.14	MRU 0504M042	54
3.3.15	MRU 0504M043	56
3.3.16	MRU 0504M028	57
CAPITULO 4.....		62
ANALISIS DE RESULTADOS		62
4.1	Problemas en la toma de lecturas condiciones demográfica	62
4.2	Mapas de Perfil del terreno	63
4.3	Tiempo de toma de lectura sistema convencional vs radio frecuencia	66
4.3.1	Sistema convencional.....	66
4.3.2	Radio frecuencia.....	67
4.3.3	Comparación entre los tiempos del sistema convencional y radio frecuencia....	68
4.4	Análisis económico.....	69
4.4.1	VAN (Valor Actual Neto).....	69
4.4.2	TIR (Tasa Interna de Retorno)	70
4.4.3	Costos asociados a la toma de lectura convencional.....	71
4.4.4	Costos asociados en la instalación de medidores con radio frecuencia	72
4.4.5	Costos de rutas para toma de lectura convencional y Radiofrecuencia	72
4.4.6	Análisis de costo por ruta según su incremento de medidores con tecnología de RF.....	73
4.4.7	Costos beneficio con la implementación del sistema de Radio frecuencia	74
4.5	Procedimiento a seguir para la implementación del sistema de radio frecuencia...	77
CONCLUSIONES.....		79
RECOMENDACIONES.....		80
5	REFERENCIAS.....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación panorámica del área de estudio de la Parroquia Ochoa León	3
Figura 2 a) medidor bifásico con RF, b) medidor trifásico con RF.....	7
Figura 3. Ventajas del Sistema de Telemedición Eléctrica.	11
Figura 4. Proceso de Gestión de Cartera (Coronel Gutiérrez & Vinicio, 2011)	12
Figura 5. Infraestructura de medición Avanzada (Alvarado Brito, 2011).....	13
Figura 6. Ruta de lectura Urbana 0517M005	14
Figura 7. Ruta Rural de Lectura 0504M024.....	14
Figura 8. Interfaz de software SUNRISE	15
Figura 9. Interfaz de NOTAS	16
Figura 10. Interfaz del software al cargar las rutas de medición.	17
Figura 11. Diagrama de Comunicación del Sistema de Radiofrecuencia.	18
Figura 12. Modem USB de Radio Frecuencia.	18
Figura 13. LAPTOP LENOVO 330S-15IKB	19
Figura 14. El software SUNRISE.	20
Figura 15. ArcGis 10.5.....	20
Figura 16. Plano de Rutas Georreferenciadas.....	21
Figura 17. Cobertura de la antena para PC de los medidores RF de la marca SUNRISE.	23
Figura 18. Prueba 1 Línea de vista sin obstáculos.....	24
Figura 19. Numero de Medidor Utilizado en la Prueba 1.....	25
Figura 20. Lectura obtenida del medidor a diferentes distancias.....	26
Figura 21. Prueba 2 de medición con obstáculos a diferentes distancias.....	27
Figura 22. Ubicación de medidor de radio frecuencia	28
Figura 23. Prueba 3 de medición con obstáculos Parroquia Cumbe.....	28
Figura 24. Prueba 4 mediciones con obstáculos Parroquia Ochoa León	30
Figura 25. Prueba 5 de medición con obstáculos a diferentes distancias Parroquia Cumbe ..	31
Figura 26. Puntos de prueba de las 16 Rutas Sector Ochoa León.....	33
Figura 27. Punto 5 toma de lectura con Carro Canasta	34
Figura 28. Ruta de lectura MRU 0502M006 en prueba	35
Figura 29. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0502M006.....	36
Figura 30. Ruta de lectura MRU 0507M025 en prueba	37
Figura 31. Ruta de lectura MRU 0507M025 en prueba 2	38
Figura 32. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0507M025.....	39
Figura 33. Ruta de lectura MRU 0507M007 en prueba	39
Figura 34. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0507M007.....	40
Figura 35. Ruta de lectura MRU 0507M008 en prueba	41
Figura 36. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0507M008.....	41
Figura 37. Ruta de lectura MRU 0504M046 en prueba	42
Figura 38. Ruta de lectura MRU 0504M046 en prueba 2	42
Figura 39. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M046.....	43
Figura 40. Ruta de lectura MRU 0504M044 en prueba	44
Figura 41. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M044.....	44
Figura 42. Ruta de lectura MRU 0502M072 en prueba	45

Figura 43. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0502M072	46
Figura 44. Ruta de lectura MRU 0504M025 en prueba	47
Figura 45. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M025	47
Figura 46. Ruta de lectura MRU 0504M026 en prueba	48
Figura 47. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M026	49
Figura 48. Ruta de lectura MRU 0507M003 en prueba	50
Figura 49. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0507M003	50
Figura 50. Ruta de lectura MRU 0504M027 en prueba	51
Figura 51. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M027	51
Figura 52. Ruta de lectura MRU 0504M023 en prueba	52
Figura 53. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M023	53
Figura 54. Ruta de lectura MRU 0504M024 en prueba	53
Figura 55. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M024	54
Figura 56. Ruta de lectura MRU 0504M042 en prueba	55
Figura 57. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M042	55
Figura 58. Ruta de lectura MRU 0504M043 en prueba	56
Figura 59. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M043	57
Figura 60. Ruta de lectura MRU 0504M028 en prueba	58
Figura 61. Ruta de lectura MRU 0504M028 en prueba 2	59
Figura 62. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M028	60
Figura 63. Zona de Fresnel (Tomasi, 2003).	62
Figura 64. Perfil de elevación de la zona de estudio	63
Figura 65. Punto de elevación este - oeste	64
Figura 66. Punto de elevación norte - sur	65
Figura 67. Comparación sobre diferentes sistemas de toma de lecturas	69
Figura 68 Regla de decisión del VAN	70
Figura 69 Regla de decisión del TIR	70
Figura 70. Ruta de lectura MRU 0502M006	83
Figura 71. Ruta de lectura MRU 0502M072	83
Figura 72. Ruta de lectura MRU 0504M023	84
Figura 73. Ruta de lectura MRU 0504M024	84
Figura 74. Ruta de lectura MRU 0504M025	85
Figura 75. Ruta de lectura MRU 0504M026	85
Figura 76. Ruta de lectura MRU 0504M027	86
Figura 77. Ruta de lectura MRU 0504M028	86
Figura 78. Ruta de lectura MRU 0504M042	87
Figura 79. Ruta de lectura MRU 0504M043	87
Figura 80. Ruta de lectura MRU 0504M044	88
Figura 81. Ruta de lectura MRU 0504M046	88
Figura 82. Ruta de lectura MRU 0507M003	89
Figura 83. Ruta de lectura MRU 0507M007	89
Figura 84. Ruta de lectura MRU 0507M008	90
Figura 85. Ruta de lectura MRU 0507M025	90
Figura 86. Importación de datos del medidor	95
Figura 87. Detalles del medidor	96

Figura 88. Proceso para la lectura de medidores	96
Figura 89. Datos de lectura	97
Figura 90. Ingreso de datos manualmente.....	98
Figura 91. Auto lectura	98
Figura 92. Perfil de carga	99
Figura 93. Curva de perfil de carga.....	99
Figura 94. Alarmas y eventos	100
Figura 95. Notas.....	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características Técnicas Medidor Bifásico con RF	8
Tabla 2. Características Técnicas Medidor Trifásico con RF	8
Tabla 3. Comunicación y medición de medidores.....	9
Tabla 4. Otras características de los medidores con RF	9
Tabla 5. Especificaciones y funciones del módem RF interno del medidor	19
Tabla 6. Tabla de rutas de lectura Parroquia Ochoa León	22
Tabla 7. Puntos de coordenadas georreferenciados.....	25
Tabla 8. Resultados de la Prueba 2 Sector Urbano	27
Tabla 9. Resultados de la Prueba 3 Sector Urbano	29
Tabla 10. Resultados de la Prueba 4 Sector Rural.....	30
Tabla 11. Resultados de la Prueba 5 Parroquia Cumbe	32
Tabla 12. Resultados obtenidos cargadas las 16 rutas de lectura.....	34
Tabla 13 Resumen de las rutas de lecturas con los puntos optimizados	61
Tabla 14. Radios de Cobertura según la zona	66
Tabla 15. Tiempo de toma de lectura con el sistema convencional	67
Tabla 16. Tiempos de toma de lecturas con el sistema de radio frecuencia	68
Tabla 17 Planilla de pago por ruta del sistema convencional	71
Tabla 18. Costo de toma de lectura de las 16 rutas de estudio	71
Tabla 19. Costo de Instalación e adquisición de medidores con RF.....	72
Tabla 20. Costo por ruta de lectura.....	73
Tabla 21. Escenario 1	73
Tabla 22. Escenario 2.....	74
Tabla 23. Costo por año de 16 rutas	75
Tabla 24. Inversión	75
Tabla 25. Costo beneficio de inversión	76

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. MAPAS DE RUTAS DE LECTURA	83
ANEXO 2. MATERIALES PARA LA INSTALACION DE ACOMETIDAS Y MEDIDORES.....	91
ANEXO 3. CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS PARA TOMAS DE LECTURAS	94
ANEXO 4. PROCEDIMIENTO DE TOMA DE LECTURAS PARA MEDIDORES RF.....	95

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AMI: (Advanced Metering Infrastructure), Infraestructura de medición avanzada.

BPL: (Broadband Over Power Line Communications), Comunicaciones de banda ancha por línea eléctrica.

FAN: (Field Area Network), Red de área de campo.

IEC: (International Electrotechnical Commission), Comisión electrotécnica Internacional.

kWh: kilo vatio hora.

LAN: (Local Area Network), Red de área local.

PLC: (Power Line Communications), Comunicaciones a través del cableado eléctrico.

RF: Radiofrecuencia.

SM: (Smart Meter), Medidor inteligente.

Wi-Fi: Wireless Fidelity.

VAN (Valor actual neto)

TIR (Tasa interna de retorno)

RESUMEN

En la actualidad las empresas distribuidoras de energía tratan de abordar cambios en el modelo de negocio, mejorando sus procesos comerciales aprovechando la tecnología existente a su máximo potencial, para brindar un servicio eficiente óptimo en el área de facturación de energía eléctrica. En el presente trabajo de investigación, se estudia la factibilidad de implementar un sistema de toma de lectura de medidores de energía con tecnología de radio frecuencia, se analiza los resultados obtenidos para la recopilación de las variables energéticas de los medidores en áreas urbanas y rurales, así como la diversidad obstáculos propias en estas áreas que influyen el desempeño de la conectividad del sistema.

El resultado de la investigación da como resultado el establecimiento de una ruta óptima georreferenciada para la toma de lecturas de medidores de energía eléctrica en el sector implementado, se llega a determinar que la aplicación de esta tecnología reduce errores en la toma y digitación de lectura, se optimiza el tiempo y los costos asociados, por lo que se recomienda una metodología y pasos a seguir para el despliegue de esta tecnología en esta actividad comercial propia de las Empresas Distribuidoras.

PALABRAS CLAVE: RADIO FRECUENCIA, RUTAS DE LECTURA, MEDIDORES DE ENERGÍA, OPTIMIZACIÓN DE RUTAS.

ABSTRACT

Nowadays, energy suppliers try to address challenges in their business plans, improving their commercial processes by using current technology to their maximum possible benefit, to provide an optimum and efficient service in the area of energy billing. In the current research, the viability of deploying a measurement reading system of energy meters with radio frequency technologies was studied, analyzing the results obtained for gathering energy variables from meters in urban and rural areas, as well as the inherent barriers in these areas which have an impact on the performance of system connections.

The results of the research lead to the setting-up of an optimized georeferenced pathway for reading energy meters in the applied area, it is possible to state that the implementation of this technology decreases errors in reading taking and typing, optimizing time and related expenses, therefore recommending a methodology and the necessary stages for the deployment of this technology in the business of energy distribution companies.

KEYWORDS: RADIO FREQUENCY, READING PATHWAYS, ENERGY METERS, OPTIMIZED PATHWAYS.

CAPITULO 1

GENERALIDADES DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

1.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, las empresas distribuidoras realizan la medición del consumo de energía eléctrica de sus clientes, mediante sistemas de medición convencionales, y emplea personal en campo para la toma de lectura, insumo necesario para la facturación del consumo de energía eléctrica, este proceso produce errores de lectura debido a errores de registro de la medición del consumo de energía eléctrica, digitación deficiente de los registros de consumo, con el desarrollo de la tecnología que ya existen en el mercado de contadores electrónicos que cumplen la misma función, brinda mayor eficiencia y seguridad, haciendo que sea factible la incorporación de unos nuevos sistemas de medición, con diferentes tipos de tecnología que permiten acceder a la lectura del consumo de energía eléctrica de manera remota (Idrovo Coronel & Reinoso Torres, 2012).

Estos sistemas brindan algunas ventajas al momento de obtener lecturas de medidores de energía, como la reducción de personal en campo, generación de reportes de lecturas y consumos en tiempo real. Los diferentes tipos de tecnología existentes para la toma de lecturas, cada vez presenta mejores ventajas competitivas con respecto a la toma de lectura de manera manual, de tal manera que las Empresas Distribuidoras pueden mejorar sus procesos comerciales.

La Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A distribuye y comercializa energía eléctrica en su área de concesión, las Provincia del Azuay, Cañar y Morona Santiago, en la actualidad la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. cuenta con un sistema informático, y la toma de lectura de medidores de energía se lo realiza mediante lectores contratados para el efecto, de forma manual, siguiendo una ruta de lectura (MRU) en donde se agrupan una cantidad de medidores para la facilidad del recorrido del lector, que en la actualidad para registrar el consumo de energía eléctrica debe llegar a cada medidor.

La disponibilidad de medidores con tecnología de Radio Frecuencia (RF), así como la incorporación de medición de otras variables eléctricas, actualmente disponibles en medidores, permitirá que la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. migre a un cambio tecnológico en sus sistemas de medición, disponiendo de nuevos parámetros eléctricos para diferentes tipos de análisis técnico del sistema de distribución y mejoras en los procesos de gestión comercial.

El sistema de medidores de radio frecuencia (RF), requiere de un equipo computacional, el cual mediante un software conectado a un modem de (RF) crea un enlace con cada uno de

los medidores para obtener la lectura de consumo de energía activa, energía reactiva, demanda de potencia y perfil de carga. Estos datos una vez obtenidos se los descarga para su respectivo análisis y facturación. El enlace dentro de un área específica, dependerá de la topología del terreno, concentración o dispersión de los medidores y de otros factores ambientales.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Al realizar las pruebas respectivas de toma de lecturas de los medidores con radio frecuencia, se detallará los posibles problemas que puede ocasionar la propagación de la señal por diferentes condiciones ya sean atmosféricas, topología del terreno, edificaciones, entre otros. Ya que las propagaciones de las ondas de radio a través de la atmosfera varían en una gran medida con el nivel de la frecuencia y deben tenerse presentes a la hora de elegir un nivel de frecuencia para un servicio de radio en particular.

Debido a que no se tiene una ruta establecida, se tendrá que trazar la ruta óptima para la lectura de medidores con radio frecuencia en la zona de estudio.

El análisis del costo beneficio, su eficiencia al implementar dicho sistema de medición debe ser considerado para la utilización de este sistema de medidores comparando los costos de la toma de lecturas de manera convencional frente a la inversión y ahorro en el proceso de lectura con medidores de tecnología de radio frecuencia.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Analizar y determinar la factibilidad técnica de implementación del sistema de medición con Radio Frecuencia (RF), en el sector de Ochoa León.

Determinar el costo beneficio al implementar el sistema de transmisión de datos de consumo de energía eléctrica mediante Radio Frecuencia (RF), de los clientes de dicho sector que pertenece al área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Determinar la distancia de cobertura y el tiempo de toma de lecturas de los medidores de radio frecuencia, para aumentar su eficiencia y tener un mínimo margen de error, logrando tener mayor número de lecturas.

Determinar un procedimiento detallado para la toma de lecturas con el sistema Radio Frecuencia (RF).

1.4 DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La implementación y el estudio de los medidores con Radio Frecuencia (RF) se lo realizaran en la Parroquia Ochoa León perteneciente al Cantón Cuenca de la Provincia del Azuay. Con coordenadas de Latitud $2^{\circ}50'2.37''\text{S}$, Longitud $78^{\circ}59'5.08''\text{O}$ con una área de 6.02km^2 ubicado en los siguientes puntos ($2^{\circ}49'13.67''\text{S} - 78^{\circ}59'40.10''\text{O}$, $2^{\circ}49'0.98''\text{S} - 78^{\circ}58'46.96''\text{O}$, $2^{\circ}51'13.81''\text{S} - 78^{\circ}59'18.20''\text{O}$, $2^{\circ}51'33.81''\text{S} - 78^{\circ}58'23.42''\text{O}$) en la Figura . 1 se muestra el lugar donde se encuentra ubicado el lugar de estudio.

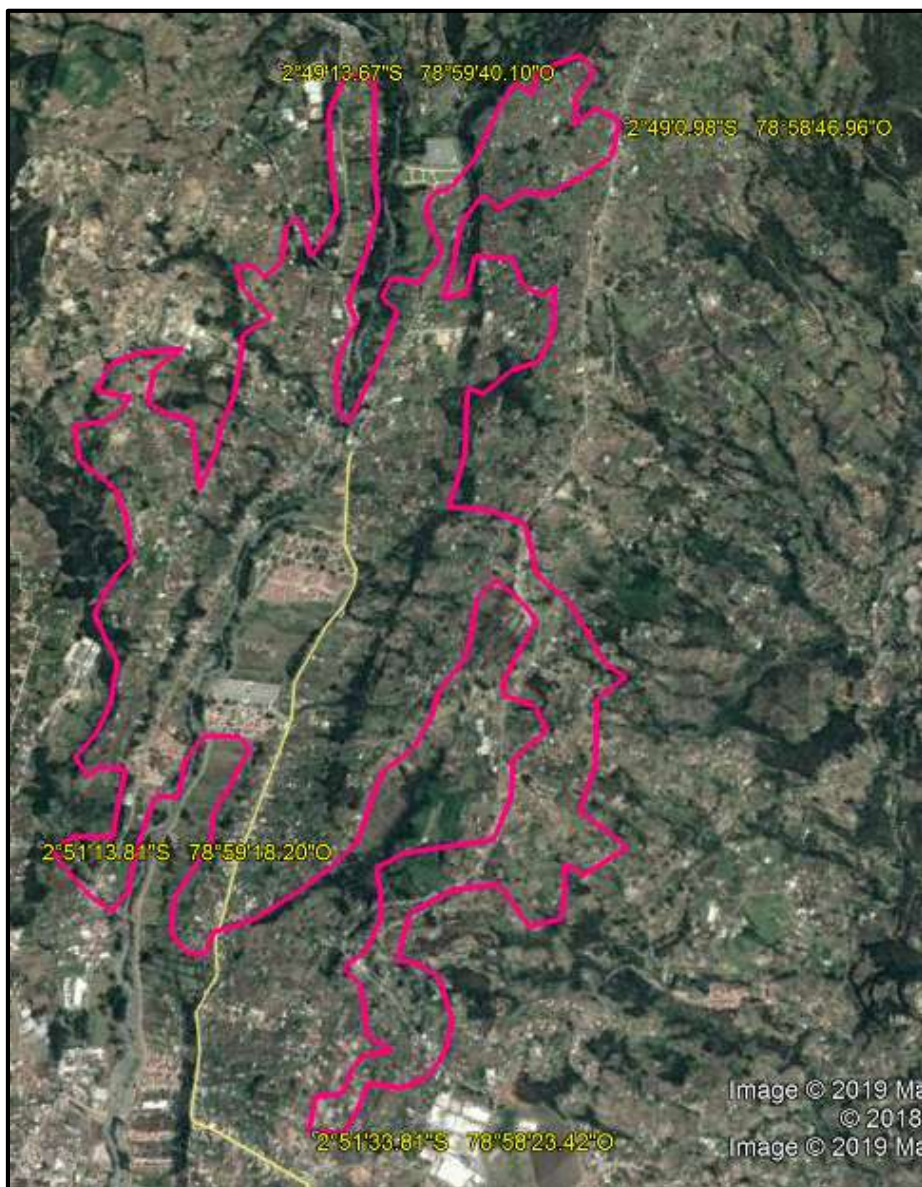


Figura 1. Ubicación panorámica del área de estudio de la Parroquia Ochoa León ¹

¹ <https://www.google.com/intl/es/earth/>

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Realizar el estudio sobre los medidores de energía eléctrica con tecnología de radio frecuencia y comparar con el sistema actual de medición convencional con la finalidad de determinar la factibilidad de su implementación en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

1.5.2 Objetivo Específicos

- Definir el tipo de medidor de energía a implementar para realizar la lectura mediante un sistema que usa radio frecuencia.
- Establecer el costo beneficio y la factibilidad técnica de implementar el sistema de medición con Radio Frecuencia mediante un estudio, de tal forma que permita disminuir el tiempo de lectura y disminuir o eliminar el nivel de errores en el procesamiento de toma de lecturas.
- Determinar las ubicaciones geo referenciadas para la toma de lecturas de un grupo de medidores, y verificar si en el punto seleccionado se logra tomar las lecturas de todos los medidores pertenecientes a una ruta de lectura.
- Identificar los inconvenientes y trazar una ruta óptima a seguir en la implementación de la tecnología del sistema de medición con radiofrecuencia para la toma de lecturas en el sector de estudio.

1.6 Alcance

Analizar y determinar la factibilidad técnica de implementación del sistema de medición con Radio Frecuencia (RF), en el sector de Ochoa León.

Determinar el costo al implementar el sistema de transmisión de datos de consumo de energía eléctrica mediante Radio Frecuencia, de los clientes de dicho sector.

Determinar la distancia de cobertura y el tiempo de toma de lecturas de los medidores de radio frecuencia, para aumentar su eficiencia y tener un mínimo margen de error, logrando tener mayor número de lecturas.

Establecer mediante análisis costo beneficio, la eficiencia del sistema, y demás bondades comparando con los costos de la toma de lecturas de manera convencional frente a la inversión y ahorro en el proceso de lectura.

1.7 Justificación

Se propondrá como solución para optimizar el proceso de lectura, de acuerdo a los resultados del presente estudio si la implementación de un sistema de lectura remota mediante radio frecuencia (RF), es factible.

Esto conlleva a desarrollar una investigación y análisis de las condiciones en el sector de interés, con el fin de que el diseño de la nueva ruta propuesta asegure una completa cobertura de todos los medidores en evaluación, así como la fiabilidad en los datos recibidos.

La determinación de un nuevo esquema de rutas de lectura con los sistemas de medición con radio frecuencia, establecerá nuevas políticas y cambios en los procesos de la comercialización en la toma de lecturas.

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1 Introducción

La energía eléctrica es uno de los recursos más utilizados en la sociedad actualmente debido a su constante crecimiento y desarrollo. Las empresas distribuidoras buscan soluciones para obtener un mayor control del consumo de la energía y poder gestionar de forma eficiente la energía consumida.

2.2 Generalidades

2.2.1 Contadores de Energía Eléctrica

Los contadores son dispositivos constituidos por elementos electromecánicos o electrónicos para la medición del consumo de energía eléctrica (kWh, kVARh, kW) (Cabascango & Xavier, 2013).

2.2.2 Medidores Inteligentes

Tienen la capacidad de calcular de manera más detallada el consumo de energía eléctrica que los medidores convencionales. Permiten una comunicación bidireccional con el usuario y el centro de control mediante una red de comunicación, además permite la conexión y desconexión remota (Mojica, Cuéllar, & Medina, 2016).

2.2.3 Lectura o medición

Acción mediante la cual se obtiene el registro del consumo de energía eléctrica y otros parámetros relacionados, desde el equipo de medición del consumidor (Resolución Nro. Arconel-074/17, 2017).

2.2.4 Área de servicio

Es el área geográfica definida en el título habilitante de la empresa eléctrica, en la cual ésta presta el servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general (Resolución Nro. Arconel-074/17, 2017).

2.2.5 Sistema de medición

Son los componentes necesarios para la medición o registro de energía activa, energía reactiva, demandas máximas y otros parámetros relacionados. Incluyen los equipos de medición (medidores), los transformadores de medida (cuando se apliquen), los cables de conexión, los accesorios de sujeción y protección física de los medidores y de los transformadores (Resolución Nro. Arconel-074/17, 2017).

2.2.6 Ruta de Lectura

Una ruta está compuesta por una agrupación de contadores de lectura que un lector debe seguir para registrar el consumo de energía de cada uno de los clientes (Salinas, 2011).

2.2.7 Cliente

Se dice a todas las personas naturales o jurídicas que hacen uso de un servicio (Salinas, 2011).

2.2.8 Radiofrecuencia

La tecnología de comunicación por radiofrecuencia ha tenido un crecimiento importante hoy en día ya que ofrece una comunicación sin necesidad de un contacto físico y obtener varias lecturas a distancia simultáneamente. Esta comunicación trabaja en un rango de 30 KHz a 300 GHz y se propaga de un transmisor a receptor (Ruiz & García, 2015).

2.3 Características técnicas del medidor

Los medidores utilizados son contadores de energía eléctrica que pueden ser bifásicos y trifásicos, por lo que la implementación de este equipo no afectaría a los procesos de cambios masivos que se generan en la región por el programa de cocción eficiente.²

El medidor que la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. adquirió es un contador de energía activo estado sólido 2 fases 3 hilos, con puerto de comunicación radio frecuencia. Figura 2a



a



b

Figura 2 a) medidor bifásico con RF, b) medidor trifásico con RF

A continuación, se detalla sus características y especificaciones de los medidores Tabla 1, 2,3 y 4 respectivamente:

² Fuente: <http://www.eeg.com.ec:8080/socializacion-para-la-compra-de-medidores-rf;jsessionid=DD9919C1A0B69CD55E421FBA0CF6203A>

Tabla 1. Características Técnicas Medidor Bifásico con RF

Fuente: <http://www.eeq.com.ec:8080/socializacion-para-la-compra-de-medidores-rf>

ITEM GENERALES MEDIDOR BIFÁSICO CON RF	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
	Modelo ST23	Dos Fases Tres Hilos
	Clase de Exactitud Activa	Clase 1.0 (IEC62053-21)
	Clase de Exactitud Reactiva	Clase 2.0 (IEC62053-23)
	Voltaje Nominal (Un)	2x127/220V
	Rango de Voltaje	0.8Un~1.15Un
	Frecuencia Nominal	60Hz
	Corriente de Funcionamiento (A)	5(100)A
	Corriente de Arranque	0.004Ib
	Constante	1000imp/kWh, 1000imp/kvarh
	Potencia absorbida	Potencia absorbida por cada elemento de corriente a condiciones nominales $\leq 0.5VA$ Potencia absorbida por cada elemento de voltaje a condiciones nominales $\leq 1W/10VA$
	Método de Medición	Por transformador de corriente (TC) encapsulado
	Humedad Relativa	0~95%
	Temperatura de Funcionamiento	-25°C ~ +55°C
Temperatura de Almacenaje	-40°C ~ +70°C	

Tabla 2. Características Técnicas Medidor Trifásico con RF

Fuente: <http://www.eeq.com.ec:8080/socializacion-para-la-compra-de-medidores-rf>

ITEM GENERALES MEDIDOR TRIFÁSICO CON RF	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
	Modelo ST23	DTS1296 Tres Fases Cuatro Hilos
	Clase de Exactitud Activa	Clase 1.0 (IEC62053-21)
	Clase de Exactitud Reactiva	Clase 2.0 (IEC62053-23)
	Voltaje Nominal (Un)	3x127/220V
	Rango de Voltaje	0.8Un~1.15Un
	Frecuencia Nominal	60Hz
	Corriente de Funcionamiento (A)	5(100)A
	Corriente de Arranque	0.004Ib
	Constante	1000imp/kWh, 1000imp/kvarh
	Potencia absorbida	Potencia absorbida por cada elemento de corriente a condiciones nominales $\leq 0.5VA$ Potencia absorbida por cada elemento de voltaje a condiciones nominales $\leq 1W/10VA$
	Método de Medición	Por transformador de corriente (TC) encapsulado
	Humedad Relativa	0~95%
	Temperatura de Funcionamiento	-25°C ~ +55°C

Tabla 3. Comunicación y medición de medidores

Fuente: <http://www.eeq.com.ec:8080/socializacion-para-la-compra-de-medidores-rf>

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
MEDICIÓN	Energía	Energía Activa Acumulada (kWh)
		Energía Reactiva Acumulada (kvarh)
	Instantánea	Voltaje (V), Corriente (A), Demanda Máxima (kW), en
		períodos de 15 minutos (en bloque)
COMUNICACIÓN	Comunicación con RF externa	a) Comunicación remota (IEC62056-21)
		b) La banda de frecuencia de operación 902-928 MHz
		c) La toma de lecturas y configuración a través de RF puede alcanzar a una distancia de 800 metros con línea de vista directa y 300 metros si hay obstáculos simples alrededor del medidor.
	Puerto de Comunicación	Bidireccional (lectura y escritura)
Codificación OBIS	Estructura de datos bajo codificación OBIS según norma IEC62056-61	

Tabla 4. Otras características de los medidores con RF

Fuente: <http://www.eeq.com.ec:8080/socializacion-para-la-compra-de-medidores-rf>

ITEM	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
TARIFA	Multitarifas	Multitarifa configurable 4 rangos horarios: T1/T2/T3/T4
	Batería	Vida útil mínimo 15 años; En caso de ausencia de energía, el visualizador puede permanecer encendido por 6 horas (configuración de fábrica)
	Sincronización de Tiempo	Se puede ser actualizable mediante software
AUTO-LECTURA	Auto-lectura	Registro de 12 auto-lecturas de energía y demanda; Las fechas para setear la demanda son configurables; La demanda puede resetear el primero de cada mes a las 00h00; La auto-lectura de energía puede grabarse el último día de cada mes a las 24h00.
PERFIL DE CARGA	Perfil de Carga	Registro de carga (kW) con 60 días en intervalos de 15 minutos (configuración de fábrica); La configuración del perfil de carga puede ser modificada en intervalos de 1 a 60 minutos, mediante software.
ALARMA Y EVENTOS	Generales	Reset de demanda, sincronización de tiempo, falta de energía, ausencia de voltaje en las fases, intentos de acceso no autorizados, error en memoria, batería baja

2.4 Medición de energía Eléctrica

La medición de la energía se realiza mediante medidores o contadores para calcular su valor de consumo de los clientes y las compañías de suministro. Esta energía se compone de

energía activa (kWh), reactiva, (kVArh) y demanda de potencia (kW) (Gallardo Cruz & Wladimir, 2009).

A diferencia de los dos tipos, la energía activa se transforma íntegramente en trabajo o calor, mientras que la energía reactiva es aquella que resulta de la utilización de equipos que por su principio de funcionamiento tiene bobinas como (motores eléctricos, transformadores, etc.), esta provoca pérdidas de energía útil (ineficiencia por alto consumo de energía reactiva).

2.5 Tipos de medidores de energía eléctrica

En función del sistema de la red mediante el cual se utiliza la energía, se dispone de diferentes tipos de medidores como se indica a continuación (Gallardo Cruz & Wladimir, 2009).

- Monofásico dos conductores, 1F2C.
- Monofásico tres conductores, 1F3C.
- Bifásico tres conductores, 2F3C.
- Trifásico cuatro conductores, 3F4C.

En función de tipo de medidor y la energía consumida se refleja en la facturación según los tipos de energía que registra como:

- Activa
- Activa + demanda máxima
- Activa + reactiva + demanda máxima
- Demanda horaria
- Otros.

En consideración del horario de la utilización y de la máxima carga de corta duración

- Medidores de la tarifa múltiple
- Medidores de la demanda máxima
- En consideración a parámetros especiales a cuantificar
- Medidores de energía con compensación de pérdidas en el transformador
- Medidores de energía directos
- Medidores de energía indirectos

2.6 Sistema de Telemedición Eléctrica

El principal funcionamiento de un sistema de telemedición se basa en emplear sensores de voltaje y corriente los cuales toman los datos de los parámetros eléctricos: Voltaje, Corriente, Demanda, Potencia Activa, etc. Y mediante un sistema de comunicación apropiado se transmiten automáticamente a una estación de recepción y administración de datos para ser procesados y visualizados (Morales Sánchez, 2018).

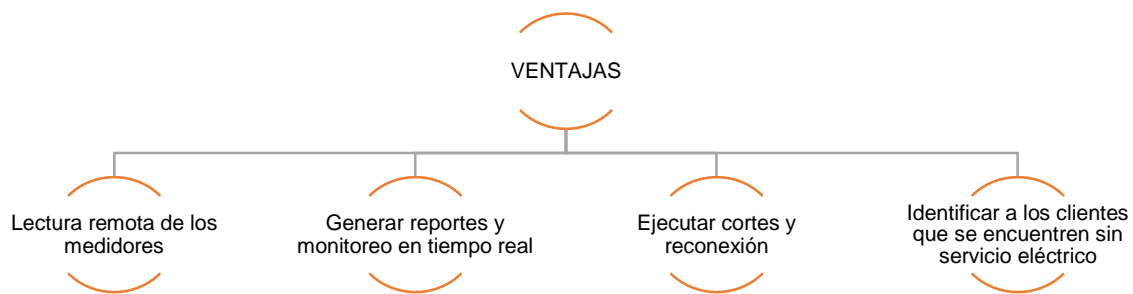


Figura 3. Ventajas del Sistema de Telemedición Eléctrica.

Fuente: (Morales Sánchez, 2018)

2.7 Sistema de Telemedición mediante Radiofrecuencia

Su funcionamiento se basa en la recolección y transmisión de datos de consumo de energía eléctrica de forma remota, utilizando como vía principal para la transmisión de datos un medio de comunicación apropiado (Gallardo Cruz & Wladimir, 2009).

Este sistema proporciona algunas ventajas entre las cuales se mencionan las siguientes:

Permiten obtener una lectura remota del contador sin utilizar recursos humanos.

Reducir el tiempo que se retrasa entre la lectura manual del medidor y la fecha de facturación.

Las lecturas son más confiables y exactas comparando con los medidores convencionales.

Existen algunos métodos de comunicación dentro de los sistemas de telemedición:

- Líneas telefónicas
- Radio frecuencia
- Onda portadora
- Fibra óptica
- Otro

2.8 Sistemas de Medición Convencional

Para el proceso de facturación, el personal toma las lecturas recorre en diferentes sectores de la ciudad, que están distribuidos para recolectar los datos de lectura y posterior entregar en el centro de acopio de información. Esta actividad demanda la necesidad de llegar a la ubicación física del medidor (Coronel Gutiérrez & Vinicio, 2011).

La Actividad se desarrolla de acuerdo al calendario y las rutas de lecturas con la zona y el sector asignado.

El mantener el control de calidad de los registros de consumos, Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. realiza el análisis interactivo de crítica de lecturas, en el que se evalúa lo siguiente:

- Ratificar la lectura que fue tomada.
- Modificar la lectura por error de digitación.

En el departamento de Recaudación y Gestión de Cartera se realizan actividades de corte y reconexión de medidores a los clientes que se encuentran en mora, esta actividad requiere llegar de manera física a los puntos de conexión de sus acometidas o a los contadores de energía para ejecutarlas. Este proceso se detalla a continuación en la figura 4.

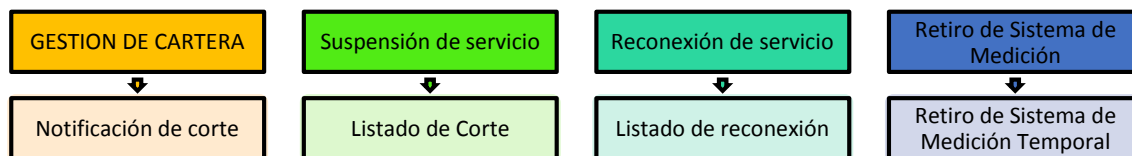


Figura 4. Proceso de Gestión de Cartera (Coronel Gutiérrez & Vinicio, 2011)

2.9 Sistema de Telemedición AMI

Esta infraestructura se diferencia del sistema convencional principalmente porque proporciona soluciones tecnológicas para la integración de los Smart Meters (Medidor Inteligente), los cuales permiten adquirir la información del consumo de energía eléctrica en tiempo real y además registra eventos, perfiles de carga y permite la transmisión de los datos información por medio de Internet o redes similares (Alvarado Brito, 2011)

Principalmente por tener una red de comunicaciones que funciona de manera bidireccional, es decir del cliente hacia la distribuidora y viceversa, con lo cual se lograría el intercambio de información entre el cliente y la distribuidora en tiempo real y así brindar la posibilidad de que el cliente tenga las opciones de tarifas diferenciadas, registros de la

demanda. Es decir que las empresas distribuidoras tengan una eficiente administración de la energía y datos medidos. Figura 5

Otra función avanzada tiene por ejemplo la capacidad de conexión-desconexión remota de medidores de otros servicios gas/agua entre otros, para esto se requieren que sean instalados hardware adicional en el medidor, que comprenden costos que será necesario definir al momento de diseñar e implementar (Gómez, Castán, Montero, Meneses, & García, 2015).

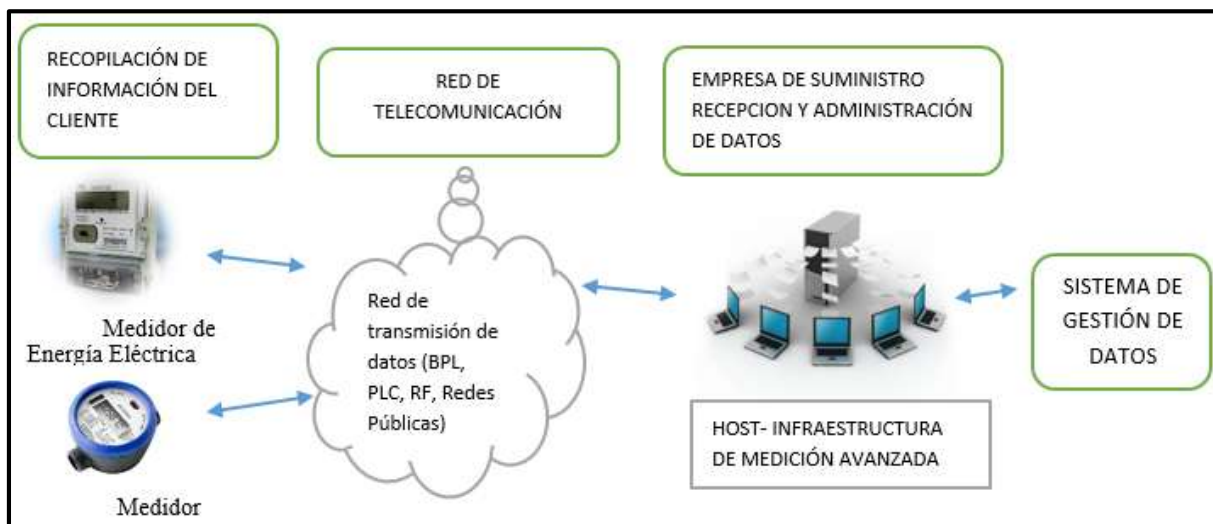


Figura 5. Infraestructura de medición Avanzada (Alvarado Brito, 2011)

2.10 Recorrido del lector dentro de la Ruta

A cada lector se le asigna una o varias rutas y se trasladan al lugar asignado para realizar la lectura de todos los clientes, cada ruta tendrá un punto de partida por el que el lector deberá seguir el trazado como se muestran en la figura 6 y 7 hasta llegar hasta un punto final. A continuación, se observa el trazado de una ruta Rural y Urbano (Coronel Gutiérrez & Vinicio, 2011).

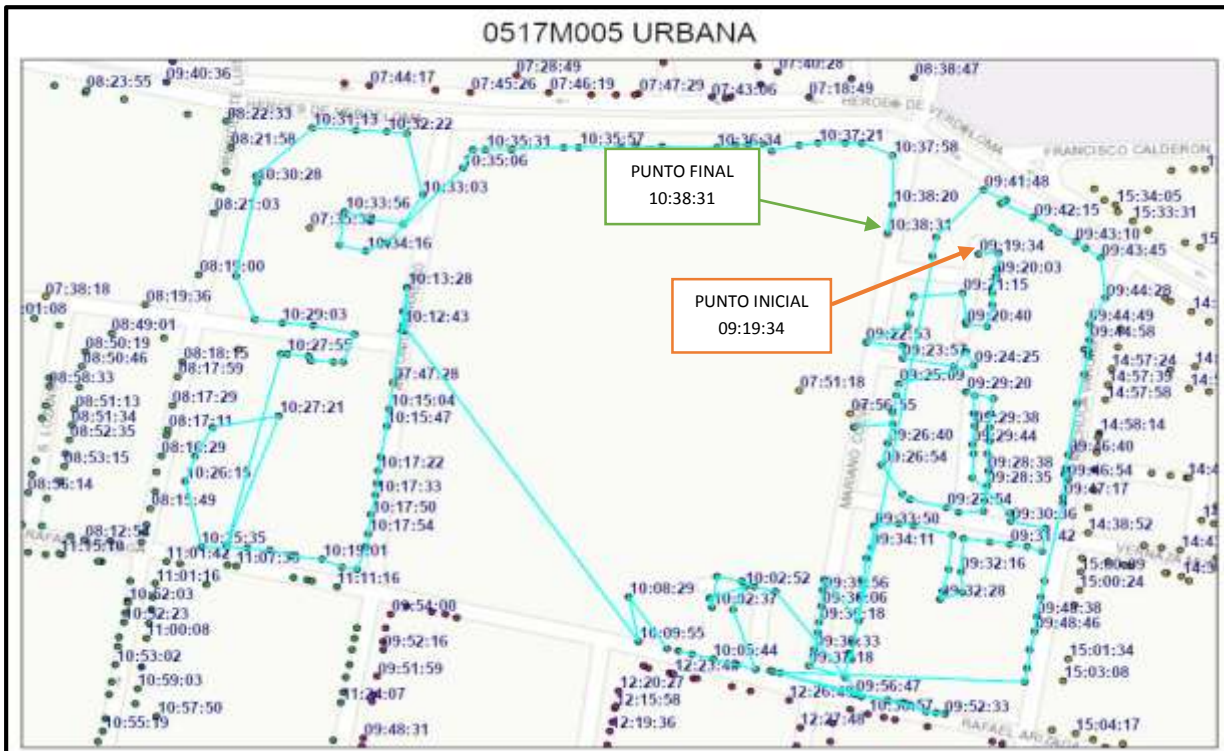


Figura 6. Ruta de lectura Urbana 0517M005

Fuente: <http://gis-sigde.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=6b219b7cc08a49dab0762da45b77e84c>

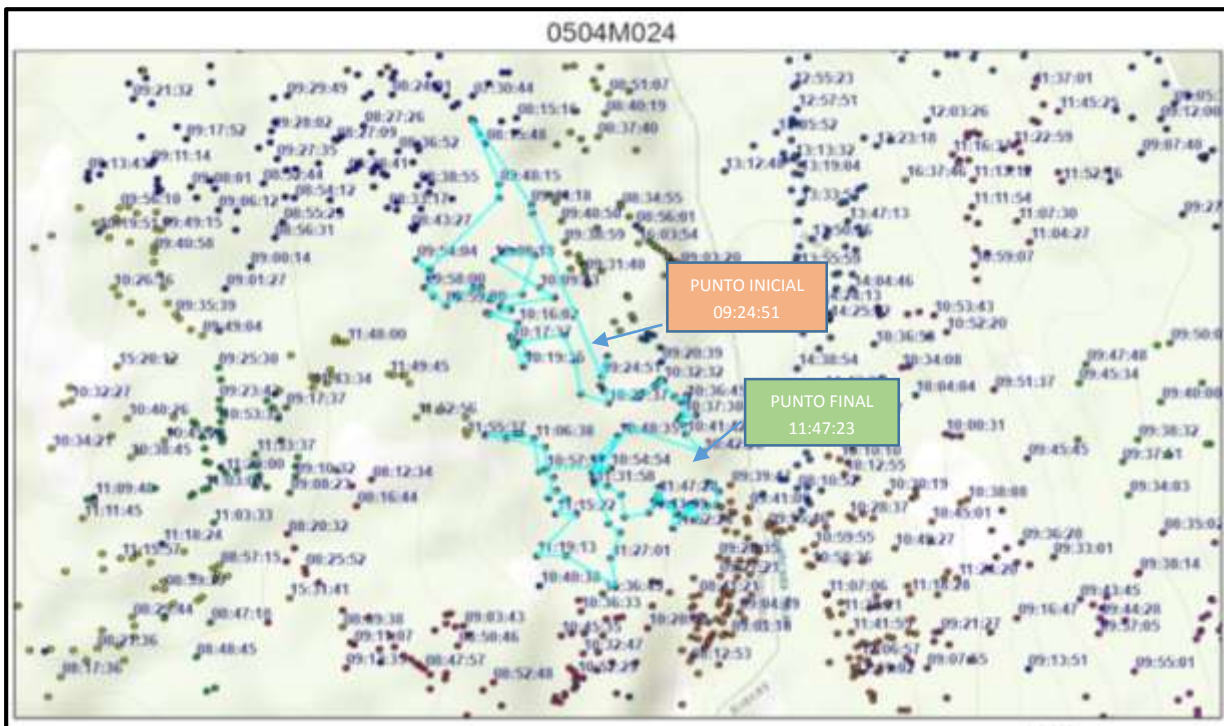


Figura 7. Ruta Rural de Lectura 0504M024

Fuente: <http://gis-sigde.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=6b219b7cc08a49dab0762da45b77e84c>

2.11 Descripción del software de Gestión “SUNRISE”

El software es una interfaz entre el medidor y modem, la cual tiene un protocolo de comunicación bidireccional de (lectura y escritura), con el cual se toma las lecturas de energía activa, reactiva, demanda, y otros parámetros eléctricos contenidos en el medidor. La interfaz consta con la disponibilidad y seguridad de administradores de cuentas, los mismos que pueden ser los jefes de grupos o empresas de libre ejercicio destinado a la lectura de los medidores. Figura 8



Figura 8. Interfaz de software SUNRISE

Fuente: Fuente Autores

Las funciones del software se detallan a continuación:

- Obtención de datos para facturación
- Energía activa (kWh)
- Energía Reactiva (kvarh)
- Demanda Máxima (kw)

Estos datos pueden ser exportados en formato: TXT o CSV.

Entrada manual de datos de Facturación: Para medidores regulares y ciertos medidores con RF que no se pueden leer los datos, se puede ingresar manualmente los datos ingresando en la opción “Entrada Manual” y mostrara una interfaz para llenar los datos de facturación.

Auto lecturas Datos: incluye el voltaje instantáneo y la corriente de cada fase, tarifas y registran las 12 auto lecturas.

Se puede visualizar:

Perfiles diarios de cargas detallados en (kW) con un mínimo de 60 días a intervalos de 15 min (configuración de fábrica).

Alarmas y eventos registran los siguientes eventos:

- Reinicio de demanda
- Sincronización de tiempo
- Falta de energía, ausencia de voltaje en las fases
- Intento de acceso no autorizados
- Error en memoria
- Batería baja (configuración de Fabrica)

La opción “Notas” nos ofrece ciertos parámetros que se podrán seleccionar y añadir a la lectura. Figura 9.

Los datos obtenidos de los medidores serán exportados en formato: TXT o CSV, y los parámetros de medición, perfiles de carga y alarmas o eventos se obtendrán en periodos diarios semanales, mensuales y serán analizados en caso de que se presenten inconformidades en la facturación del cliente y las necesidades de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.



Figura 9. Interfaz de NOTAS

Fuente: Fuente Autores

Para realizar la toma de lecturas en primer lugar, identificamos los sectores que se van a intervenir, de igual manera que rutas de lectura se deben filtrar para ingresar al software. El programa acepta solo archivos de extensión txt, de acuerdo al formato establecido por el

sistema comercial, cuando se ingresa el archivo de la ruta de lectura en el software se muestra la lista de medidores contenidos en la Ruta ingresada. Figura 10

The screenshot shows the 'Leer medidor' software interface. At the top, there are buttons for 'Leer facturacion', 'Leer', and 'Cancelar'. Below these are checkboxes for 'Auto lectura', 'Perfil de carga', and 'Alarmas y eventos'. A status bar shows 'Contador de medidores: 46' and 'Contador de leidos: 45'. Below this, it displays 'Esperados: 46', 'Leidos: 0', and 'Falla: 0'. There are also buttons for 'Secuencia de ruta' and 'Buscar'. The main part of the interface is a table with columns for 'Medidor No.', 'IsRF', 'Detalle de m.', 'Factorando', 'Auto lectura', 'Perfil de carga', 'Alarmas y eventos', 'Datos', 'Entrada M.', and 'Notas'. The table contains 10 rows of meter data, with the first column highlighted in green.

Informacion			Funcion de lectura							
Medidor No.	IsRF	Detalle de m.	Factorando	Auto lectura	Perfil de carga	Alarmas y eventos	Datos	Entrada M.	Notas	
1001827646	Wi-Fi	[Icon]	[Green]	[Red]	[Red]	[Red]	[Blue]	[Icon]	[Icon]	
1001827649	Wi-Fi	[Icon]	[Green]	[Red]	[Red]	[Red]	[Blue]	[Icon]	[Icon]	
1001827648	Wi-Fi	[Icon]	[Green]	[Red]	[Red]	[Red]	[Blue]	[Icon]	[Icon]	
1001860722	Wi-Fi	[Icon]	[Green]	[Red]	[Red]	[Red]	[Blue]	[Icon]	[Icon]	
1001827512	Wi-Fi	[Icon]	[Green]	[Red]	[Red]	[Red]	[Blue]	[Icon]	[Icon]	
1001827383	Wi-Fi	[Icon]	[Green]	[Red]	[Red]	[Red]	[Blue]	[Icon]	[Icon]	
1001827376	Wi-Fi	[Icon]	[Green]	[Red]	[Red]	[Red]	[Blue]	[Icon]	[Icon]	
1001827375	Wi-Fi	[Icon]	[Green]	[Red]	[Red]	[Red]	[Blue]	[Icon]	[Icon]	
1001843889	Wi-Fi	[Icon]	[Green]	[Red]	[Red]	[Red]	[Blue]	[Icon]	[Icon]	
1001827370	Wi-Fi	[Icon]	[Green]	[Red]	[Red]	[Red]	[Blue]	[Icon]	[Icon]	

Figura 10. Interfaz del software al cargar las rutas de medición.

Fuente: Fuente Autores

Es importante aclarar que el programa no lee otro tipo de archivo a lo indicado y tampoco lee medidores que no estén incorporados en las rutas que se seleccione y se ingrese al programa.

En la Figura 11, se puede observar el diagrama de comunicación que se puede usar desde la Tablet o Pc, conectado a un modem que se comunica con el medidor con radio frecuencia, el sistema es completamente adaptable a los diferentes ambientes y requerimientos de operación, la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. será quien coordinará el óptimo funcionamiento del sistema RF.

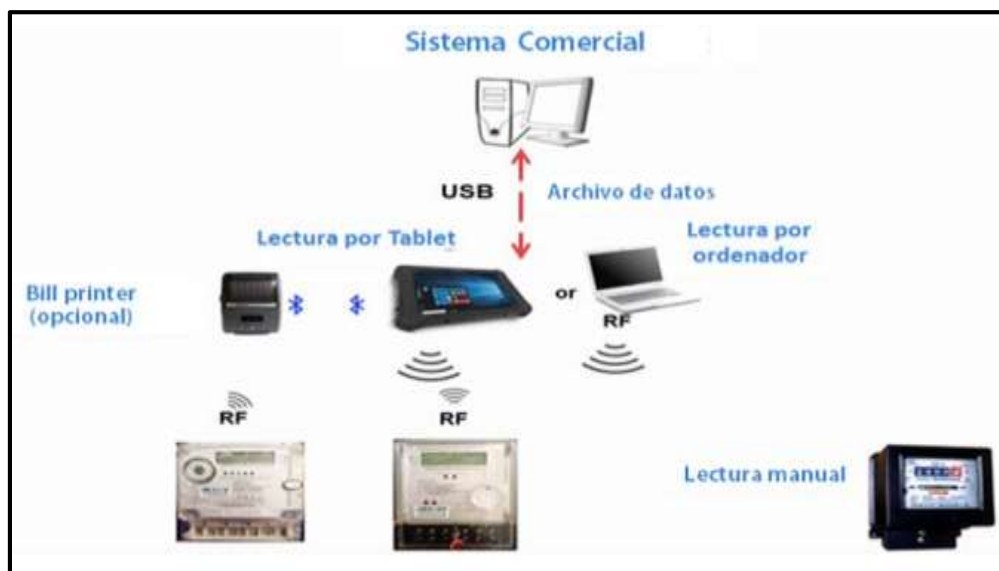


Figura 11. Diagrama de Comunicación del Sistema de Radiofrecuencia.

2.12 Requerimientos necesarios para la comunicación del sistema

2.12.1 Modem externo USB

Comunicación es Remota (IEC62056-21), tiene una banda de frecuencia de operación 902-928 MHz y la toma de lecturas y configuración a través de RF puede alcanzar a una distancia de 800 metros con línea de vista directa y 300 metros si hay obstáculos simples alrededor del medidor.



Figura 12. Modem USB de Radio Frecuencia.

Fuente: Fuente Autores

Para que los medidores se comuniquen con el módem exterior o USB, el módem del medidor debe cumplir las siguientes especificaciones. Tabla 5

Tabla 5. Especificaciones y funciones del módem RF interno del medidor

Voltaje de funcionamiento	2.4 ~ 3.6 V
Frecuencia	908 ~ 925 MHz
Potencia de transmisión	Max.19 ± 1 dBm
Sensibilidad de recepción ultra alta	-136 ± 1dBm (a 250 bps)
Seguridad	Alta, al usar la modulación LoRa, el dispositivo inalámbrico tradicional no puede llevar a cabo la captura y el análisis al módem RF.
Alta ocultación	Cuando la potencia promedio del módulo es menor que el ruido, aún puede comunicarse normalmente y el equipo de monitoreo inalámbrico no puede monitorear el módem RF.
Bajo consumo de energía	La corriente de recepción ≤ 13mA; corriente de sueño ≤ 2uA; admite la función CAD que se utiliza para separar el cálculo y la recepción de la señal, y optimiza aún más el consumo de energía de la ventana de activación (la corriente calculada es aproximadamente la mitad de la corriente de recepción).
La interfaz de comunicación SPI	Se puede conectar directamente a una variedad de SCM, y la programación del software es muy conveniente de usar.

2.12.2 Laptop o Tablet.

Equipo donde se instalará el software Sunrise y se conectará el modem USB de radio frecuencia y se enlazará vía radio frecuencia con el medidor de energía eléctrica. Para este estudio se utilizó un computador portátil que se describe a continuación sus características. Figura 13.



Figura 13. LAPTOP LENOVO 330S-15IKB

Fuente: Fuente Autores

Marca: **LAPTOP LENOVO 330S-15IKB**

Procesador: **CORE I5-8250U**

Disco Duro: **1.6GHZ 1TB 4GB +16GB OPTANE DRIVE**

Pantalla: **15.6'' (1366X768) BT WIN10 WECAM PATINIUM GREY**

2.12.3 El software SUNRISE.

Se utiliza para la conexión entre laptop – medidor para la toma de lectura de los medidores de energía eléctrica con tecnología radio frecuencia (RF).



Figura 14. El software SUNRISE.

Fuente: Fuente Autores

2.12.4 ArcGis 10.5.

Para la elaboración de modelos de rutas y procesamiento de la información geográfica.

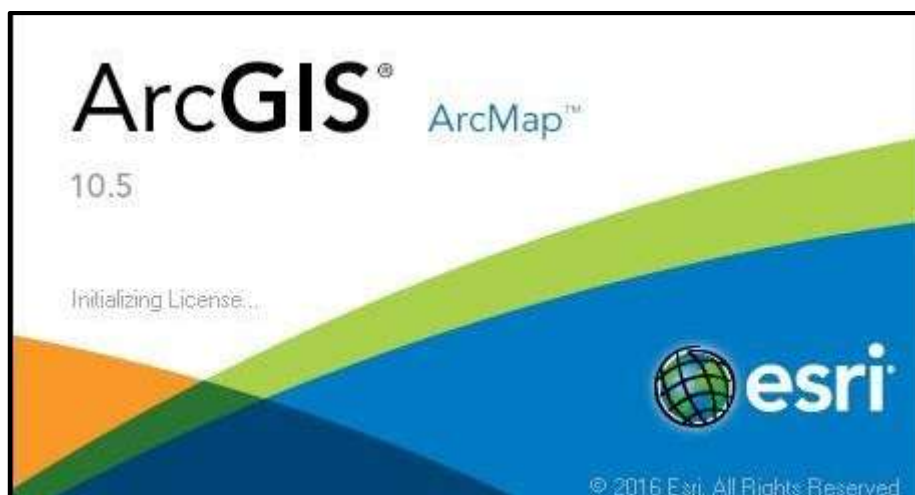


Figura 15. ArcGis 10.5.

Fuente: Fuente Autores

CAPITULO 3

INVESTIGACION DE CAMPO

3.1 Área de estudio

La presente investigación de factibilidad de los medidores con Radio Frecuencia se realizará en la provincia del Azuay, Parroquia Rural Ochoa León. Con coordenadas 2°50'14.74"S 78°58'59.33"O. Ocupa un área de 4.54 Km² se ha seleccionado esta parroquia ya que se encuentran ya instalados los medidores con radiofrecuencia y la toma de lectura se lo realiza mediante un operador contratado externo para hacerlo de forma manual, siguiendo una ruta de lectura (MRU) para la facilidad del recorrido del operador.

La Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. departamento de comercialización facilito todos los datos y la información georreferenciada para la realización del estudio, puntos de carga, medidores con sus respectivas rutas de lectura.

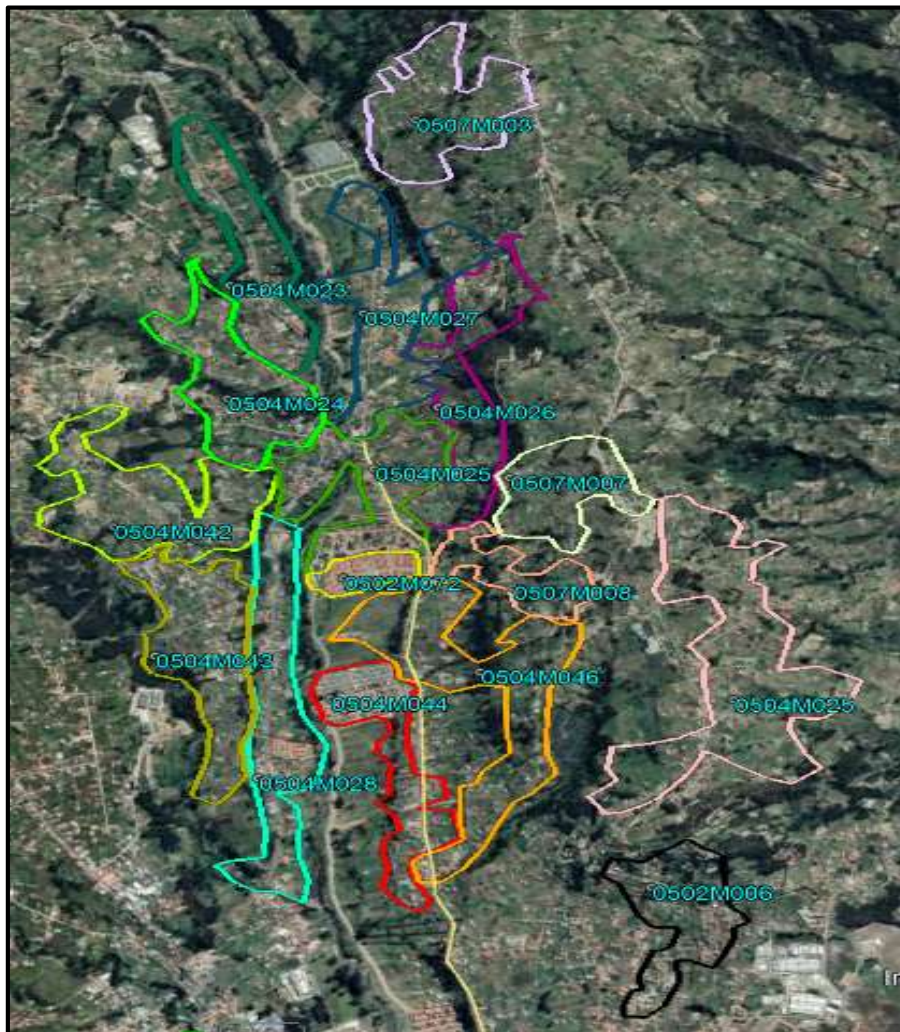


Figura 16. Plano de Rutas Georreferenciadas

Fuente: Fuente Autores

A continuación, se detalla las 16 rutas de lectura MRU donde se encuentran instalados los medidores de radio frecuencia en el lugar de estudio.

Tabla 6. Tabla de rutas de lectura Parroquia Ochoa León

Fuente: Fuente Autores

N°	RUTAS	USUARIOS	CON RF	SIN RF			Área km ²
			Bifásico	Monofásico	Bifásico	Trifásico	
1	0502M006	174	160	5	8	1	0.22
2	0502M072	438	341		96	1	0.062
3	0504M023	114	102	8	2	2	0.26
4	0504M024	115	113		2		0.27
5	0504M025	289	278		11		0.29
6	0504M026	71	65	1	5		0.31
7	0504M027	178	174		2	2	0.33
8	0504M028	245	242		3		0.31
9	0504M042	113	103	7	3		0.34
10	0504M043	145	143		2		0.30
11	0504M044	540	527		13		0.23
12	0504M046	130	126		4		0.45
13	0507M003	82	81		1		0.30
14	0507M007	52	50		2		0.20
15	0507M008	43	43				0.13
16	0507M025	178	173		5		0.54
TOTAL		2907	2721	21	159	6	

En la Tabla 6 se tiene la información del número total de clientes de las 16 rutas de lectura, los cuales existen medidores con radio frecuencia, sin radiofrecuencia y el área de cada una, en los anexos del 1 al 16 se puede observar gráficamente como está comprendida cada ruta. Se obteniendo un total de 2907 clientes en las 16 rutas, de los cuales:

- 2721 clientes ya cuentan con medidores con radio frecuencia RF.
- 180 clientes no cuentan con medidores con radio frecuencia (RF).

En términos estadísticos se tiene un 94.99 % y un 5.01% respectivamente, este proyecto se encuentra en fase de implementación.

3.2 Pruebas de cobertura radial de acuerdo a las zonas demográficas

Para la ubicación de los puntos estratégicos donde se realizará las lecturas a los medidores RF, se comprobará en campo los radios de cobertura definidos por el fabricante que se describió en la sección 2.12.1 características del modem externo USB de RF.

En la figura 17 se observa el modem ubicado en la PC, el radio de cobertura se determinará en función de los resultados de las pruebas de alcance, con la distancia encontrada en dichas pruebas se realizará en las rutas el análisis para encontrar los puntos óptimos para leer la mayor cantidad de medidores y con estos trazar las nuevas rutas de lectura.

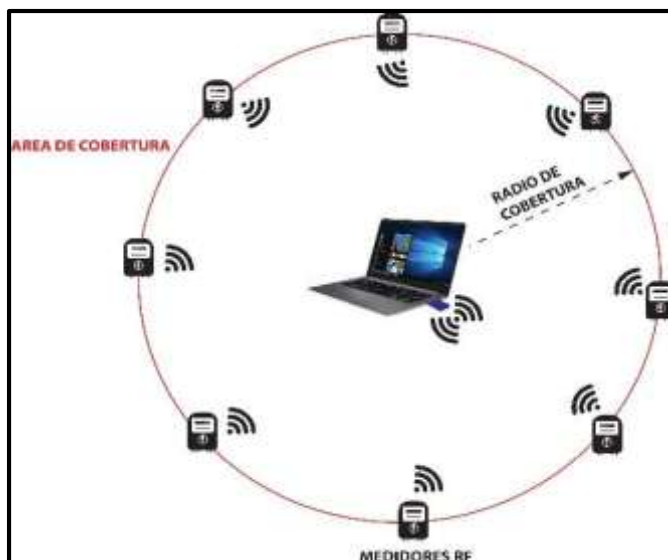


Figura 17. Cobertura de la antena para PC de los medidores RF de la marca SUNRISE.

Fuente: Fuente Autores

Se procede a realizar varias pruebas en campo para determinar las distancias de alcance, trazando varios puntos de distintos radios, se describirá el proceso y los resultados obtenidos.

3.2.1 Prueba 1 de línea de vista directa

Para la realización de esta prueba se instaló un medidor de energía eléctrica con tecnología de radio frecuencia (RF) con el número 1001843927 en la terraza de la Empresa Eléctrica Centro Sur C.A. a una altura aproximada de 27metros, en la tabla 7 se indica varios puntos georreferenciados a diferentes distancias. Para realizar la lectura del medidor de energía eléctrica y encontrar la distancia máxima donde se pueda enlazar el medidor y el modem externo USB conectada a la laptop se recorrió cada uno de los puntos georreferenciados con línea de vista probando si existe la conexión con el medidor.

En la figura 18 se puede observar que el medidor instalado se encuentra en el punto P0 (Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR) y los puntos P1 a P11 son puntos georreferenciados a distintas distancias debido a que se tenía que encontrar lugares donde

se pueda tener una línea de vista con el medidor de radio frecuencia, a excepción de 3 puntos P5, P6 y P9 los cuales no cuentan con línea de vista y no se consiguió la conexión deseada debido a la distancia y las interferencias de obstáculos.

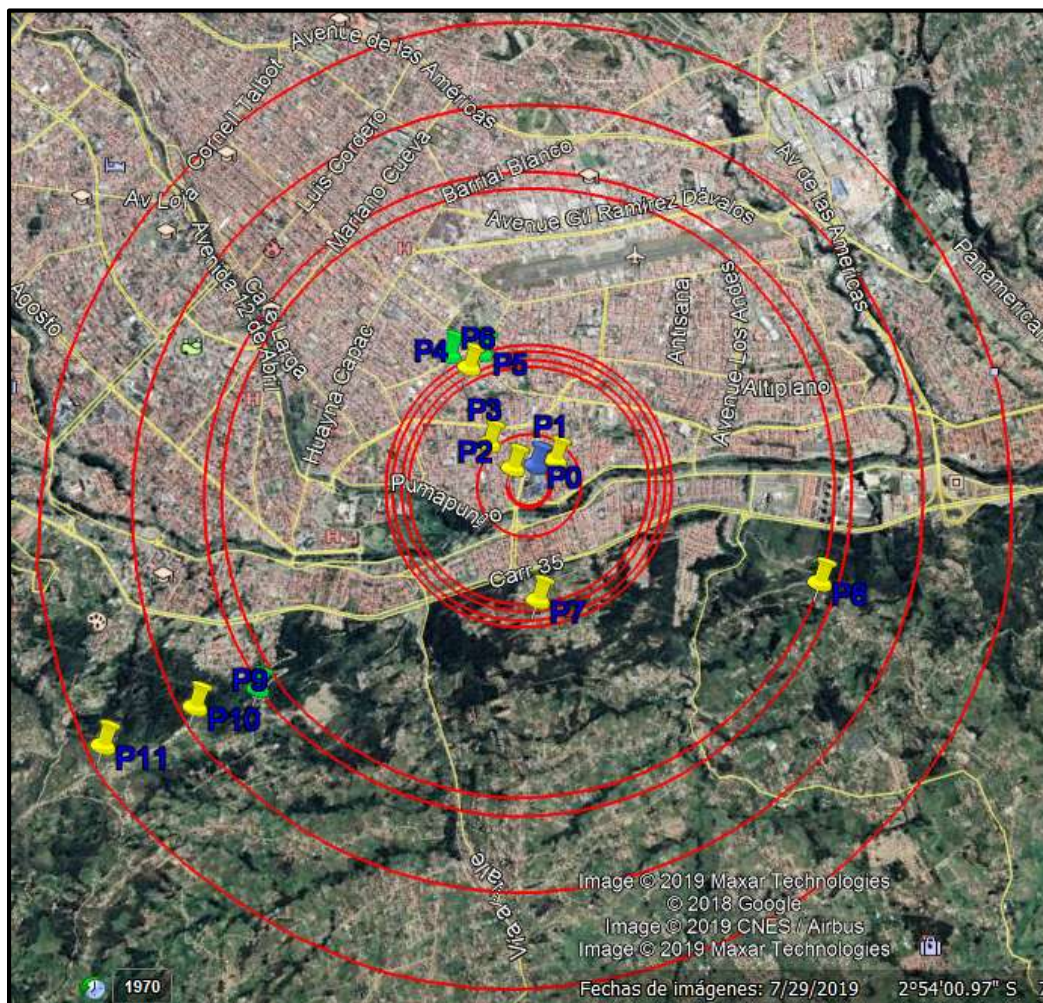


Figura 18. Prueba 1 Línea de vista sin obstáculos

Fuente: Fuente Autores

Tabla 7. Puntos de coordenadas georreferenciados

Fuente: Fuente Autores

PUNTO INICIAL A FINAL	COORDENADAS		DIANSTANCIA (M)	OBSERVACIONES
	X	Y		
P0 - P1	-2.903888889	-7.898263889	134m	Con línea de vista
P0 - P2	-2.905472222	-7.898463889	15m	Con línea de vista
P0 - P3	-2.904833333	-7.898661111	345m	Con línea de vista
P0 - P4	-2.901330556	-7.898984722	796m	Con línea de vista
P0 - P5	-2.900194444	-7.898961111	841m	Sin línea de vista
P0 - P6	-2.901194444	-7.899127778	945m	Sin línea de vista
P0 - P7	-2.911722222	-7.897936111	899m	Con línea de vista
P0 - P8	-2.903277778	-7.896.527.778	2.030m	Con línea de vista
P0 - P9	-2.922388889	-7.899130556	2.143m	Sin línea de vista
P0 - P10	-2.926	-7.899361111	2.605m	Con línea de vista
P0 - P11	-2.930111111	-7.899688889	3.188m	Con línea de vista

De las pruebas realizadas en los puntos P1 al P11 se obtiene lecturas exitosas en los 8 puntos con líneas de vista y los 3 no exitosos en los puntos sin línea de vista a diferentes distancias, se ve en la figura 19 y 20, los resultados obtenidos del medidor RF son datos de: energía activa, energía reactiva y demanda de potencia del medidor. La distancia máxima de enlace en el último punto P11 fue de 3.188 metros con línea de vista directa.

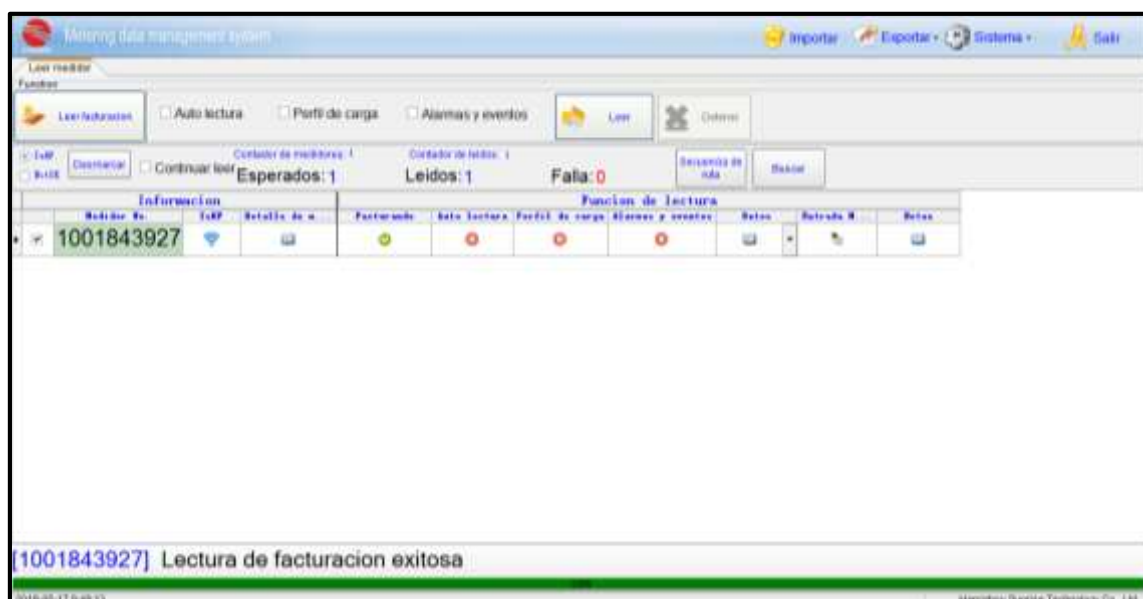


Figura 19. Numero de Medidor Utilizado en la Prueba 1

Fuente: Fuente Autores

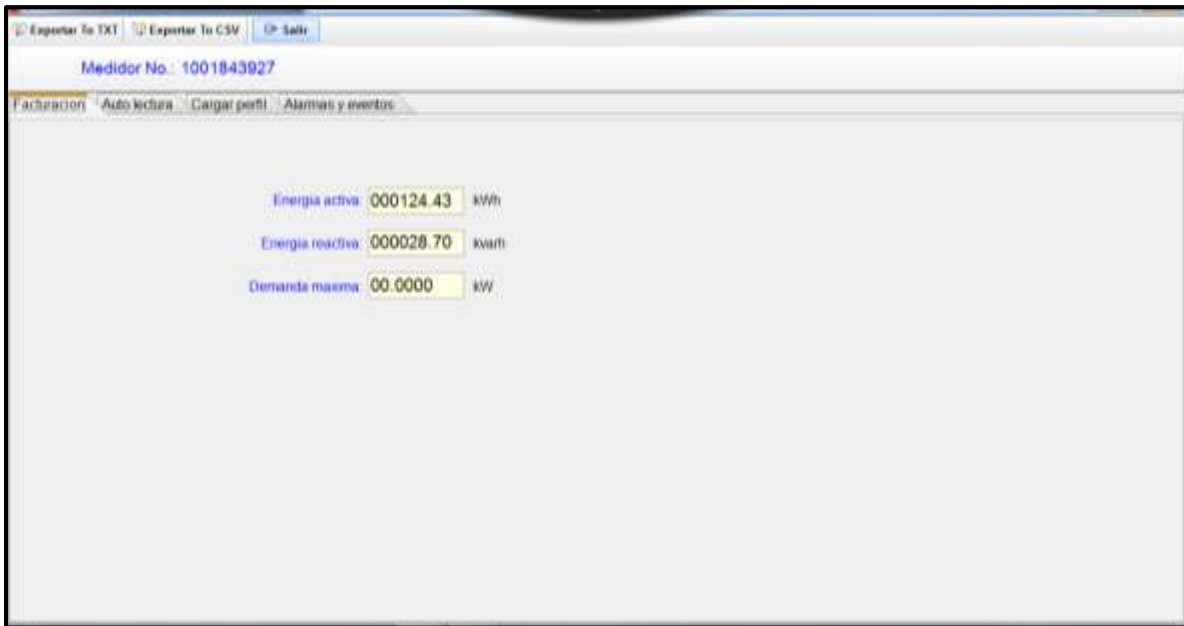


Figura 20. Lectura obtenida del medidor a diferentes distancias

Fuente: Fuente Autores

3.2.2 Prueba 2 en el sector urbano

Esta prueba se lo realizo en el sector urbano, ubicada en las calles Camilo Ponce y Jorge Carrera, la instalación del medidor RF se lo realizo a una altura de 1.80 m en el Poste N° 246005 con coordenadas $2^{\circ}54'14.51''S$, $78^{\circ}59'14.46''O$ de esta manera verificar la distancia de conexión con el medidor para la toma de lectura, tomando en cuenta que existe obstáculos de edificaciones a distinto nivel.



Figura 21. Prueba 2 de medición con obstáculos a diferentes distancias

Fuente: Fuente Autores

En la Figura 21 se muestra las pruebas realizadas a distintos radios de distancia, estos están separados a 25 m cada uno, en la cual hay varios puntos georreferenciados donde se ubicará el lector para realizar la toma de lectura y corroborar si existe la conexión con el medidor.

Tabla 8. Resultados de la Prueba 2 Sector Urbano

Fuente: Fuente Autores

AMARILLO		Lectura Exitosa	
VERDE		Error de Lectura	
RADIO	TOTAL PUNTOS	LEIDOS	NO LEIDOS
50m	4	4	0
75m	5	5	0
100m	6	6	0
125m	6	6	0
150m	8	6	2
175m	10	8	2
200m	10	4	6
225m	8	2	6
250m	12	5	7
275m	13	5	8
300m	8	5	3
TOTAL	90	56	34

Los resultados obtenidos de la tabla 8 de un total de 90 puntos de diferentes radios se obtuvieron lecturas exitosas en 56 puntos y 34 puntos donde se pierde la conexión con el medidor. En distancias de radios a 150m y 175m se logra obtener una mayor cantidad de lecturas.

3.2.3 Prueba 3 en el sector urbano

Esta prueba se lo realizo en el sector urbano, ubicada en las calles P. Baquerizo y Juan José Flores, la instalación del medidor RF se realizó a una altura de 1.80 m en el Poste N° 22003 con coordenadas 2°54'0.35"S, 78°59'34.96"O de esta manera verificar la distancia de conexión con el medidor para la toma de lectura, tomando en cuenta que existe obstáculos de edificaciones a distinto nivel.



Figura 22. Ubicación de medidor de radio frecuencia

Fuente: Fuente Autores

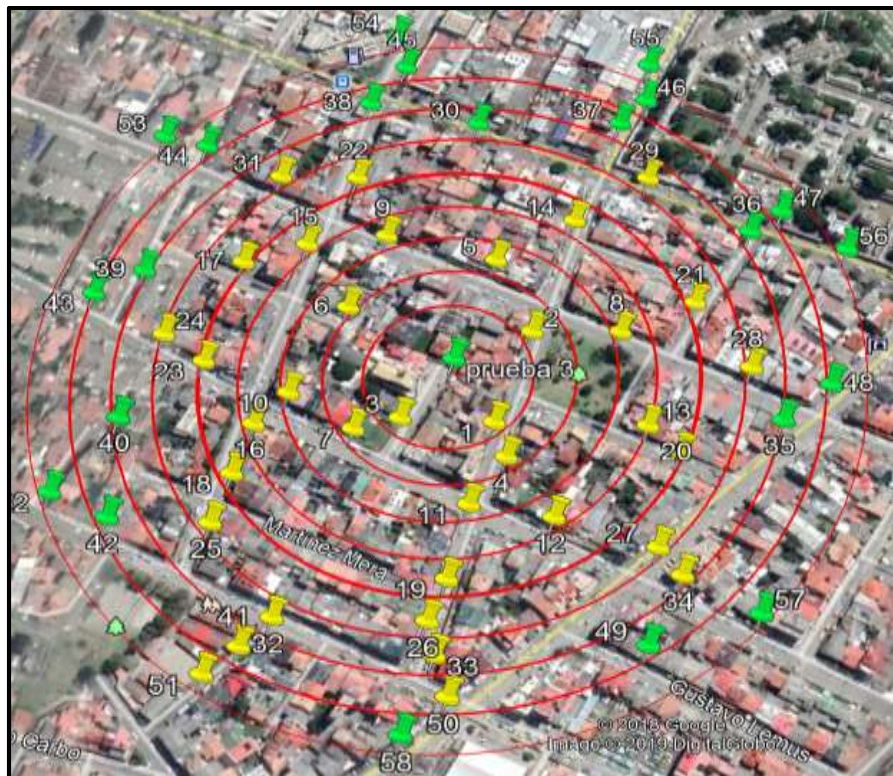




Figura 23. Prueba 3 de medición con obstáculos Parroquia Cumbe

Fuente: Fuente Autores

En la figura 23 se muestra las pruebas realizadas a distintos radios de distancia, estos están separados a 25 m cada uno, en el cual hay varios puntos georreferenciados donde se ubicará el lector para realizar la toma de lectura y corroborar si existe la conexión con el medidor instalado.

Tabla 9. Resultados de la Prueba 3 Sector Urbano

Fuente: Fuente Autores

AMARILLO		Lectura Exitosa	
VERDE		Error de Lectura	
RADIO	TOTAL PUNTOS	LEIDOS	NO LEIDOS
50m	3	3	0
75m	4	4	0
100m	4	4	0
125m	5	5	0
150m	7	7	0
175m	8	7	1
200m	9	3	6
225m	10	2	8
250m	8	1	7
TOTAL	58	36	22

Los resultados obtenidos de la tabla 9 de un total de 58 puntos de diferentes radios se obtuvieron lecturas exitosas en 36 puntos y 22 puntos donde se pierde la conexión con el medidor. En distancias de radios a 150m y 175m se logra obtener una mayor cantidad de lecturas exitosas.

3.2.4 Prueba 4 En el área rural

Esta prueba se realizó en el sector de Ochoa león, el medidor con tecnología de radio frecuencia se instaló a una altura de 1.80m en el poste número 317558 con coordenadas 2°50'1.88"S, 78°59'8.01"O para la toma de lecturas en diferentes puntos, tomando en cuenta que existe obstáculos de vegetación a distintos niveles y en esta zona rural no existe grandes aglomeraciones de edificaciones. Figura 24.

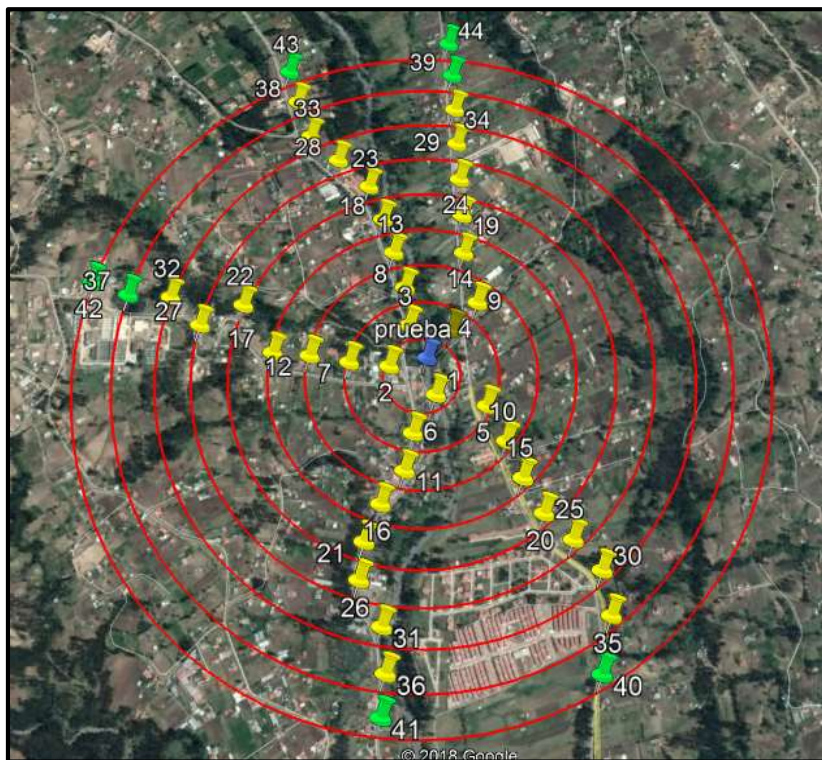




Figura 24. Prueba 4 mediciones con obstáculos Parroquia Ochoa León

Fuente: Fuente Autores

En la figura 24 se muestra las pruebas realizadas a distintos radios de distancia, estos están separados a 100m cada uno, en el cual hay varios puntos georreferenciados donde se ubicará el lector para realizar la toma de lectura y corroborar si existe la conexión con el medidor instalado.

Tabla 10. Resultados de la Prueba 4 Sector Rural

Fuente: Fuente Autores

AMARILLO		Lectura Exitosa	
VERDE		Error de Lectura	
RADIO	TOTAL PUNTOS	LEIDOS	NO LEIDOS
100m	4	4	0
200m	5	5	0
300m	5	5	0
400m	5	5	0
500m	5	5	0
600m	5	5	0
700m	5	5	0
800m	5	3	2
900m	5	0	5
TOTAL	44	37	7

De acuerdo a la tabla 10 el resumen de las pruebas realizadas de un total de 44 puntos de diferentes radios, se determinó que hasta 700m de distancia todos los puntos se comunican con el medidor y se obtiene la lectura, tomando en cuenta que los puntos georreferenciados tenían línea de vista ya que fueron trazados en zonas o vías de acceso para poder realizar las pruebas de lectura.

3.2.5 Prueba 5 En el área rural

Esta prueba se realizó en el sector de Cumbe, el medidor de prueba con tecnología de radio frecuencia se instaló a una altura de 1.80 metros en el poste N° 417909 con coordenadas $3^{\circ} 2'36.73''S$, $79^{\circ} 2'42.89''O$ para realizar la toma de lecturas en diferentes puntos.



Figura 25. Prueba 5 de medición con obstáculos a diferentes distancias Parroquia Cumbe

Fuente: Fuente Autores

En la figura 25 se muestra las pruebas realizadas a distintos radios de distancia, estos están separados a 100m cada uno, en el cual hay varios puntos georreferenciados donde se ubicará el lector para realizar la toma de lectura y corroborar si existe la conexión con el medidor instalado. Se determinó que hasta 800m de distancia todos los puntos se enlazan con el medidor y se obtiene la lectura tabla 11.

Tabla 11. Resultados de la Prueba 5 Parroquia Cumbe

Fuente: Fuente Autores

AMARILLO		Lectura Exitosa	
VERDE		Error de Lectura	
RADIO	TOTAL PUNTOS	LEIDOS	NO LEIDOS
100m	3	3	0
200m	4	4	0
300m	4	4	0
400m	4	4	0
500m	4	4	0
600m	4	4	0
700m	4	4	0
800m	4	4	0
900m	4	2	2
1000m	4	1	3
TOTAL	39	34	5

3.2.6 Prueba 6 lecturas de las 16 Rutas

Se realizaron 5 puntos de pruebas adicionales cargando el total de las 16 rutas de lectura que pertenecen a la zona de estudio la cual tiene un total de 2721 medidores con radio frecuencia. Los puntos 1 al punto 4 son lugares donde existen zonas más altas donde se busca tener una mayor visibilidad con la finalidad de que se tenga una cobertura de todas las rutas y los medidores instalados en la zona. La ubicación de los puntos de observa en la figura 26 y los resúltalos obtenidos en la tabla 12.

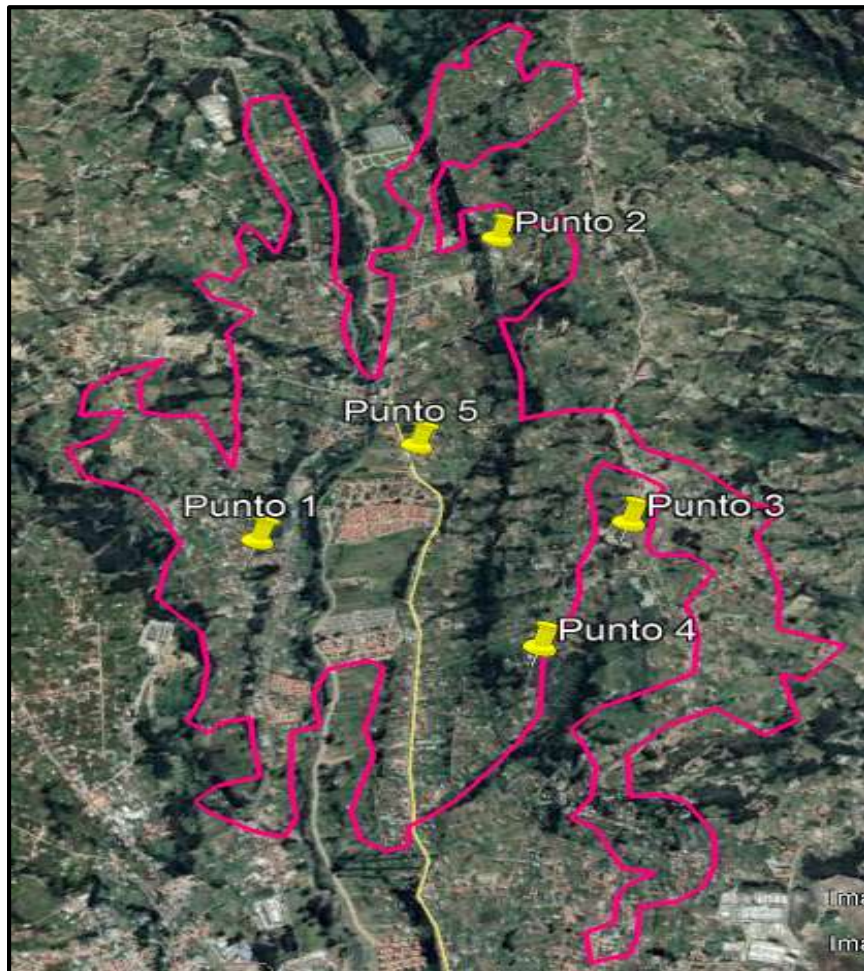


Figura 26. Puntos de prueba de las 16 Rutas Sector Ochoa León

Fuente: Fuente Autores

El punto 5 de prueba con la ayuda de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. se realizó con un carro canasta ubicado aproximadamente en el centro de la zona de estudio a una altura de 17.5 metros y desde este punto se procede a realizar la toma de lectura, en la tabla 12 se puede observar el resultado obtenido.



Figura 27. Punto 5 toma de lectura con Carro Canasta

Fuente: Fuente Autores

Tabla 12. Resultados obtenidos cargadas las 16 rutas de lectura

Fuente: Fuente Autores

Puntos de lectura	Cantidad de medidores	Lecturas exitosas	Error de lectura	Tiempo (h)
Punto 1	2721	244	2477	02:25:00
Punto 2	2721	353	2368	02:45:00
Punto 3	2721	962	1759	03:15:00
Punto 4	2721	957	1764	02:28:00
Punto 5	2721	641	2080	02:05:00
TOTAL	2721	3157	10448	12:58:00

Las pruebas de la tabla 12 se puede observar los resultados obtenidos y el tiempo empleado en obtener las lecturas de los medidores, los cuales existen una mayor cantidad de errores de lecturas y el tiempo en cada punto es alto dando un total de 12 horas en los 5 puntos. Por lo que este método de toma de lecturas se descarta totalmente por el tiempo prolongado y muy pocas lecturas exitosas.

3.3 Pruebas en campo de las rutas MRU y obtención de datos de lectura

Para el procesamiento de cada una de las rutas de lecturas (MRU) se usará la información de los puntos de carga, de todos los medidores con la información geográfica con la ayuda del Software Arcgis 10.5, lo cual nos permite filtrar las rutas y realizar el análisis de la cantidad de medidores por ruta, valores de distancias y otros datos.

Para generar una nueva ruta optima se creará puntos de tomas de lecturas georreferenciados en cada uno de las rutas originales con la ayuda del software Arcgis y las pruebas de campo realizadas, de tal manera que se llegará optimizar el tiempo y la distancia de recorrido, y a obtener la mayor cantidad de lecturas de los medidores de energía eléctrica en todas las rutas de estudio. De esta manera el personal de toma de lecturas se dirigirá a cada uno de los puntos georreferenciados y leerá mediante el software y su respectivo modem de RF toda la ruta seleccionada.

3.3.1 MRU 0502M006

Esta ruta comprende un área de 0.22km^2 . Se ubica un punto central utilizando el radio de 700 metros, el cual es el resultado de alcance en una zona rural según las pruebas realizadas en la zona rural. Se realiza la toma de lectura y se logra abarcar en su totalidad todos los medidores con lectura exitosas en toda esta ruta figura 28.

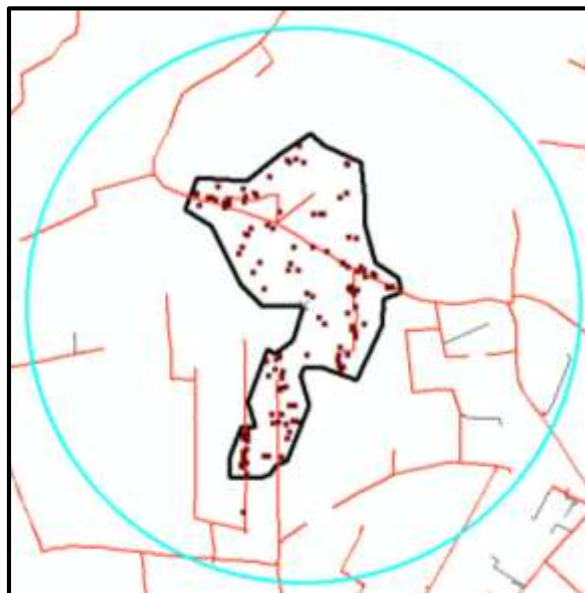


Figura 28. Ruta de lectura MRU 0502M006 en prueba

Fuente: Fuente Autores

En las pruebas realizadas se obtuvo un resultado de lecturas exitosas de todos los medidores de radio frecuencia con un solo punto, con coordenadas UTM P1 $x= 725485.278$ $y= 9684343.339$, el radio que cubre solamente la ruta es de 450 metros, pero dicho punto de

lectura P1 no se encuentra en el centro de la ruta, ya que no es un punto de fácil acceso por lo que el punto de lectura se encuentra ubicado siguiendo la vía principal a Bibin el cual nos brinda el mismo resultados de lecturas exitosas como se puede observar en la figura 29.



Figura 29. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0502M006

Fuente: Fuente Autores

3.3.2 MRU 0507M025

Esta ruta cuenta con un área de 0.5488km^2 , para realizar la prueba en campo de esta ruta se toma el radio de 700 metros para la Zona Rural y se pudo ver que no se logra tomar toda la lectura de todos los medidores, según el resultado de esta primera prueba realizada fue que solo se obtuvo lecturas exitosas de los medidores que se encontraban dentro de un radio de 350 metros figura 30.

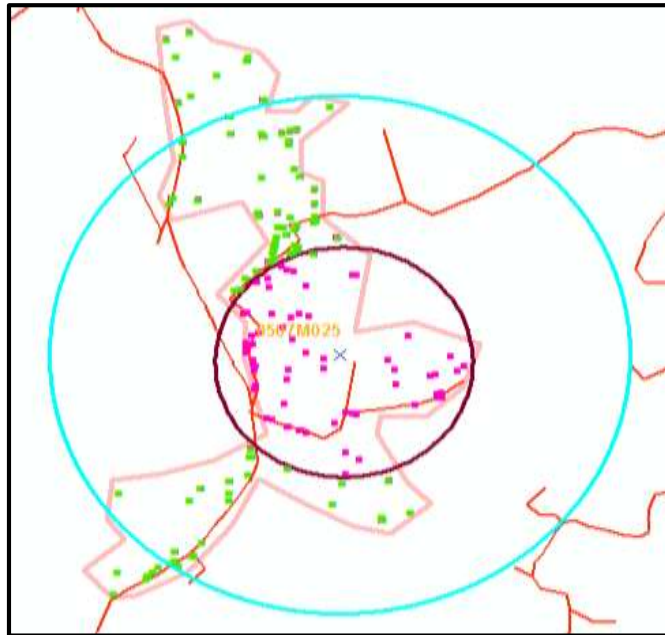


Figura 30. Ruta de lectura MRU 0507M025 en prueba

Fuente: Fuente Autores

Se realiza una segunda prueba con dos radios de 500 metros cada uno los cuales se encuentran graficadas de color morado, obteniendo como resultado de esta prueba medidores sin alcance para la lectura. Los medidores que sí tuvieron lecturas exitosas se encuentran dentro de un radio de 350 metros de color tomate, los medidores que no tienen alcance de lectura son los puntos de color verde figura 31.

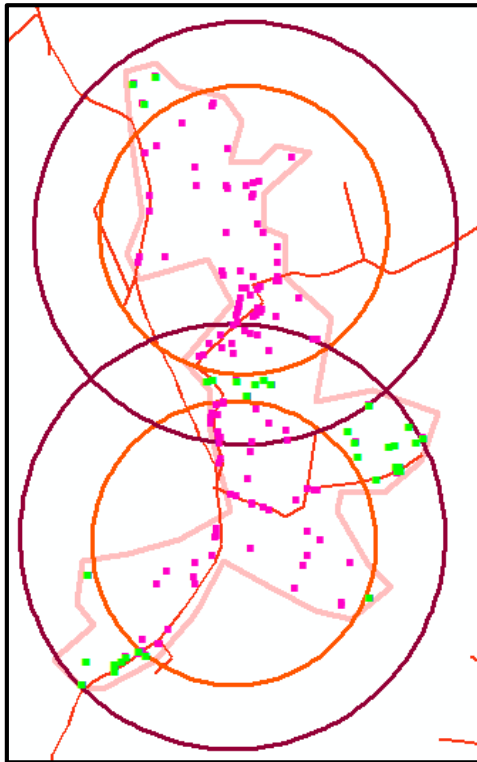


Figura 31. Ruta de lectura MRU 0507M025 en prueba 2

Fuente: Fuente Autores

Para una tercera prueba se realiza con 3 radios de 350 metros cada uno, como resultado de esta se tiene lecturas exitosas en toda la ruta, por lo que esta queda establecido con tres puntos de lecturas georreferenciados con coordenadas UTM P2 $x= 725458.687$ $y= 9685086.496$, P3 $x= 725464.697$ $y= 9685385.952$, P4 $x=725407.15$ $y= 9686073.605$ con estos puntos se llega a abarcar todos los medidores de radiofrecuencia en esta ruta, pero dichos puntos se ubican siguiendo la vía ya que son de fácil acceso para la toma de lectura, por tal razón no se encuentran centralizados figura 32.

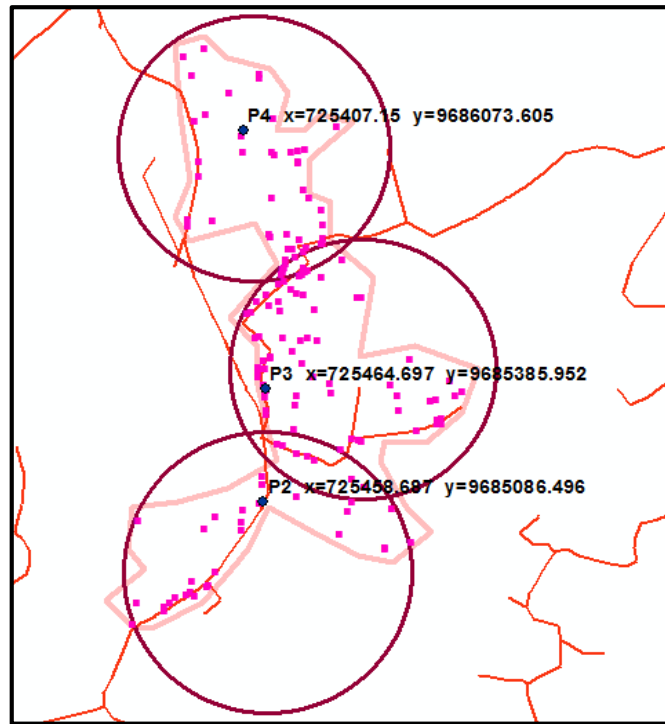


Figura 32. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0507M025

Fuente: Fuente Autores

3.3.3 MRU 0507M007

Esta ruta comprende un área de 0.20km^2 , para realizar las pruebas en esta ruta se ubica un punto central utilizando de igual manera el radio de 700 metros para la zona rural. Se realiza la toma de lectura y se logra cubrir en su totalidad todos los medidores con lectura exitosas en toda esta ruta figura 33.

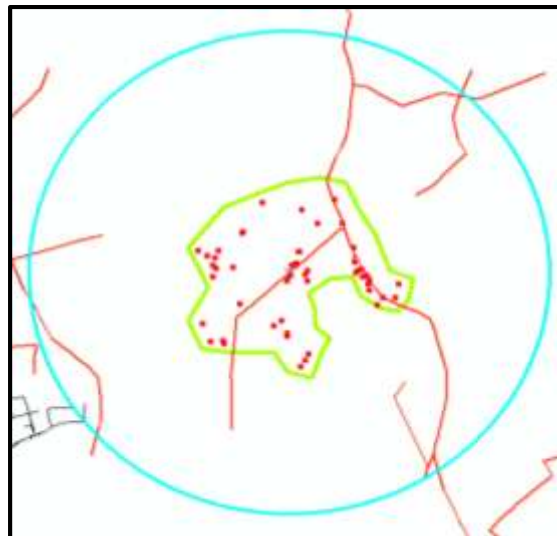


Figura 33. Ruta de lectura MRU 0507M007 en prueba

Fuente: Fuente Autores

El resultado de la prueba fue que con un solo punto de lectura se logró tomar las lecturas de todos los medidores, el radio de esta ruta es de 320 metros, se ubica un punto P5 con coordenadas georreferenciadas UTM $x= 725005.181y= 9686430.562$ siguiendo la vía a Bibin, y desde ese punto igualmente se tiene lecturas exitosas de todos los medidores por lo que no se encuentra ubicado el punto en el centro de la ruta figura 34.

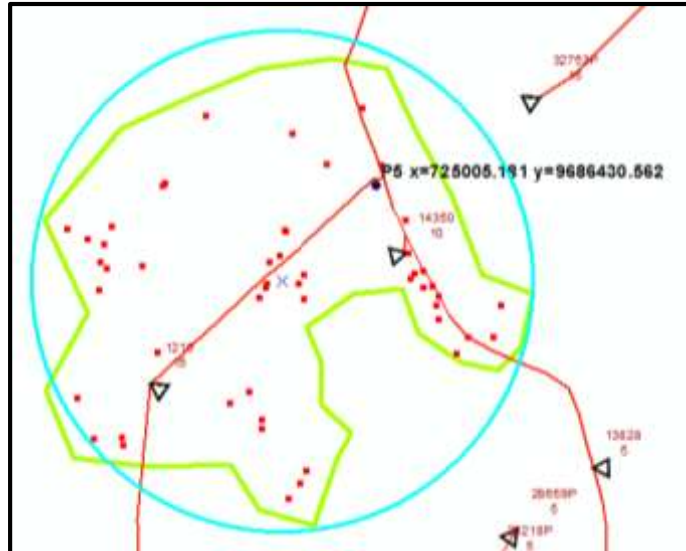


Figura 34. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0507M007

Fuente: Fuente Autores

3.3.4 MRU 0507M008

Área que comprende la ruta de $0.13km^2$. Esta ruta cuenta con 43 clientes y de los cuales todos los medidores son de tipo RF, de igual manera se procede a realizar las pruebas ubicando un punto central de la ruta con un radio de 700 metros para la zona rural, como resultado se logra obtener lecturas exitosas de toda la ruta figura 35.

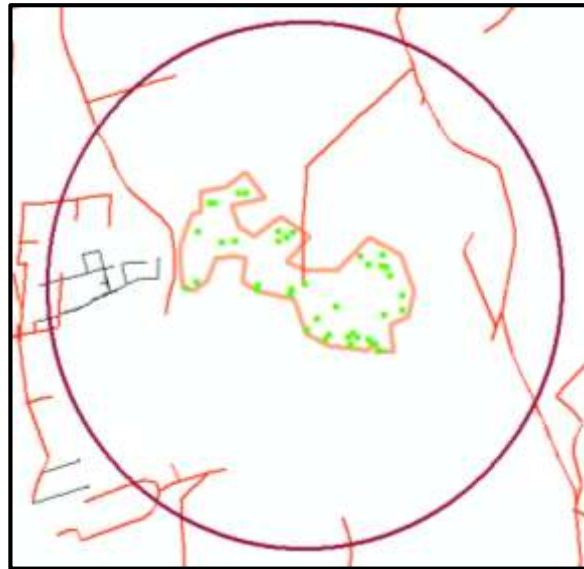


Figura 35. Ruta de lectura MRU 0507M008 en prueba

Fuente: Fuente Autores

Según el resultado se ubica un solo punto P6 con coordenadas UTM $x= 724710.749$ $y= 9685855.31$, la ruta tiene un radio aproximadamente de 320 metros, se tiene una lectura exitosa de todos los medidores de radio frecuencia, el punto se encuentra ubicado en el centro de esta ruta 36.

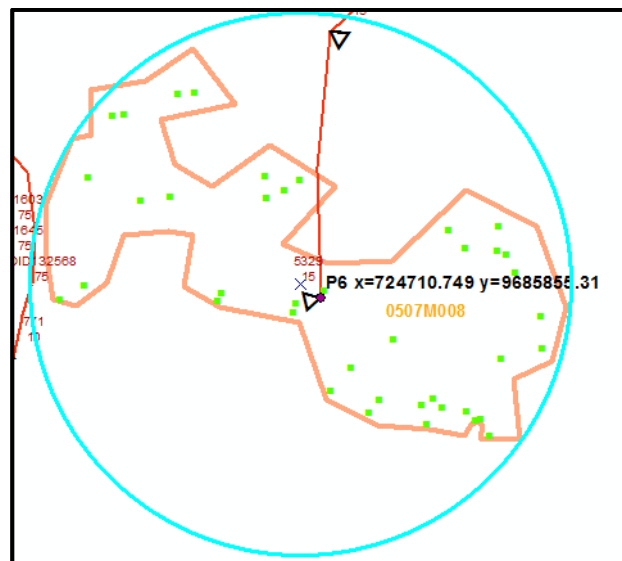


Figura 36. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0507M008

Fuente: Fuente Autores

3.3.5 MRU 0504M046

Esta ruta cuenta con un área de 0.45km^2 , para realizar la prueba en campo de esta ruta se toma el radio de 700 metros para la Zona Rural color morado y el resultado fue que no se consigue tomar la lectura de todos los medidores, según el resultado de esta prueba

realizada fue que solo se obtuvo lecturas exitosas de los medidores que se encontraban dentro de un radio de 350 metros color tomate figura 37.



Figura 37. Ruta de lectura MRU 0504M046 en prueba

Fuente: Fuente Autores

Se realiza una segunda prueba con dos radios de 500 metros cada uno los cuales se encuentran graficadas de color morado, obteniendo como resultado de esta prueba medidores sin alcance para la lectura. Los medidores que sí tuvieron lecturas exitosas se encuentran dentro de un radio de 350 metros de color tomate, los medidores que no tienen alcance de lectura son los puntos de color verde figura 38.

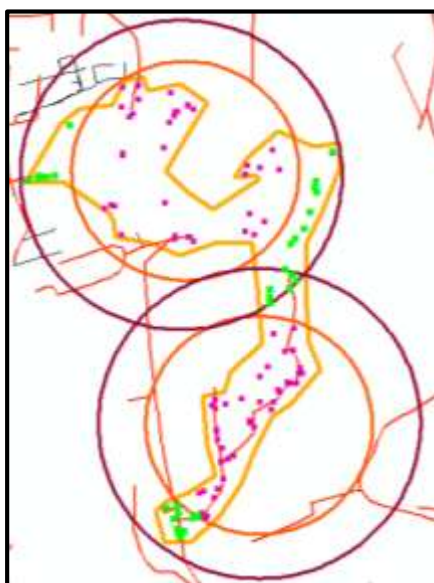


Figura 38. Ruta de lectura MRU 0504M046 en prueba 2

Fuente: Fuente Autores

Para la tercera prueba se realiza con 3 radios de 350 metros cada uno, como resultado de esta prueba se tiene lecturas exitosas en toda la ruta, por lo que se establece tres puntos de lecturas georreferenciados con coordenadas UTM P7 $x= 724831.931$ $y= 9685312.111$, P8 $x= 724678.052$ $y= 9684690.774$, P9 $x= 724416.169$ $y= 9685660.209$ figura 39.

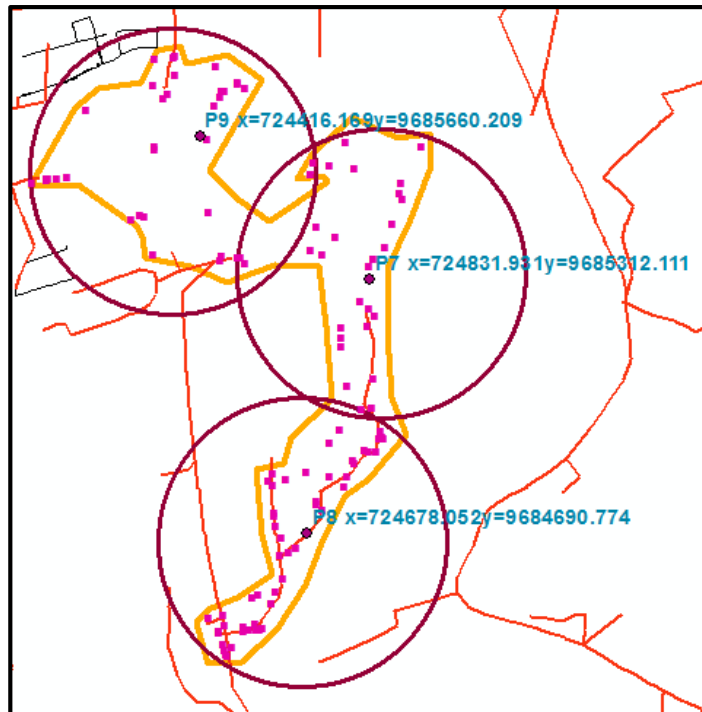


Figura 39. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M046

Fuente: Fuente Autores

3.3.6 MRU 0504M044

El área de esta ruta es de 0.23km^2 , en las pruebas realizadas se pudo observar que un solo punto de 700 metros de radio no se obtiene leer todos los medidores de radio frecuencia, el resultado fue que solo se tiene las lecturas de los medidores de radio frecuencia que se encuentra dentro de 400 metros de radio color azul figura 40.



Figura 40. Ruta de lectura MRU 0504M044 en prueba

Fuente: Fuente Autores

Para la segunda prueba se estableció dos puntos de tomas de lectura con coordenadas UTM P10 $x= 724135.353$ $y= 9685262.478$ y P11 $x= 724411.08$ $y= 9684708.373$ el punto P10 tiene un radio aproximado de 180 metros y el punto P11 con un radio de 400 metros, con estos puntos se llega a abarcar todos los medidores de radiofrecuencia en esta ruta figura 41.

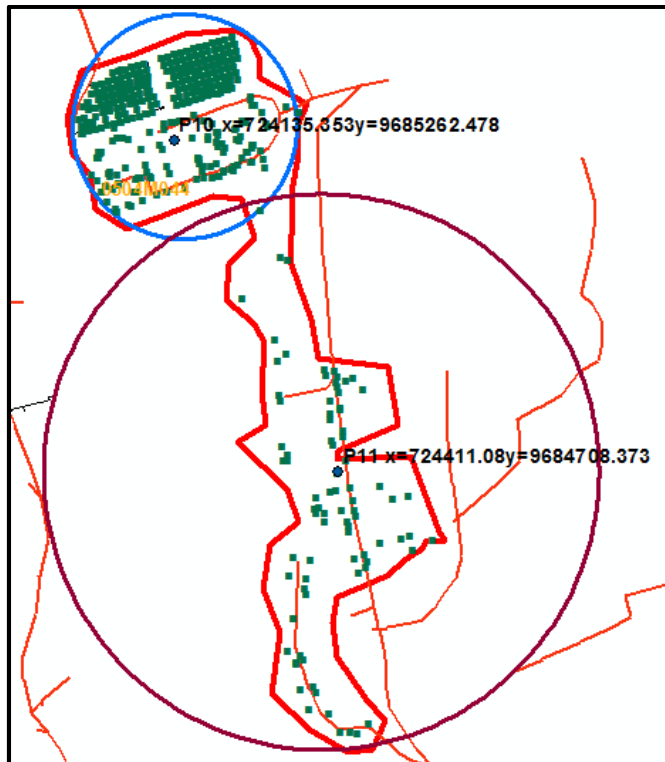


Figura 41. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M044

Fuente: Fuente Autores

3.3.7 MRU 0502M072

Esta ruta abarca toda la urbanización “Los Capulíes” del EMUVI, una zona que cuenta con una alta concentración de viviendas, ocupando un área de 0.062km² para realizar las pruebas se ocupa el radio de 200 metros, el cual es la distancia de alcance en una zona Urbana, el resultado fue satisfactorio se obtuvo lecturas exitosas de toda esta ruta figura 42.

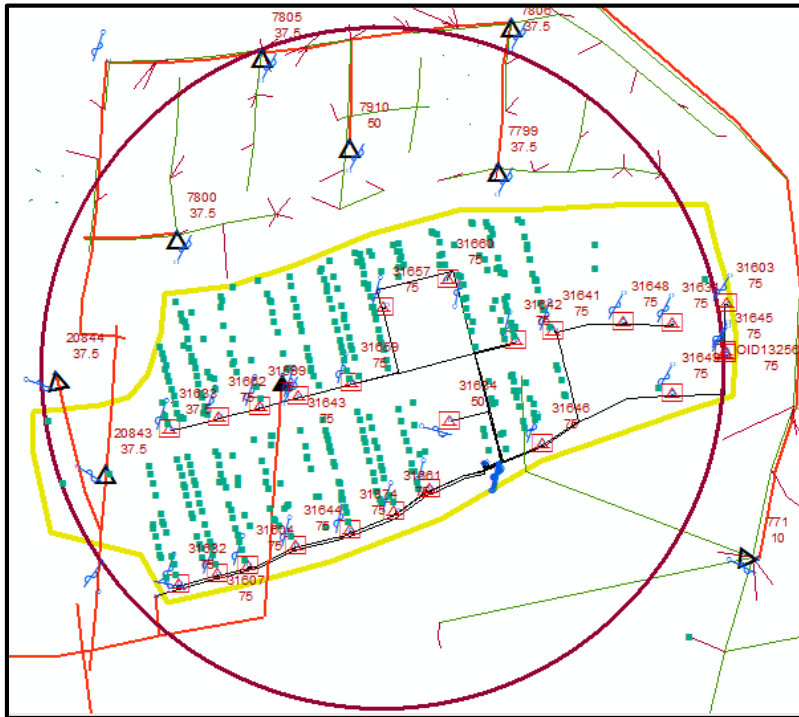


Figura 42. Ruta de lectura MRU 0502M072 en prueba

Fuente: Fuente Autores

En base a estos resultados, se ubica un solo punto central con coordenadas UTM P12 $x= 724111.135$ $y= 9685889.038$, dicho punto se encuentra ubicada en el centro de la ruta y desde ahí se tiene una buena cobertura para leer todos los medidores de radio frecuencia figura 43.

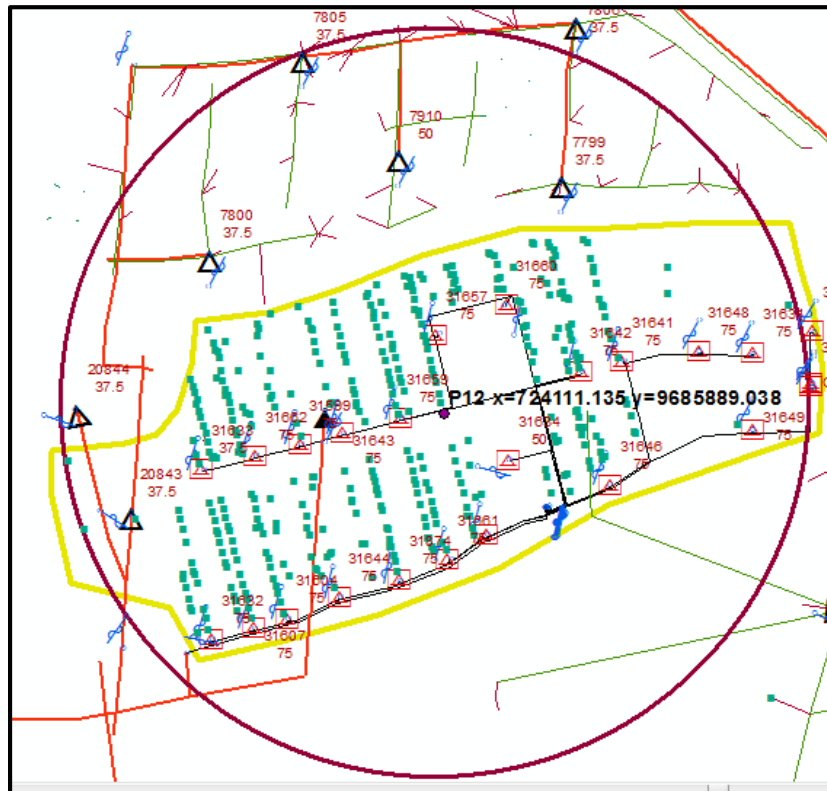


Figura 43. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0502M072

Fuente: Fuente Autores

3.3.8 MRU 0504M025

Área que comprende esta ruta de 0.29km^2 , en la primera prueba realizada se utiliza el radio de 700 metros color morado y se determina que con este radio no se llega obtener la lectura de todos los medidores de esta ruta, los medidores que si tienen alcance de lectura se encuentran dentro de un radio de 350 metros color azul, y los demás medidores de energía sin obtener la lectura son los puntos que se encuentran de color verde figura 44.

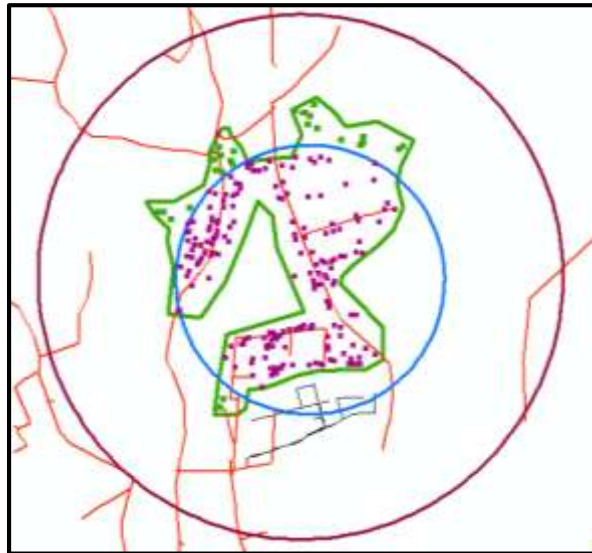


Figura 44. Ruta de lectura MRU 0504M025 en prueba

Fuente: Fuente Autores

La ruta queda establecida en base a la segunda prueba con dos puntos de lectura con radio de 350 metros cada uno y tienen coordenadas UTM P13 $x= 724199.135$ $y= 9686165.899$, P14 $x= 724069.78$ $y= 9686437.018$, de esta manera se obtiene lecturas exitosas en esta ruta figura 45.

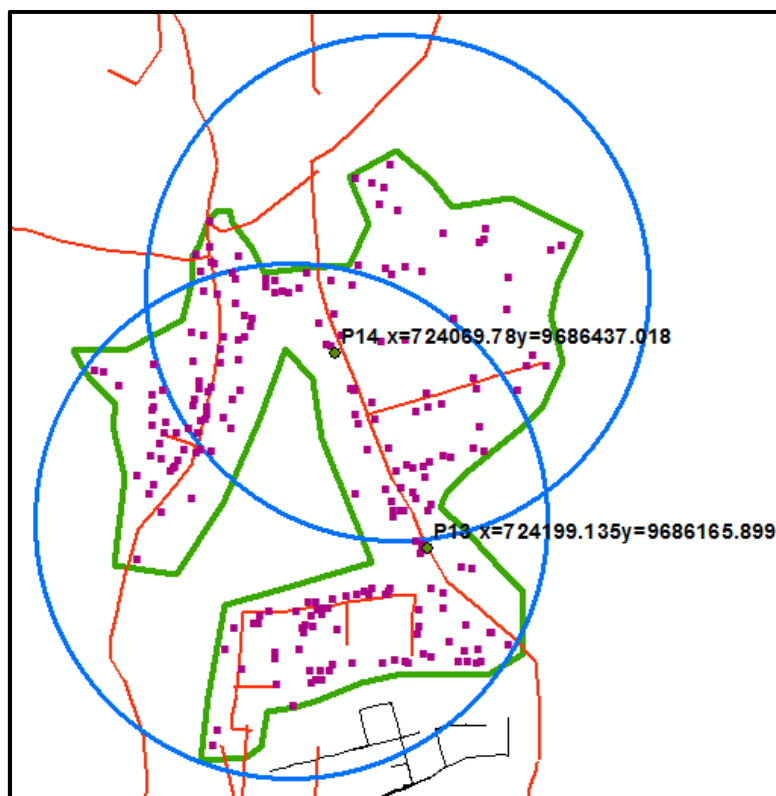


Figura 45. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M025

Fuente: Fuente Autores

3.3.9 MRU 0504M026

Área que comprende esta ruta de 0.31km^2 . en la primera prueba realizada con radio de 700 metros distancia de alcance en área rural color morado, se determina que con este radio no se llega obtener la lectura de todos los medidores de esta ruta, los medidores que si tienen alcance de lectura se encuentran dentro de un radio de 380 metros color azul, quedando medidores sin leer los que se encuentran fuera del círculo de color verde figura 46.

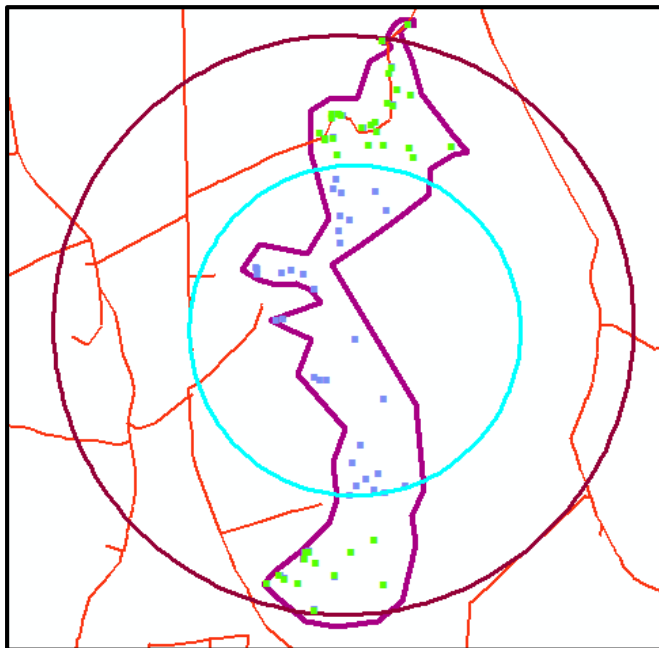


Figura 46. Ruta de lectura MRU 0504M026 en prueba

Fuente: Fuente Autores

La ruta queda establecida en base a la segunda prueba con dos puntos de lectura con radio aproximado de 375 metros cada uno y tienen coordenadas UTM P15 $x= 724449.194$ $y= 9686442.574$, P16 $x= 724449.855$ $y= 9687327.673$ de esta manera se obtiene lecturas exitosas en esta ruta figura 47.

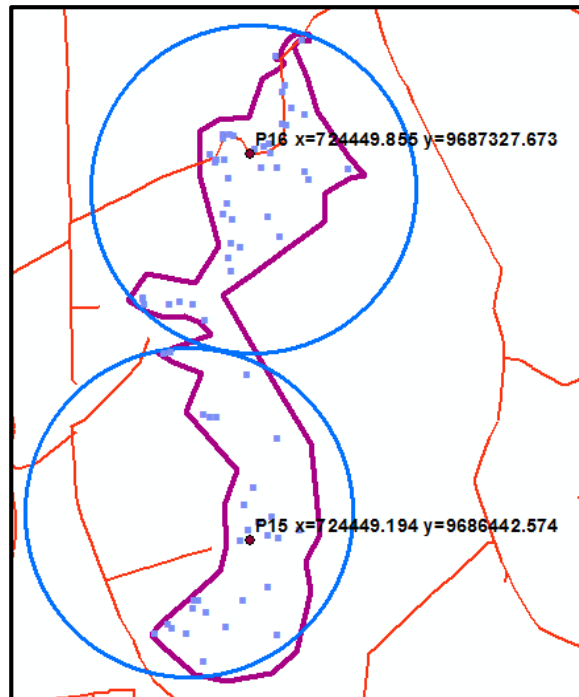


Figura 47. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M026

Fuente: Fuente Autores

3.3.10 MRU 0507M003

Esta ruta comprende un área de 0.3098km^2 , la primera prueba se realiza con el radio de 700 metros color morado y se procede a realizar la toma de lectura y el resultado es que se obtiene las lecturas exitosas de todos los medidores de esta ruta, ya que el radio de esta ruta es de 400 metros color azul figura 48.

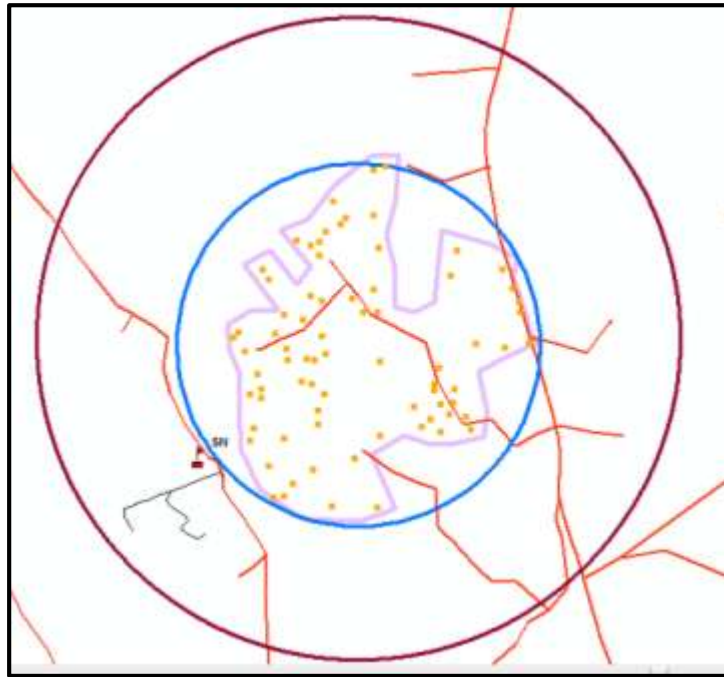


Figura 48. Ruta de lectura MRU 0507M003 en prueba

Fuente: Fuente Autores

En base a los resultados se ubica un solo punto central P17 con coordenadas UTM $x=724375.97$ $y=9688231.36$, con radio de 400 metros para cubrir toda esta ruta figura 49.

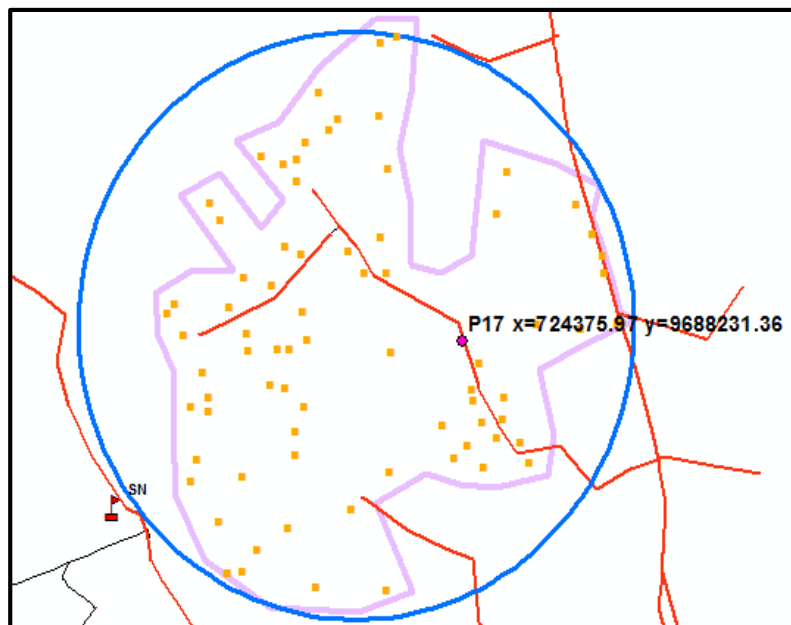


Figura 49. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0507M003

Fuente: Fuente Autores

3.3.11 MRU 0504M027

El área de esta ruta es de 0.33km^2 . La primera prueba se realiza con el radio de 700 metros color morado y se procede a realizar la toma de lectura y el resultado es que se obtiene las lecturas exitosas de todos los medidores de radio frecuencia de esta ruta, figura 50.

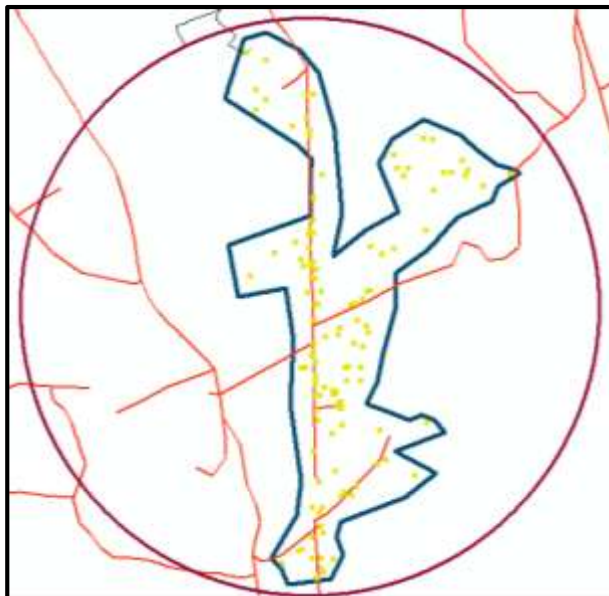


Figura 50. Ruta de lectura MRU 0504M027 en prueba

Fuente: Fuente Autores

En base a los resultados se ubica un solo punto central con radio de 650 metros P18 con coordenadas UTM $x=724032.075$ $y=9687171.788$, figura 51.

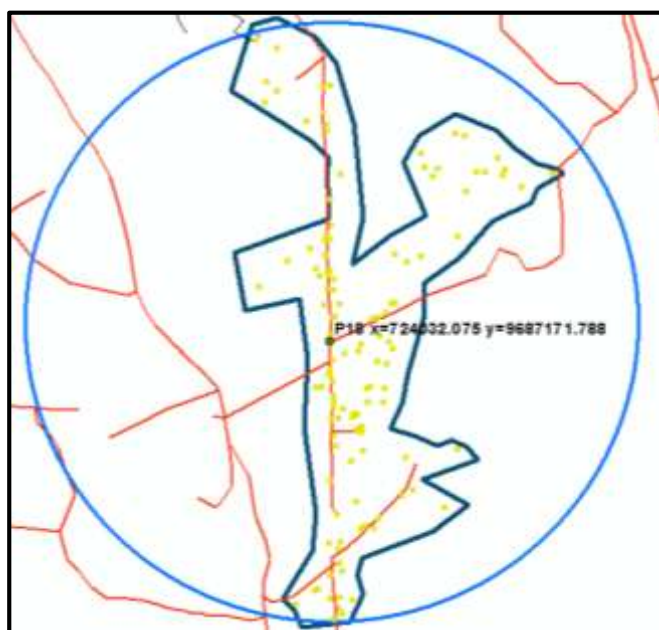


Figura 51. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M027

Fuente: Fuente Autores

3.3.12 MRU 0504M023

Esta ruta tiene un área de 0.26km^2 . Se trazó un punto central en la ruta para realizar la primera prueba con radio de 700 metros de distancia de alcance en área Rural se muestra de color morado, y se procede a realizar la toma de lectura el cual se pudo constatar que no se tiene lecturas exitosa de todos los medidores de esta ruta, ya que es extensa y cuenta con obstáculos a distinto nivel, los medidores leídos se encuentran dentro de un radio de 350 metros color azul y los medidores sin leer están marcados fuera del círculo de color verde figura 52.

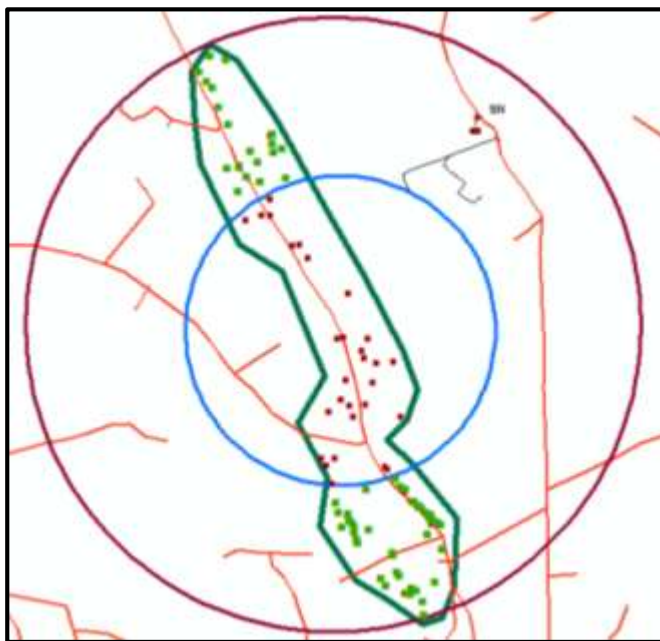


Figura 52. Ruta de lectura MRU 0504M023 en prueba

Fuente: Fuente Autores

Según la segunda prueba realizada la ruta queda establecida con dos puntos de lectura con radio aproximado de 350 metros cada uno y tienen coordenadas UTM P19 $x=723381.406$ $y=9678808.39$ y P20 $x=723719.468$ $y=9687144.827$, lo cual se llegó a tener lecturas exitosas de todos los medidores de energía eléctrica figura 53.

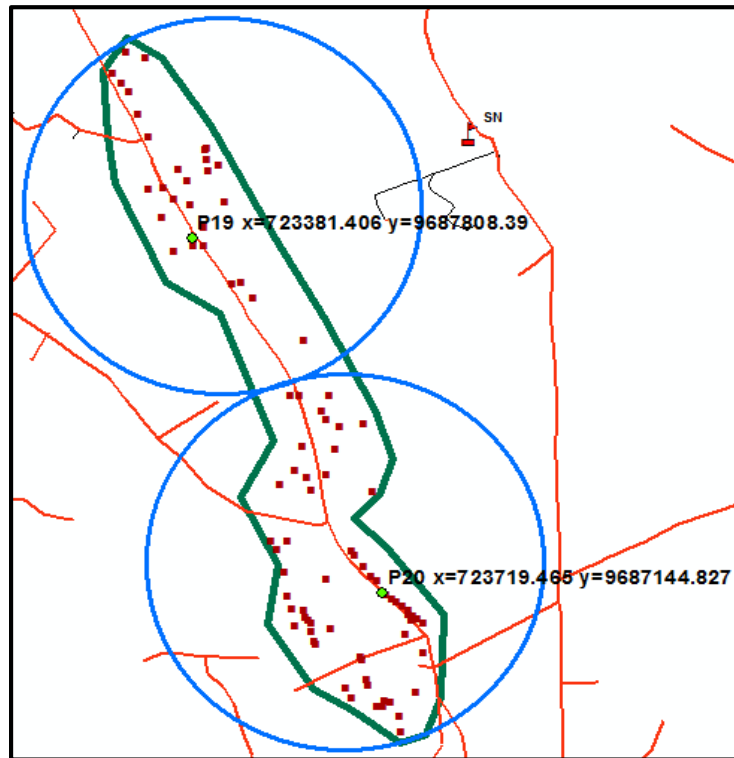


Figura 53. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M023

Fuente: Fuente Autores

3.3.13 MRU 0504M024

Esta ruta tiene un área de 0.27km^2 La primera prueba se realiza con el radio de 700 metros trazada con color morado y se procede a realizar la toma de lectura y el resultado es exitoso obteniendo lecturas de todos los medidores de radio frecuencia de esta ruta, figura 54.

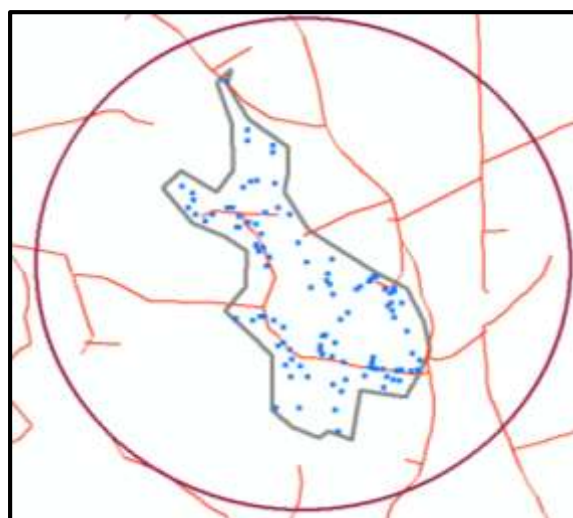


Figura 54. Ruta de lectura MRU 0504M024 en prueba

Fuente: Fuente Autores

En base a los resultados se ubica un solo punto central con radio de 525 metros aproximadamente el punto P21 con coordenadas UTM P21 $x=723584.474$ $y=9686827.22$ como se puede observar en la figura 55.

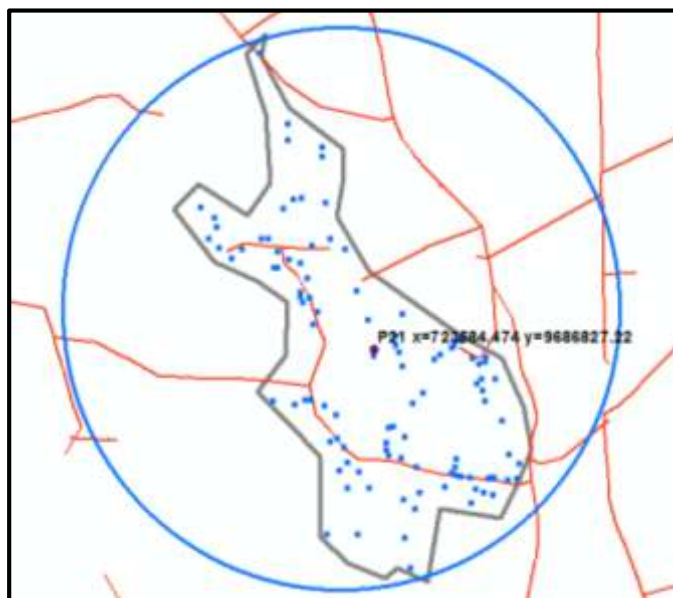


Figura 55. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M024

Fuente: Fuente Autores

3.3.14 MRU 0504M042

El área de esta ruta es de 0.34km^2 , se trazó un punto central en la ruta para realizar la primera prueba con radio de 700 metros de distancia de alcance en área Rural se muestra de color morado, y se procede a realizar la toma de lectura el cual se pudo constatar que no se tiene lecturas exitosa de todos los medidores de esta ruta, ya que es extensa y cuenta con obstáculos a distinto nivel, los medidores leídos se encuentran dentro de un radio de 350 metros color azul y los medidores sin leer están marcados fuera del círculo de color verde figura 56.

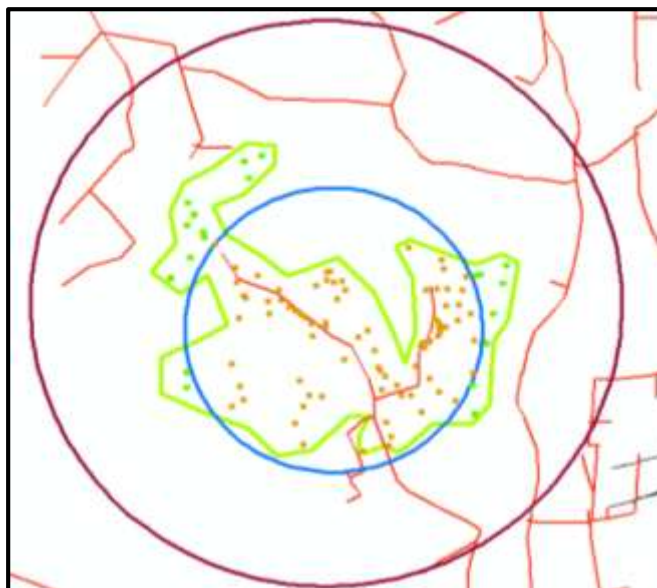


Figura 56. Ruta de lectura MRU 0504M042 en prueba

Fuente: Fuente Autores

Según la segunda prueba realizada la ruta queda establecida con dos puntos de lectura con radio aproximado de 350 metros cada uno y tienen coordenadas UTM P22 $x=723113.416$ $y=9686229.686$ y P23 $x=723489.482$ $y=9686042.255$ georreferenciados, con un radio de 350 metros de cada punto, lo cual se llegó a tener lecturas exitosas de todos los medidores de energía eléctrica figura 57.

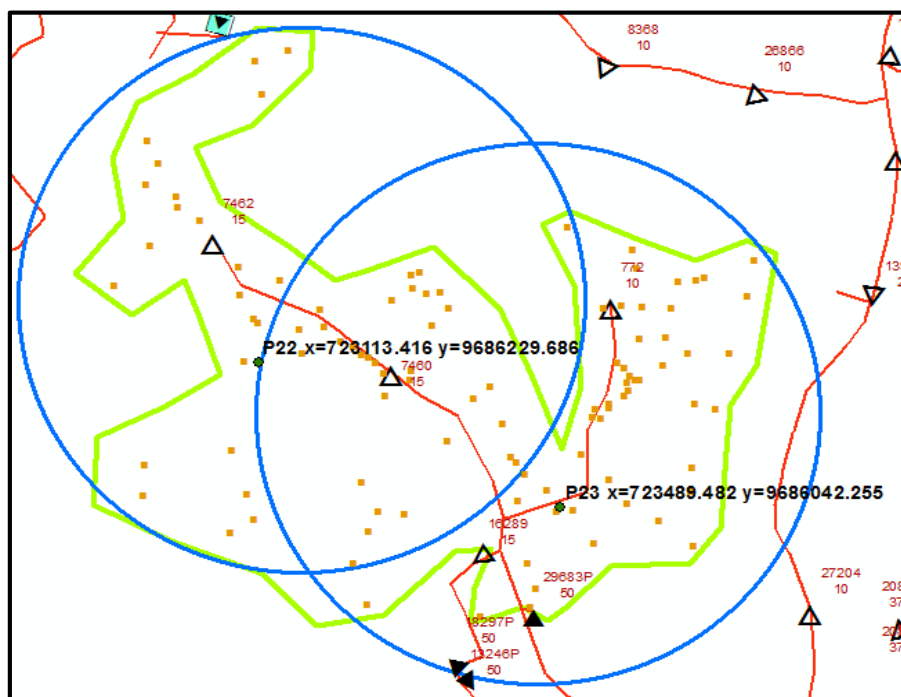


Figura 57. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M042

Fuente: Fuente Autores

3.3.15 MRU 0504M043

El área de esta ruta es de 0.30km^2 , se trazó un punto central en la ruta para realizar la primera prueba con radio de 700 metros de distancia de alcance en área Rural se muestra de color morado, y se procede a realizar la toma de lectura el cual se pudo constatar que no se tiene lecturas exitosa de todos los medidores de esta ruta, ya que es extensa y cuenta con obstáculos a distinto nivel, los medidores leídos se encuentran dentro de un radio de 350 metros color azul y los medidores sin leer están marcados fuera del círculo de color verde figura 58.



Figura 58. Ruta de lectura MRU 0504M043 en prueba

Fuente: Fuente Autores

Según la segunda prueba realizada la ruta queda establecida con dos puntos de lectura con radio aproximado de 350 metros cada uno y tienen coordenadas UTM P24 $x= 723643.946$ $y= 9685734.359$, P25 $x= 723635.321$ $y= 9685224.757$ georreferenciados, con radio de 350 metros cada punto, lo cual se llegó a tener lecturas exitosas de todos los medidores de energía eléctrica figura 59.

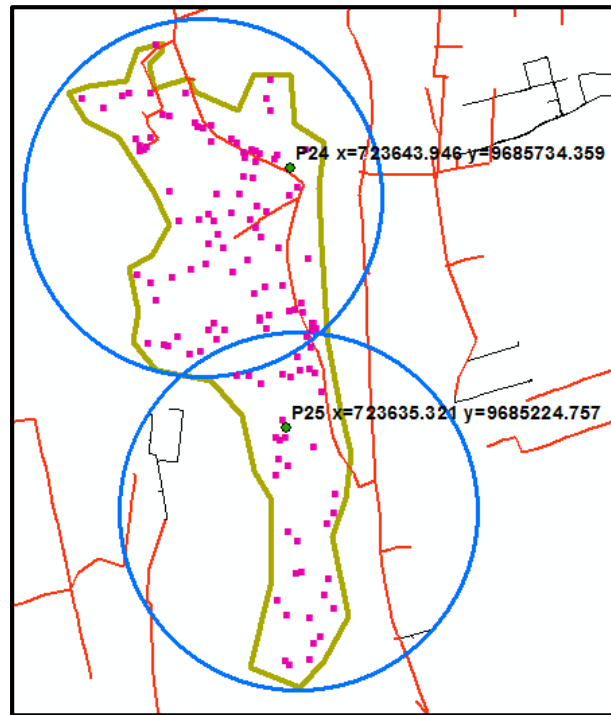


Figura 59. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M043

Fuente: Fuente Autores

3.3.16 MRU 0504M028

Una ruta extensa de longitud que abarca un área de 0.31 km para realizar la prueba en campo de esta ruta se toma el radio de 700 metros para la Zona Rural color morado y el resultado fue que no se consigue tomar la lectura de todos los medidores, según el resultado de esta prueba realizada fue que solo se obtuvo lecturas exitosas de los medidores que se encontraban dentro de un radio de 350 metros color azul figura 60.

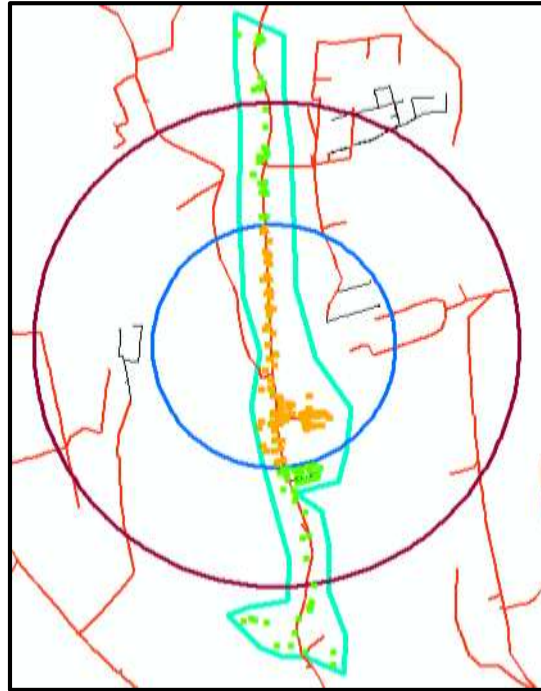


Figura 60. Ruta de lectura MRU 0504M028 en prueba

Fuente: Fuente Autores

Se realiza una segunda prueba con dos radios de 350 metros cada uno los cuales se encuentran graficadas de color azul, obteniendo como resultado de esta prueba medidores sin alcance para la lectura. Los medidores que sí tuvieron lecturas exitosas se encuentran dentro de un radio trazado, los medidores que no tienen alcance de lectura son los puntos de color verde figura 59.

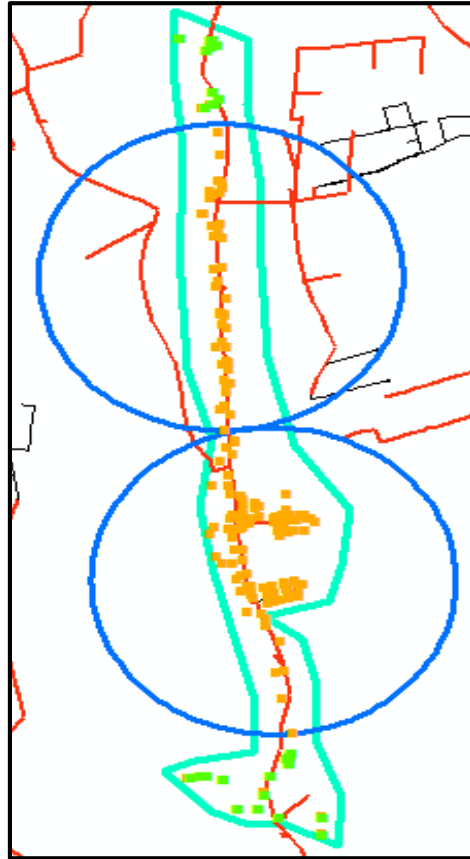


Figura 61. Ruta de lectura MRU 0504M028 en prueba 2

Fuente: Fuente Autores

Para la tercera prueba se realiza con 3 radios de 350 metros cada uno, como resultado de esta prueba se tiene lecturas exitosas en toda la ruta, por lo que queda establecida esta ruta con tres puntos de lecturas georreferenciados con coordenadas UTM P26 $x= 723796.505$ $y= 9685776.123$, P27 $x= 723809.425$ $y= 9685186.293$, P28 $x= 723917.129$ $y= 9684564.647$ figura 62.

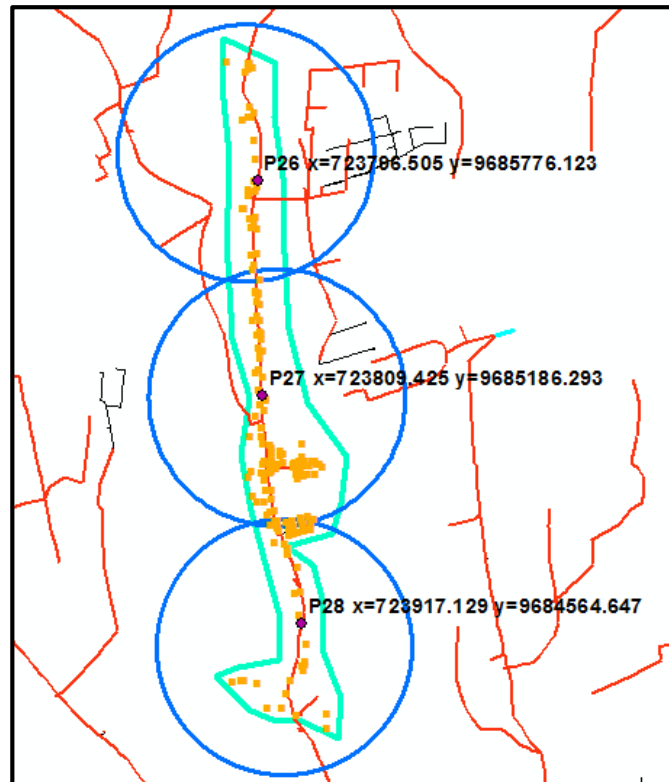


Figura 62. Puntos de geo ubicación óptimo de la ruta de lectura MRU 0504M028

Fuente: Fuente Autores

Una vez realizada las pruebas de campo se analizó varias alternativas de toma de lectura se optimizando el recorrido de los lectores, se establecen varios puntos de lectura donde se tomarán las lecturas de los medidores de radiofrecuencia los cuales se resumen a continuación las ubicaciones georreferenciadas y el número de puntos de lectura por ruta en la tabla 13.

Tabla 13 Resumen de las rutas de lecturas con los puntos optimizados

Fuente: Fuente Autores

Ruta MRU	Coordenadas UTM	Puntos de Lectura	Distancia de Radio	Zona
0502M006	P1 x= 725485.278 y= 9684343.339	1	450	Rural
0507M025	P2 x= 725458.687 y= 9685086.496	3	350	Rural
	P3 x= 725464.697 y= 9685385.952			
	P4 x=725407.15 y= 9686073.605			
0507M007	P5 x= 725005.181y= 9686430.562	1	350	Rural
0507M008	P6 x= 724710.749 y= 9685855.31	1	350	Rural
0504M046	P7 x= 724831.931 y= 9685312.111	3	350	Rural
	P8 x= 724678.052 y= 9684690.774			
	P9 x= 724416.169 y= 9685660.209			
0504M044	P10 x= 724135.353 y= 9685262.478	2	200	Urbana
	P11 x= 724411.08 y= 9684708.373		400	Rural
0502M072	P12 x= 724111.135 y= 9685889.038	1	200	Urbana
0504M025	P13 x= 724199.135 y= 9686165.899	2	350	Rural
	P14 x= 724069.78 y= 9686437.018			
0504M026	P15 x= 724449.194 y= 9686442.574	2	375	Rural
	P16 x= 724449.855 y= 9687327.673			
0507M003	P17 x= 724375.97 y= 9688231.36	1	400	Rural
0504M027	P18 x= 724032.075 y= 9687171.788	1	650	Rural
0504M023	P19 x= 723381.406 y= 9678808.39	2	350	Rural
	P20 x= 723719.468 y= 9687144.827			
0504M024	P21 x=723584.474 y= 9686827.22	1	525	Rural
0504M042	P22 x= 723113.416 y= 9686229.686	2	350	Rural
	P23 x= 723489.482 y= 9686042.255			
0504M043	P24 x= 723643.946 y= 9685734.359	2	350	Rural
	P25 x= 723635.321 y= 9685224.757			
0504M028	P26 x= 723796.505 y= 9685776.123	3	350	Rural
	P27 x= 723809.425 y= 9685186.293			
	P28 x= 723917.129 y= 9684564.647			

CAPITULO 4

ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Problemas en la toma de lecturas condiciones demográfica

La falla en la lectura de los medidores RF puede darse por pérdida del enlace de radio frecuencia debido a obstáculos, ya que no siempre se puede tener una línea de vista directa. Para poder entender como suceden las pérdidas por obstáculos, se utiliza la llamada zona de Fresnel. La Zona de Fresnel es el área en donde se difunde una onda luego de ser emitida por una antena. Mientras menos obstáculos haya en esta área, mejor será transmitida la onda. En los sistemas inalámbricos que se manejan en la frecuencia de 2.4 GHz, la zona Fresnel es muy importante, pues debe mantenerse limpia de obstáculos que detengan la señal. Por ejemplo, la vegetación la lluvia y la humedad, los árboles con hojas suelen detener mucho más estas señales que las paredes por su alto contenido de agua, mientras que los árboles secos son más transparentes que las paredes (Tomasi, 2003).

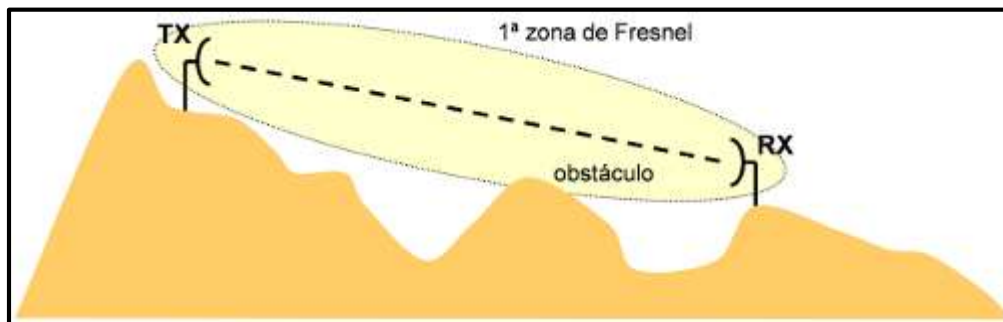


Figura 63. Zona de Fresnel (Tomasi, 2003).

Usando esta definición se puede deducir una de las probables causas de las fallas en las lecturas de los medidores RF, debidos a fenómenos de propagación los cuales son (Tomasi, 2003):

- Atenuación
- Absorción
- Refracción
- Reflexión
- Difracción
- Interferencia

4.2 Mapas de Perfil del terreno

El perfil de las rutas obtenidas nos ayudara entender y visualizar mejor si existe línea de vista directa, o puntos donde obstruyen el radio enlace a los medidores de energía eléctrica.

Se puede deducir una de las probables causas de las fallas en las lecturas de los medidores RF, siendo la pérdida de cobertura la más importante, con la ayuda del Google Earth se va modelar el perfil de la ruta del perfil del terreno de la zona de estudio y estimar las posibles pendientes y los lugares en los cuales se pierde línea de vista. El resultado obtenido del perfil de elevación de la zona de Ochoa León se muestra en la figura 64.

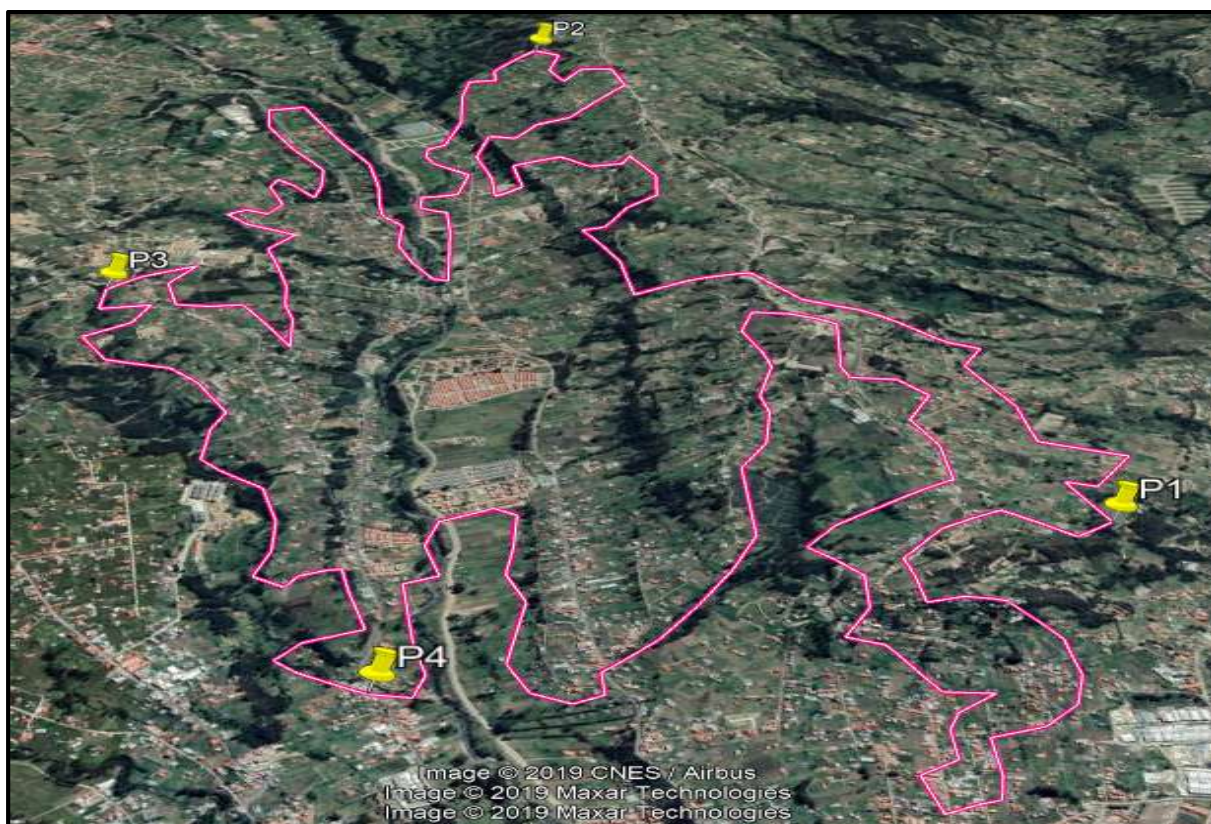


Figura 64. Perfil de elevación de la zona de estudio

Fuente: Fuente Autores

De la figura 64 se obtiene una altitud máxima de 2782 metros y una mínima de 2530 metros, la diferencia de elevación es de 252 m en el perímetro de longitud de la zona de estudio es de 29 Km, el margen de error de estas medidas es de un 7.5%.

En esta zona de estudio se pudo realizar una evaluación visual de zonas homogéneas de alta densidad de vegetación, y diferencias de elevación lo cual tiene sentido con el perfil de elevación observado en campo Fig. 65 y 66, esta sería una de las razones por las cuales se pierde la línea de vista directa con los medidores RF al momento de tomar la lectura. Basado en esta información se propone usar un radio para la comunicación mediante radio frecuencia entre el medidor y el modem de una distancia de 350m a 400m para zonas extensas con baja densidad de clientes y que se encuentren dispersos.

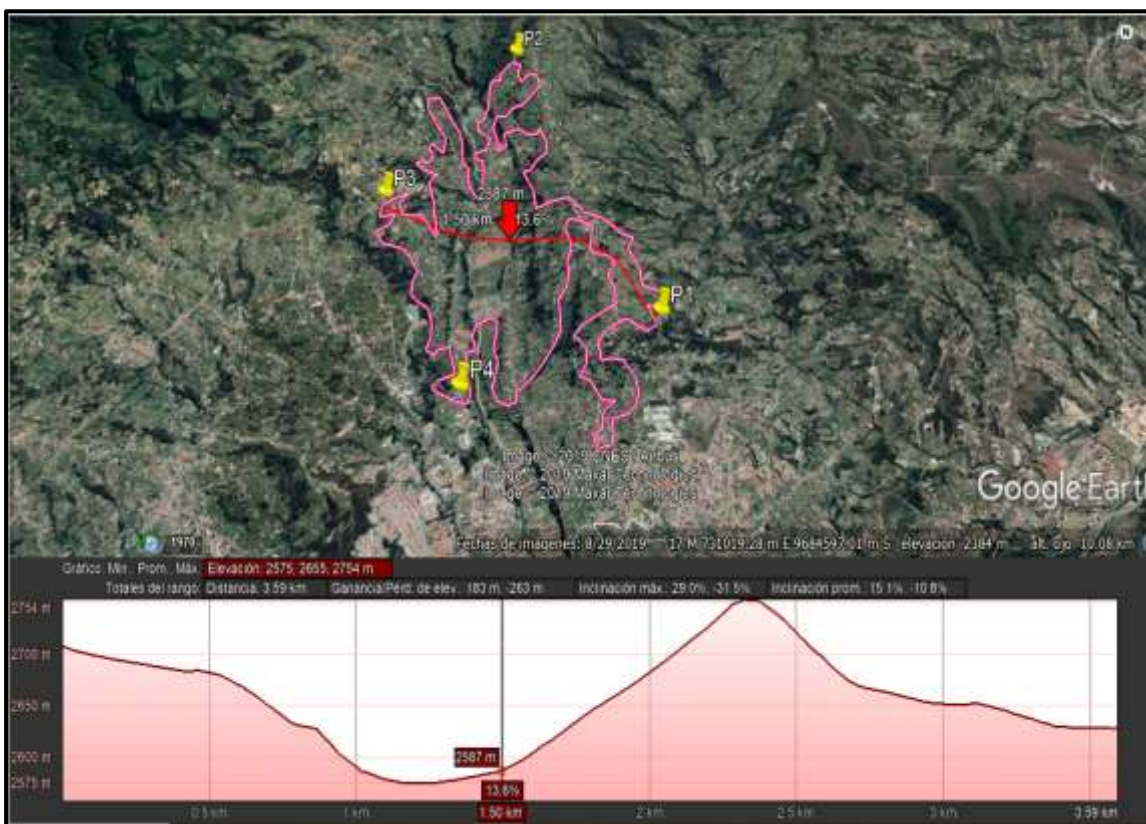


Figura 65. Punto de elevación este - oeste

Fuente: Fuente Autores

Se tiene una altitud máxima de 2754m y una mínima de 2575m, la diferencia de elevación es de 183m de una longitud tomada de una distancia de 3.59 Km en la dirección este a oeste, con un margen de error de 15%.

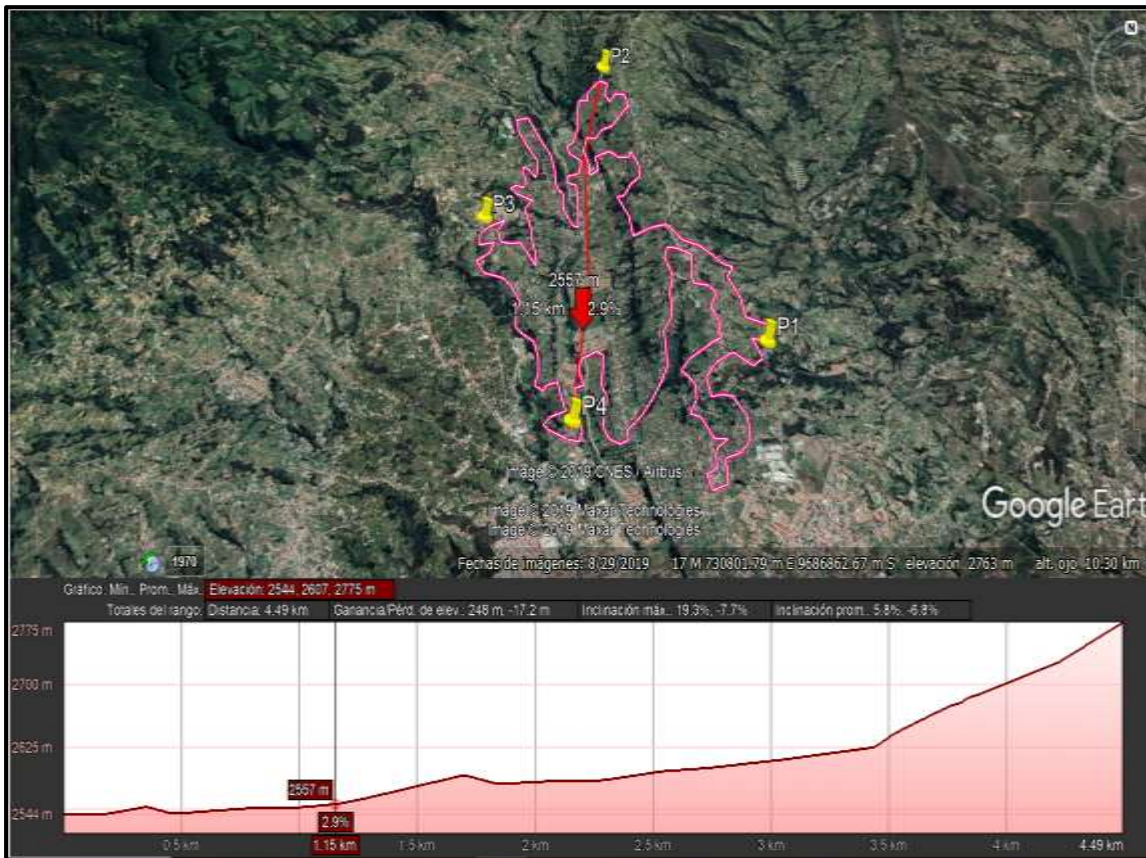


Figura 66. Punto de elevación norte - sur

Fuente: Fuente Autores

Se tiene una altitud máxima de 2775m y una mínima de 2544m, la diferencia de elevación es de 248m de una longitud tomada de una distancia de 4.49 Km en la dirección norte a sur, con un margen de error de 5.8%.

Tomando como referencia la experiencia en campo y la teoría, se propone usar radios de cobertura de 150 a 200m para lugares con alta densidad poblacional, debido a la existencia de interferencia por las paredes, esto aplicaría especialmente para urbanizaciones en donde existen viviendas una a lado de otra y el número de paredes es significativo, por lo que esto disminuye el nivel de propagación de las ondas de radiofrecuencia.

En la tabla 14 se muestra un resumen de los nuevos radios propuestos para nuevas pruebas de lectura.

Tabla 14. Radios de Cobertura según la zona

Fuente: Fuente Autores

Radio de cobertura	Tipo de Zona	Descripción
150-175	Zonas con alta densidad poblacional	Las ondas de radiofrecuencia se atenúan por la presencia de paredes o vegetación, aplica para zonas urbanas
350-400	Zonas extensas y de baja densidad poblacional	Se pierde línea de vista por la vegetación o elevación del terreno, aplica para zonas rurales.

4.3 Tiempo de toma de lectura sistema convencional vs radio frecuencia

4.3.1 Sistema convencional

El sistema convencional con la que actualmente trabaja la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A para la recolección de las lecturas de los medidores de energía eléctrica, donde cada medidor es identificado con un código del cliente y con un código geográfico de ubicación para facilitar localizar y optimizar el recorrido del lector. La recolección de lecturas periódicas se planifica con base a un calendario de fechas de tomas de lectura hasta la facturación en días laborables.

Las rutas de lecturas MRU se entrega a los contratistas de tomas de lectura dos días antes del día establecido de tomas de lectura planificado con la finalidad de que el contratista pueda entregar el insumo dentro del tiempo establecido en el calendario.

Una vez que las rutas se le fueron asignadas y se cuenta con la orden de lectura (ODL) se realiza la toma de lectura por parte del contratista o lectores de la empresa distribuidora trasladándose al lugar donde se empieza tomando la lectura desde un punto inicial hasta su culminación. El tiempo que se demora el personal en recorrer cada una de las rutas se describe a continuación en la tabla 15.

Tabla 15. Tiempo de toma de lectura con el sistema convencional

Fuente: Fuente Autores

MRU	HORA INICIO	HORA FINAL	HORA TOTAL	TOTAL MEDIDORES
0502M006	10:48:44	14:17:42	3:28:58	169
0502M072	9:05:04	15:16:46	6:11:42	404
0504M023	7:20:45	12:00:39	4:39:54	104
0504M024	9:22:32	12:10:33	2:48:01	114
0504M025	8:05:40	14:35:26	6:29:46	289
0504M026	9:01:12	11:57:54	2:56:42	72
0504M027	8:08:46	15:13:03	7:04:17	178
0504M028	7:15:27	11:50:19	4:34:52	244
0504M042	8:12:34	11:39:19	3:26:45	108
0504M043	11:09:03	14:52:09	3:43:06	144
0504M044	8:37:03	15:33:10	6:56:07	536
0504M046	12:07:47	16:01:09	3:53:22	127
0507M003	10:08:04	12:02:07	1:54:03	83
0507M007	8:23:19	12:17:07	3:53:48	52
0507M008	8:51:14	13:12:34	4:21:20	43
0507M025	12:51:43	18:58:19	6:06:36	178
TOTAL			72:29:19	

4.3.2 Radio frecuencia

Para determinar el tiempo en tomar la lectura de las rutas optimizadas se trasladó a cada uno de los puntos georreferenciados desde P1 hasta el punto P28 y se procede a tomar la lectura con el sistema de radio frecuencia y se determina que el tiempo promedio de toma de lectura por ruta es aproximado de 30 minutos, obviamente esto depende de la cantidad de medidores que existen en cada uno de las rutas, los tiempos que se demora en tomar las lecturas se describe en la tabla 16, estas pruebas se realizaron con dos escenarios considerando que el lector se traslada con vehículo y sin vehículo.

Tabla 16. Tiempos de toma de lecturas con el sistema de radio frecuencia

Fuente: Fuente Autores

RUTA MRU	TIEMPO(Minutos)		
	Toma de lectura en los puntos georreferenciados de cada ruta	Toma de lectura en los puntos georreferenciados de cada ruta con recorrido en vehículo	Toma de lectura en los puntos georreferenciados de cada ruta con recorrido sin vehículo
0502M006	0:18:00	0:18:00	0:18:00
0507M025	0:37:00	0:56:00	1:08:00
0507M007	0:07:00	0:10:00	0:16:00
0507M008	0:06:00	0:10:00	0:28:00
0504M046	0:31:00	0:41:00	0:53:00
0504M044	0:38:00	0:44:00	1:04:00
0502M072	0:24:00	0:27:00	0:30:00
0504M025	0:27:00	0:30:00	0:32:00
0504M027	0:32:00	0:40:00	0:53:00
0504M026	0:23:00	0:34:00	0:56:00
0507M003	0:12:00	0:17:00	0:27:00
0504M023	0:37:00	0:39:00	0:45:00
0504M024	0:15:00	0:20:00	0:38:00
0504M042	0:17:00	0:25:00	1:15:00
0504M043	0:20:00	0:24:00	0:36:00
0504M028	0:37:00	0:40:00	1:02:00
TOTAL	6:21:00h	7:55:00h	11:41:00h

El tiempo total para la toma de lecturas de medidores con radio frecuencia en las 16 rutas que pertenecen al área de estudio, en las pruebas realizadas que se describen en el Capítulo 3, se establece que sin transporte es de 11:41:00 horas y con transporte 7:55:00 horas.

Se plantea como hipótesis que se necesitaría 1 persona para la toma de lecturas de las 16 rutas estudiadas.

4.3.3 Comparación entre los tiempos del sistema convencional y radio frecuencia

En la figura 67 se puede observar la diferencia de tiempo entre el sistema convencional barra de color azul, sistema con radio frecuencia con vehículo barra de color amarillo y sistema con radio frecuencia sin vehículo barra de color plomo.

Por las diferentes pruebas realizadas con el sistema convencional existe un ahorro de tiempo de 64:16:00 horas con relación al sistema de medición con radio frecuencia utilizado vehículo para movilizarse desde el punto 1 al punto 28.

El ahorro de tiempo en comparación al sistema convencional es de 60:30:00 horas utilizando el sistema de medición de radio frecuencia sin utilizar transporte desde el punto 1 al punto al 28.

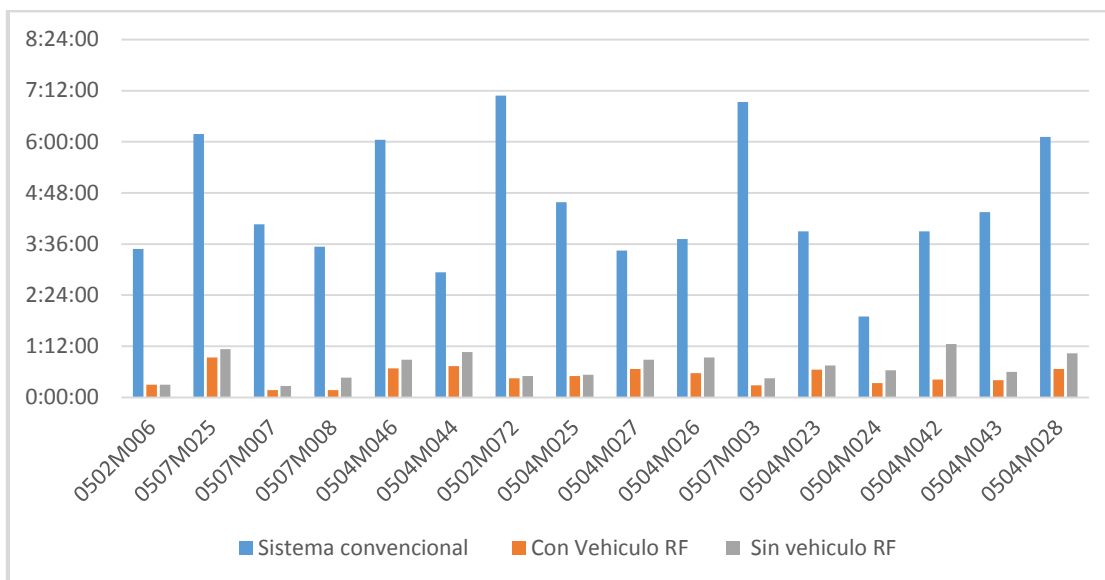


Figura 67. Comparación sobre diferentes sistemas de toma de lecturas

Fuente: Fuente Autores

4.4 Análisis económico

Para evaluar proyectos donde se requiere realizar grandes inversiones de dinero existen varios métodos financieros que nos permiten conocer si este es o no rentable y cuan rentable puede resultar. Dicho esto, se puede utilizar dos métodos que nos permiten realizar una evaluación del proyecto, los cuales se describe a continuación:

4.4.1 VAN (Valor Actual Neto)

El valor actual neto es un indicador financiero que mide los flujos del ingreso y egresos futuros que tendrá un proyecto para determinar si luego de descontar la inversión inicial queda una ganancia, por lo que al encontrar el VAN en un proyecto de inversión se puede asegurar si dicho proyecto es factible o no (Idrovo Coronel & Reinoso Torres, 2012).

$$\text{La fórmula que nos permite calcular es: } VAN = \sum_{n=0}^N \frac{I_n - E_n}{(1+i)^n} \quad (1)$$

I_n = Representa los ingresos

E_n = Representa los egresos

N = Número de periodos de vida útil del proyecto

i = Tipo de interes, cuando $VAN = 0$, i pasa a llamarse TIR

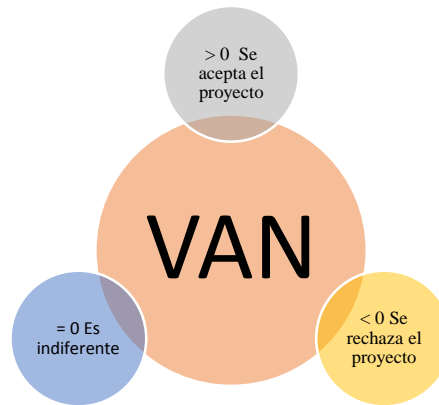


Figura 68 Regla de decisión del VAN

Fuente: Fuente Autores

4.4.2 TIR (Tasa Interna de Retorno)

La tasa interna de retorno mide la rentabilidad promedio por periodo del proyecto, considerando los fondos que permanecen invertidos en el proyecto.

La tasa interna de retorno (TIR) es el tipo de descuento que hace = 0 el VAN (Idrovo Coronel & Reinoso Torres, 2012):

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{(1+TIR)^i} \quad (2)$$

Donde: Q_i es el flujo de caja en el periodo i

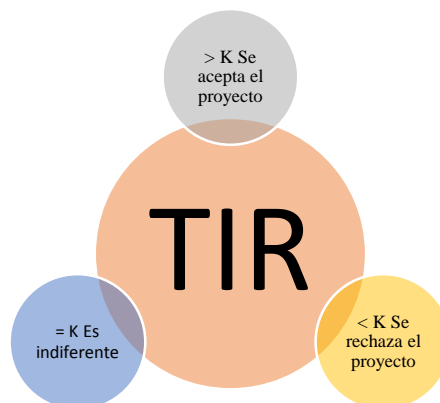


Figura 69 Regla de decisión del TIR

Fuente: Fuente Autores

4.4.3 Costos asociados a la toma de lectura convencional

La Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. factura mensualmente a los contratistas por la recolección de lectura de los medidores de energía de todas las rutas de la ciudad de Cuenca, las estas rutas están clasificadas de acorde a la zona donde se encuentran ubicadas, los cuales son rutas urbanas, rurales y especiales, este último hace referencia a medidores especiales de que se encuentran en el área comercial e industrial. En la tabla 18 se detalla los precios y la inversión mensual que realiza actualmente la empresa por toma de lectura convencional.

Tabla 17 Planilla de pago por ruta del sistema convencional

Fuente: Fuente Autores

Rutas	Cantidad	P.U Fijo	P. Reajuste	P.U Total	Total
Rutas urbanas	1151	\$ 22.01	\$ 1.26	\$ 23.27	\$ 26,760.5
Rutas Rurales	328	\$ 25.32	\$ 1.45	\$ 26.77	\$ 8,780.56
Rutas Especiales	52	\$ 68.62	\$ 3.93	\$ 72.55	\$ 3,772.6
Subtotal	1531				\$ 39,313.66
IVA	12%				\$ 4,717.63
Facturado					\$ 44,031.29

Considerando estos valores se calcula la inversión mensual que realiza la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A en la zona de estudio tomando en cuenta que se tiene 16 rutas que pertenecen a la zona rural con una cantidad de 2908 medidores con radio frecuencia. En la tabla 18 se observa el monto calculado.

Tabla 18. Costo de toma de lectura de las 16 rutas de estudio

Fuente: Fuente Autores

Rutas	Cantidad	P.U Fijo	P. Reajuste	P.U Total	Total
Rutas Rurales	16	\$ 25.32	\$ 1.45	\$ 26.77	\$ 428.32
Subtotal	16				\$ 428.32
IVA	12%				\$ 51.39
Facturado					\$ 479.71

4.4.4 Costos asociados en la instalación de medidores con radio frecuencia

Para obtener el costo de la inversión para la implementación de este sistema se toma en cuenta los materiales, mano de obra, adecuaciones y la fiscalización ver Tabla 19.

El costo de instalación de un solo medidor es de \$198.21, si se toma la cantidad de medidores que existen en la parroquia Ochoa León de 2908 el costo de inversión aproximado para la implementación es de \$576,401.73 En el anexo 2 se detalla todos los materiales que se necesitan para implementar la instalación de un medidor con sistema RF.

Tabla 19. Costo de Instalación e adquisición de medidores con RF

Fuente: Fuente Autores

Componentes de instalación	Costo Total \$
Materiales	\$ 248,910.49
Mano de obra	\$ 68,194.25
Adecuaciones	\$ 170,338.23
Fiscalización	\$ 10,305.952
Inspecciones	\$ 16,895.48
Subtotal	\$ 514,644.402
IVA	\$ 61,757.3282
TOTAL	\$ 576,401.73
Costo unitario con IVA	\$ 198.21

4.4.5 Costos de rutas para toma de lectura convencional y Radiofrecuencia

Para obtener el valor de costo de una ruta se toma de referencia todas las rutas y considerado que todos los medidores son con radio frecuencia, y varios parámetros como: Personal operativo y administrativo, servicios contratados básicos, herramientas y suministros ver el anexo 3 y mediante el cálculo da un resultado de \$6.69 el costo promedio por ruta en el sector rural y urbano, el total de la planilla mensual es de \$ 9,900.52 que costaría tomar la lectura de las 1479 rutas con 5 lectores.

Tabla 20. Costo por ruta de lectura

Fuente: Fuente Autores

NUMERO DE RUTAS		RUTA DIA	N° PORCIONES	PATICIPACIÓN LECTORES	%
URBANAS	1151	60.53	19	0.07	22.19
RURALES	328	17.26		0.23	77.81
TOTAL	1479	77.79		0.30	100.00

LECTORES REQUERIDOS	5
----------------------------	----------

Valor planilla mensual	\$ 9,900.52
Costo Ruta Urbana/Rural	\$ 6.69

4.4.6 Análisis de costo por ruta según su incremento de medidores con tecnología de RF

La tabla 21 nos muestra un análisis considerando un contratista para cada sistema de lectura de medidores de energía eléctrica, se considera una cantidad de rutas con el sistema convencional y la otra cantidad con tecnología RF de esta manera determinar la cantidad de lectores, costo promedio por ruta para el sector rural y urbano, el valor a pagar por mes del total de rutas de lectura y el ahorro que genera para la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A al aumentar la implementación de rural con la tecnología de RF.

Tabla 21. Escenario 1

Fuente: Fuente Autores

	1478 rutas	Personal	Cantidad de rutas	Costo por ruta	Costo total de rutas	Valor total a pagar	Ahorro
Contratista 1	90% sistema convencional	36	1331	\$ 25.00	\$ 33,275.00	\$ 38,666.64	\$ -2,564.25
Contratista 2	10% sistema radio frecuencia	1	148	\$ 36.43	\$ 5,391.64		
Contratista 1	75% sistema convencional	30	1109	\$ 25.81	\$ 28,623.29	\$ 5,153.79	\$ 948.60
Contratista 2	25% sistema radio frecuencia	2	370	\$ 17.65	\$ 6,530.50		
Contratista 1	50% sistema convencional	20	740	\$ 28.01	\$ 20,727.40	\$ 28,383.44	\$ 7,718.95
Contratista 2	50% sistema radio frecuencia	3	739	\$ 10.36	\$ 7,656.04		
Contratista 1	25% sistema convencional	10	370	\$ 34.69	\$ 12,835.30	\$ 21,607.49	\$ 14,494.90
Contratista 2	75% sistema radio frecuencia	4	1109	\$ 7.91	\$ 8,772.19		
	100% sistema convencional	40	1479	\$ 24.41	\$ 36,102.39		\$ 26,207.88
	100% sistema radio frecuencia	5	1479	\$ 6.69	\$ 9,894.51		

La tabla 22 nos muestra un análisis considerando un solo contratista para la toma de lecturas de los medidores de energía eléctrica, se considera una cantidad de rutas con el sistema convencional y la otra cantidad con tecnología RF generando un ahorro más alto que el análisis de la tabla 21 para la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A al aumentar la implementación de rural con la tecnología de RF.

Tabla 22. Escenario 2

Fuente: Fuente Autores

	1478 rutas	Personal	Cantidad de rutas	Costo por ruta	Costo total de rutas	Valor total a pagar	Ahorro
Contratista 1	90% sistema convencional	36	1331	\$ 25.00	\$ 33,275.00	\$ 34,265.12	\$ 1,837.27
Contratista 1	10% sistema radio frecuencia	1	148	\$ 6.69	\$ 990.12		
Contratista 1	75% sistema convencional	30	1109	\$ 25.81	\$ 28,623.29	\$ 31,098.59	\$ 5,003.80
Contratista 1	25% sistema radio frecuencia	2	370	\$ 6.69	\$ 2,475.30		
Contratista 1	50% sistema convencional	20	740	\$ 28.01	\$ 20,727.40	\$ 25,671.31	\$ 10,431.08
Contratista 1	50% sistema radio frecuencia	3	739	\$ 6.69	\$ 4,943.91		
Contratista 1	25% sistema convencional	10	370	\$ 34.69	\$ 12,835.30	\$ 20,254.51	\$ 15,847.88
Contratista 1	75% sistema radio frecuencia	4	1109	\$ 6.69	\$ 7,419.21		
	100% sistema convencional	40	1479	\$ 24.41	\$ 36,102.39		\$ 26,214.57
	100% sistema radio frecuencia	5	1478	\$ 6.69	\$ 9,887.82		

4.4.7 Costos beneficio con la implementación del sistema de Radio frecuencia

Dentro de este punto la tabla 23 se analiza el costo-beneficio de la inversión realizada para el proyecto, partiendo de los ingresos anuales que deberá pagar Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. por la toma de lectura convencional.

Para obtener el valor de costo de rutas por año con el sistema de radiofrecuencia se realiza el mismo cálculo, tomado en cuenta la cantidad de rutas de lecturas totales por el costo de la ruta actual con RF de la tabla 28.

Tabla 23. Costo por año de 16 rutas

Fuente: Fuente Autores

	Cantidad de rutas	Costo de ruta [\$]	Costo total por mes [\$]	Costo total por año [\$]
Lectura convencional	16	\$ 26.77	\$ 428.32	\$ 5,139.84
Lectura con sistema RF	16	\$ 6.69	\$ 107.04	\$ 1,284.48

La inversión utilizada para obtener el costo beneficio se realizó con la diferencia de costo entre el medidor convencional versus medidor con radio frecuencia, el costo de cada uno fue obtenido de referencia de la Empresa Eléctrica Quito S.A. E.E.Q. basados en contratos de adquisición de medidores en el año 2018 tabla 24.

El costo de cada uno de los materiales, mano de obra, adecuaciones, fiscalización e inspecciones utilizados en la instalación, no se considera en el estudio de análisis económico ya que para realizar el mantenimiento de los sistemas de medición que ha cumplimiento su vida útil (15 años) la única diferencia es el costo del medidor convencional versus el de tecnología de radiofrecuencia.

Tabla 24. Inversión

Fuente: Fuente Autores

	Costo Unitario [\$]	Cantidad de medidores	Total de inversión [\$]	Diferencia [\$]
Medidor convencional	\$ 22	2908	\$ 63.976	\$ 6.543
Medidor con radiofrecuencia	\$ 24.25	2908	\$ 70.519	

Esta diferencia de ingresos y costo actuales se lo puede considerar como un ingreso o beneficio neto para la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. el valor de \$ 3,855.36 en el primer año de funcionamiento. Tabla 23

Tabla 25. Costo beneficio de inversión

Fuente: Fuente Autores

Ubicación:	Azúay - Cuenca - Ochoa León		Inversión Total [Dólares]	\$ 6,543.00
			Tasa de Descuento	0.12
				[%]
Consumos:	Categoría D		Tasa de Inflación	0.84
				[%]
# Rutas:	16		Financiamiento Empresa	\$ 6,543.00
	Ingresos		Costos	
Año	Ingresos de rutas por año		Costo de rutas por año con RF	
			Beneficio Neto	
0			\$ -6,543.00	
1	\$ 5,139.84		\$ 1,284.48	
2	\$ 5,183.01		\$ 1,295.27	
3	\$ 5,226.55		\$ 1,306.15	
4	\$ 5,270.46		\$ 1,317.12	
5	\$ 5,314.73		\$ 1,328.19	
6	\$ 5,359.37		\$ 1,339.34	
7	\$ 5,404.39		\$ 1,350.59	
8	\$ 5,449.79		\$ 1,361.94	
9	\$ 5,495.56		\$ 1,373.38	
10	\$ 5,541.73		\$ 1,373.38	
11	\$ 5,588.28		\$ 1,384.91	
12	\$ 5,635.22		\$ 1,396.55	
13	\$ 5,682.55		\$ 1,408.28	
14	\$ 5,730.29		\$ 1,420.11	
15	\$ 5,778.42		\$ 1,432.04	
Totales	\$ 81,800.19		\$ 20,371.72	
			\$ 54,885.47	

Indicadores para la Empresa:		
Valor Actual Neto	20,865	[Miles de Dólares]
Tasa Interna de Retorno	59.5%	[% sobre Inflación]
Relación B/C	4.15	[Veces]

La tasa interna de retorno (TIR) se la define como la tasa que mide la rentabilidad del proyecto, el cual nos indicara si este proyecto es factible o no, mientras que el valor actual neto (VAN) es el resultado de la diferencia entre los ingresos actuales y los costos actuales (Mete, 2014)

Para el caso del presente proyecto se tiene la tasa interna de retorno de un 59.5% y el Valor actual neto de \$ 20,865 y se obtiene un beneficio de 4,15 veces la inversión o ahorro, si nos basamos en estos resultados según las reglas de decisión del VAN el valor absoluto es mayor a 0 y la tasa interna de retorno es mayor a la tasa de interés k por lo que se determina que el proyecto es totalmente viable.

4.5 Procedimiento a seguir para la implementación del sistema de radio frecuencia

Para la recolección de las lecturas de los medidores de energía eléctrica con tecnología de radio frecuencia se sugiere seguir los pasos:

1. Establecer sectores concentrados, vida útil de medidor cumplida, definir el lugar de aplicación.

2. Realizar los cambios de medidor sustituyendo todos los sistemas de medición a radio frecuencia y los elementos o partes constitutivas del sistema de medición.

3. Segundo paso instalación de software y aprendizaje del mismo, para el caso de CENTROSUR ver anexo: 4, la carga de archivos de las rutas de lectura se obtiene del sistema comercial SAP.

4. Realizar pruebas de lectura en cada uno de las rutas para de esa forma comprobar que todos los medidores no tengan problemas de conectividad.

5. Realizar las pruebas para definir el radio aproximado y establecer los puntos de lectura para los medidores de radio frecuencia georreferenciados según la geografía del terreno.

6. Definir los puntos de lectura con de acuerdo a los radios en la zona urbana de 150 – 200 metros y en la zona rural 350 – 400.

7. Realizar la toma de lecturas en cada uno de los puntos hasta completar la ruta asignada.

8. Cabe mencionar que en los puntos asignados para la toma de lectura se tiene que hacer dos a tres intentos de lectura, ya que por problemas de distancia y los diferentes obstáculos que presenta la topología del terreno, no permite obtener las lecturas de todos los

medidores de un solo intento. Para este caso desmarcamos los medidores leídos y marcamos los no leídos para nuevamente iniciar el proceso de tomar la lectura de los medidores que faltan.

9. Por último se descarga el archivo de cada una de las rutas en formato TXT o CSV para enviar a la oficina de facturación de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A o subir al sistema de recepción de lecturas.

CONCLUSIONES

Los medidores de radio frecuencia que dispone la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A cuentan con el software que es una interfaz entre el medidor y modem, la cual tiene un protocolo de comunicación bidireccional de (escritura y lectura), el principal inconveniente encontrado mediante este estudio es determinar el radio o la distancia de cobertura para que la obtención de lectura de los medidores de RF en todas las rutas sea óptima y exitosa.

Los sistemas de medición de energía eléctrica con módulos RF nos permiten tener un mejor control no solamente en la medición, sino de cómo se está comportando el cliente en parámetros de potencia activa, reactiva y demanda.

Las zonas urbanas marginales de la Provincia del Azuay por lo general son montañosas y dispersas por lo que encontrar el centro de cobertura de los módulos RF facilita llegar y optimizar los recursos en la obtención de lectura de cada uno de las Rutas en su totalidad.

Acorde a los tiempos de la toma de lectura aumenta su eficiencia ya que existirá menor margen de error y se logrará tener mayor número de lecturas por día haciendo que un sistema comercial de una empresa distribuidora y comercializadora pueda tener mejor rendimiento en su área de facturación.

Este sistema de medición nos ofrece una solución efectiva a los problemas de tomas de lecturas, debido al tiempo que conllevan llegar a ciertos lugares de difícil acceso, es el caso particular los clientes de las zonas rurales.

Para la EERCS bajaran sus costos de inversión en la contratación de empresas de libre ejercicio dedicada a la toma de lectura de medidores, que en la actualidad se lo hace de manera individual y física y esto hace que exista un déficit en esa transición por el margen de error elevado.

Mediante este sistema se espera que exista un mejor rendimiento en el área de facturación ya que las lecturas tomadas serán totalmente confiables.

De igual manera los costos de los equipos están muy similares a los que usa actualmente la empresa, y por el mismo hecho la implementación de estos módulos dará una gran ventaja técnico-económica.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar la toma de lecturas mediante el sistema de radio frecuencia por el ahorro de tiempo en comparación al sistema convencional actual incluir la parte económica.

Para futuros estudios, es necesario realizar un análisis de las zonas donde se vaya implementar este sistema ya que la distancia de alcance se acorta o se incrementa debido a los obstáculos a distinto nivel y esto a su vez influyen en la toma de lecturas de los medidores de Radio frecuencia.

Es necesario que más adelante partiendo de esta metodología se pueda contar con planes de remplazar o implementar estos medidores con sistema RF para las diferentes zonas residenciales, comerciales e industriales e incorporar sistemas con concentradores de mayor alcance y con mejor velocidad de trasmisión.

Se recomienda el uso de medidores de radio frecuencia de manera inmediata por el ahorro en el sistema de lectura y analizar la repercusión que puede tener al incluir en los medidores el dispositivo de corte y reconexión ya que en esa área se tendrá también un ahorro en la gestión comercial.

Analizar un sistema de comunicación para obtener la lectura de los medidores de la zona en estudio utilizando concentradores de lecturas y la transmisión de información a base de datos locales evitando el traslado de personal a los puntos georreferenciados identificados para la toma de lecturas.

5 REFERENCIAS

- Alvarado Brito, J. M. (2011). *Servicios de medición avanzada (AMI) para redes inteligentes y su adaptabilidad en el marco de la legislación ecuatoriana.*
- Cabascango, G., & Xavier, S. (2013). *Estudio y diseño de un sistema domiciliario para control de consumo de energía eléctrica utilizando redes eléctricas inteligentes.*
- Coronel Gutiérrez, & Vinicio, M. (2011). *Estudio para la implementación del sistema de Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) en la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur CA.*
- Gallardo Cruz, & Wladimir, C. (2009). *Análisis de factibilidad para la implementación de un sistema de telemedición utilizando el método de radio frecuencia para una empresa de distribución.*
- Gómez, J., Castán, R., Montero, J., Meneses, J., & García, J. (2015). Aplicación de tecnologías de medición avanzada (AMI) como instrumento para reducción de pérdidas. *Boletín IIE*, 39(4), 180-191.
- Idrovo Coronel, D. R., & Reinoso Torres, S. M. (2012). *Análisis de factibilidad para la implementación de un sistema AMI (Advanced Metering Infrastructure) mediante contadores inteligentes por parte de la Empresa Eléctrica Azogues CA.*
- Mete, M. R. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 7(7), 67-85.
- Mojica, P., Cuéllar, S., & Medina, C. (2016). Medición y gestión inteligente de consumo eléctrico. 96.
- Morales Sánchez, J. C. (2018). *Equipo de telemedición eléctrica para clientes residenciales mediante tecnología inalámbrica.* Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas
- Resolucion Nro. Arconel-074/17. (2017). Directorio de la agencia de regulacion y control de electricidad ARCONEL. 42.
- Ruiz, M., & García, M. (2015). Interoperabilidad entre Medidores Inteligentes de Energía Eléctrica Residencial. *Prim. Congr. Int. y Expo Científica*, 101.
- Salinas, J. F. A. (2011). *OPTIMIZACIÓN GEOREFERENCIADA DE RUTAS DE LECTURA DE MEDIDORES.* PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas:* Pearson educación.

ANEXOS

ANEXO 1. MAPAS DE RUTAS DE LECTURA

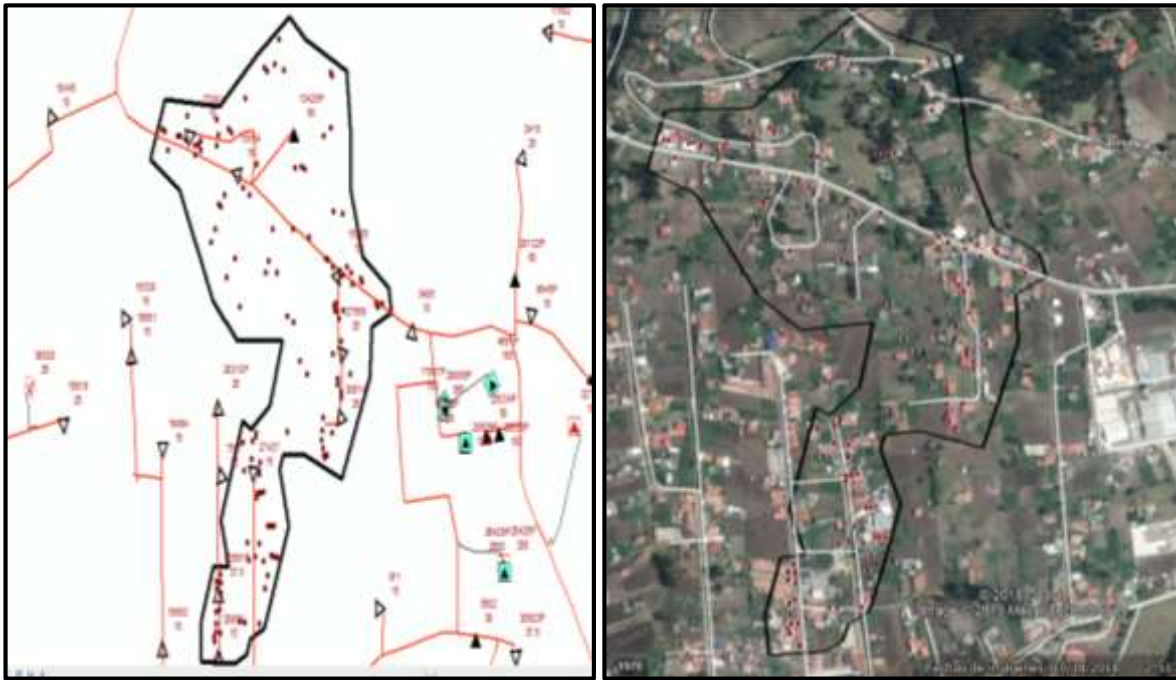


Figura 70. Ruta de lectura MRU 0502M006

Fuente: Fuente Autores



Figura 71. Ruta de lectura MRU 0502M072

Fuente: Fuente Autores

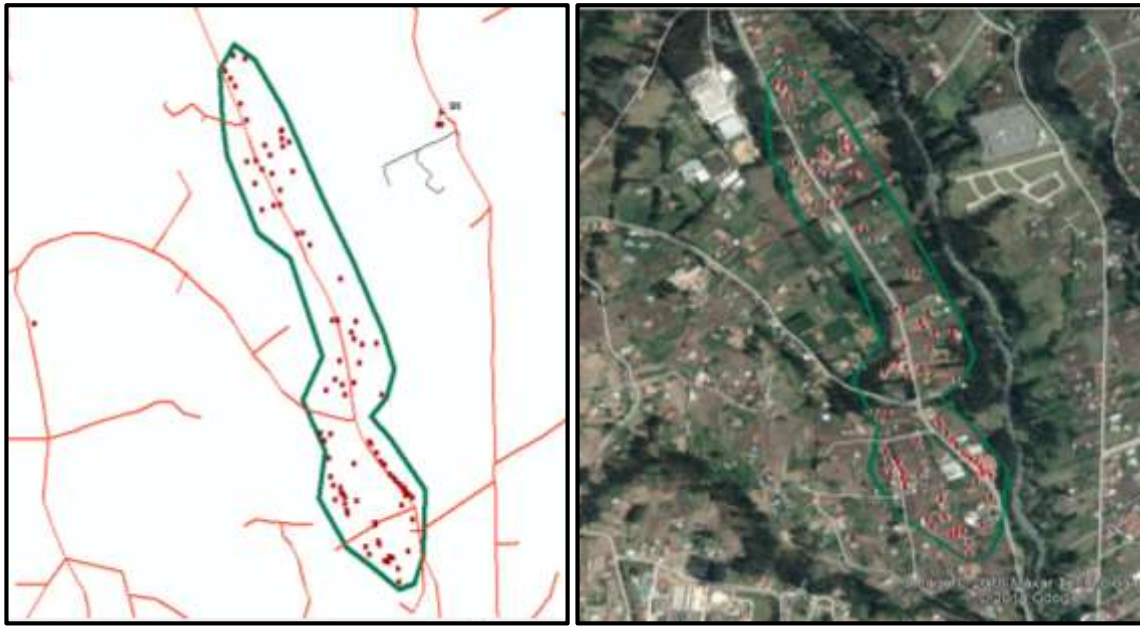


Figura 72. Ruta de lectura MRU 0504M023

Fuente: Fuente Autores

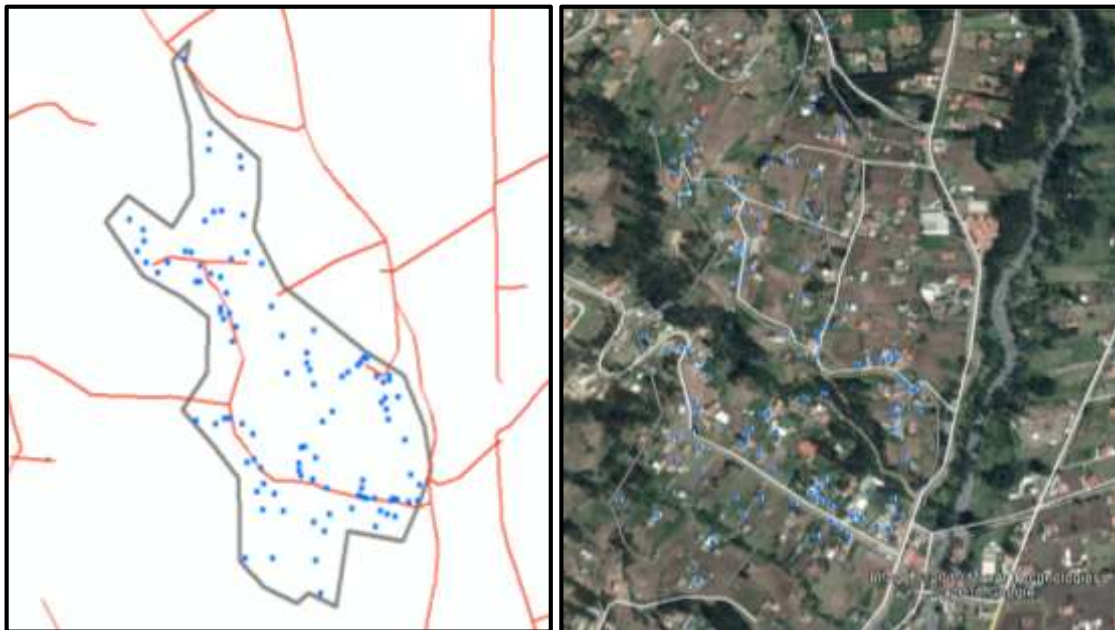


Figura 73. Ruta de lectura MRU 0504M024

Fuente: Fuente Autores

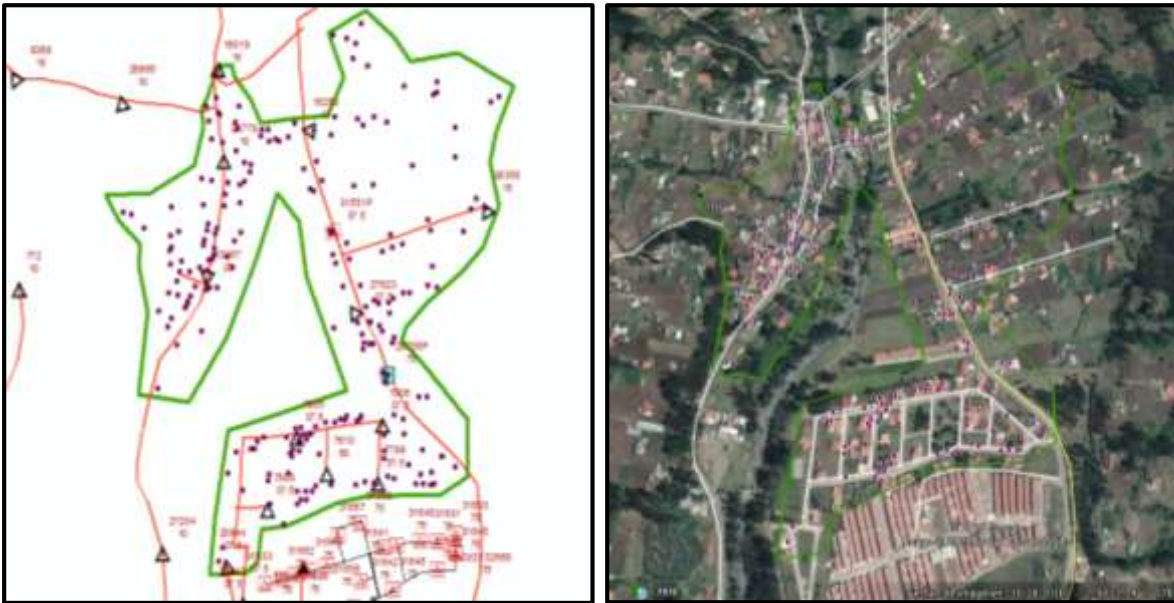


Figura 74. Ruta de lectura MRU 0504M025

Fuente: Fuente Autores

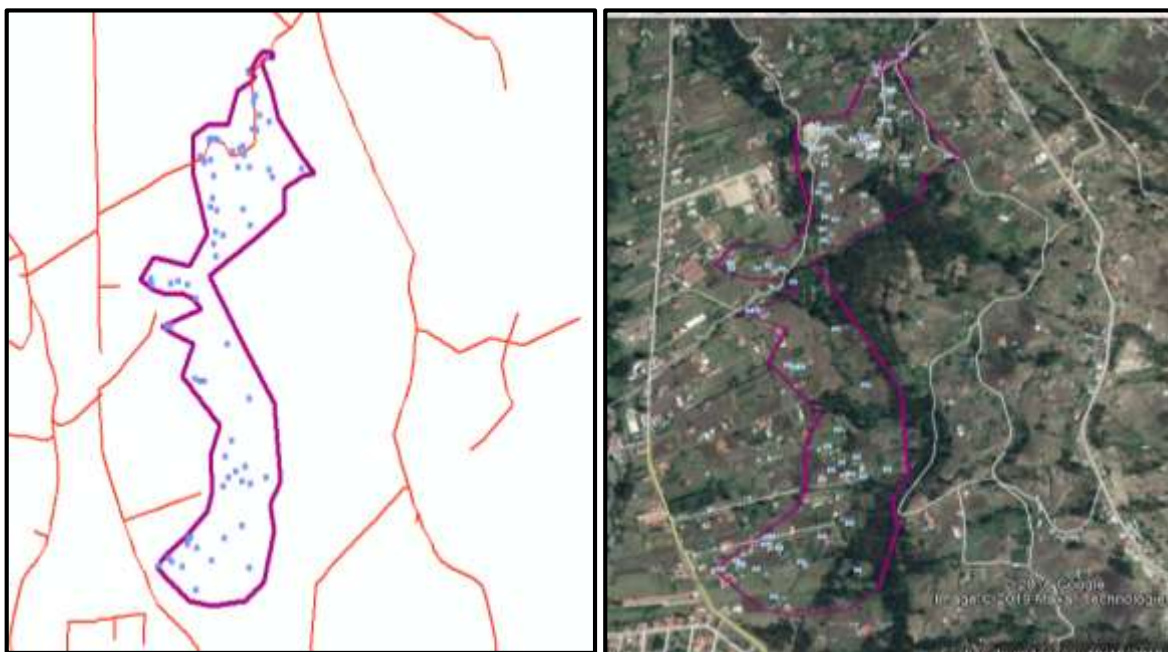


Figura 75. Ruta de lectura MRU 0504M026

Fuente: Fuente Autores

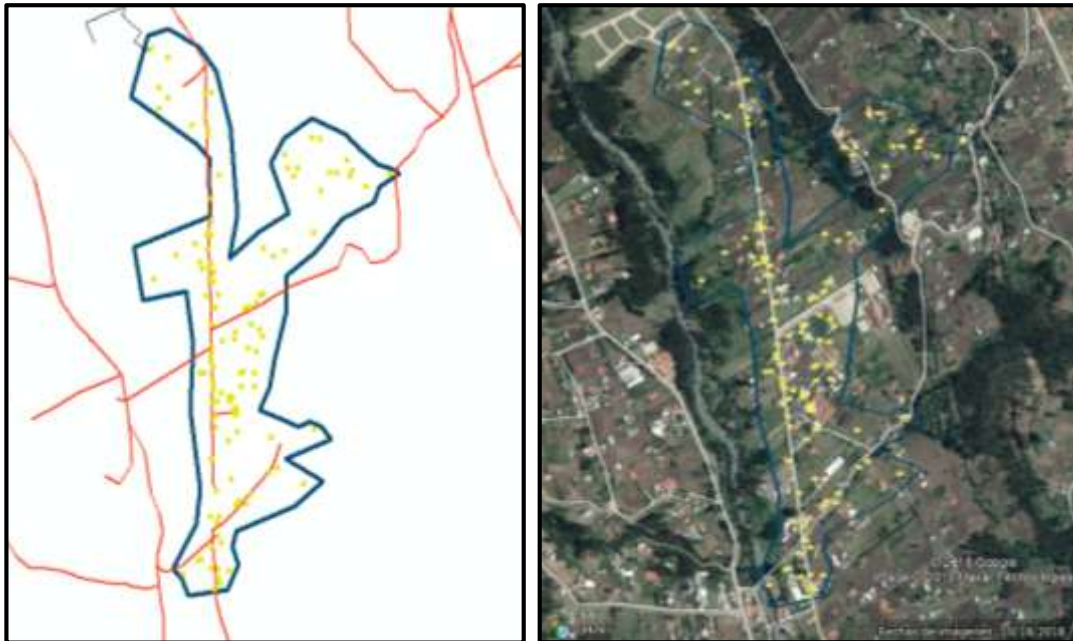


Figura 76. Ruta de lectura MRU 0504M027

Fuente: Fuente Autores



Figura 77. Ruta de lectura MRU 0504M028

Fuente: Fuente Autores

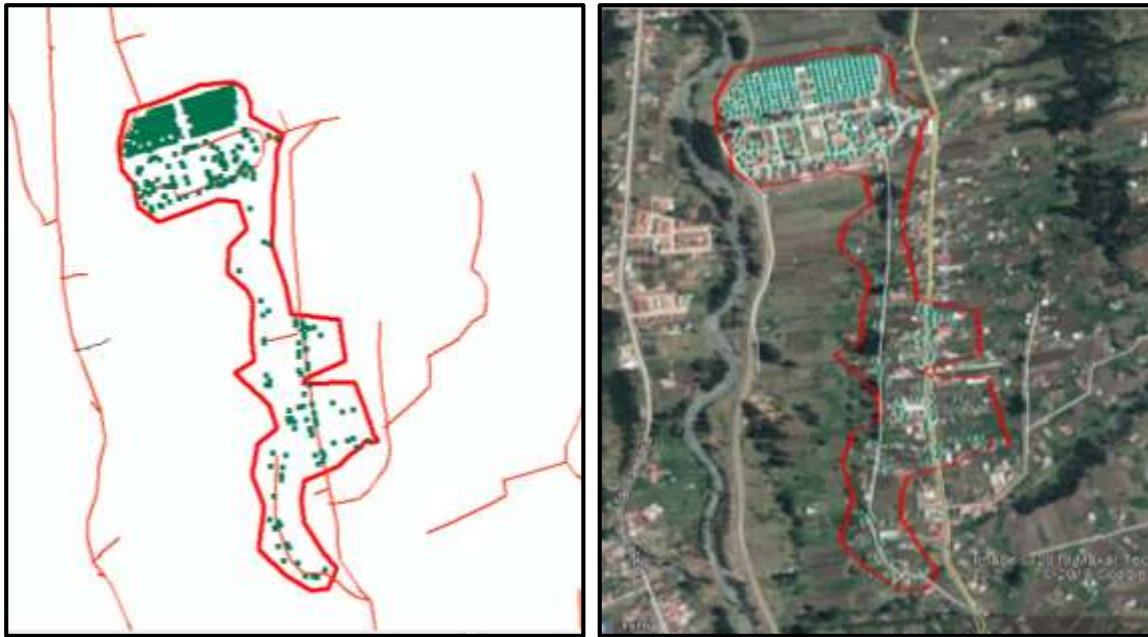


Figura 80. Ruta de lectura MRU 0504M044

Fuente: Fuente Autores

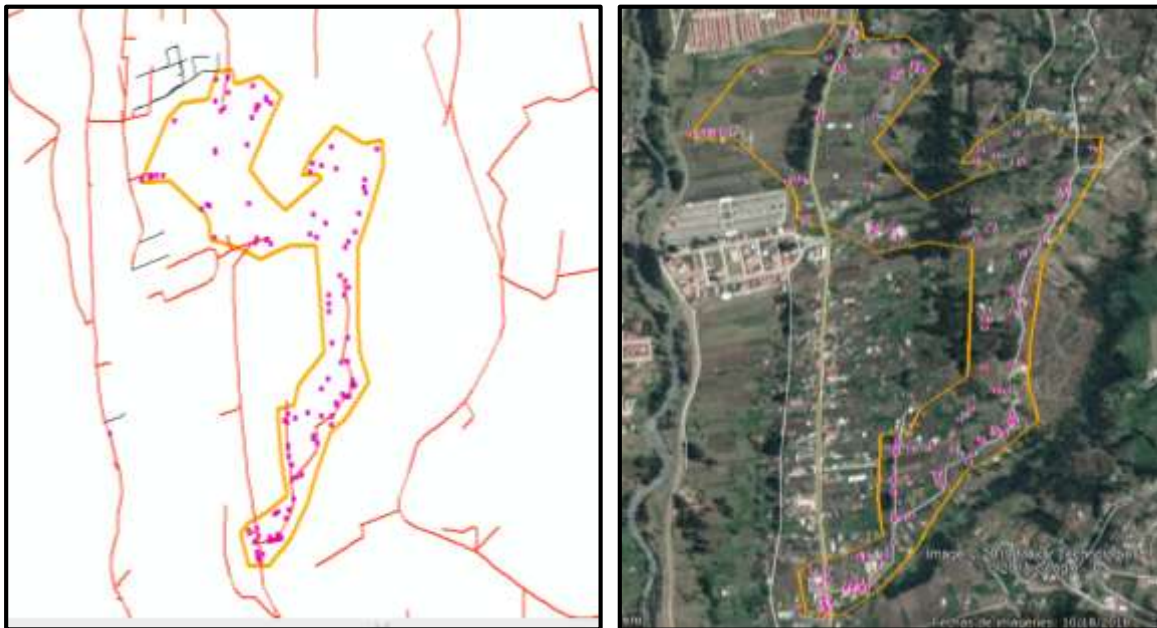


Figura 81. Ruta de lectura MRU 0504M046

Fuente: Fuente Autores

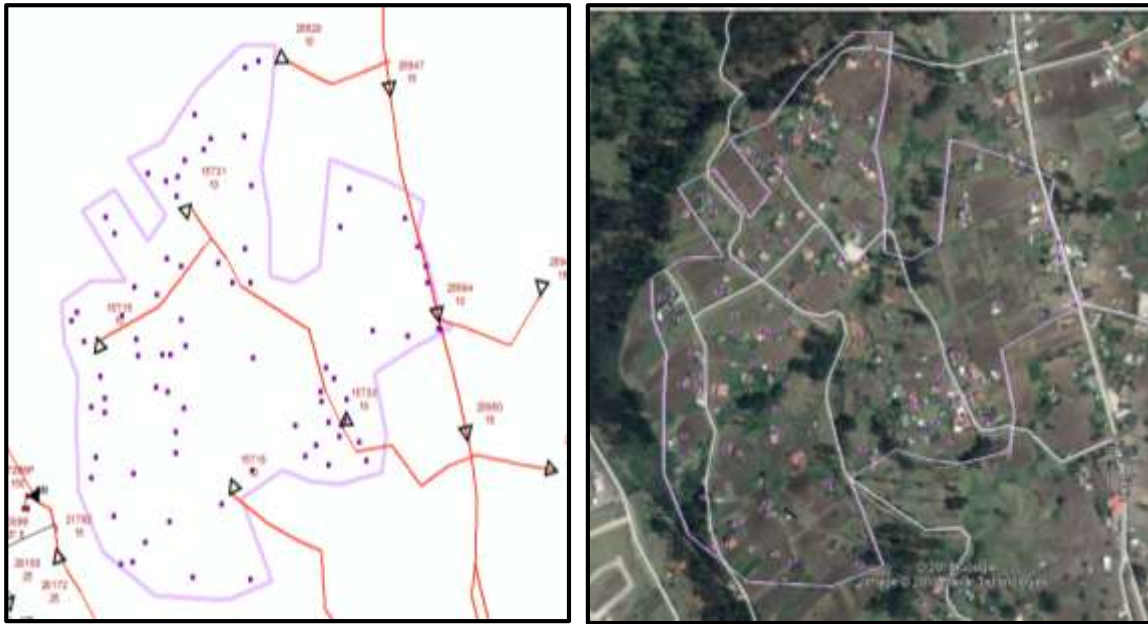


Figura 82. Ruta de lectura MRU 0507M003

Fuente: Fuente Autores

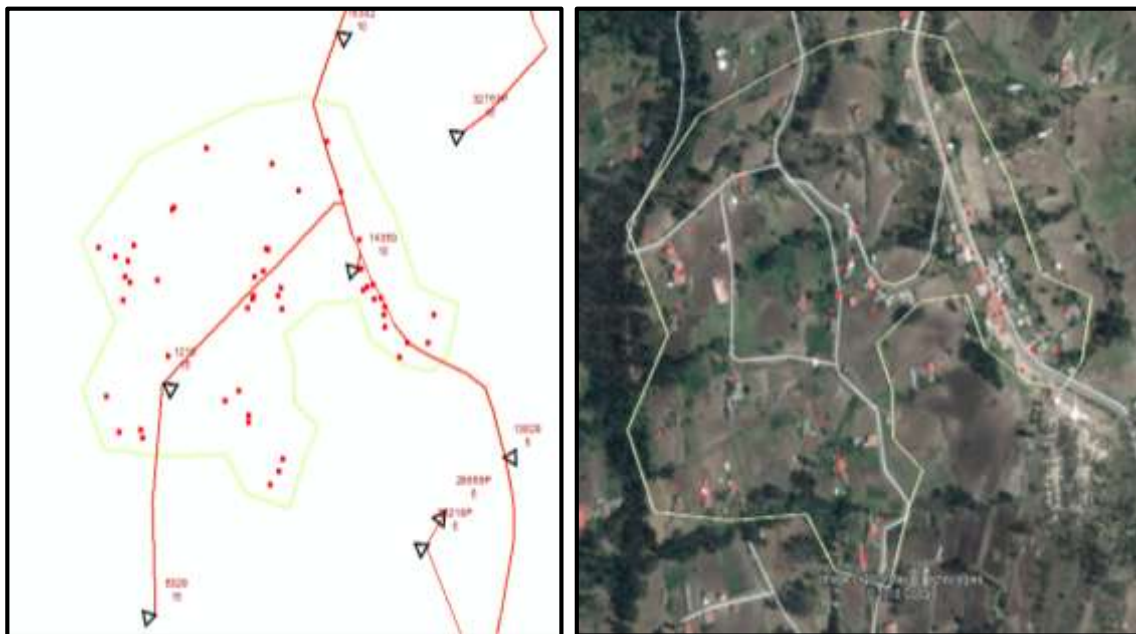


Figura 83. Ruta de lectura MRU 0507M007

Fuente: Fuente Autores

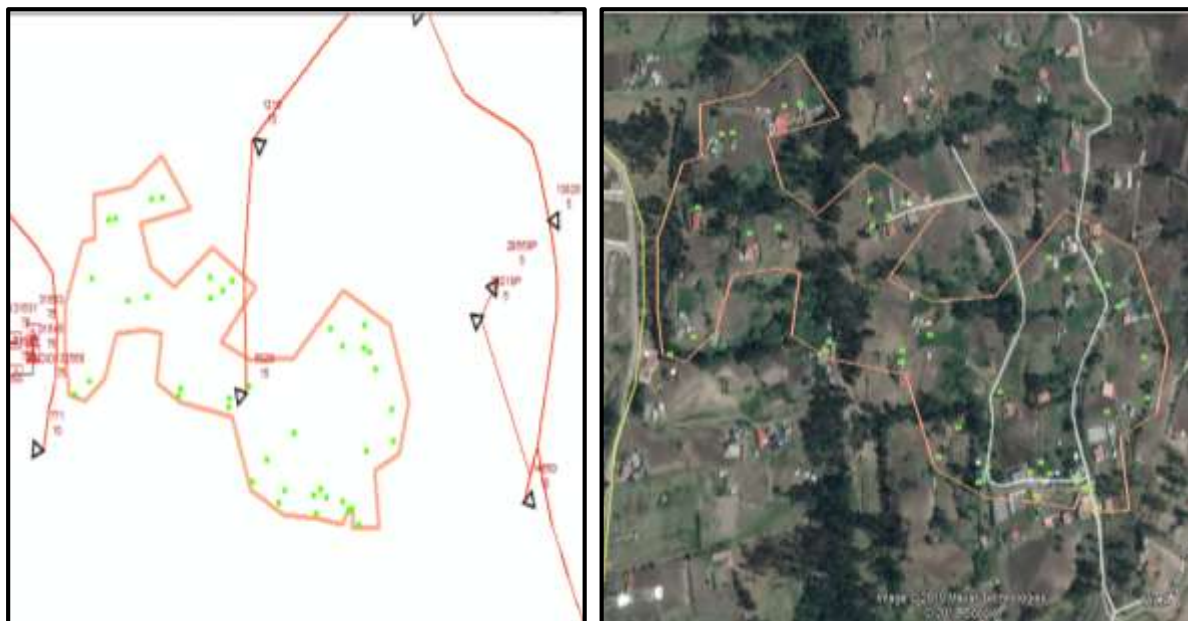


Figura 84. Ruta de lectura MRU 0507M008

Fuente: Fuente Autores

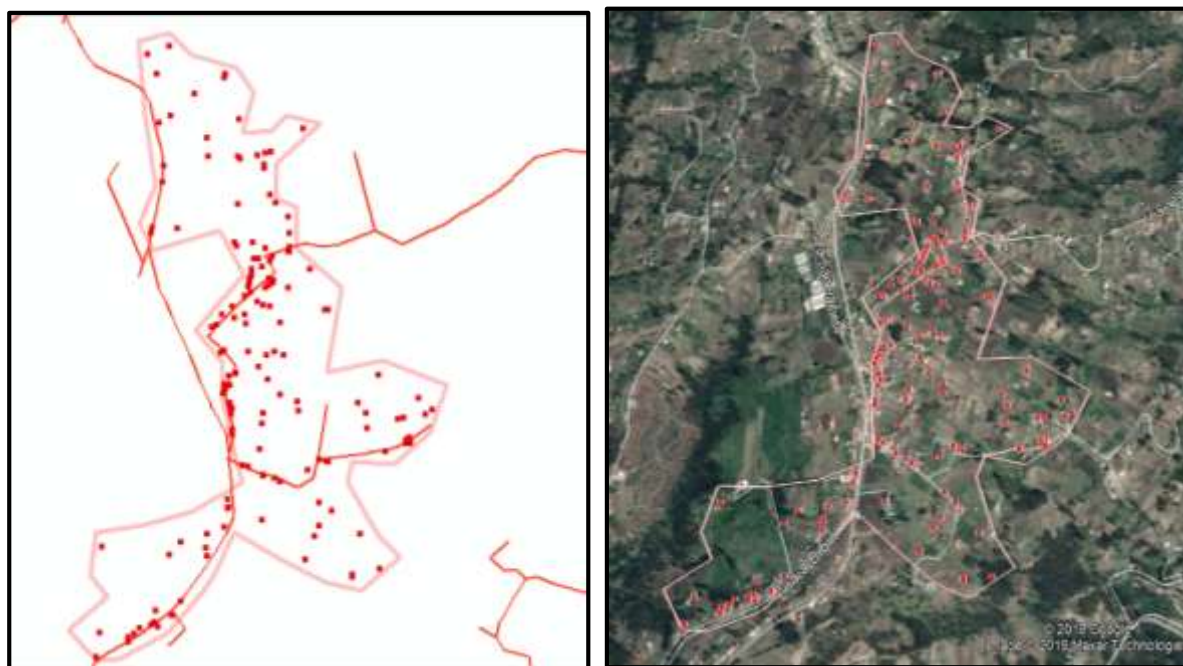


Figura 85. Ruta de lectura MRU 0507M025

Fuente: Fuente Autores

ANEXO 2. MATERIALES PARA LA INSTALACION DE ACOMETIDAS Y MEDIDORES

	% Ejecución	56.12%	18.05%	11.74%	4.51%	2.51%	2.26%	1.17%	1.00%	0.75%	0.42%	0.46%	1.00%					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
	2908	1638	524	341	131	72	65	34	29	21	12	13	29					2909
MATERIALES PARA INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS Y MEDIDORES														UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR \$	
CONDUCTOR DE CU, AISLADO TIPO THHN NO. 8 AWG, SÓLIDO	1.41	2310	739	481	185	102	92	48	41	30	17	18	41	m	4101	\$ 0.71	\$ 2,914.07	
CONDUCTOR TRIPLEX CABLEADO DE ALUMINIO TIPO ASC CALIBRE 3X6 AWG	28	45864												m	45864	\$ 0.62	\$ 28,596.20	
CONDUCTOR CUADRUPLIX CABLEADO DE ALUMINIO ASC CALIBRE 4X6 AWG	28		14672	9548	3668	2016	1820	952	812	588	336	364	812	m	35588	\$ 0.81	\$ 28,692.83	
AISLADOR DE PORCELANA TIPO OJO CON TORNILLO DE 44.5 mm.	1	246	79	51	20	11	10	5	4	3	2	2	4	u	436	\$ 4.04	\$ 1,763.18	
PINZA DE ANCLAJE, TERMOPLÁSTICA, AJUSTABLE PARA ACOMETIDAS	1	1638	524	341	131	72	65	34	29	21	12	13	29	u	2909	\$ 1.16	\$ 3,374.44	
PRECINTO PLÁSTICO DE 7 MM DE ANCHO X 1,8 MM DE ESP. X 350 MM DE LONG.	3	4914	1572	1023	393	216	195	102	87	63	36	39	87	u	8727	\$ 0.32	\$ 2,767.55	
ABRAZADERA DE PLETINA GALVANIZADA DOBLE DIAMETRO 38X3,15X177,8 mm.	1	819	262	171	66	36	33	17	15	11	6	7	15	u	1454	\$ 6.21	\$ 9,034.43	
Varilla de acero recubierta de Cu, para puesta a tierra, 16 x 1 800 mm (5/8 x 71").														u	2907	\$ 5.37	\$ 15,610.59	
INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO RIEL DIN MONOPOLAR 1 BOTON 50 A	2	3276	1048	682	262	144	130	68	58	42	24	26	58	u	5818	\$ 1.61	\$ 9,381.53	
RIEL DIN 35MM X 100 MM.	1	1638	524	341	131	72	65	34	29	21	12	13	29	u	2909	\$ 0.25	\$ 724.34	
TOPES PARA RIEL DIN 35MM	2	3276	1048	682	262	144	130	68	58	42	24	26	58	u	5818	\$ 0.35	\$ 2,047.94	
MEDIDOR ELECTRÓNICO 2F-3H, kWh, kW, IMÁX=100	1	1638	524	341	131	72	65	34	29	21	12	13	29	u	2909	\$ 26.54	\$ 77,193.22	
SELLOS DE SEGURIDAD ROTOSEAL TIPO TORNILLO COLOR BLANCO	1	1638	524	341	131	72	65	34	29	21	12	13	29	u	2909	\$ 0.15	\$ 442.18	
CANDADO UNIVERSAL MASTER	1	819	262	171	66	36	33	17	15	11	6	7	15	u	1454	\$ 4.01	\$ 5,830.18	
ABRAZADERA PARA TUBERIA TIPO EMT DIAMETRO 12.7 MM	3	909	291	189	73	40	36	19	16	12	7	7	16	u	1614	\$ 0.08	\$ 121.05	
CLAVO DE ACERO DE 38.10 MM	3	2457	786	512	197	108	98	51	44	32	18	20	44	u	4363	\$ 0.06	\$ 244.33	
CLAVO DE ACERO DE 101.60 MM	4	1572	503	327	126	69	62	33	28	20	12	12	28	u	2792	\$ 0.17	\$ 466.26	
TORNILLO TRIPA DE PATO DE 3.00 MM DE DIAMETRO Y 25,00 MM DE LARGO	3	4914	1572	1023	393	216	195	102	87	63	36	39	87	u	8727	\$ 0.03	\$ 296.72	
TABLERO METALICO PARA 1 CONTADOR	1	491												u	491	\$ 20.10	\$ 9,870.33	
TABLERO METALICO PARA 2 CONTADORES	1		79											u	78	\$ 126.50	\$ 9,867.00	
TABLERO METALICO PARA 3 CONTADORES	1			34										u	34	\$ 152.91	\$ 5,198.77	
TABLERO METALICO PARA 4 CONTADORES	1				10									u	9	\$ 179.31	\$ 1,613.79	
TABLERO METALICO PARA 5 CONTADORES	1					4								u	4	\$ 200.35	\$ 801.38	
TABLERO METALICO PARA 6 CONTADORES	1						3							u	3	\$ 221.38	\$ 664.14	
CABLE DE CU, DESNUDO, CABLEADO SUAVE, 2 AWG, 7 HILOS	2													m	5814	\$ 2.74	\$ 15,937.63	
SUELDA EXOTÉRMICA CARGA O CARTUCHO 90	1													u	2907	\$ 5.02	\$ 14,593.14	
MOLDE DE GRAFITO PARA SUELDA EXOTÉRMICA 35 mm2														u	72	\$ 11.99	\$ 863.28	
																Valor en material=	\$ 248,910.49	

MANO DE OBRA DE INSTALACIONES DISPERSAS DE SISTEMAS DE MEDICIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR \$
MANO DE OBRA PARA SUSTITUCIÓN DE PARTES Y EQUIPO MEDICIÓN DISPERSO REPORTE DE INFORMACIÓN	1638	31.43	51482.34
MANO DE OBRA CENTRALIZACION 2 MEDIDORES DISPERSOS Y REPORTE DE INFORMACIÓN (cada medidor)	524	14.59	7645.16
MANO DE OBRA CENTRALIZACION 3 MEDIDORES DISPERSOS Y REPORTE DE INFORMACIÓN (cada medidor)	341	15.47	5275.27
MANO DE OBRA CENTRALIZACION 4 MEDIDORES DISPERSOS Y REPORTE DE INFORMACIÓN (cada medidor)	131	10.1	1323.1
MANO DE OBRA CENTRALIZACION 5 MEDIDORES DISPERSOS Y REPORTE DE INFORMACIÓN (cada medidor)	72	10.1	727.2
MANO DE OBRA CENTRALIZACION 6 MEDIDORES DISPERSOS Y REPORTE DE INFORMACIÓN (cada medidor)	65	10.1	656.5
MANO DE OBRA CENTRALIZACION 7 MEDIDORES DISPERSOS Y REPORTE DE INFORMACIÓN (cada medidor)	34	7.86	267.24
MANO DE OBRA CENTRALIZACION 8 MEDIDORES DISPERSOS Y REPORTE DE INFORMACIÓN (cada medidor)	29	7.86	227.94
MANO DE OBRA CENTRALIZACION 9 MEDIDORES DISPERSOS Y REPORTE DE INFORMACIÓN (cada medidor)	21	7.86	165.06
MANO DE OBRA CENTRALIZACION 10 MEDIDORES DISPERSOS Y REPORTE DE INFORMACIÓN (cada medidor)	12	7.86	94.32
MANO DE OBRA CENTRALIZACION 11 MEDIDORES DISPERSOS Y REPORTE DE INFORMACIÓN (cada medidor)	13	7.86	102.18
MANO DE OBRA CENTRALIZACION 12 MEDIDORES DISPERSOS Y REPORTE DE INFORMACIÓN (cada medidor)	29	7.86	227.94
		Valor en mano obra=	68194.25

ADECUACIONES CIVILES Y ELECTRICAS CON PROVISIÓN DE MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	SUB TOTAL \$
COLOCACIÓN DE TABLERO EMPOTRADO PARA 1 MEDIDOR EN PARED ENLUCIDA DISPERSO (incluye material y mano de obra)	245	24.65	6039.25
COLOCACIÓN DE TABLERO EN CERRAMIENTO METÁLICO PARA 1 MEDIDOR DISPERSO (incluye material y mano de obra)	245	12.93	3167.85
COLOCACIÓN DE TABLERO EMPOTRADO PARA 2 MEDIDOR EN PARED ENLUCIDA DISPERSO (incluye material y mano de obra)	39	40.38	1574.82
COLOCACIÓN DE TABLERO EN CERRAMIENTO METÁLICO PARA 2 MEDIDORES DISPERSO (incluye material y mano de obra)	39	16.92	659.88
COLOCACIÓN DE TABLERO EMPOTRADO PARA 3 MEDIDORES EN PARED ENLUCIDA INCLUYE MANO DE OBRA Y MATERIAL DISPERSO (incluye material y mano de obra)	17	46.91	797.47
COLOCACIÓN DE TABLERO EN CERRAMIENTO METÁLICO PARA 3 MEDIDORES DISPERSO (incluye material y mano de obra)	17	19.465	330.905
COLOCACIÓN DE TABLERO EMPOTRADO PARA 4 MEDIDOR EN PARED ENLUCIDA DISPERSO (incluye material y mano de obra)	4	53.44	213.76
COLOCACIÓN DE TABLERO EN CERRAMIENTO METÁLICO PARA 4 MEDIDORES DISPERSO (incluye material y mano de obra)	4	22.01	88.04
COLOCACIÓN DE TABLERO EMPOTRADO PARA 5 MEDIDOR EN PARED ENLUCIDA DISPERSO (incluye material y mano de obra)	3	59.385	178.155
COLOCACIÓN DE TABLERO EN CERRAMIENTO METÁLICO PARA 5 MEDIDORES DISPERSO (incluye material y mano de obra)	3	24.9	74.7
COLOCACIÓN DE TABLERO EMPOTRADO PARA 6 MEDIDOR EN PARED ENLUCIDA DISPERSO (incluye material y mano de obra)	2	65.33	130.66
COLOCACIÓN DE TABLERO EN CERRAMIENTO METÁLICO PARA 6 MEDIDORES DISPERSO (incluye material y mano de obra)	2	27.79	55.58
COLOCACIÓN DE TUBO CON AISLADOR 2"X 3m SOLDADO A CERRAMIENTO O COLUMNA EXISTENTE (incluye material y mano de obra)	727	32.18	23394.86
COLOCACIÓN DE TUBO CON AISLADOR 2"X 6m SOLDADO A CERRAMIENTO O COLUMNA EXISTENTE (incluye material y mano de obra)	727	43.18	31391.86
INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA EMPOTRADO EN LA PARED SIN ROTURA DE VEREDA (incluye material y mano de obra)	436	33.79	14732.44
INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA EMPOTRADO EN LA PARED CON ROTURA DE VEREDA (incluye material y mano de obra)	436	36.69	15996.84
INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA SOBREPUESTO SIN ROTURA DE VEREDA (incluye material y mano de obra)	872	31.23	27232.56
INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA SOBREPUESTO CON ROTURA DE VEREDA (incluye material y mano de obra)	1163	36.92	42937.96
COLOCACIÓN DE BARRA 3,18 X 19,05 X 100MM PARA NEUTRO CON SEIS TERMINALES TALÓN N° 6 CADMIADO, INCLUYE BARRA DE COBRE, PERNOS, TUERCAS, ARANDELAS CADMIADOS Y SUJECIÓN AL TABLERO Y MANO DE OBRA (incluye material y mano de obra)	228	5.88	1340.64
		Valor en adecuaciones =	170338.23

MANO DE OBRA FISCALIZACIÓN DISPERSAS DE SISTEMAS DE MEDICIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	SUB TOTAL \$
FISCALIZACIÓN SISTEMA DE MEDICIÓN DISPERSO REPORTE DE INFORMACIÓN Y PLANILLA	872.4	11.3	9858.12
REVISIÓN DE CADA SOLICITUD PARA PLANILLAS	2035.6	0.22	447.832
		Valor en fiscalización=	10305.952
MANO DE OBRA DE INSPECCIONES DISPERSAS DE SISTEMAS DE MEDICIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
INSPECCION ACOMETIDAS,MEDIDORES DISPERSOS Y REPORTE INFORMACION	2908	5.81	16895.48
		Valor en inspecciones=	16895.48

ANEXO 3. CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS PARA TOMAS DE LECTURAS

CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS PARA TOMA DE LECTURAS
DIRECCIÓN DE COMERCIALIZACIÓN

SALARIOS ACTUALIZADOS AL: 2018

SBU \$ 394.00

PERSONAL OPERATIVO Y ADMINISTRATIVO

PERSONAL	SALARIO DE MERCADO	DÉCIMO XIII	DÉCIMO XIV	F. RESERV.	IESS	VACACIONES	TOTAL AÑO	REAL/MES
PERSONAL OPERATIVO (LECTORES)	\$ 400.00	\$ 33.33	\$ 32.83	\$ 33.33	\$ 44.60	\$ 16.67	\$ 4,899.50	\$ 560.77
ASISTENTE DE INGENIERIA	\$ 450.00	\$ 37.50	\$ 32.83	\$ 37.50	\$ 50.18	\$ 18.75	\$ 5,507.83	\$ 626.76
SECRETARIA OFICINISTA	\$ 386.00	\$ 32.17	\$ 32.83	\$ 32.17	\$ 43.04	\$ 16.08	\$ 4,729.17	\$ 542.29
CHOFER								
REPRESENTANTE TÉCNICO	\$ 750.00	\$ 62.50	\$ 32.83	\$ 62.50	\$ 83.63	\$ 31.25	\$ 9,157.83	\$ 1,022.71

* EL SUELDO DE REPRESENTANTE TÉCNICO ES EQUIVALENTE AL DE INGENIERO ELECTRICO

GASTO DE PERSONAL	CANT.	PARTICIPACIÓN URBANA	PARTICIPACIÓN RURAL	REAL MES	SUBTOTAL URBANA	SUBTOTAL RURAL
PERSONAL OPERATIVO (LECTORES)	5	0.08	0.29	\$ 560.77	\$ 621.71	\$ 2,182.12
ASISTENTE DE INGENIERIA	1	0.08	0.29	\$ 626.76	\$ 138.98	\$ 487.78
SECRETARIA OFICINISTA	1	0.08	0.29	\$ 542.29	\$ 120.25	\$ 422.04
CHOFER	1	0.08	0.29	\$ -	\$ -	\$ -
REPRESENTANTE TÉCNICO	1	0.08	0.29	\$ 1,022.71	\$ 226.77	\$ 795.94
TOTAL					\$ 1,107.71	\$ 3,887.88

SERV. CONTRATADOS / BÁSICOS	GASTO UNI. MES	CANTIDAD PARTICIPACIÓN URBANA	CANTIDAD PARTICIPACIÓN RURAL	GASTO MES URBANA	GASTO MES RURAL
AGUA	\$ 5.00	0.08	0.29	\$ 1.11	\$ 3.89
ELECTRICIDAD	\$ 10.00	0.08	0.29	\$ 2.22	\$ 7.78
TELÉFONO OFICINA/PLAN	\$ 60.00	0.08	0.29	\$ 13.30	\$ 46.70
INTERNET	\$ 25.00	0.08	0.29	\$ 5.54	\$ 19.46
ARRIENDO OFICINA / GARAJE	\$ 250.00	0.08	0.29	\$ 55.43	\$ 194.57
TOTAL	\$ 350.00			\$ 77.61	\$ 272.39

HERRAMIENTAS	CANT	GASTO UNI. MES	CANTIDAD URBANA	CANTIDAD RURAL	TOTAL MES URBANA	TOTAL MES RURAL
VEHICULO ADMINISTRACIÓN	1	\$ 283.33	0.08	0.29	\$ 62.83	\$ 220.51
VEHICULO CAMIONETA	5	\$ 1,833.33	0.08	0.29	\$ 406.52	\$ 1,426.82
EQU. DE SEGURIDAD Y HERRAM.	5	\$ 83.33	0.08	0.29	\$ 18.48	\$ 64.86
UNIFORMES	5	\$ 62.50	0.08	0.29	\$ 13.86	\$ 48.64
TABLET'S	5	\$ 208.33	0.08	0.29	\$ 46.20	\$ 162.14
SERVICIO DE SOTWARE	1	\$ 833.33	0.08	0.29	\$ 184.78	\$ 648.55
TOTAL		\$ 3,304.17			\$ 732.66	\$ 2,571.51

SUMINISTROS	GASTO UNI. MES	CANTIDAD PARTICIPACIÓN URBANA	CANTIDAD PARTICIPACIÓN RURAL	GASTO TOTAL MES URBANA	GASTO TOTAL MES RURAL
OFICINA	\$ 50.00	0.08	0.29	\$ 11.09	\$ 38.91
COMBUSTIBLE Y MITO. VEHÍCULO	\$ 140.00	0.08	0.29	\$ 31.04	\$ 108.96
TOTAL				\$ 42.13	\$ 147.87

CONSOLIDACIÓN DEL GASTO MENSUAL		URBANA	RURAL
SUBTOTAL GASTO MES		\$ 1,960.10	\$ 6,879.66
IMPREVISTOS 0%			
ADMINISTRACIÓN Y GERENCIAMIENTO 12%		\$ 235.21	\$ 825.56
GASTO TOTAL MENSUAL		\$ 2,195.31	\$ 7,705.21

	URBANAS	RURALES
LECTURAS	116113	94446
COSTO UNITARIO	\$ 0.02	\$ 0.08
	\$ 2,322.26	\$ 7,555.68

Valor planilla Mensual	\$ 9,900.52
Costo Ruta Urbana/Rural	\$ 6.69

ANEXO 4. PROCEDIMIENTO DE TOMA DE LECTURAS PARA MEDIDORES RF

Tercer paso se importa los datos de los medidores de la ruta seleccionada, seleccionando la ruta con el siguiente formato "Download_LECT_0501M007_E1B_20170530-082119-676.txt", y los datos se importarán de manera automática la sistema figura 86.

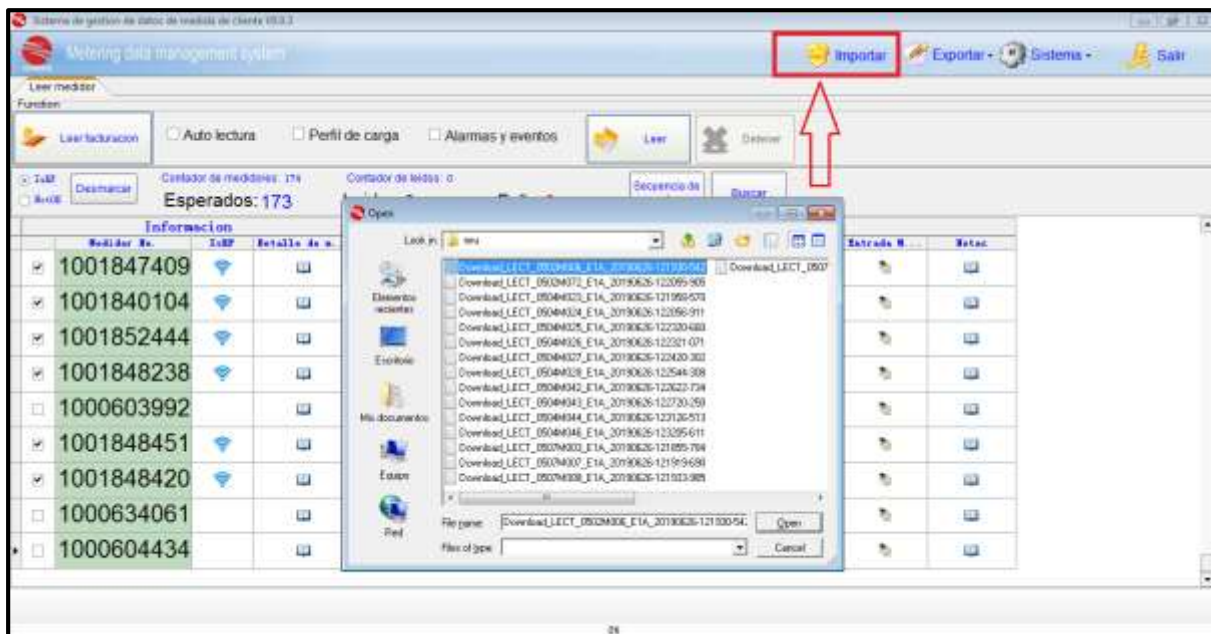


Figura 86. Importación de datos del medidor

Fuente: Fuente Autores

Cuando se termina de exportar el archivo en txt en la pantalla del programa SunRise aparece toda la lista de medidores de los cuales se puede ver el detalle de cada uno con la siguiente información.

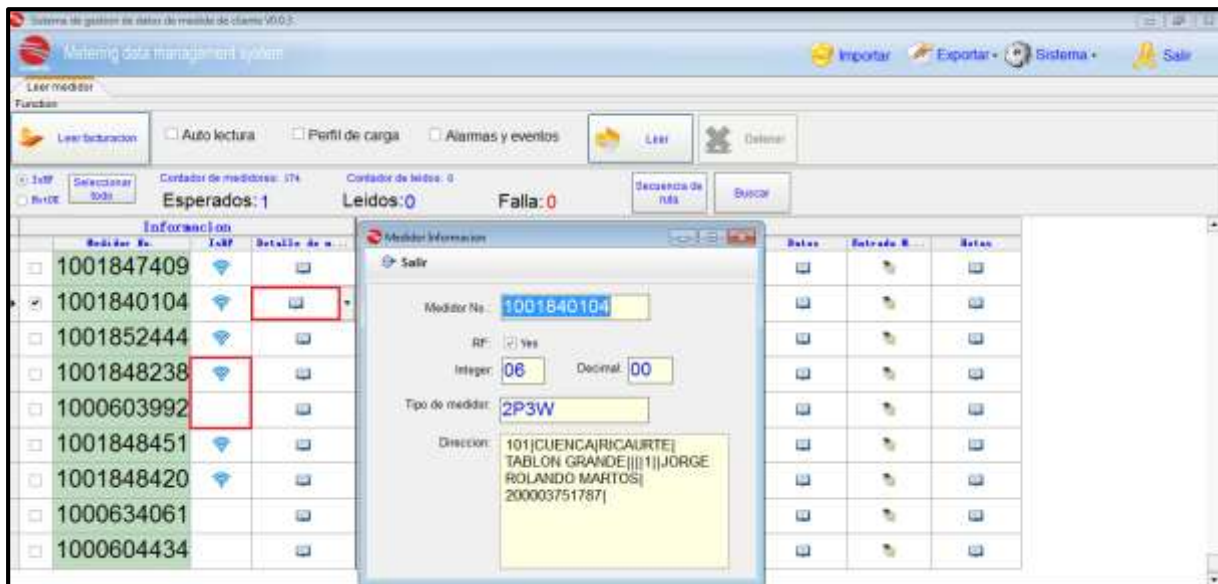



Figura 87. Detalles del medidor

Fuente: Fuente Autores

En la figura 87 se puede observar que los medidores que tienen la función de radio frecuencia tienen el siguiente símbolo  y los medidores que no son con tecnología de radio frecuencia el símbolo queda en blanco.

Para realizar la lectura del medidor se puede seleccionar uno o todos los medidores y seleccionamos leer facturación para que el software lea el o todos los medidores seleccionados figura 88.

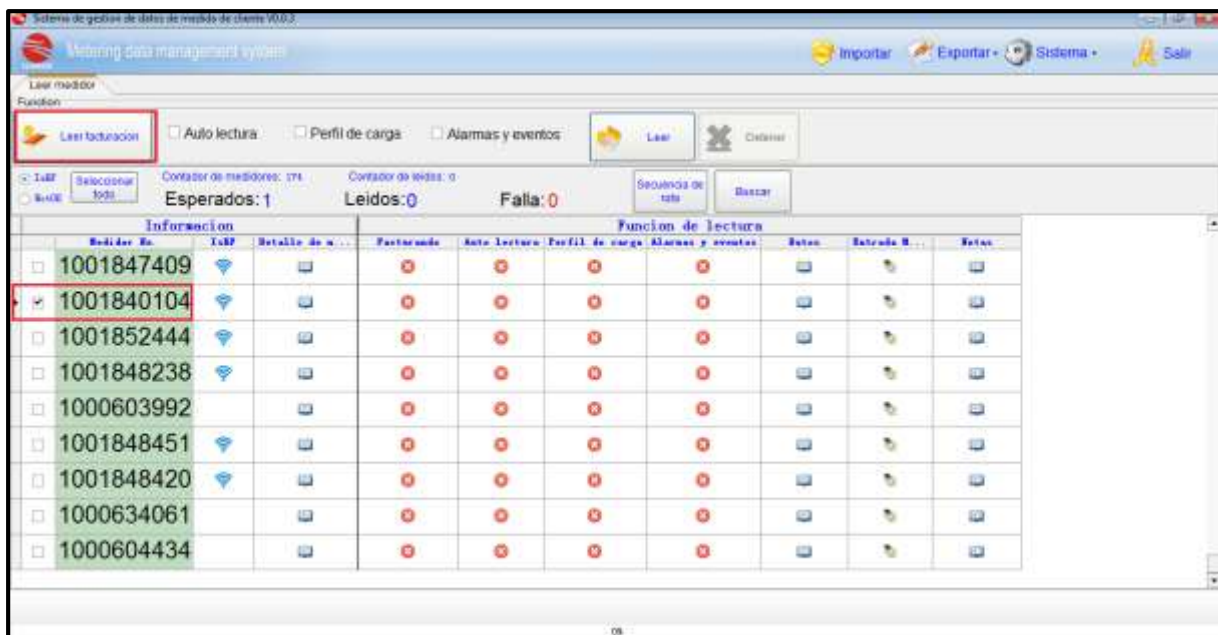


Figura 88. Proceso para la lectura de medidores

Fuente: Fuente Autores

Una vez realizada la lectura de los medidores se puede ver los datos de lectura de cada medidor figura 89.

The screenshot displays the MDMS interface. At the top, there are navigation buttons: 'Importar', 'Exportar', 'Sistema', and 'Salir'. Below this, a 'Leer medidor' section contains function buttons: 'Leer facturación', 'Auto lectura', 'Perfil de carga', 'Alarmas y eventos', 'Leer', and 'Cancelar'. A status bar shows 'Esperados: 1', 'Leídos: 0', and 'Falla: 0'. The main area is a table with columns for 'Medidor No.', 'Info', 'Detalle de...', 'Función de lectura', 'Datos', 'Entrada M...', and 'Notas'. A modal window is open for meter 1001827399, showing 'Medidor No.: 1001827399' and a 'Función de lectura' dropdown menu with options: 'Facturación', 'Auto lectura', 'Cargar perfil', and 'Alarmas y eventos'. The 'Auto lectura' option is selected. Below the dropdown, the following data is displayed:

Energía activa	001450.86	kWh
Energía reactiva	000632.29	kvarh
Demanda máxima	00.6328	kW

Figura 89. Datos de lectura

Fuente: Fuente Autores

Para los medidores con RF que no pueden leer los datos, se puede ingresar de manualmente los datos haciendo clic en el botón “Entrada Manual”, elija “Aceptar” y luego aparece el cuadro que se muestra en la figura 90.

Los datos de facturación incluyen: Energía activa (kWh), Energía reactiva (kvarh), Demanda Máxima (kW).

Después de ingresar los datos, haga clic en “Guardar”, entonces el medidor tendrá los datos ingresados.

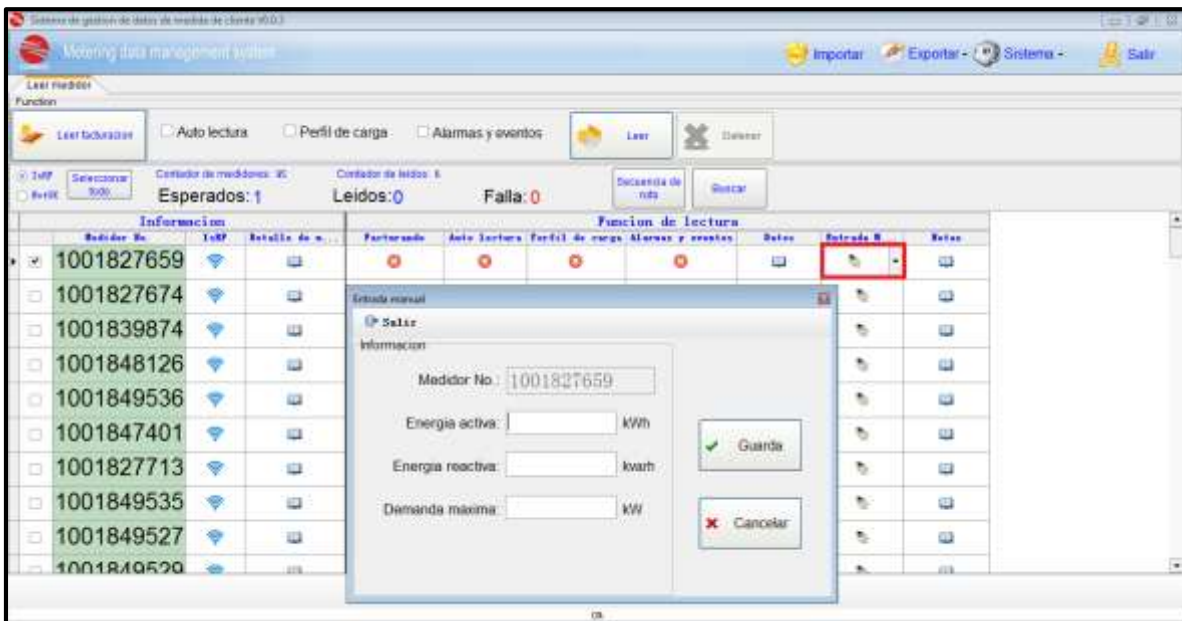


Figura 90. Ingreso de datos manualmente

Fuente: Fuente Autores

Para obtener "Auto Lecturas" seleccionamos con un clic y procedemos hacer un clic en "Leer" de esa manera obtenemos los datos que registra en el medidor como voltaje instantáneo y la corriente de cada fase, tarifas y registran las 121 auto lecturas.

Los datos pueden exportarse en formato: TXT o CSV.

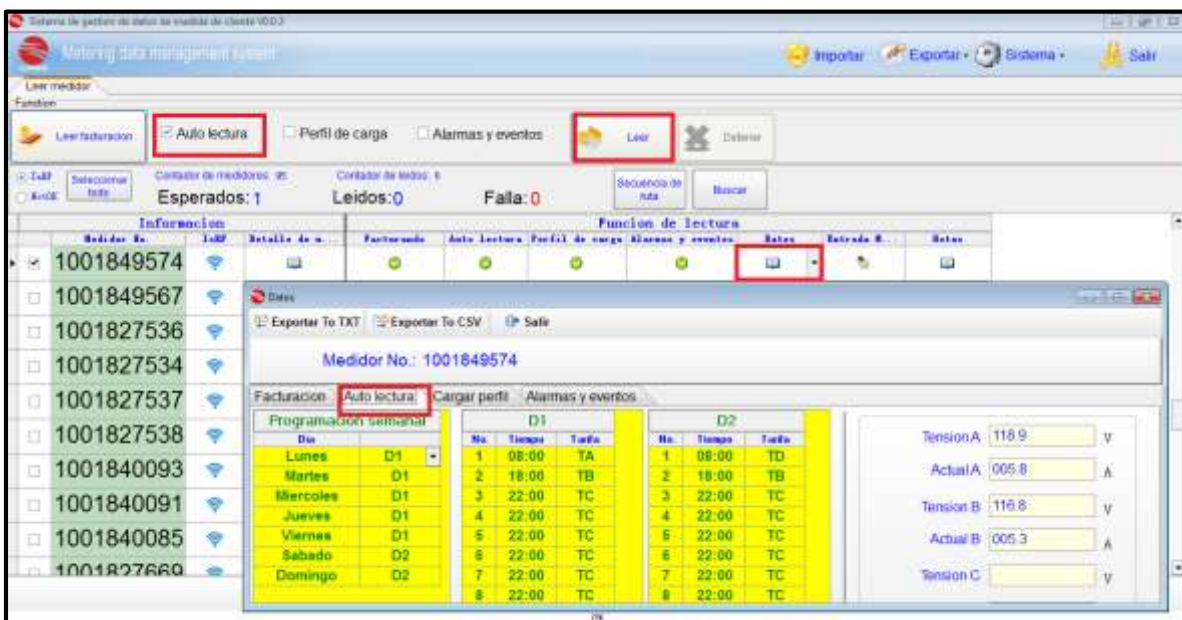


Figura 91. Auto lectura

Fuente: Fuente Autores

Para obtener “Perfil de carga” seleccionamos con un clic y procedemos hacer un clic en “Leer” de esa manera obtenemos los datos que registra en el medidor como el perfil de carga (kW) con un mínimo de 60 días a intervalos de 15 minutos (configuración de fábrica).

Los datos pueden exportarse en formato: TXT o CSV.

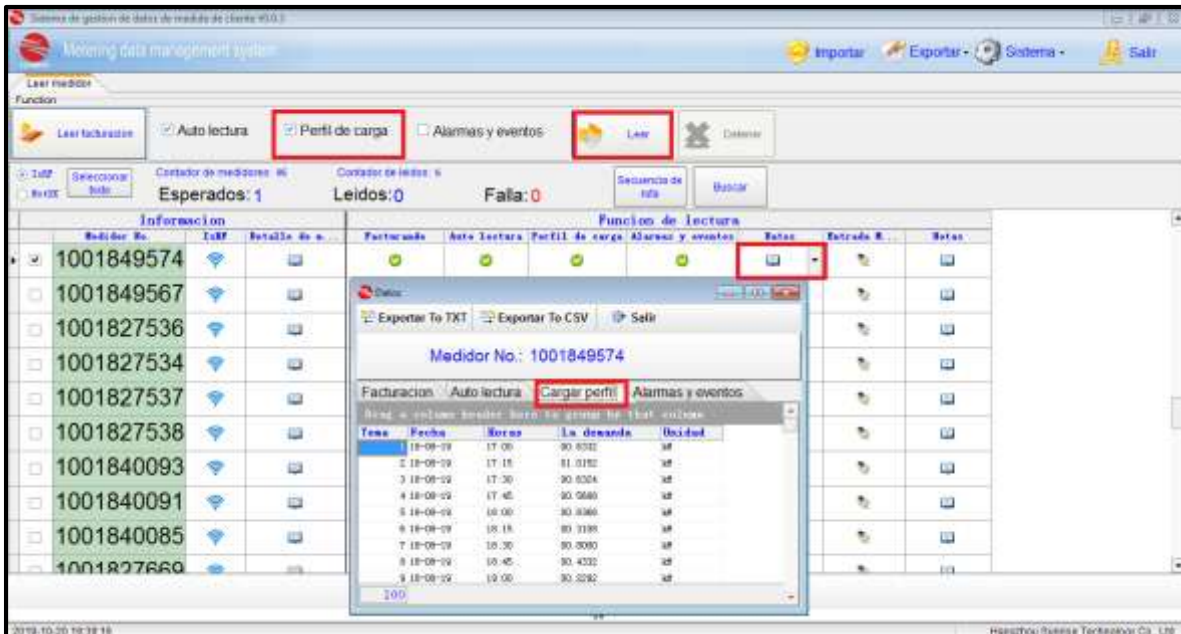


Figura 92. Perfil de carga

Fuente: Fuente Autores

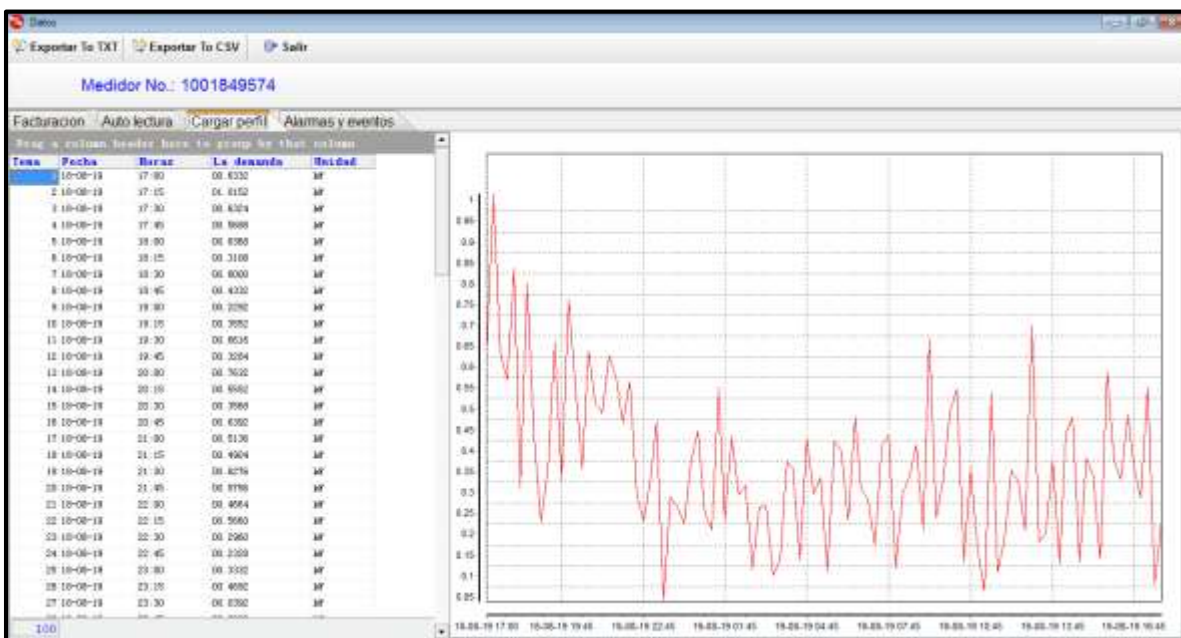


Figura 93. Curva de perfil de carga

Fuente: Fuente Autores

Para obtener “Alarmas y eventos” seleccionamos con un clic y procedemos hacer un clic en “Leer” de esa manera obtenemos los datos que registra en el medidor como: reinicio de demanda, sincronización de tiempo, fallas de energía, ausencia de voltaje en las fases, intentos de accesos no autorizados, error en memoria, batería baja (configuración de fábrica).

Los datos pueden exportarse en formato: TXT o CSV.

The screenshot shows the 'Metering data management system' interface. At the top, there are buttons for 'Importar', 'Exportar', 'Sistema', and 'Salir'. Below that, there are radio buttons for 'Leer facturas', 'Auto lectura', 'Perfil de carga', 'Alarmas y eventos', and 'Leer'. The 'Alarmas y eventos' option is selected. Below the radio buttons, there are status indicators: 'Esperados: 1', 'Leídos: 0', and 'Falla: 0'. A table of meters is displayed with columns for 'Medidor No.', 'WiFi', 'Detalle de s.', 'Facturación', 'Auto lectura', 'Perfil de carga', 'Alarmas y eventos', 'Notas', 'Entrada R.', and 'Notas'. The meter 1001849574 is selected, and a 'Datos' window is open for it. This window has buttons for 'Exportar To TXT', 'Exportar To CSV', and 'Salir'. Below these buttons, there are tabs for 'Facturación', 'Auto lectura', 'Cargar perfil', and 'Alarmas y eventos'. The 'Alarmas y eventos' tab is active, showing a table of event logs with columns for 'Time', 'Data time', and 'Evento'. The event logs show various events such as 'Meter switch off', 'Meter restart', and 'BIC setting'.

Time	Data time	Evento
1	2007-11-08 18:38:06	Meter switch off
2	2007-11-08 18:40:18	Meter restart
3	2007-11-08 18:42:04	BIC setting
4	2007-11-08 18:42:10	BIC setting
5	2007-11-08 18:43:01	Meter switch off
6	2007-11-08 18:43:02	Meter restart
7	2007-11-08 18:49:08	Meter switch off
8	2007-11-08 18:49:08	Meter restart

Figura 94. Alarmas y eventos

Fuente: Fuente Autores

Presionar el botón “Notas”, puede seleccionar las notas que desea añadir a la lectura como se muestra en la figura 95.

Sistema de gestión de datos de medidores de cliente VEA.3

Metering data management system

Importar Exportar Sistema Salir

Leer medidor

Función

Leer lecturas Auto lectura Perfil de carga Alarmas y eventos

Contador de medidores: 95 Contador de lecturas: 4

Esperados: 1 Leídos: 0 Falla: 0

Sequencia de lista

Medidor No.	WiFi	Detalle de m...	Pactoreado	Auto lectura	Perfil de carga	Alarmas y eventos	Batería	Batería R.	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> 1001827659									
<input type="checkbox"/> 1001827674									
<input type="checkbox"/> 1001839874									
<input type="checkbox"/> 1001848126									
<input type="checkbox"/> 1001849536									
<input type="checkbox"/> 1001847401									
<input type="checkbox"/> 1001827713									
<input type="checkbox"/> 1001849535									
<input type="checkbox"/> 1001849527									
<input type="checkbox"/> 1001810620									

Función de Lectura

Guardar Salir

- Z100-Medidor dañado y/o pantalla en blanco
- Z101-Medidor destruido
- Z102-Numero de medidor borrado
- Z103-Domicilio y/o inmueble: cerrado, vacío, abandonado
- Z104-Medidor no localizado
- Z105-Medidor reportado como errante
- Z106-Medidor retirado
- Z107-Accesso al medidor se encuentra obstruido de difícil estabilidad
- Z108-Porro bruto
- Z109-Medidor desprogramado
- Z110-Medidor electrónico requiere cambio de batería
- Z111-Falta de energía en la red, medidor electrónico pantalla LCD
- Z112-Recargar medidor
- Z120-Domicilio y/o inmueble: cerrado, vacío, abandonado
- Z121-Accesso al medidor se encuentra obstruido de difícil estabilidad
- Z122-Medidor electrónico: requiere cambio de batería
- Z123-Recargar medidor
- Z124-Visor de caja o huso del medidor opaco u obstruido
- Z125-Alerta y/o mensaje en pantalla medidor electrónico
- Z200-Actualizar cambio de medidor
- Z201-Corregir dirección
- Z202-Recargar Marca de medidor
- Z203-Se identifica otro tipo de utilización de la energía (revisar Tarifa)
- Z204-Recargar Grupo de Numerador (dígitos enteros y decimales)
- Z205-Numero de serie del medidor difiere con el numero de serie de la orden de
- Z206-Recargar Grupo de Numerador (dígitos enteros y decimales)

2019-10-21 14:28:01

Figura 95. Notas

Fuente: Fuente Autores



**PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL**

Nosotros, Carlos Javier Parra Vásquez portador de la cédula de ciudadanía N° 0106236540 y Darwin Patricio Quizhpe Gualán portador de la cédula de ciudadanía N° 1105116964. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "**Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de medición de energía eléctrica con tecnología de radio frecuencia para CENTROSUR**" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 05 de Diciembre de 2019

.....
Carlos Javier Parra Vásquez

.....
Darwin Patricio Quizhpe Gualán