

Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al documento y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Chía - Cundinamarca

UNIVERSIDAD DE LA SABANA



FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN GERENCIA DE INGENIERÍA

VIABILIDAD SOCIOECONÓMICA Y TECNOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
UNA RED DE INTERNET CON TECNOLOGÍA PLC EN UN MUNICIPIO SIN
INTERCONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA DEL PAÍS.

AUTORES

JEAN LAWRENCE GONZÁLEZ MAHECHA
MAURICIO LOZADA PEÑARANDA
RAMIRO VALENCIA ACEVEDO

DIRECTOR

DR. GERMÁN MÉNDEZ GIRALDO

CHÍA, MARZO DE 2017

*A Dios, quien nos guió en la ardua jornada.
A nuestras familias por su generosa paciencia
y constante acompañamiento.
A las empresas donde laboramos,
por su colaboración e impulso, que
nos permitieron este importante logro.*

*A Germán Méndez por su direccionamiento
estructurado y permanente disposición.
A Andrés Cuellar por el soporte.*

Resumen

En este trabajo se presenta el estudio realizado con el fin de determinar la viabilidad socioeconómica y tecnológica para la implementación de una red de Internet con tecnología *Power Line Communications (PLC)* en Yacopí, una población ubicada al noroeste de Cundinamarca, la cual no cuenta con una conexión a la red eléctrica del país; esto significa que en caso de una falla en la subestación generadora de energía de Yacopí, el municipio quedaría sin energía eléctrica hasta encontrar y solucionar el inconveniente, debido a que, al estar sin conexión a la red eléctrica del país, no cuenta con un sistema eléctrico de contingencia que permita recibir energía de otra subestación.

El estudio se apalanca sobre la red eléctrica actual del municipio, teniendo en cuenta que no se tendrá una modificación en los componentes que actualmente la conforman. Esta propuesta es una alternativa de las opciones tradicionales para la conectividad de última milla, la cual podría ser implementada por el operador de red eléctrica, un prestador de servicios de internet o inversores públicos o privados, para lo cual se propone un modelo de negocio, un estudio de pre factibilidad técnica y una simulación del impacto social en la población generada en el caso de implementación, buscando transformar vertiginosamente el uso de internet en zonas de accesibilidad restringida a través de la gestión de la ingeniería, siendo pioneros en la adopción de la tecnología *Power Line Communications (PLC)* para cubrir la demanda de internet en las comunidades, municipios o sectores del país que no tienen acceso a este servicio.

La metodología de solución de este estudio, se configura a partir de tres pilares fundamentales que justifican el alcance, la ejecución y el posible desarrollo del mismo; de igual forma, argumenta de manera estructurada y metodológica la conveniencia de cada uno de estos pilares, y la interacción y correlación de los mismos.

Finalmente, se comparte un precedente sustentado, en donde la mezcla entre impacto social y el uso de las tecnologías en servicio de los más necesitados, a su vez pueden ser fuentes significativas de ingresos y sostenibilidad en el tiempo.

Palabras clave: red interconectada, dinámica de sistemas, modelo de negocio, gestión social, internet productivo.

Abstract

This paper presents a study carried out in order to determine the socioeconomic and technological viability for the implementation of an Internet network with Power Line Communications (*PLC*) technology in Yacopí, a population located northwest of Cundinamarca, which does not have a connection to the country's electricity grid; this means that in the event of a failure in the Yacopí power generation substation, the municipality would be without electricity until finding and solving the inconvenience, due to the fact that, since it is not connected to the country's electricity network, it does not have an electric contingency system that allows to receive energy from another substation.

The study focuses on the current electricity grid of the municipality, taking into account that its components will not be modify. This proposal is an alternative of the traditional options for last mile connectivity, which could be implemented by the electric network operator, an Internet service provider or public or private investors, for which a business model is proposed. A study of technical pre-feasibility and a simulation of the social impact in the population generated in the case of implementation, seeking to transform the use of the internet in areas of restricted accessibility through engineering management, being pioneers in the adoption of the Power Line Communications (*PLC*) technology to meet the demand for Internet in communities, municipalities or sectors of the country that do not have access to this service.

The solution methodology of this study is based on three fundamental pillars that justify the scope, the execution and the possible development of the same one. In the same way, argues in a structured and methodological manner the suitability of each of these pillars, and the interaction and correlation of them.

Finally, a sustained precedent is shared, where the mix between social impact and the use of the technologies in service of the people who need it the most, in turn can be significant sources of income and sustainability over time.

Key words: interconnected network, systems dynamics, business model, social management, productive internet.

Contenido

1. Introducción.....	17
2. Problema	19
2.1. Planteamiento del problema.....	19
3. Justificación.....	21
4. Objetivos	23
4.1. Objetivo General.....	23
4.2. Objetivos Específicos	23
5. Antecedentes	24
5.1. Ubicación.....	24
5.1.1. Yacopí.....	24
5.1.2. Población	25
5.1.3. Indicadores	26
5.1.4. Servicios públicos	28
5.1.5. Internet.....	29
5.1.6. Educación	29
5.1.7. Actividad económica	31
5.2. Tecnología <i>PLC</i>	32
5.3. Plan gubernamental - Vive Digital	34
6. Marco teórico.....	37
6.1. Conocimiento en línea y la educación	37
6.2. Importancia social del Internet.....	38
6.3. Internet en Colombia	40
6.4. Requerimientos de velocidad del internet según uso	43
6.5. Penetración del internet en Colombia.....	44
6.6. Efectos del internet.....	46
6.7. Tipos de acceso a internet	48

6.8. Tecnología <i>PLC</i>	49
6.8.1. Descripción general	49
6.8.2. Diseño de la topología	53
6.9. Estado del arte	54
6.9.1. Estudios técnicos de la tecnología a nivel mundial	54
6.9.2. Implementación de <i>PLC</i> en el mundo	57
6.10. Metodología de solución del problema.....	62
6.10.1. Entorno social.....	63
6.10.2. Entorno tecnológico.....	73
6.10.3. Entorno económico.....	75
7. Resultados obtenidos.....	86
7.1. Caracterización de variables socioeconómicas mediante un modelo de dinámica de sistemas	86
7.1.1. Diagrama de relaciones de las variables del sistema	91
7.1.2. Diagrama causal de las variables del sistema	93
7.1.3. Aproximación al modelo matemático	95
7.1.4. Simulación del sistema	102
7.1.5. Análisis de resultados obtenidos.....	109
7.2. Viabilidad tecnológica en la implementación de una red de internet con tecnología <i>PLC</i> en el municipio de Yacopí, Cundinamarca	120
7.2.1. Criterios de selección.....	120
7.2.2. <i>Benchmarking</i> tecnológico.....	124
7.2.3. Jerarquías de decisión.....	131
7.2.4. Resultados del AHP	134
7.3. Desarrollo de modelo de negocio que demuestra las bondades de la tecnología <i>PLC</i> . 150	

7.3.1. Análisis del entorno <i>PEST</i>	150
7.3.2. CANVAS	156
7.3.3. Análisis de resultados del modelo financiero	177
8. Conclusiones.....	183
Sinergias de los pilares	185
9. Recomendaciones.....	186
10. Contribuciones al conocimiento	187
11. Bibliografía.....	188

Lista de Tablas

Tabla 1. Distribución de la población Municipal 2015.....	25
Tabla 2. Indicadores Municipio de Yacopí.....	26
Tabla 3. Estudiantes matriculados al sistema educativo formal (2010).....	31
Tabla 4. Historia de internet en Colombia.....	41
Tabla 5. Evaluación del impacto del internet en nuestro medio.....	47
Tabla 6. Accesos y Tecnologías de Internet.....	49
Tabla 7. Niveles de Tensión según NTC 1340.....	49
Tabla 8. Transferencias obtenidas en Ecuador.....	61
Tabla 9. Fabricantes de chips para los equipos <i>PLC</i>	61
Tabla 10. Áreas principales y módulos de análisis Canvas.....	84
Tabla 11. Verificación y origen de las variables utilizadas en el modelo.....	90
Tabla 12. Diferencia acumulada entre los dos escenarios planteados.....	112
Tabla 13. Resumen de características de las tecnologías de acceso a internet.....	125
Tabla 14 Valoración Niveles de Selección.....	131
Tabla 15 Ponderación Niveles de Selección.....	132
Tabla 16 Valoración de criterios tecnológicos.....	132
Tabla 17 Ponderación de criterios tecnológicos.....	133
Tabla 18 Valoración criterio simplicidad de la implementación.....	135
Tabla 19 Ponderación criterio simplicidad de la implementación.....	135
Tabla 20 Valoración criterio capacidad compartida.....	136
Tabla 21 Ponderación criterio capacidad compartida.....	136
Tabla 22 Valoración criterio simetría.....	136
Tabla 23 Ponderación criterio simetría.....	137
Tabla 24 Valoración ancho de banda.....	137
Tabla 25 Ponderación ancho de banda.....	137
Tabla 26 Valoración fácil mantenimiento.....	138
Tabla 27 Ponderación fácil mantenimiento.....	138
Tabla 28 Valoración confiabilidad.....	138
Tabla 29 Ponderación confiabilidad.....	139

Tabla 30 Valoración escalabilidad.....	139
Tabla 31 Ponderación escalabilidad.....	139
Tabla 32. Resultado valoración de criterios selección.....	140
Tabla 33. Proyección de demanda.....	169
Tabla 34. Supuestos generales.....	171
Tabla 35. Presupuesto general.....	172
Tabla 36. Presupuesto – costos directos equipos técnicos.....	173
Tabla 37. Presupuesto – costos directos obra civil.....	174
Tabla 38. Presupuesto - costos indirectos.....	175
Tabla 39. Presupuesto - costos de funcionamiento.....	176
Tabla 40. TIR desapalancada – variación en cantidad de usuarios <i>Fuente:</i> Elaboración propia.	178
Tabla 41. TIR apalancada – variación en cantidad de usuarios.....	178
Tabla 42. TIR desapalancada – variación en inflación.....	179
Tabla 43. TIR apalancada – variación en inflación.....	179
Tabla 44. TIR desapalancada – variación en TRM <i>Fuente:</i> Elaboración propia.....	180
Tabla 45. TIR apalancada – variación en TRM.....	181
Tabla 46. TIR desapalancada – variación en capitalización.....	181
Tabla 47. TIR apalancada – variación en capitalización.....	182

Lista de figuras

Figura 1. Localización general.....	24
Figura 2. Mapa Yacopí	25
Figura 3. Población por sexo y grupo de edad Yacopí 2015	26
Figura 4. Pirámide poblacional Yacopí, 2005, 2015, 2020	27
Figura 5. Porcentaje de cobertura de servicios públicos en los hogares de Yacopí.....	28
Figura 6. Porcentaje de cobertura de servicios públicos en los hogares de Yacopí.....	29
Figura 7. Cobertura escolar	30
Figura 8. Correlación entre pobreza y usuarios de internet <i>Fuente: Plan Vive Digital-La necesidad de masificar internet en Colombia.</i>	36
Figura 9. Penetración mundial de internet.....	40
Figura 10. Arquitectura Red Internet	43
Figura 11. Requerimientos de ancho de banda según tipo de aplicación	44
Figura 12. Penetración del internet comparativa 1T-2016 con 4T-2015.....	45
Figura 13. Índice de penetración de internet 1T-2015 1T-2016.....	46
Figura 14. Esquema eléctrico colombiano con los respectivos niveles de tensión.....	50
Figura 15. Esquema eléctrico para sistemas no conectados a la red nacional	51
Figura 16. Esquema eléctrico representado en un diagrama unifilar.....	51
Figura 17. Frecuencias para la transmisión de señal	52
Figura 18. Diagrama unifilar con la implementación de la red <i>PLC</i>	53
Figura 19. Pruebas <i>PLC</i> más relevantes en Europa	58
Figura 20. Pruebas realizadas en EEUU.....	58
Figura 21. Esquema de implementación de <i>PLC</i> en Ecuador usando un punto terminal	60
Figura 22. Diagrama conceptual que describe la metodología de solución del problema	63
Figura 23. The Balanced Scorecard. Enlaces de evaluación de resultados.....	81
Figura 24. Componentes del modelo comercial	82
Figura 25. Diagrama modelo Canvas	83
Figura 26. Diagrama de modelo Canvas: 4 áreas principales	85

Figura 27. Metodología de modelación	87
Figura 28. Diagrama de espina de pescado.....	92
Figura 29. Diagrama causal del sistema	94
Figura 30. Modelo poblacional del sistema dinámico	95
Figura 31. Modelo causal de interesados en conocimiento en línea	96
Figura 32. Modelo causal de ciclo de aprendizaje online	98
Figura 33. Modelo causal del porcentaje de población impactada	100
Figura 34. Modelo Casual para determinar impacto en el PIB	101
Figura 35. Comportamiento de la población real (azul) vs. Comportamiento población simulado (Naranja)	103
Figura 36. Comportamiento de población rural y urbana.....	103
Figura 37. Comportamiento del número de hogares	104
Figura 38. Comportamiento de los interesados en el conocimiento en línea	104
Figura 39. Comportamiento del número de usuarios que adquirieron conocimiento urbano	105
Figura 40. Comportamiento del número de usuarios que adquirieron conocimiento rural	106
Figura 41. Comportamiento del número de usuarios atendidos para el ocio.....	106
Figura 42. Comportamiento del número de usuarios atendidos para la ganadería	107
Figura 43. Comportamiento del número de usuarios atendidos para la agricultura.....	107
Figura 44. Comportamiento del número de usuarios atendidos para la minería	108
Figura 45. Comportamiento del número de usuarios atendidos para el turismo.....	108
Figura 46. Comportamiento del impacto al PIB	109
Figura 47. Cubrimiento de Yacopí con internet	110
Figura 48. Comparación de las variables principales teniendo en cuenta el crecimiento del 6,1 % de internet y la penetración actual de internet	111
Figura 49. Estudiantes de Yacopí contestando la encuesta	113
Figura 50. Nivel de estudios de la muestra	114
Figura 51. Servicios de internet que presenta la muestra	114
Figura 52. Distribución de la causa de no acceso a internet de la muestra.....	115

Figura 53. Distribución de la tenencia de equipo para el acceso a internet que presenta la muestra.....	115
Figura 54. Punto de Vive Digital del municipio de Yacopí	116
Figura 55. Persona que administra el punto, con un integrante del equipo	117
Figura 56. Distribución de edades que utilizan el punto Vive Digital	117
Figura 57. Relación de visitas del punto Vive Digital de Yacopí para el año 2015	118
Figura 58. Relación de visitas del punto vive digital de Yacopí para lo corrido del año 2016	118
Figura 59. Pruebas de velocidad del punto de Vive Digital de Yacopí	119
Figura 60. Distribución de las acciones para aumentar el uso de internet	120
Figura 61. Suscriptores de internet fijo dedicado por tecnología de acceso.....	121
Figura 62. Comparación de cobertura vs. Tasa de transferencia de tecnologías de acceso	130
Figura 63. Reporte de promedio global de las velocidades de conexión de banda ancha en el mundo.....	130
Figura 64. Velocidad de transferencia de archivos a través de la red local <i>PLC</i>	141
Figura 65. Desempeño de la tarjeta de red durante el ciclo 1 de prueba	142
Figura 66. Desempeño de la tarjeta de red durante el ciclo 1 de pruebas	142
Figura 67. Desempeño de la tarjeta de red durante el ciclo 1 de pruebas	143
Figura 68. Cableado de la vivienda donde se realizó el estudio.....	143
Figura 69. Cableado exterior de la vivienda donde se realizó el estudio.....	144
Figura 70. Tendido eléctrico entre las casas de pruebas	145
Figura 71. Tendido eléctrico entre las casas de pruebas	145
Figura 72. Tendido eléctrico entre las casas de pruebas	146
Figura 73. Transferencia de datos entre dos celulares separados 2 metros de distancia	148
Figura 74. Transferencia de datos entre dos celulares separados 10 metros de distancia	148
Figura 75. Transferencia de datos entre dos celulares separados 20 metros de distancia	149

Figura 76. Transferencia de datos entre dos celulares separados 30 metros de distancia 149

Figura 77. Canvas Proyecto *PLC* 156

Figura 78. Comportamiento ingreso nuevos usuarios año a año 169

1. Introducción

En la actualidad el avance tecnológico acelerado en el ámbito de las telecomunicaciones y las tecnologías de información va ganando mayor importancia en el mundo, permitiendo hacer más sencillas las comunicaciones y generando un crecimiento en el desarrollo de las sociedades, permitiéndoles ser más competitivas al proporcionarles posibilidades de adquirir y propagar el acceso a los servicios y sistemas de información dispuestos en internet, y así mismo generar un aumento del conocimiento de las personas y su acercamiento a las regiones.

Basado en lo anterior, las nuevas tecnologías que pueden desarrollarse al máximo, comúnmente se implementan en el sector urbano, donde por lo general son aplicadas con mayor facilidad; sin embargo es en los sectores alejados de las cabeceras municipales donde se presenta una difícil penetración de los servicios de telecomunicación y, por tanto, a la oportunidad de acceso al conocimiento. Esto contribuye a que la información que circula a diario por medio de internet se encuentre alejada de este sector rural, impidiendo un constante desarrollo del mismo.

Actualmente el gobierno colombiano desarrolla programas por medio del Ministerio de las Telecomunicaciones para garantizar una mayor cobertura del servicio de internet y fomentar el desarrollo del país; sin embargo dichos programas se basan en tecnologías convencionales como *Wifi* y fibra óptica, pero en la actualidad existe la tecnología *Power Line Communications (PLC)* la cual es una de las tecnologías más rápidas para el acceso a internet y otras aplicaciones relacionadas a la transmisión de datos en el tramo de la última milla. *PLC* es una opción atractiva pues consiste en utilizar las redes eléctricas de media y baja tensión ya existentes para transmitir los datos; de este modo no requiere infraestructura adicional, evitando invertir en este aspecto. De esta forma, todos los tomacorrientes del hogar se pueden utilizar como nodos. Esto otorga movilidad a sus clientes, ya que solo tienen que desconectar sus módems *PLC* y llevarlos a su nueva ubicación.

Antes del desarrollo de esta tesis no se han encontrado estudios de verificación sobre el comportamiento de la tecnología *PLC* en las redes eléctricas de nuestro país; por ende

este estudio pretende desarrollar un modelo socioeconómico con el fin de analizar si la implementación de esta tecnología para una localidad específica (Yacopí) puede ser una posibilidad de solución al problema del acceso a internet en localidades con características similares.

2. Problema

2.1. Planteamiento del problema

Actualmente el mundo presenta una situación de globalización y masificación en el uso de tecnologías para apalancar el desarrollo de los Estados o naciones en los diferentes sectores como son el económico, agropecuario, público e industrial, los cuales interactúan de manera efectiva a través del uso de canales de comunicación rápidos y seguros como es el internet.

Colombia presenta una implementación de la tecnología del internet desde el año 1994 de manera efectiva y abierta al público; según el periódico *El Tiempo* (EL TIEMPO, 2013), la penetración se ha desarrollado de manera progresiva a nivel de las ciudades principales del país y sus principales municipios (MINTIC, 2013). Sin embargo la penetración a niveles rurales no se ha logrado en su totalidad; por ende el gobierno Colombiano generó la iniciativa VIVE DIGITAL (MINTIC, 2014a), el cual es un plan de expansión de tecnología para los próximos cuatro años en Colombia, que busca que el país dé un gran salto tecnológico mediante la masificación de Internet y el desarrollo del ecosistema digital nacional (MINTIC, 2014b).

Analizando el plan descrito anteriormente, y realizando una búsqueda, dentro del Estado del arte, no se encuentra referentes asociados a la implementación efectiva para hacer uso de la red eléctrica como medio de transmisión de servicios de telecomunicación como son internet banda ancha, video y audio entre otros; por consiguiente este proyecto busca transformar vertiginosamente el uso de internet en zonas de accesibilidad restringida a través de la gestión de la ingeniería, siendo pioneros en la adopción de la tecnología PLC para cubrir la demanda de internet en las comunidades, municipios o sectores del país que no tienen acceso a este servicio, como es el caso de la comunidad del municipio de Yacopí Cundinamarca, donde actualmente se presenta una falencia en la cobertura total del municipio, como es enunciado textualmente en su sitio web descrito a continuación:

El servicio de internet en el municipio es prestado por empresas privadas y en algunos sitios por COMPARTEL. Funciona en locales de internet habilitados para toda clase de público; la cobertura del servicio es del 10 %,

presentando mal funcionamiento debido a que el servicio se presta por medios satelitales, lo que causa interrupciones continuas en la llegada de la señal. La Nación y la Gobernación de Cundinamarca apoyan proyectos de conectividad en algunos colegios del casco urbano y del sector rural lo que permite el acceso a los estudiantes a esta importante tecnología. (Alcaldía de Yacopí - Cundinamarca, 2014).

Adicionalmente cabe resaltar que la implementación de proyectos tecnológicos masivos a nivel nacional presentan diferentes problemáticas, la cuales según MINTIC son:

- Bajo poder adquisitivo del ciudadano:

“El costo de los terminales y el servicio de Internet siguen siendo relativamente altos para los ingresos de la mayoría de ciudadanos, por lo que muchos de estos no tienen posibilidad económica de acceder a ellos.” (MINTIC, 2011).

- Altos costos de desplegar infraestructura:

“En Colombia, actualmente sólo alrededor de 200 de los 1.102 municipios del país están conectados a través de la red de fibra óptica. Las características geográficas y de dispersión han limitado el despliegue de las redes de telecomunicaciones. También existen dificultades administrativas. Tanto en los territorios como en la última milla para el despliegue de infraestructura”. (MINTIC, 2011).

- Recursos:

“La realidad colombiana hace que los recursos con los que cuenta el Estado para invertir en infraestructura sean limitados, por lo que es importante encontrar la mejor manera de invertirlos. En el Plan Vive Digital planteamos diversas iniciativas para superarlas”. (MINTIC, 2011).

Con base en lo anterior el planteamiento se genera la siguiente pregunta, la cual se busca responder con el desarrollo de este trabajo.

¿Cuál es modelo socioeconómico y tecnológico para la implementación de una red de internet bajo la tecnología *PLC* en un municipio sin conexión a la red eléctrica del país?

3. Justificación

Con base en lo planteado anteriormente, desarrollar e implementar este tipo de proyectos de ingeniería trae, en términos sociales, beneficios como los que se describen a continuación:

Al lograr el balance que permite encontrar la viabilidad de la iniciativa planteada por medio de la gestión de la tecnología *PLC* (Sutterlin & Downey, 1999), soportada en la infraestructura eléctrica existente en el país, se generaría una nueva alternativa para el acceso al conocimiento, reduciendo los niveles de inversión para lograr penetración a nivel rural del internet, y buscando impactar diferentes aspectos como la disminución de niveles de analfabetismo, incremento en el número de bachilleres, técnicos y profesionales a nivel municipal; lo anterior generaría un crecimiento en la penetración del internet que daría oportunidad para el acceso a la información, comunicación de las zonas rurales y aumento del comercio, lo cual llevaría a un posible crecimiento de la calidad de vida del municipio y generaría un impacto positivo a nivel social. Lo anterior estaría alineado con las metas propuestas en la formulación del plan vive digital (MINTIC, 2011), la cual se soporta en modelos de implementación de plataformas TIC en otros países (Chile, India y Filipinas) y estudios como el realizado por (Norma & Carosio, 2003), donde se evidencia que se puede lograr generar un impacto social al implementar el internet como medio para la educación a distancia, generando claros aportes al desarrollo rural.

Diagramar el modelo para formular indicadores de rendimiento financiero y de oportunidad que permitan evidenciar un aprovechamiento de la infraestructura actual reduciría los niveles de inversión a corto y largo plazo, permitiendo al municipio promover y gestionar recursos y de esta manera impactar de manera directa la calidad de vida y los ingresos de los habitantes; lo anterior teniendo en cuenta que el Ministerio de las TICS del gobierno Colombiano advierte que “La realidad colombiana hace que los recursos con los que cuenta el Estado para invertir en infraestructura sean limitados, por lo que es importante encontrar la mejor manera de invertirlos”, buscando determinar los niveles de inversión requeridos para la implementación de la tecnología *PLC* en Yacopí.

Lograr establecer medios de comunicación que permitan integrar comunidades que requieren canales que les permitan acceder a programas de capacitación, entretenimiento, cultura, desarrollo, comercio electrónico, y salud en línea, teniendo en cuenta que el Ministerio de las TIC del gobierno Colombiano determinó la falta de interés por parte de los ciudadanos y los microempresarios para la implementación de este tipo de proyectos, lo cual se postula a continuación:

Como muestran las encuestas, una de las grandes razones para no tener Internet, tanto para los ciudadanos como para las microempresas, es que no encuentran la necesidad o utilidad del servicio de Internet. Esto se debe en parte a la falta de contenidos y aplicaciones locales útiles para el ciudadano o microempresa nacional, así como a la falta de apropiación de la tecnología. (MINTIC, 2011).

Entendiendo que el alcance de la iniciativa es amplio, dado que se abordan varios frentes desde el punto de vista de la ingeniería, la gerencia, y sumando el componente social, se configuran los pilares que son el balance que permite encontrar la viabilidad de la iniciativa propuesta.

Por lo tanto se requiere la utilización de herramientas de modelación que faciliten la obtención de indicadores que ayuden a determinar la viabilidad en el escenario planteado, aplicando valoración de riesgos e impactos que se podrían ocasionar en el municipio de Yacopí, y buscando definir si la tecnología permitirá establecer medios de comunicación que facilite integrar comunidades a programas de capacitación, entretenimiento, cultura, desarrollo, comercio electrónico, salud entre otros.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Determinar la viabilidad socioeconómica y tecnológica para la implementación de una red de internet con tecnología *PLC*, con el fin de diseñar un modelo de negocio para la implementación en un municipio sin interconexión a la red eléctrica del país.

4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar las variables socioeconómicas mediante un modelo de Dinámica de Sistemas que permita demostrar la importancia de este proyecto para municipios que no tengan acceso al conocimiento en línea.
- Determinar la viabilidad tecnológica para la implementación de una red de internet con tecnología *PLC* en el municipio de Yacopí – Cundinamarca.
- Desarrollar el modelo de negocio que demuestre las bondades de la tecnología *PLC* y que facilite la toma de decisiones en su implementación.

5. Antecedentes

5.1. Ubicación

Para efectos de localizar de manera puntual una problemática que se podría replicar a diferentes contextos y con el fin de delimitar dentro del alcance del estudio el levantamiento de la información adicional por tener el tamaño geográfico mayor dentro del departamento de Cundinamarca, se escoge el municipio de Yacopí para ser el lugar referencia y modelo de estudio en la implementación de la tecnología *PLC*.

5.1.1. Yacopí

El municipio está localizado a 160 kilómetros de la capital de la República de Colombia, Bogotá; Yacopí está ubicado en el sector norte del departamento de Cundinamarca, y es el municipio de mayor extensión dentro de dicho departamento; cuenta con 109.478,35 hectáreas, de las cuales 31,35 corresponden a la parte urbana, y sus restantes 109.447 corresponden a la parte rural. Con una altitud entre los 200 y los 2000 msnm, su cabecera municipal se encuentra aproximadamente a 1.416 msnm, prevaleciendo una temperatura media de 24° C y con la ventaja de poseer tres tipos de pisos térmicos: cálido, templado y frío; tiene la virtud de estructurar su economía con una gran diversidad de cultivos.

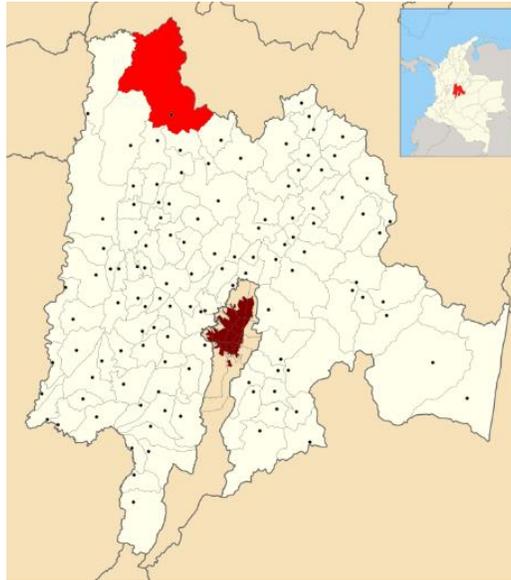
Figura 1. Localización general



Fuente: Google Maps¹

¹ Fuente: [https://www.google.com.co/maps/place/Yacopi %C3 %AD,+Cundinamarca](https://www.google.com.co/maps/place/Yacopi+%C3%AD,+Cundinamarca)

Figura 2. Mapa Yacopí



Fuente: Wikipedia²

5.1.2. Población

El Plan de Desarrollo Yacopí 2016–2019 presenta una población de 16.951 habitantes para el año 2015, según proyecciones del Departamento Administrativo de Estadística (DANE): 13.542 distribuidos en la población rural correspondiente al 79,8 %, y 3.429 localizados en la zona urbana, con el 20,2 % en relación al total; la distribución por sexo es de 50,4 % para hombres y 49,6 % para mujeres.

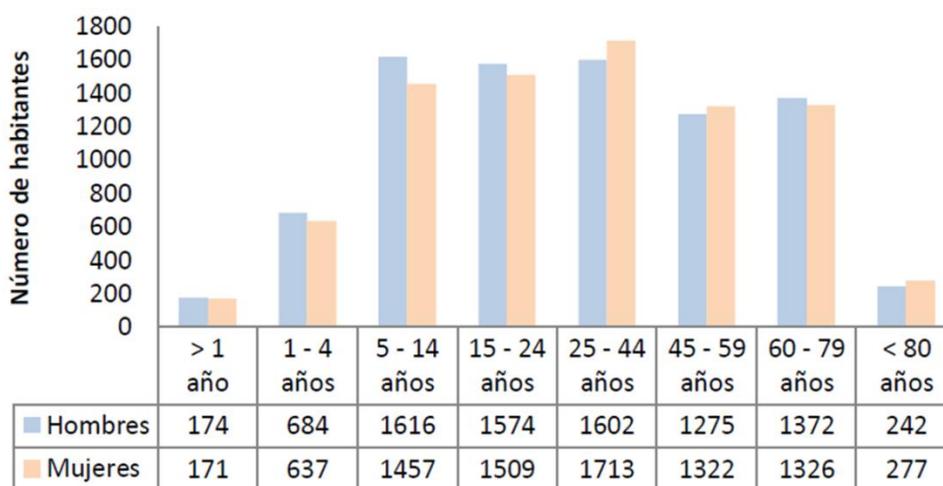
Tabla 1. Distribución de la población Municipal 2015

Municipio	Población urbana		Población rural		Población total	Grado de urbanización
	Población	Porcentaje	Población	Porcentaje		
Yacopí	3429	20,2%	13542	79,8%	16971	20,2

Fuente: Plan de Desarrollo de Yacopí 2016-2019. DANE 2015.

² Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Yacop%C3%AD>

Figura 3. Población por sexo y grupo de edad Yacopí 2015



Fuente: Plan de Desarrollo de Yacopí 2016-2019. Proyecciones de Población DANE, 2005.

5.1.3. Indicadores

El DANE, en su reporte del 2015, publica el resultado del censo general que se realizó en el 2005 y que muestra los siguientes indicadores de población, los cuales se usarán más adelante en este documento y se ilustran en la Tabla 2.

Tabla 2. Indicadores Municipio de Yacopí

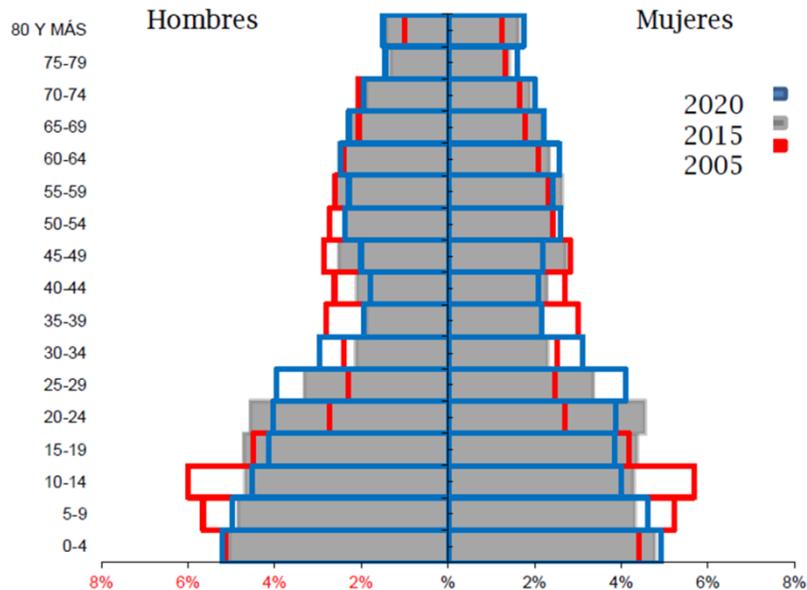
Año 2015	
Número de hogares cabecera	429
Número de hogares rural	4.473
Número de hogares total	5.102
Promedio personas por hogar	3,33
Total de personas	16.971

Fuente: Plan de Desarrollo de Yacopí 2016-2019. DANE, 2015.

Elaboración propia.

Según el Plan de Desarrollo (Plan de Desarrollo Yacopí 2016-2019) estos indicadores de población se discriminan según la siguiente pirámide poblacional basada en datos del DANE:

Figura 4. Pirámide poblacional Yacopí, 2005, 2015, 2020



Fuente: Plan de Desarrollo Yacopí 2016-2019. DANE 2005 a 2020 proyecciones de población.

Se observa que para el año 2015 el grupo más representativo es entre 20 y 24 años, superando la población para este mismo grupo del año 2005 y la esperada para el 2020. Los grupos de edad con mayor proyección para el año 2020 son los de 35 a 34 años, población joven y las edades del ciclo de adulto mayor. (DANE, 2010)

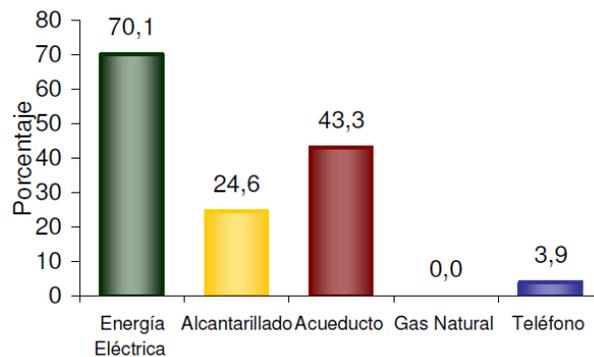
Para el año 2015 se tienen unos valores poblacionales de 16.971 habitantes; sin embargo, con base en el censo del 2005 se logró determinar un porcentaje de viviendas que poseen cobertura del servicio de energía eléctrica (DANE, 2010); esta información es relevante ya que con ella se puede determinar el porcentaje de viviendas en zona rural que podrían acceder a la tecnología a través de este medio y que se describe a continuación.

5.1.4. Servicios públicos

El sitio web oficial del municipio de Yacopí presenta de manera detallada el estado actual de la disponibilidad de servicios públicos y la prestación del servicio, según la entidad encargada para cada uno (acueducto y alcantarillado, aseo, gas natural); para efectos del presente estudio, identificamos el estado de red y cobertura en la parte eléctrica, telefonía e internet:

- **Energía eléctrica:** En la zona urbana la prestación del servicio es realizada por la empresa Codensa ESP, con una cobertura estimada de 94 % y del 70 % respecto al alumbrado público; adicionalmente presta el servicio en la zona rural, en su parte alta; para la parte baja participa la Empresa de Energía de Cundinamarca con una cobertura entre las 2 empresas del 70,10 % en la zona rural. Respecto a la calidad del servicio, se presentan cortes recurrentes no programados por fallas en las líneas y la ausencia de mantenimiento rutinario, a causa del poco personal asignado por dichas entidades para realizar el mismo de manera adecuada (Yacopí, sitio web, 2015).
- **Telefonía fija:** Servicio prestado por la empresa Telecom ESP, con un total de cobertura de 4 %, tanto en la zona urbana como en la zona rural (Yacopí, sitio web, 2015).
- **Telefonía móvil:** Servicio prestado por la empresa Claro S.A., con un total de cobertura del 80 %, tanto en la zona urbana como en la zona rural (Yacopí, sitio web, 2015).

Figura 5. Porcentaje de cobertura de servicios públicos en los hogares de Yacopí



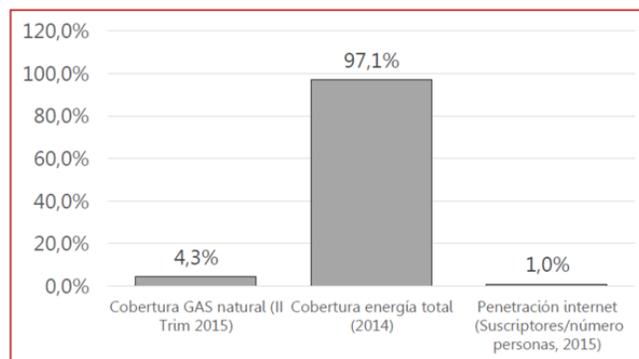
Fuente: Censo DANE 2005, Yacopí.

Con base en la se puede observar que el servicio público con mayor nivel de penetración y cobertura es el servicio de energía eléctrica, en comparación con los demás, lo que evidencia una gran oportunidad de aprovechar estos indicadores como medio de llegada a la mayor cantidad de población en zona urbana y zona rural.

5.1.5. Internet

Basados en la implementación del Plan Vive Digital (Ver Anexo A. Plan Vive Digital), el municipio de Yacopí cuenta con disponibilidad de servicio de internet en la cabecera municipal, principalmente en instituciones públicas, instituciones educativas y en negocios particulares. El Plan de Desarrollo Yacopí 2016 que se basa en las fichas municipales del DNP-2016, señala que la penetración del internet, que se mide con el número de suscriptores actuales entre el número de personas, es del 1 % para 2015; esta es una gran oportunidad para un planteamiento de implementar la tecnología PLC con una mayor cobertura, aprovechando la importante infraestructura existente de cableado eléctrico a nivel urbano y rural.

Figura 6. Porcentaje de cobertura de servicios públicos en los hogares de Yacopí



Fuente: Plan de Desarrollo Yacopí 2016-2019.

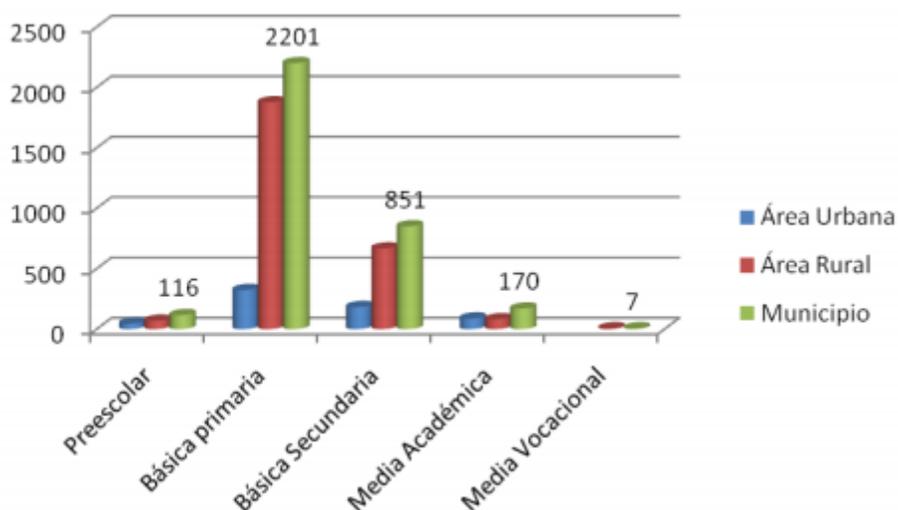
5.1.6. Educación

El portal web del municipio detalla indicadores vigentes al año 2010; para el componente educativo presenta un documento que describe el estado de la infraestructura dividida en colegios y escuelas a nivel rural y urbano, evidenciando un deterioro en la planta física e

importantes deficiencias en prestación de servicios públicos en cada una de las edificaciones; menciona, además, la falta de espacios óptimos para el aprovechamiento del tiempo libre y el esparcimiento (Yacopí, sitio web, 2015).

A la fecha se encontraban en funcionamiento 6 colegios, 4 pos primarias (modelo que permite que los jóvenes del sector rural puedan acceder al ciclo de educación básica secundaria con programas pertinentes a su contexto)³ y 104 escuelas entre urbanas y rurales, con una cobertura en cantidad de estudiantes distribuidos así:

Figura 7. Cobertura escolar



Fuente: <http://www.yacopi-cundinamarca.gov.co/indicadores.shtml>

Para el año 2010, se encontraban matriculados al sistema educativo formal 3.345 estudiantes, distribuidos en la Tabla 3. Estudiantes matriculados al sistema educativo formal (2010):

³ Fuente: <http://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-340091.html>

Tabla 3. Estudiantes matriculados al sistema educativo formal (2010)

Grado de escolaridad	Área urbana	Área rural	Municipio
Preescolar	46	70	116
Básica Primaria	324	1.877	2.201
Básica Secundaria	183	668	851
Media Académica	88	82	170
Media Vocacional	-	7	7
Totales	641	2.704	3.345

Fuente: <http://www.Yacopí-cundinamarca.gov.co/indicadores.shtml>

Estos indicadores permiten identificar un importante potencial de poder llegar con la tecnología propuesta al área rural, que es donde se concentra la mayor cantidad de estudiantes, en particular en primaria y secundaria.

5.1.7. Actividad económica

Según el Plan de Desarrollo Yacopí 2016-2019, el orden de importancia para la actividad económica lo conforman las explotaciones pecuarias, agrícolas y mineras; de ahí proviene la mayor cantidad de ingresos para los habitantes. Sin embargo es muy notoria la falta de tecnificación en los procesos, adecuada comercialización, necesidad de infraestructura como centros de acopio y transformación y la falta de cultura de asociación, razón por la cual los procesos productivos pierden la oportunidad de real rentabilidad, pues esta es aprovechada por los intermediarios que se benefician de las condiciones de los productores y se quedan con la ganancia del negocio.

5.1.7.1. Ganadería

Según el Plan de Desarrollo Yacopí 2016-2019, las explotaciones pecuarias son la mayor fuente de ingresos para sus habitantes, que adelantan actividades intensivas de comercialización en los municipios cercanos, y con parte de esta hacia sus propios habitantes, pero con una dinámica bastante menor; actualmente la actividad de ganadería intensiva cuenta principalmente con población bovina (para la producción de

carne y leche), porcinos, aves y piscicultura, y la población caballar (entre equinos, mulares y asnos) para transporte de carga y como medio de transporte altamente usado por las personas, en veredas y en parte de la cabecera municipal.

5.1.7.2. Agricultura

El 60 % de los predios de todo el municipio aprovechan una porción del mismo para cultivos de café, caña, hortalizas y frutales; es un municipio con un volumen considerable en cultivos, pero gran parte de la producción se pierde por bajos precios o falta de oportunidad de ser vendidos, dando espacio a ser aprovechado, en este caso, por intermediarios que adquieren los productos a borde de carretera en vías de acceso.

5.1.7.3. Minería

A pesar de ser una región relativamente limitada en sus ingresos, cuenta con varias minas de explotación de esmeraldas que son una importante fuente de empleo e ingresos a la economía local; sin embargo, parte de los procesos exploratorios presentan un alto impacto en las condiciones ambientales de las zonas contiguas dentro del proceso de explotación.

5.1.7.4. Turismo

Actualmente el municipio busca impulsar el turismo como una futura fuente de ingresos importante; su gran desafío es generar el reconocimiento a nivel región de los atractivos que posee, y adicionalmente minimizar el estigma que posee como un epicentro histórico de violencia y desplazamiento.

5.2. Tecnología PLC

La tecnología *PLC* es capaz de transmitir datos a través de la red eléctrica, y, por lo tanto, se puede extender a una red de área local existente o compartir una conexión a internet a través de los toma corrientes eléctricos con la instalación de unidad específica.

El principio de *PLC* consiste en la superposición de una señal de alta frecuencia (de 1,6 a 30MHz) con bajos niveles de energía sobre la señal de la red eléctrica de 50 o 60 Hz. Como lo afirma un estudioso del caso (Serna, 2015), esta segunda señal se transmite a través de la infraestructura de la red eléctrica la cual se puede recibir y decodificar de forma remota. Así, la señal *PLC* es recibida por cualquier receptor *PLC* que se encuentra en la misma red eléctrica. Un acoplador integrado en la entrada del *PLC* receptor elimina las componentes de baja frecuencia antes de que la señal sea tratada. Un modem de red eléctrica (*PLM*) convierte un dato binario en una secuencia de señales con características predefinidas (frecuencias, niveles) y viceversa, haciendo el proceso de modulación/demodulación.

La comunicación a través de la red eléctrica existe desde la década de 1950, cuando, a través de una frecuencia de 10 Hz, una alimentación de 10 Kw y una vía de un solo sentido, se lograba realizar el alumbrado de las ciudades y se podía lograr tener un control remoto del transformador de distribución (Villava Franco, 2012), aunque en esta época sólo se había utilizado para aplicaciones de control remoto de transformadores de repetición de banda estrecha, alumbrado público y automatización de hogares.

A mediados de la década del 80, se iniciaron investigaciones relacionadas con el uso de la red eléctrica para transmisión de datos, en bandas de entre 5 y 500 KHz, siempre en una sola dirección. La banda ancha a través de *PLC* se empezó a utilizar a finales de la década del 90 (Serna, 2015), y es en el año de 1997 cuando se realizaron las primeras pruebas de transmitir señales bidireccionales de datos a través de la red eléctrica; dada la colaboración e inversión en investigación de grandes empresas como Ascom (Suiza) y Norweb (Inglaterra) se logró iniciar profundas investigaciones en el tema. A inicios del año 2000, las primeras pruebas fueron realizadas en Francia por EDF R&D y Ascom (Villava Franco, 2012).

Desde hace varias décadas, las empresas eléctricas en varios países como Estados Unidos (*Federal Communications Commission [FCC]*), Asia (*Association of Radio Industries and Bussines [RIB]*), China (*Electric Power Research Institute [EPRI]*) y Europa (*Comité Européen de Normalisation Electronique [CENELEC]*) han desarrollado estándares para usar este tipo de envío y recepción de datos solo para uso interno de las

empresas con lo cual se envía datos desde sus propios equipos para realizar actividades de tipo control; pero actualmente, luego de varias pruebas piloto, este sistema orientado a brindar un acceso a Internet a alta velocidad se comercializa en varias ciudades de España, como Madrid, Barcelona, Zaragoza, y en otros países como México y Chile se siguen realizando pruebas para verificar la factibilidad de comercializar este servicio. Los productos *PLC* deben ser compatibles con las normas generales de regulación internacional, así como las especificadas por la *FCC/CENELEC ARIB* y comités en EE.UU. /Japón y la UE (INSPT, 2004, Escobar, Sánchez, & Estrada, 2006).

5.3. Plan gubernamental - Vive Digital

Vive Digital es el plan de tecnología (según el gobierno actual en Colombia), que busca que el país dé un gran salto tecnológico mediante la masificación de internet y el desarrollo del ecosistema digital nacional; este plan responde al reto de este gobierno de alcanzar las metas de desarrollo previstas gracias a la apropiación y el uso de la tecnología (MINTIC, 2012a). El plan Vive Digital, en su segunda fase 2014-2018, tiene los siguientes objetivos.

El primero, convertir a Colombia en un líder mundial en el desarrollo de aplicaciones sociales dirigidas a los más pobres. Esto nos permitirá, no sólo contribuir con las TIC a la reducción de la pobreza y a la generación de empleo en nuestro país.

Como parte de esto, nos convertiremos en los líderes en el desarrollo de aplicaciones para sectores con alto impacto en la reducción de pobreza como son agricultura, educación y salud, y daremos un revolcón en la adopción de TIC en nuestras micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes). (Colombiadigital.net, 2014)

Teniendo como referencia el documento de la primera etapa del plan VIVE DIGITAL (MINTIC, 2011) el plan de ejecución del programa para el gobierno tomó estudios de otros países que desarrollaron planes de gobiernos en TICS, generando impactos a nivel social.

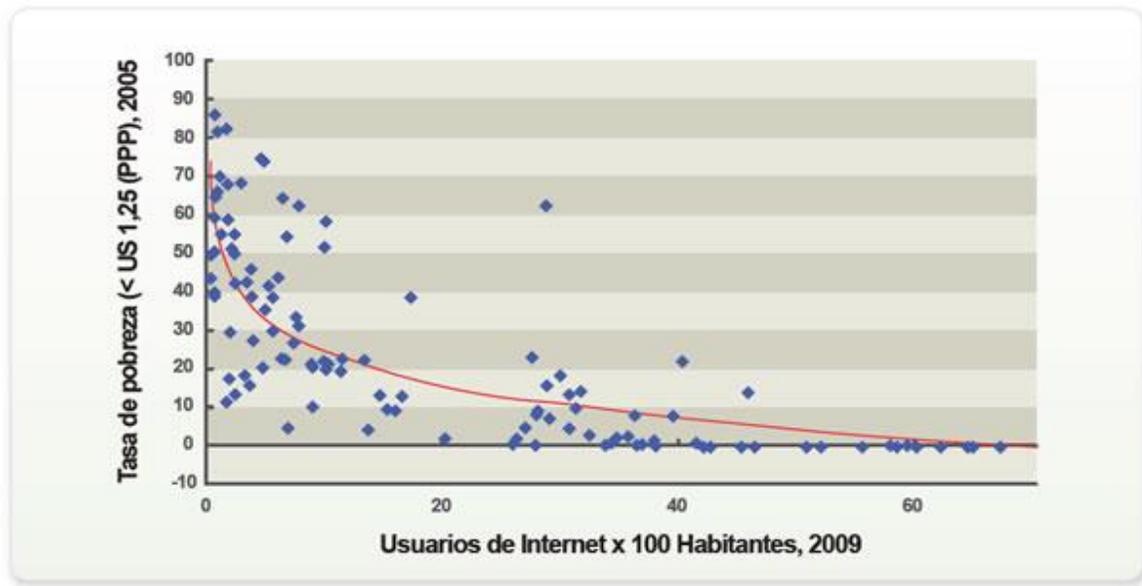
El crecimiento de la industria TIC genera nuevos empleos en los países en vías de desarrollo. En contraste con los empleos en sectores tradicionales como la agricultura y

la manufactura, los empleos TIC generados están alineados con las nuevas economías de servicios. Así, estos empleos son competitivos internacionalmente y normalmente mejor remunerados. Un estudio reciente de Raul Katz, de la Universidad de Columbia (Katz, 2010), revela que, en el caso de Chile, aumentar la penetración de Internet en 10 puntos porcentuales, puede llegar a reducir el desempleo en un 2 %.

Cada nuevo empleo en la industria TIC genera además empleos en otros sectores de la economía. En países como Filipinas, cada nuevo empleo directo generado en esta industria genera entre 2 y 3 empleos adicionales en la economía (BPAP, 2009). En la India, por cada nuevo empleo del sector TIC, se generan aproximadamente 3,6 empleos adicionales (NASSCOM, 2010). Para los países latinoamericanos, se estima que este efecto multiplicador es de 2,4 (KATZ, 2009). Es decir, que por cada nuevo empleo en el sector TIC, habrá entre 2 y 3 nuevos empleos adicionales generados en la economía. (MINTIC, 2011)

Está demostrado que hay una correlación directa entre la penetración de Internet, la apropiación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), la generación de empleo y la reducción de la pobreza, lo cual se puede apreciar de manera gráfica en la figura 8, la cual muestra el resultado de uno de los estudios realizados por las Naciones Unidas, donde se observa que existe una clara correlación entre el número de usuarios de internet y la tasa de pobreza de los países.

Figura 8. Correlación entre pobreza y usuarios de internet



Fuente: Plan Vive Digital-La necesidad de masificar internet en Colombia.

El plan Vive Digital conlleva entonces importantes beneficios sociales y económicos, y sin duda podría permitir la implementación de esta tecnología en coexistencia con las demás tecnologías de banda ancha y solucionar problemas como los de última milla y conectividad remota (MINTIC, 2012b).

6. Marco teórico

6.1. Conocimiento en línea y la educación

El conocimiento se adquiere por medio del estudio; la sabiduría, por medio de la observación.

Marilyn vos Savant

La web se ha convertido en un elemento importante de la educación en los países desarrollados, puesto que las características principales de esta red coinciden en gran medida con los intereses que priman en la educación y generación de conocimiento. Tal como lo expone el profesor Neil Selwyn de Monash University, en Melbourne, Australia, en su artículo “Internet y educación” donde expone que tanto la red informática como la educación tienen como objetivo principal el intercambio de información, la comunicación y la creación de conocimiento, con base en este fundamento se puede aseverar que su importancia en dichos países seguirá creciendo no solamente en esta década sino en las siguientes.

Internet no es solo una poderosa herramienta para la comunicación. Podría decirse que es la fuerza de aprendizaje e innovación más potente desde la invención de la imprenta. Y el elemento central de lo que probablemente represente la lucha más encarnizada y a la vez la mayor oportunidad para Estados Unidos, que es definir la educación para una era de transformación. (Bush & Dawson, 2013).

Internet aminora las brechas geográficas para que las comunidades puedan acceder a oportunidades de aprendizaje y a medios educativos de alta calidad, permitiendo ofrecer a las personas tener un fácil acceso a fuentes de conocimiento práctico y teórico. Lo anterior permite considerar internet como una poderosa herramienta, puesto que permite el aprendizaje a través de actividades y de la interacción entre personas y entornos sociales amplios, y por la capacidad de otorgar conocimiento en cualquier momento, en cualquier lugar y a cualquier ritmo, logrando una enseñanza de muchos a muchos, lo cual

fomenta las modalidades de aprendizaje y desarrollo de forma social y cultural, fortaleciendo en los usuarios la capacidad para organizarse y ocuparse personalmente de su propia formación sin necesidad de amoldarse a las normas y expectativas de un sistema educativo (Selwyn, 2015).

6.2. Importancia social del Internet

La historia del internet se remonta a la década de los 60, basado en un programa militar de los Estados Unidos liderado por el Departamento de Defensa que buscaba conectar un conjunto de ordenadores para acceder a datos y programas en cualquier lugar; el portal de internet <http://www.internetsociety.org> describe el internet como:

[...] una herramienta de emisión mundial, un mecanismo para diseminar información y un medio para la colaboración y la interacción entre personas y sus ordenadores, sin tener en cuenta su ubicación geográfica. Internet representa uno de los ejemplos más exitosos de los beneficios de una inversión y un compromiso continuo en el campo de la investigación y el desarrollo de la infraestructura de la información. (Leiner et al., 2016)

Durante los últimos 50 años el desarrollo de la tecnología y las comunicaciones han dispuesto de una infraestructura que conecta redes y todo tipo de ordenadores dando espacio a lo que hoy se conoce como internet; de esta manera complementa *Internet Society* destacando que:

Internet es tanto una colección de comunidades como una colección de tecnologías, y su éxito se puede atribuir en gran medida a la satisfacción de necesidades básicas de las comunidades y a usar la comunidad de manera efectiva para hacer avanzar la infraestructura. (Leiner et al., 2016)

Manuel Castells, en el artículo “Lecciones de la historia del Internet” (s. f.) destaca que dentro de la historia del internet se configuran seis lecciones de lo que significa y la enseñanza que nos pueda traer:

- Lección 1: “Se desarrolla a partir de la interacción entre la ciencia, entre la investigación universitaria fundamental, los programas de investigación militar

en Estados Unidos —una combinación curiosa— y la contracultura radical libertaria” concluyendo que si bien la iniciativa surge de un requerimiento militar, nunca tuvo dicha aplicación.

- Lección 2: “El mundo de la empresa no fue en absoluto la fuente de Internet, es decir, Internet no se creó como un proyecto de ganancia empresarial”, destacando que empresas incluso como ATT descartaron la iniciativa como proyecto al creer que no sería rentable.
- Lección 3: “Internet se desarrolla a partir de una arquitectura informática abierta y de libre acceso desde el principio. Los protocolos centrales de Internet TCP/IP, creados en 1973-78, son protocolos que, se distribuyen gratuitamente y a cuya fuente de código tiene acceso cualquier tipo de investigador o tecnólogo.”
- Lección 4: “Los productores de la tecnología de Internet fueron fundamentalmente sus usuarios, es decir, hubo una relación directa entre producción de la tecnología por parte de los innovadores pero, después, hubo una modificación constante de aplicaciones y nuevos desarrollos tecnológicos por parte de los usuarios, en un proceso de *feed back*, de retroacción constante, que está en la base del dinamismo y del desarrollo de Internet”; así las cosas, se demuestra que la tecnología es susceptible de cambio por el usuario a medida que surgen necesidades y aplicaciones.
- Lección 5: “En contra de la muy difundida opinión de que Internet es una creación norteamericana, Internet se desarrolla desde el principio a partir de una red internacional de científicos y técnicos que comparten y desarrollan tecnologías en forma de cooperación, incluso cuando Internet era algo que estaba dentro del Departamento de Estado estadounidense”. Esta condición ratifica el espíritu colaborativo, comunitario e internacional de lo que es internet.
- Lección 6: “Desde el principio Internet se auto gestiona, de forma informal, por una serie de personalidades que se ocupan del desarrollo de Internet sin que el Gobierno se meta demasiado con ellos”. Esto demuestra que el internet es abierto, sin restricciones de estados o intereses, ratificando su razón de ser: un

medio de comunicación libre, de transferencia de conocimiento y gestión documental a todo nivel.

En la actualidad el número de personas que hacen uso de internet alcanza más del 50 por ciento de la población mundial, es decir más de 3.750 millones de personas están en línea recurrentemente esto según el informe de *We Are Social 2017*, en la figura que se muestra a continuación se puede observar a nivel macro la participación de la población mundial en la penetración de internet.

Figura 9. Penetración mundial de internet



Fuente: We Are Social (2017).

6.3. Internet en Colombia

Para el país, la conexión de internet es relativamente nueva (Lu, 2011), ya que las primeras bases se dieron a mediados de los años 1990, y la primera interconexión de las universidades con el mundo se realizó apenas en el año 1994; sin embargo, el crecimiento ha sido asombroso en tan poco tiempo, teniendo como comparación otros países latinoamericanos como Perú o Ecuador.

Tabla 4. Historia de internet en Colombia

Historia de Internet en Colombia	
1990	Con la cooperación entre la red BITNET de IBM, las universidades privadas y estatales del país, el ICFES y la Compañía Colombiana de Telecomunicaciones, TELECOM, se logró conectar un canal análogo entre la Universidad de Columbia, en New York, y la Universidad de los Andes, en Bogotá. Dicha red se llamó RUNCOL (Red de Universidades Colombianas). RUNCOL sólo brindaba el uso del correo electrónico o e-mail a través del protocolo de comunicación NJE, manejado por la red BITNET de IBM.
1992	La Universidad de los Andes, la Universidad del Valle, la Universidad del Cauca, la Universidad Eafit y COLCIENCIAS crearon una pequeña internet utilizando a COLDAPAQ, una red de compartida con TELECOM, esta se caracterizó por poseer los mismos estándares técnicos que maneja internet actualmente.
1994	RUNCOL empieza a declinar.
1994	Con un esfuerzo de universidades, el Estado y el sector privado equivalente a 1.800 millones de pesos, y se creó INTERRED-CETCOL (Red Nacional de Ciencia, Educación y Tecnología) que actualmente tiene 16 nodos en diferentes ciudades del país y permite la conexión a internet de universidades, centros de investigación, académicos, usuarios corporativos y particulares. CETCOL surge a partir de unas políticas contenidas en un documento llamado “Plan estratégico para la ciencia y los sistemas de información tecnológica”, las cuales estaban divididas en tres ejes de acción: la revisión de leyes sobre el manejo de información, la infraestructura y el manejo de la red de información por parte de particulares.

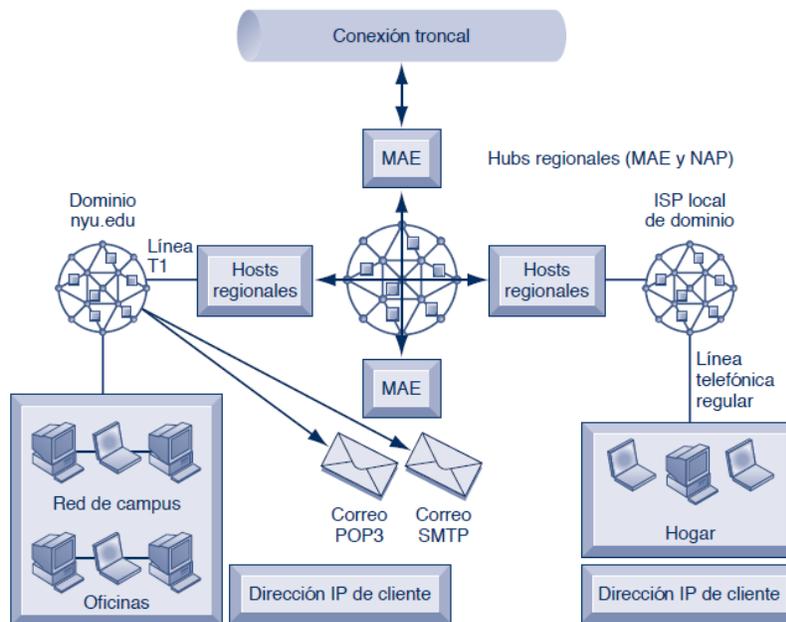
Fuente Salcedo Gómez, 2002 - Tamayo, Delgado, & Penagos, 2009

La red CETCOL es una red de cubrimiento nacional que se integra a internet a través de un enlace internacional entre el centro nacional de gestión y operaciones, ubicado en Santafé de Bogotá D.C y la NSFnet, la red de la National Science Foundation de los Estados Unidos. Actualmente la NSFnet no existe, ya que fue reemplazada por la nueva red backbone ANSnet (Lu, 2011).

De esta manera se establecieron servicios de internet pago en Colombia, con alcances técnicos limitados, pero con una cobertura nacional; luego, con la evolución de la tecnología y la cooperación de los agentes ya mencionados, se logró la creación del *NAP Andino (Network Access Point)* que permitiría dar los primeros pasos en las telecomunicaciones de hoy. El *NAP Andino* es un centro de información y telecomunicaciones diseñado para distribuir contenidos a grandes velocidades y bajo las condiciones de seguridad más exigentes. Físicamente el *NAP Andino* es un edificio de alta seguridad en el que se encuentran ubicados los servidores y sistemas de comunicaciones encargados de ofrecer acceso e información mundial a los usuarios de la red de redes. En la Figura 10 se observa la funcionalidad que brinda el *NAP* en una arquitectura de internet y como este permite la interconexión de millones de redes habilitando el acceso a una gran variedad de servicios.

El objetivo de esta red andina, además de convertir a Barranquilla y a Colombia en uno de los puntos más importantes de la red mundial de computadores, es controlar el tráfico de internet para Colombia, Bolivia, Ecuador, Perú y Venezuela, es decir, los países andinos, y luego para el resto de Latinoamérica, y así evitar que las redes de los ISP (Proveedor de servicios de internet) se conecten con la red columna vertebral en los Estados Unidos para poder conectar a sus usuarios a internet; es, como decir, acortar camino en la conexión; ya no se conectarán a servidores norteamericanos, sino a el *NAP Andino*, y de allí al mundo. El Centro de Operaciones del *NAP Andino* es Barranquilla, y tendrá subsedes posteriores en Bogotá, Cali y Medellín.

Figura 10. Arquitectura Red Internet



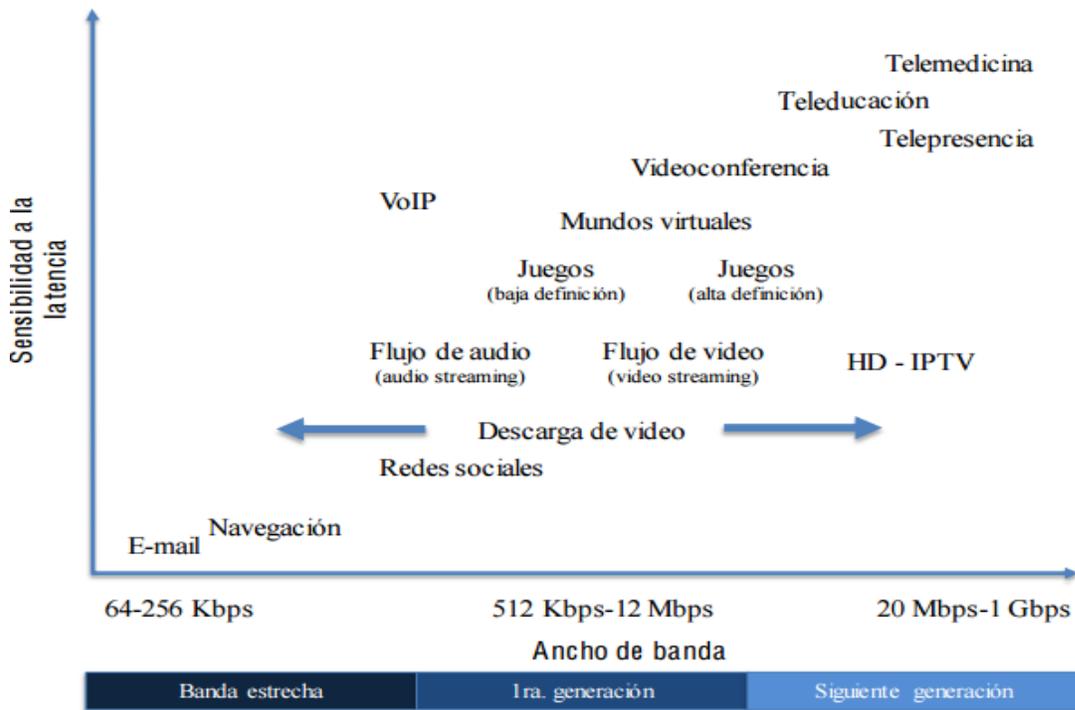
Fuente: Laudon y Laudon (2008).

6.4. Requerimientos de velocidad del internet según uso

Para lograr generar un adecuado impacto del uso del internet y con el fin de poder realizar transmisiones con fines sociales, se ilustra en la Figura 11 el ancho de banda necesario, según tipo de aplicación y el grado de sensibilidad a la latencia en la transmisión de datos, la cual hace referencia a la demora en la comunicación debido a retardos en la transferencia de paquetes de datos.

Sin embargo, para algunas aplicaciones según Fedesarrollo (2011) como el correo electrónico, el acceso a la web informática no transaccional no requiere de altas velocidades; la presencia de banda ancha favorece su uso eficiente facilitando el uso frecuente de las mismas. No obstante, aplicaciones relacionadas con educación y salud presentan altos requerimientos en términos de calidad de la conexión, debido a retrasos o fallas que pueden afectar en gran medida la buena prestación del servicio; esto, según el reporte de Fedesarrollo.

Figura 11. Requerimientos de ancho de banda según tipo de aplicación



Fuente: Fedesarrollo (2011).

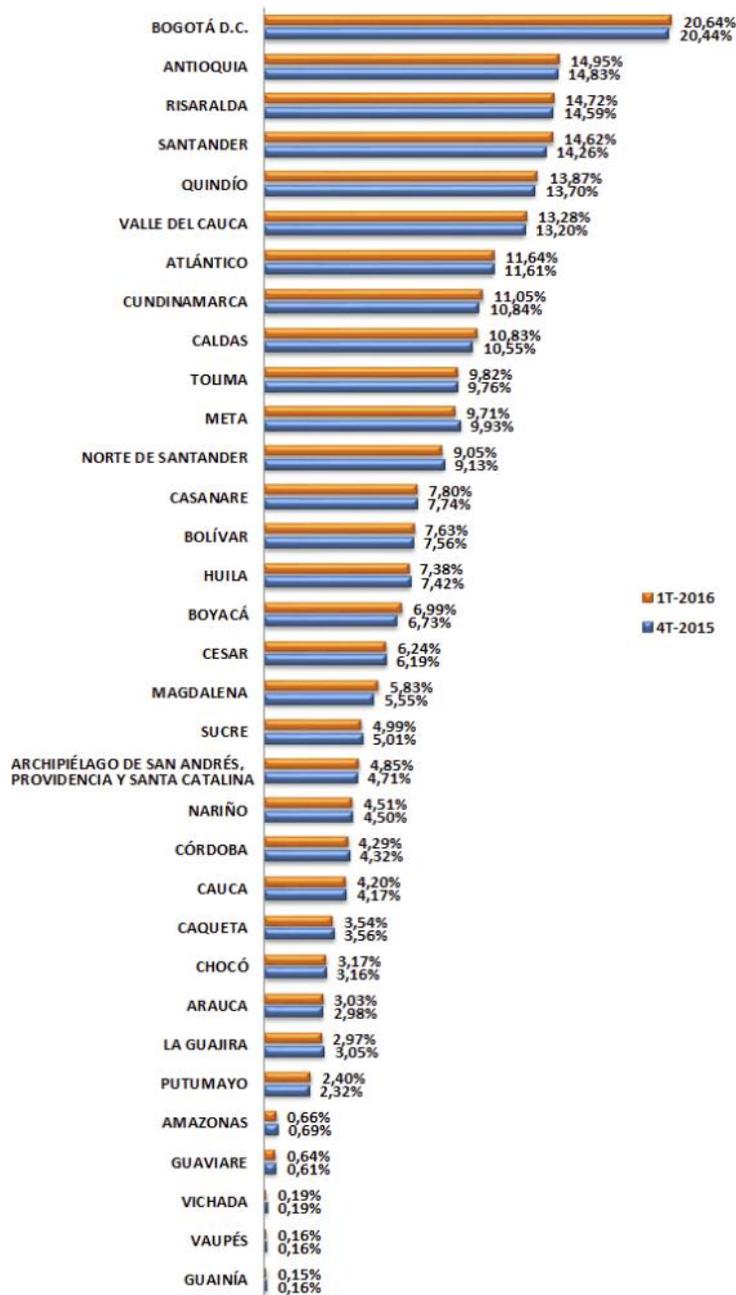
6.5. Penetración del internet en Colombia

La penetración del internet en Colombia ha estado sujeta al proceso de globalización del país (Fedesarrollo, 2011); es decir, se ha determinado una relación entre la penetración de las tecnologías y la penetración del internet en el país; esto, dado que los colombianos usan el internet cada vez más para desarrollar sus actividades, ya sean laborales o personales, en las ciudades principales, así como en los sectores rurales del país; este fenómeno se puede evidenciar por la última encuesta de Consumo Digital; según los resultados de la encuesta, más colombianos se comunican, estudian y se entretienen por el uso del internet (MINTIC, 2014c).

Sin embargo, la penetración del internet en Colombia ha avanzado de manera tal, que solo las ciudades principales son las que buscan desarrollar un alto crecimiento debido a que en los centros urbanos están las universidades y los sectores industriales del país; por otra parte, los sectores rurales donde se desarrolla el crecimiento agropecuario y donde se concentra una gran parte de la población colombiana, no ha podido tener un

acceso adecuado al internet, y es posible que existan casos donde ni siquiera las cabeceras tienen un acceso óptimo para generar educación por medio de internet; esto se puede evidenciar por medio del reporte de MINTIC del primer trimestre de 2015 (MINTIC, 2015).

Figura 12. Penetración del internet comparativa 1T-2016 con 4T-2015



Fuente: Boletín Trimestral de las TIC (2016).

Aunque en Bogotá se tiene un fácil acceso al internet banda ancha, se puede apreciar en la anterior figura que solo se tiene una penetración de internet cercano al 20 %; en otras regiones del país, con un entorno más rural como es el caso de Cundinamarca, los porcentajes son cercanos al 10 %, como lo mostró el informe emitido en el *Boletín Trimestral de las TIC* del primer semestre de 2016, dejando al descubierto que el acceso y la calidad del internet en estas ciudades es menor al bogotano, pero existen casos en los cuales no se logra el 1 % de penetración, por lo que se puede esperar que el impacto del internet sea muy poco.

Figura 13. Índice de penetración de internet 1T-2015 1T-2016

DEPARTAMENTO	No. SUSCRIPTORES				DANE		ÍNDICE DE PENETRACIÓN %			
	1T-2015	4T-2015	1T-2016	TENDENCIA	POBLACIÓN 2015	POBLACIÓN 2016	1T-2015	4T-2015	1T-2016	EVOLUCIÓN PUNT
CUNDINAMARCA	260.799	290.582	300.631		2.680.041	2.721.368	9,7%	10,7%	11,0%	

Fuente: http://colombiatic.mintic.gov.co/602/articles-15639_archivo_xls.xlsx

6.6. Efectos del internet

Procurando identificar los efectos del internet en nuestro medio y basado en estudios de (Castells, 2013, MINTIC, 2014d, Fedesarrollo, 2011), hemos reconocido resultados, efectos e impactos en la implementación de éste dentro del contexto social, económico y de infraestructura, cuando determinada región tiene acceso a la tecnología y empieza a configurar su diario vivir, utilizándolo; así, en nuestro contexto local aparece la oportunidad de acceder a tecnologías de comunicación y entretenimiento, y el logro de efectos positivos y bienestar en las personas; tampoco se puede desconocer la aparición de riesgos asociados al uso inadecuado del internet en el intercambio de información, fraudes informáticos o divulgación de información personal.

Para evaluar el impacto del internet en nuestro medio, se ha elaborado la siguiente tabla que estima el resultado de la implementación del sistema, determina el efecto en la población por medio de indicadores de crecimiento de determinada actividad y valora el impacto con incrementos en variables que no están necesariamente relacionadas con la implementación de internet, pero que de alguna manera generan una transformación que experimenta dicha población.

Tabla 5. Evaluación del impacto del internet en nuestro medio

Acción: Implementación de internet en Colombia a partir del plan Vive Digital	Social	Económico	Tecnológico
Resultado	Disponer de infraestructura y espacios que faciliten el uso del internet en regiones carentes de esta tecnología, muestra, según estudios, un incremento en el desarrollo intelectual y profesional, incremento en la comunicación, participación sociopolítica y aumento en las iniciativas de emprendimiento.	Inversión según presupuesto por municipio para la planeación, estructuración y puesta en marcha del proyecto de implementación tecnológica; este proceso debe considerar la estimación de requisitos, determinar la viabilidad económica, búsqueda de financiación y método de manejo de fondos.	Definición de proyecto técnico donde se contemplen los requisitos que necesite la red, arquitectura de la solución, tecnologías existentes utilizadas y necesidades tecnológicas para su puesta en marcha según el plan de expansión definida.
Efecto	En el periodo de 2010, el 50 % de la población usaba internet; la meta era de aumentar esta cifra en 2014 a 64 %; actualmente 66 % de los colombianos tienen acceso a internet.	Dentro de estimaciones globales y en una perspectiva de crecimiento acorde con nuestros mercados, se estima un incremento en promedio del 2 % del PIB del lugar	Para 2014 se logró implementar 8,88 millones de conexiones de banda ancha vive digital, con un aumento por 4 veces, desde 2010.

		comprometido con la implementación de la tecnología.	
Impacto	Hace referencia a todas las transformaciones en las comunidades que hacen parte de la implementación de las tecnologías de comunicación y su capacidad de apropiación sobre la herramienta; así las comunidades comienzan una dinámica de acceso a la información traspasando barreras físicas. Dentro del impacto podemos estimar indicadores como mayor nivel de acceso a la educación, haciendo frente al analfabetismo, aumento de jóvenes con perspectiva de ingreso a educación profesional y técnica, aumento en los ingresos por familias, entre otros	Disponer de alternativas como acceder a transacciones bancarias, opciones de acceder a bienes y servicios; se calcula entonces una expectativa de aumento de hasta un 10 % de incremento en los ingresos de las personas, resultado de oportunidades conseguidas por la conectividad y el intercambio de productos de manera más eficaz; adicionalmente se percibe un intangible a corto plazo, como es el aumento de la competitividad de la región a través de información que fomenta la integración de manera más fácil con municipios cercanos.	Con la implementación del plan Vive Digital, en 2015 existirán 7621 kioscos Vive Digital (Centros de acceso comunitario a internet), ubicados en centros rurales de más de 100 habitantes; el 50 % de todos los hogares del país contarán con internet al finalizar 2014, con 1122 municipios conectados a la red de banda ancha del país. Todo este despliegue estará soportado por la operación de 9 cables submarinos en los océanos Atlántico y Pacífico.

Fuente: Elaboración propia.

6.7. Tipos de acceso a internet

Las tecnologías de acceso se clasifican en dos grupos las tecnologías alámbricas e inalámbricas, las cuales están conformadas por diferentes tipos de redes que se

describen brevemente a continuación (Simón, Faure, & Martínez, 2009, Córdova, 2012), para una mayor detalle de cada una de los diferentes tipos de redes ver el Anexo B. Accesos y Tecnologías de Internet.

Tabla 6. Accesos y Tecnologías de Internet.

Tipos de acceso a internet	
Tecnologías alámbricas	xDSL (<i>Digital Subscriber Line</i>)
	HFC (<i>Hybrid fibre-coaxial</i>)
	PLC (<i>Power Line Communications</i>)
	FTTH (<i>Fiber to the home</i>)
Tecnologías inalámbricas	Microondas
	LMDS (<i>Local Multipoint Distribution Service</i>)
	MMDS (<i>Multichannel Multipoint Distribution Service</i>)
	FSO (<i>Free Space Optics</i>)
	Wifi (<i>Wireless Fidelity</i>)
	WiMax (<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>)
	Satelital

Fuente: Elaboración propia.

6.8. Tecnología PLC

6.8.1. Descripción general

A nivel mundial, la tecnología PLC es una de las alternativas más rápidas que permite el acceso a internet y otras aplicaciones relacionadas a la transmisión de datos en el tramo de la última milla.

La tecnología PLC permite realizar un uso de las redes eléctricas convencionales y existentes de media y baja tensión (ya existentes) para transmitir datos. Según la norma NTC 1340, los niveles de tensión estipulados en Colombia son los que se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Niveles de Tensión según NTC 1340

	Mínimo	Máximo
Extra alta tensión	220kv	

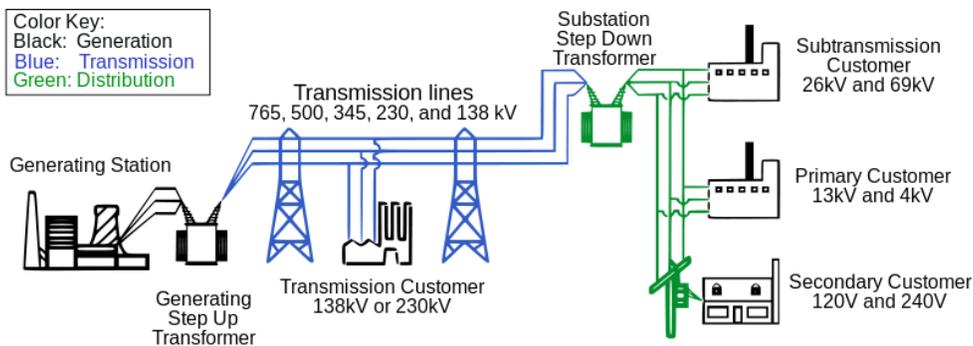
Alta tensión	57,5kv	220kv
Media tensión	1kv	57,5kv
Baja tensión	25v	1kv

Fuente: Norma NTC 1340.

Con base en la tabla anterior, Colombia cuenta con diferentes niveles de tensión y transmisión energética, lo que significa que no requiere infraestructura adicional en la red de transmisión para realizar una implementación de la tecnología, esto se puede apreciar de manera visual, en la

Figura 14 , se aprecia que la transmisiones de generación está en niveles de hasta 130KV el cual mediante subestaciones y transformadores se logra transformar a 26KV o 69KV.

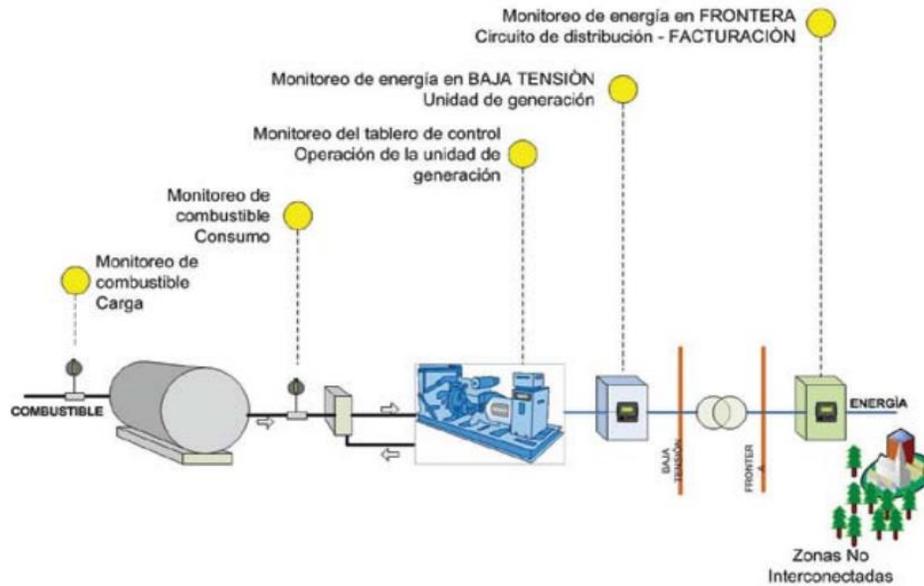
Figura 14. Esquema eléctrico colombiano con los respectivos niveles de tensión



Fuente: Ministerio de Minas y Energía (2011).

De la misma manera, en Colombia se cuenta con una infraestructura para los escenarios que no tienen conexión al sistema eléctrico del país, el cual es el siguiente:

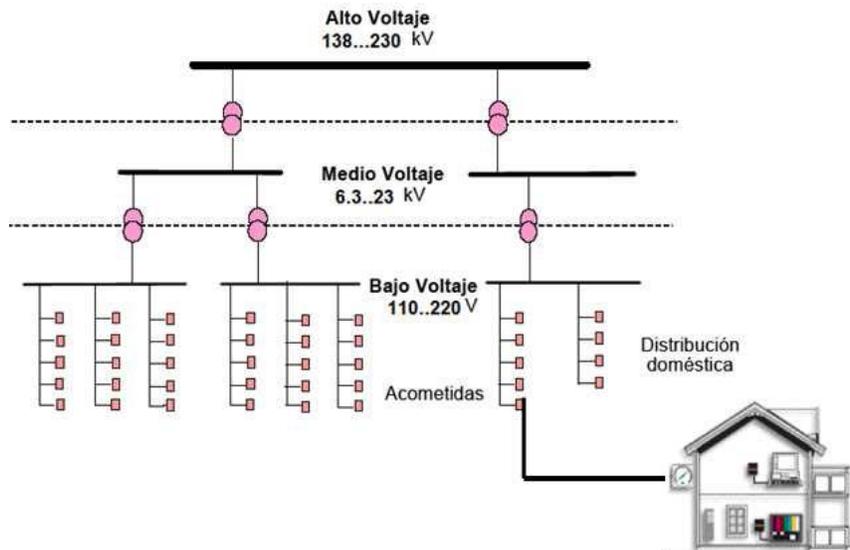
Figura 15. Esquema eléctrico para sistemas no conectados a la red nacional



Fuente: Ministerio de Minas y Energía (2011).

En los dos casos (sistema conectado y no conectado) la arquitectura de la red es la misma, por lo que la implementación se realizaría igual, independientemente del esquema que se presente. De manera técnica los dos modelos ya presentados se pueden ejemplificar de la siguiente manera:

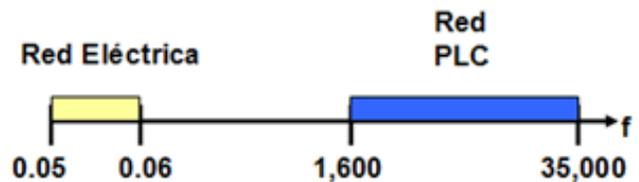
Figura 16. Esquema eléctrico representado en un diagrama unifilar



Fuente: Escobar et al. (2006).

Como se explicó anteriormente, independiente del esquema seleccionado se puede realizar la implementación de la tecnología *PLC*, dado que si se realiza el acondicionamiento necesario sobre la infraestructura eléctrica actual, se puede lograr transmitir señales de baja frecuencia de manera simultánea a otras por encima de la frecuencia de 1 MHz. Las señales de baja frecuencia (50 Hz o 60 Hz) son las convencionalmente usadas para transmitir la energía, mientras que las señales de más alta frecuencia serán utilizadas para la transmisión de datos.

Figura 17. Frecuencias para la transmisión de señal

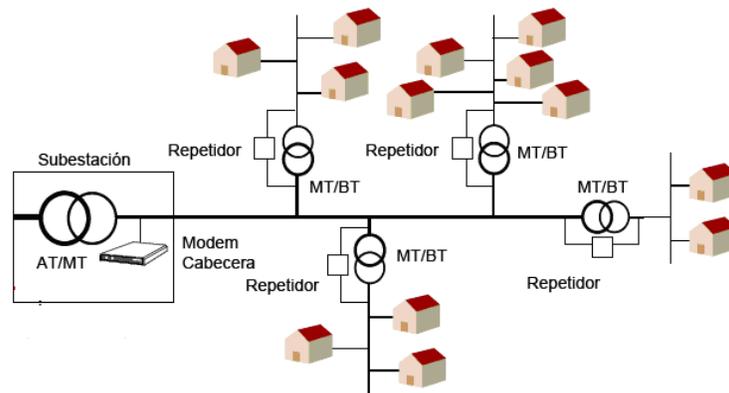


Fuente: Escobar et al. (2006).

Con base en la Figura 16, el punto donde se realizaría la integración entre el sistema eléctrico y el sistema de comunicaciones sería el transformador o en la subestación de distribución. En estos dos posibles puntos se puede realizar el acoplamiento de la red eléctrica con equipos complementarios que en un extremo se enlazan a una conexión de alta velocidad proporcionada por un *ISP*.

Luego de realizar la conexión de los equipos *PLC* en diferentes subestaciones con los transformadores de la red eléctrica de distribución (la cual se puede realizar mediante conexiones *PLC* de media tensión, enlaces de fibra óptica u otras tecnologías como *xDSL* o *LMDS*) se podría lograr establecer un diagrama como el que se representa en la Figura 18.

Figura 18. Diagrama unifilar con la implementación de la red PLC



Fuente: Escobar et al. (2006).

Con base en la descripción anterior se puede apreciar que, en comparación con redes como *Wifi*. Esta tecnología presenta una mayor tasa de transferencia y no requiere de la implementación de antenas para generar una cobertura, dado que actualmente se cuenta con el medio de transmisión. Sin embargo, la tecnología *Wifi* permite un esquema más convencional y de una implementación más sencilla, pero para realizar las coberturas se requiere de una adquisición y puesta a punto de las antenas de transmisión

Por ende, en el valor agregado de la tecnología *PLC* es que mientras exista un canal de transmisión de energía eléctrica, permitirá generar una optimización de la red transmitiendo al mismo tiempo la señal de datos para el envío de internet; esto garantizará un acceso a la población de bajos recursos o que vive en las zonas apartadas de las ciudades.

6.8.2. Diseño de la topología

La topología del sistema *PLC* es realmente la topología de la red de provisión de energía eléctrica, usada como medio de transmisión, y que dependerá de algunos factores los cuales se pueden ver en más detalle en el Anexo C. Topología *PLC*.

6.9. Estado del arte

6.9.1. Estudios técnicos de la tecnología a nivel mundial

La tecnología se ha desarrollado en diferentes países a nivel mundial, los cuales han permitido generar avances y demostrar que la implementación sí es posible. Los estudios de avance se han ejecutado en diferentes aspectos como modulación por el medio conductor, atenuación y calidad de SNR por medio conductor; adicionalmente se presentan estudios que permiten la integración de la tecnología *PLC* con la tecnología *CATV*.

Teniendo en cuenta que determinar la función de transferencia típica de la tecnología sobre el medio conductor es un aspecto importante y complejo, el cual se estudió en el planteamiento "*Power Line Cable Transfer Function for the Broadband Power Line Communication Channel*" desarrollado por (Zaw et al., 2013), dicho estudio se apoyó en la simulación por computador, permitiendo considerar la técnica de división de frecuencia OFDM y la modulación por QAM, QSPK y BPSK en un conductor de media y alta tensión; este modelo contempla la desincronización por efectos de impedancia, la atenuación del canal de comunicación, la interferencia generada por el ruido por fuentes síncronas y asíncronas entre otros aspectos. El estudio de (Zaw et al., 2013) da como resultado un modelo que toma en consideración el tipo de cable utilizado y el método de montaje de cable; esto, haciendo uso de estos parámetros intrínsecos como los parámetros del modelo; la red de potencia baja tensión es entonces considerada como una red de N nodos, que se subdivide en varias cascadas de redes más pequeñas. La función de transferencia sobre el canal se determina después por la combinación de las matrices de dispersión de las subredes en cascada. Tanto los parámetros del modelo y las características de transferencia han sido verificados con éxito a través de mediciones prácticas sobre la línea de potencia real.

Con respecto a la modulación sobre el canal conductor, se han desarrollado otros estudios (Philipps, 1999) que determinan ventajas técnicas de utilizar la tecnología *PLC* cuando se utiliza una frecuencia de 30MHz dentro de edificaciones (*in door*) generando dos modelos matemáticos: uno para modelos de distorsión o eco, y otro para modelos de resonancia eléctrica, debido al circuito eléctrico generado.

Sin embargo los estudios realizados por la *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)* sobre la modulación y aplicación de la tecnología para la transmisión de datos evoluciona en medida que los equipos avanzan permitiendo mejores transmisiones, con menores pérdidas por impedancia entre otras, para lo cual Tan y Tompson (2012) proponen un nuevo método de modelado de canal para redes de comunicaciones de línea eléctrica en función del perfil de trayectos múltiples en el dominio del tiempo.

Este nuevo modelo de canal está desarrollado para ser aplicado en una amplia gama de Comunicaciones (*PLC*) temas de investigación de la línea eléctrica, tales como el modelado del ruido de impulso, el despliegue y los estudios de cobertura, y el análisis de teoría de la comunicación. (Tan & Tompson, 2012)

Con el objetivo desarrollar la metodología, el autor clasifica los canales de acuerdo con su perfil y la distancia de propagación de retardo de potencia.

Como se presenta el estudio de “Propuesta de la prestación de servicios de banda ancha mediante el empleo conjunto de tecnologías CATV Y *PLC*” (Villalva Franco, 2012) donde se logra trabajar en forma conjunta las tecnologías CATV y *PLC* para comunicación de banda ancha a desarrollarse en la ciudad de Manta, provincia de Manabí, el desarrollo de este estudio (Villava Franco, 2012) involucra la empresa privada (CLARO) y la pública (CNEL-Manabí), logrando de esta manera satisfacer las necesidades de las empresas que brindan servicios de banda ancha; con el fin de lograr el resultado final, el autor recurrió a los parámetros de atenuación para así calcular las distancias en la que se empleará la fibra óptica como medio de transmisión hacia la red *PLC*. También consideró el efecto de la pérdida de la señal por el ruido, para la red *PLC*, que por lo general proviene desde la casa de los clientes o usuarios finales; por último, en el estudio se analizaron las técnicas de modulación como OFDM y DSSS, que son las más utilizadas para este inconveniente (Villalva Franco, 2012) y seguido a esto, se diseñó la nueva red para la ciudad de Manta.

Como se describió anteriormente, la tecnología *PLC* permite utilizar la red eléctrica disponible en las comunidades; y dado que las redes de mayor uso para la distribución a nivel de comunidad buscando un uso de comercio y doméstico son las redes de media tensión (MT) se desarrollan estudios para la optimización de la tecnología sobre este tipo de red; sin embargo no todas las redes son de MT; y dado que las redes de baja tensión (BT) existen dentro del territorio nacional y existen dentro del municipio de Yacopí, es importante considerar el estudio “*Low Power High Bandwidth Power-Line Communication Network*” desarrollado por (Chedid & Leisner, 2010) el cual busca establecer el comportamiento de la tecnología en una red DC y analizar el comportamiento del conductor en comparación con otros tipos de redes de cable, es decir, cables de redes AC; esto porque en DC se requiere menos conductor para lograr las mismas transmisiones. Para esto “El transmisor-receptor DC-*PLC* está diseñado en base en un circuito activo inductancia de gran ancho de banda de baja potencia, aprovechando la propiedad de baja potencia de la solución cableada” (Chedid & Leisner, 2010). La red DC-*PLC* se implementa en una aplicación portátil y se compara con una red inalámbrica portátil mediante el estudio y la comparación de la energía de bits de estas redes. El estudio de la energía de bits se basa en un modelo estadístico de la comunicación lo que incluye el tamaño del mensaje y la velocidad, el tiempo de exposición de motivos y medidas de potencia. Como resultado de este estudio, la red DC-*PLC* mostró latencia más pequeña, lo que se traduce en una comunicación más efectiva que, a su vez, genera bits con menor consumo energético en comparación con las alternativas inalámbricas cuando el tiempo de transmisión se mantiene constante. Como los estudios nombrados, existen muchos más; sin embargo se mencionarán de manera general aquellos que generan un aporte que puede ser aplicado o considerado en el caso de realizar la implementación de la tecnología.

El estudio “*Improving the Energy Efficiency of Power Line Communications by Spectrum Sensing*” (Sun, Nallanathan, & Jiang, 2012) se enfoca en determinar mejoras para la eficiencia energética mediante la detección y medición continua del espectro electromagnético generado. Dentro de este estudio se presenta un algoritmo de optimización del rendimiento que maximiza la eficiencia energética de la red *PLC*

eligiendo cuidadosamente la duración de detección y muestreo del espectro óptimo y las potencias de transmisión óptimas. “Los resultados numéricos son verificados y para el sistema propuesto para el caso de estudio logró mitigar los efectos de la interferencia, con la mejora de la eficiencia energética” (Sun et al., 2012). Este estudio es importante considerarlo dado que puede mitigar el alza en el consumo eléctrico del usuario final. Otro caso de estudio que genera un aporte para nuestro caso es el estudio “*A Power Line Communication Tutorial - Challenges and Technologies*”, el cual genera una revisión a las diversas fuentes de atenuación, el ruido y la distorsión encontradas cuando se comunica a través del cableado en una red AC. Adicionalmente se mencionan las diversas tecnologías que se han utilizado para hacer frente a estos retos, tales como espectro expandido y procesamiento de señal digital, examinando el comportamiento de dichas posible soluciones sobre canales conductores convencionales (Sutterlin & Downey, 1999).

6.9.2. Implementación de PLC en el mundo

A mediados del 2004 hubo más de cien iniciativas de PLC en el mundo, con más de seiscientas compañías involucradas, entre fabricantes de equipos, empresas de energía, compañías de telecomunicaciones, diseñadores de chips electrónicos, firmas consultoras, etc.

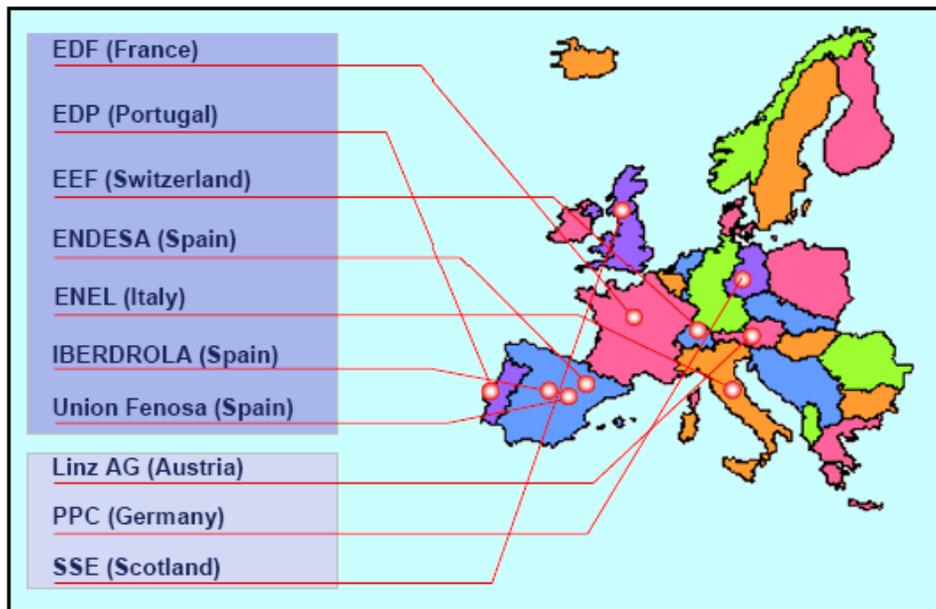
Se han realizado pruebas en varios países europeos tales como: Francia, Portugal, Suiza, España, Italia, Austria, Alemania, Escocia (ver Figura 19), en Asia, Medio Oriente y Oceanía con Israel, Kuwait, Qatar, Corea, Hong Kong, Singapur, Australia; en América con Estados Unidos (ver Figura 20), México, Costa Rica, Ecuador, Perú, Chile y Brasil.

Dentro del grupo de pruebas más relevantes a nivel mundial se encuentran las pruebas de las compañías eléctricas españolas. A continuación se describe de forma general estas pruebas en España.

La eléctrica Iberdrola Redes ha establecido una alianza con la empresa israelí Nams, mientras que Endesa ha desarrollado experiencias piloto con diferentes tecnologías: la perteneciente a la empresa suiza Ascom y la perteneciente a la empresa valenciana Ds2. En ambas experiencias, los servicios prestados fueron los siguientes: telefonía sobre

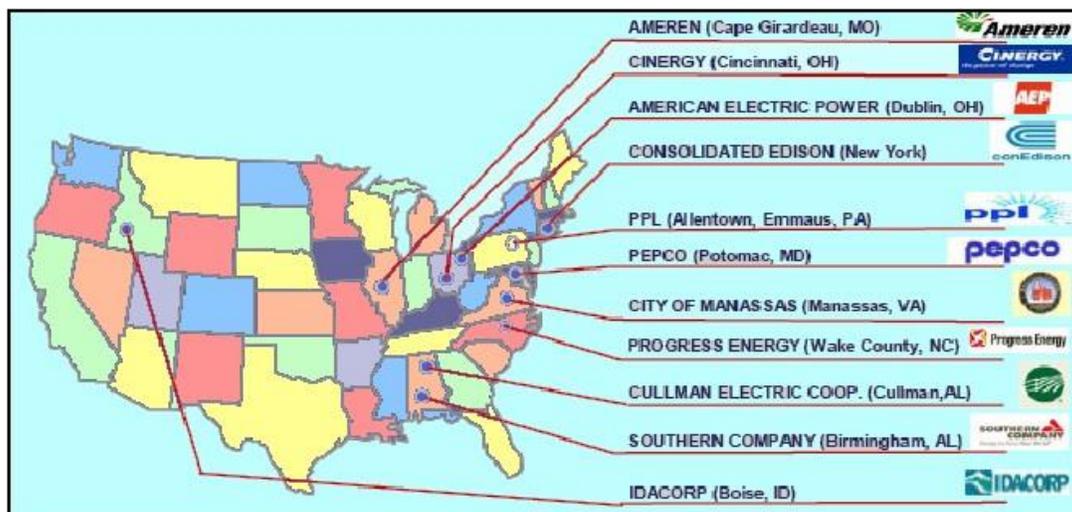
Protocolo de Internet (IP), acceso de alta velocidad a internet y servicios de multimedia, tales como vídeo y audio a la carta, así como videoconferencia. Además se alcanzaron velocidades superiores a los 10Mbps. Unión Fenosa también ha realizado pruebas piloto utilizando la tecnología de la empresa israelí Main.Net, e Hidrocantábrico utiliza la tecnología de la alemana RWE.

Figura 19. Pruebas PLC más relevantes en Europa



Fuente: Escobar et al. (2006).

Figura 20. Pruebas realizadas en EEUU



Fuente: Escobar et al. (2006).

En Latinoamérica la prueba más reciente de implementación se realizó en Ecuador, en la ciudad de Guayaquil; los resultados de esta implementación se detallan en “Diseño e implementación de la última milla del servicio de Internet usando las redes eléctricas de media y baja tensión de un sector de la ciudad de Guayaquil usando la tecnología *Power Line Communications (PLC)*”, que dio como un resultado importante un diagrama de integración con una infraestructura eléctrica y resultado de pruebas en campo del comportamiento de la tecnología, evidenciando su eficaz funcionamiento.

Según el estudio realizado en Ecuador, se determinan aspectos que se deben analizar para realizar la implementación bajo una red eléctrica como la ecuatoriana. Las recomendaciones son:

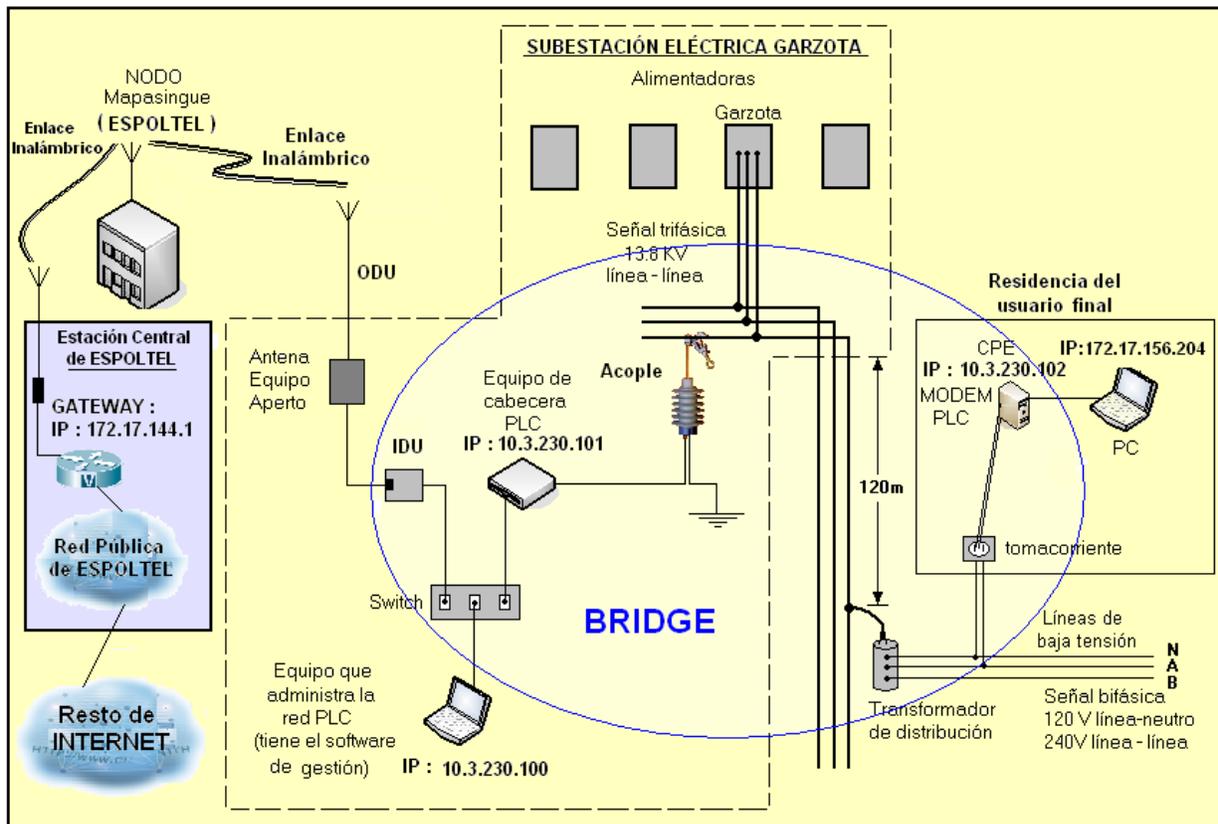
Al realizar el análisis de la red eléctrica se debe considerar valores tales como: niveles de voltajes, niveles de corrientes, frecuencia a la que se transmite la señal, topología de las redes tanto de baja como de media tensión, impedancias de las líneas, número de usuarios promedio por cada transformador de distribución, número de alimentadoras dentro de la subestación eléctrica para un crecimiento futuro del sistema. (Chong, Menéndez & Estrada, 2006)

De la misma forma se realizan algunas recomendaciones para la red de datos; esto con el fin de mitigar los riesgos de mala calidad y estabilidad del servicio. Las recomendaciones son:

Con respecto a la red de datos se debe realizar el análisis de la forma más idónea para la recepción de la señal de Internet en la subestación eléctrica en la cual se va a instalar la red *PLC*, esto es, el tipo de enlace entre el *ISP* y la subestación eléctrica. Se puede considerar enlaces tipo *wireless*, por fibra óptica entre otros. También se debe analizar las direcciones IP necesarias para establecer la red, así como la clase de estas direcciones, la máscara de red, la dirección IP del *gateway* para enlazarnos al *ISP*, el ancho de banda necesario para satisfacer las expectativas de los usuarios, la forma en la que se creará la subred, el análisis las redes privadas necesarias para el funcionamiento de la red *PLC* y de las direcciones para el control de acceso al medio (direcciones *MAC*). (Chong, Menéndez & Estrada, 2006)

El esquema de la red para la puesta en marcha de la tecnología *PLC* en Ecuador es el que se visualiza en la Figura 21.

Figura 21. Esquema de implementación de *PLC* en Ecuador usando un punto terminal



Fuente: Escobar et al. (2006).

Algo que es muy importante resaltar de este trabajo es que, para llevar a cabo las pruebas de la tecnología *PLC* en la ciudad de Guayaquil, el grupo que desarrolló ese proyecto contó con el soporte técnico de la empresa colombiana Unión Eléctrica de la ciudad de Medellín, la cual prestó equipos por 2 días, tiempo en el cual estos ingenieros colombianos permanecieron en el país ecuatoriano y prestaron apoyo técnico para la puesta en marcha. Los equipos con los que contamos fueron: equipo de cabecera, equipo repetidores, acoples capacitivos y modem para el usuario final.

Tabla 8. Transferencias obtenidas en Ecuador

Número de prueba	Tasa de transferencia de descarga de archivos	Red eléctrica utilizada
1	157.3 Kbps	Baja tensión
2	91.3 Kbps	Baja tensión
3	145.1 Kbps	Baja tensión
4	248 Kbps	Baja tensión
5	148.8 Kbps al mismo tiempo se realiza una llamada a través de una VPN ubicada en Medellín y un CHAT con una persona en Medellín.	Media y baja tensión

Fuente: Escobar et al. (2006).

Empresas fabricantes de los equipos y chip para los módems

Empresas fabricantes de los CHIPS. Las empresas que fabrican los chips que estarán dentro de todos los equipos que conforman la red *PLC* son las siguientes:

- DS2: Compañía Español
- ASCOM: Compañía Suiza
- MAIN.NET: Compañía Israelí

Tabla 9. Fabricantes de chips para los equipos *PLC*

	DS2	ASCOM	MAIN.NET
Origen	Español	Suizo	Israelí
Tecnología (Velocidades)	45 Mbps 200 Mbps	4.5 Mbps 20 Mbps	2 Mbps 20 Mbps
Producto	Chipset para módems <i>PLC</i>	Concentradores Repetidores módems	Concentradores Repetidores Módems Software de gestión

Fuente: Escobar et al. (2006).

En España DS2 es la única empresa que desarrolla esta tecnología, con un rendimiento de sus soluciones mucho más alto que el resto de las empresas del mercado a nivel global; así, DS2 ha logrado una velocidad de transmisión de datos teórica de 200 Mbps.

Empresas fabricantes de los equipos *PLC*. Entre las empresas fabricantes de los equipos tales como equipo de cabecera (*HEAD END*), equipos repetidores y Módems para los usuarios finales, tenemos a las siguientes:

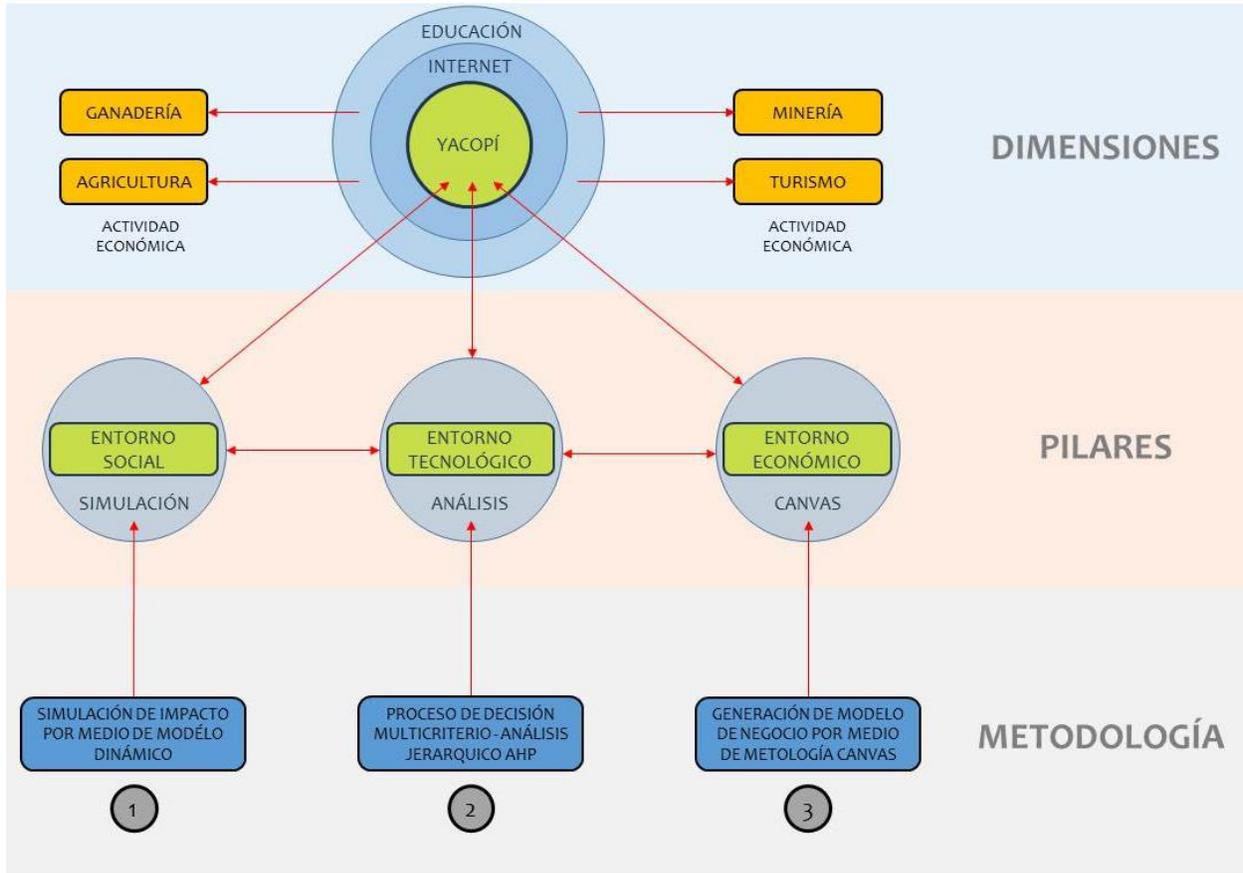
- Schneider Electric: empresa francesa
- TecnoCom: empresa española
- Misutomo: empresa japonesa.
- Mitsubishi: empresa japonesa
- Maint: empresa norteamericana

6.10. Metodología de solución del problema

La metodología de solución propuesta descrita en la Figura 22, representa gráficamente la manera de abordar el problema estratégico del presente estudio, considerando las diferentes dimensiones que hacen parte de la actividad económica en Yacopí así como su nivel de influencia en la gente que quiera tener acceso a la información, dichas dimensiones, se abordan mediante las conexiones de los 3 entornos fundamentales (entorno social, entorno tecnológico, entorno económico) y que a su vez son definidos como pilares estratégicos.

Cada uno de estos pilares se estudiará y analizará mediante el uso de diferentes herramientas y métodos de valoración y selección utilizados en la gerencia de la ingeniería, con el fin de sustentar el nivel de impacto e influencia esperado en las personas, la conveniencia en la implementación y despliegue de la tecnología y la viabilidad desde el punto de vista financiero para ser parte de iniciativas de desarrollo a nivel país o como un proyecto de inversión con retornos adecuados para inversores con interés particular en iniciativas de impacto social por medio de nuevas tecnologías.

Figura 22. Diagrama conceptual que describe la metodología de solución del problema



Fuente: Elaboración propia.

6.10.1. Entorno social

El entorno social se abordará desde el punto educativo, teniendo en cuenta que este permite la gestión del conocimiento, el cual genera un valor agregado a las personas que son más capacitadas, y de esta forma su nivel de ingreso o calidad de vida, por lo cual se entenderá que *entorno* es aquel espacio donde se genera el conocimiento de una u otra forma; algunos especialistas (Viché Gonzalez, 2007) lo entienden en otros términos: “la educación social tiene un sentido holístico, el de la educación integral y globalizadora de individuos y colectivos sociales a través de todos y cada uno de los entornos socioculturales donde los individuos interactúan”, es decir, que los espacios físicos donde se puede desarrollar la formación se pueden denominar entornos, como por ejemplo las

escuelas, centros de animación o de ocio, casas de cultura, teatros, museos, centros comunitarios, sin embargo el autor afirma que también son:

[...] lo son los espacios comunitarios más o menos estructurados: barrios, comunidades indígenas, ciudades educadoras. En los últimos años han aparecido nuevos espacios virtuales mediáticos en los que su ubicación espacio temporal no se encuentra tan claramente definida: medios de comunicación, nuevos movimientos sociales, Internet, incluso cada vez más la educación y la sociología deben prestar su atención a nuevos espacios para el consumo, el ocio, la comunicación, espacios carentes de una identidad local y cultural definida (Augé, 93) y que cada vez más están supliendo funciones tradicionales de aculturación, participación ciudadana, creación de un imaginario colectivo, estructuración de la comunicación y las interacciones sociales. (Viché Gonzalez, 1993)

Con lo anterior, el entorno educativo se entenderá para este estudio según la definición de Viché (1991) “el espacio para la formación los diversos contextos donde se desarrolla la práctica educativa, tanto en su vertiente formal como en la no formal y la difusa”.

6.10.1.1. Internet como medio social

La sociedad se construye por medio de redes personales, de las compañías y las instituciones públicas y privadas, siendo estas el motor del crecimiento económico e intelectual en entornos específicos geográficos y culturales; teniendo en cuenta el uso que se hace de la telefonía móvil en los entornos familiar y rural y considerando el uso limitado de estos aparatos entre niños menores de cinco años; adicional a lo anterior y como lo mencionó Manuel Castells en el artículo *“El impacto de internet en la sociedad: una perspectiva global”*: “casi toda la humanidad está conectada, aunque con importantes diferencias en cuanto a ancho de banda, eficiencia y precio del servicio”.

Por ende, actualmente se puede asegurar que el internet es la tecnología decisiva de la era de la información, del mismo modo que el motor eléctrico fue el vector de la transformación tecnológica durante la era industrial al generar un aumento en la calidad

de vida. Esta red global de redes informáticas, que actualmente operan sobre todo a través de plataformas de comunicaciones inalámbricas, nos proporciona la ubicuidad de una comunicación multimodal e interactiva en cualquier momento y libre de límites espaciales (Castells, 2013).

Con base en estudios realizados por Martin Hilbert en *Science*, en 2010, se determinó que el 95 % de toda la información existente en el planeta está digitalizada y en su mayor parte accesible por medio del internet y otras redes informáticas. Así mismo se postula en dicho estudio que las personas más sociables son las que más utilizan internet, y cuanto más usan internet los individuos, más aumentan su sociabilidad dentro y fuera de la red o entorno, su responsabilidad cívica y la intensidad de sus relaciones con familiares y amigos (Hilbert & López, 2011).

Con base en la expansión de internet a partir de mediados de la década de 1990 se da como resultado de la combinación de cuatro factores principales los cuales se explican a continuación:

1. El descubrimiento de la tecnología de la red de redes (*World Wide Web*) por Tim Berners-Lee.
2. Su disposición a distribuir el código fuente para que fuera mejorado por las aportaciones en código abierto de una comunidad global de usuarios, en consonancia con la condición abierta de los protocolos de internet TCP/IP. La red sigue funcionando bajo el mismo principio de código abierto, y dos tercios de los servidores de la web operan en Apache, un programa de servidores de código abierto (Castells, 2013).
3. El cambio institucional en la gestión de internet, con el cual se sitúa bajo el poco estricto control de la comunidad global de internautas, la privatiza y permite usos comerciales y cooperativos entre diferentes entes dentro de la misma red.
4. Los cambios significativos en la estructura, la cultura y la conducta social: “la comunicación en red como forma predominante de organización, la marcada tendencia al individualismo en el comportamiento social y la cultura de la autonomía imperante en la sociedad red”. (Castells, 2013)

Diferentes estudios de investigación realizados logran concluir en común que el internet no aísla a las personas ni reduce su sociabilidad; por el contrario, genera un aumento en diferentes aspectos, entre estos su sociabilidad y la interacción con diferentes miembros de la misma red, como demuestran los estudios realizados Manuel Castells en Cataluña (Castells, 2013), por Rainie y Wellman en Estados Unidos (Rainie y Wellman, 2012), por Cardoso en Portugal (Cardoso, 2010) y por el Estudio Mundial de Internet para el mundo en general (*Center for the Digital Future*, varios años) (Castells, 2013, Project, 2012). Adicionalmente a los estudios ya mencionados, cabe destacar un importante trabajo realizado por Michael Willmott para el *British Computer Institute*, el cual especifica que sí existe una interacción entre el uso del internet y el comportamiento de los individuos de una sociedad; este estudio:

[...] ha revelado una correlación real, aplicable a individuos y países, entre la frecuencia y la intensidad de uso de internet y los indicadores fisiológicos de felicidad personal. Willmott utilizó datos de 35.000 individuos de todo el mundo recopilados durante el Estudio Mundial de la Universidad de Michigan entre 2005 y 2007. Empleando otros factores de control, el estudio demostró que el uso de internet reafirma a las personas, al intensificar su sensación de seguridad, libertad personal e influencia, factores todos ellos que tienen un efecto positivo sobre la felicidad y el bienestar personal. (Castells, 2013)

Dicho efecto mencionado anteriormente es especialmente beneficioso en individuos con bajos ingresos y menos cualificados, en quienes viven en países en vías de desarrollo como Colombia. Así mismo el estudio reveló que la edad no afecta en absoluto a la relación positiva; dado que es importante en todas las edades la interacción social, internet ayuda a organizar sus vidas. Además les sirve para superar su aislamiento, sobre todo en sociedades aisladas, permitiendo generar un acercamiento con personas de diferentes entornos, y generando una diversificación de conceptos e ideas (Castells, 2013).

6.10.1.2. El internet y la educación

Basándose en el estudio realizado por (Minian, 1999) donde se plantea que una de las más importantes contribuciones de la tecnología educativa es el uso de internet dentro del proceso educativo. Hoy en día, cuando se habla de internet y educación, estos conceptos se asocian a hablar de educación contemporánea; según estudiosos del tema, (Sigalés, Mominó, Meneses, & Badia, 2008) internet actualmente es un elemento general de la educación en las naciones desarrolladas, y su importancia en este campo seguirá creciendo en todo el mundo. Aunque es importante tener presente que más de la mitad de la población mundial no tiene ninguna clase de experiencia directa en el uso de internet como lo muestran las cifras publicadas por el Banco Mundial en su página (Banco Mundial, 2015), lo cual puede cambiar con la penetración del internet y sus tecnologías, no se puede dejar de lado el hecho de que sigan prevaleciendo los modelos formativos tradicionales basados en la instrucción en el aula y los exámenes con lápiz y papel, y no fortalecer el uso de internet de una forma más versátil.

Desde otra perspectiva (Minian, 1999), muchos educadores valoran especialmente que internet aumenta la responsabilidad de los individuos a la hora de elegir opciones en materia de educación, ya que a través de sus dos grandes funciones (transmitir información y facilitar la comunicación mediante los programas de correo electrónico, navegadores WEB, FTP) puede proporcionar un eficiente y eficaz soporte didáctico tanto en el ámbito de la enseñanza presencial como en la enseñanza a distancia. En Colombia actualmente el Ministerio de Educación realiza una campaña fuerte en la unión de las TIC con la educación, como se puede evidenciar en los programas Colombia Aprende y el programa OH, los cuales pretenden generar una nueva forma de enseñar; esto, teniendo en cuenta lo que se menciona en el artículo “¿Cuál es el sentido de usar la tecnología en el aula?”:

La combinación de textos, gráficos, sonido, fotografías, animaciones y videos permite transmitir el conocimiento de manera mucho más natural, vívida y dinámica, lo cual resulta crucial para el aprendizaje. Este tipo de recursos puede incitar a la transformación de los estudiantes, de recipientes

pasivos de información a participantes más activos de su proceso de aprendizaje. (MinEducacion, 2015)

De la misma forma voces autorizadas mencionan (MinEducacion, 2015) que a través de estos nuevos medios los estudiantes pueden experimentar el conocimiento de una manera que resultaría imposible utilizando fuentes de referencia tradicionales. El acceso a estos recursos incide positivamente en la disposición que muestran los alumnos para profundizar y enriquecer su conocimiento indagando más fuentes de información y motivando la generación del conocimiento. Con el soporte de este engranaje interactivo, la curiosidad e imaginación del alumno se transforman en un poderoso dispositivo capaz de irrumpir en vastos dominios del conocimiento. Entre sus posibilidades en este sentido se destacan las siguientes, las cuales fueron originalmente planteadas por el Dr. Pere Marqués Graells en su publicación “Usos educativos de internet”:

- Las consultorías y tutorías telemáticas de alumnos
- El acceso a materiales didácticos on-line
- Tele bibliotecas
- Clases a distancia
- Los centros de recursos virtuales.
- Los centros educativos virtuales.

En cuanto a cuestiones educativas, internet ha hecho que el alumno pase, de tener el papel de receptor pasivo de un mensaje, a tener un papel activo, donde él decide la secuencia de la información y establece el ritmo, calidad, cantidad y profundización de la información que desea; adicionalmente, internet permite a los estudiantes trabajar en colaboración y de manera interactiva con otros estudiantes en aulas diseminadas por todo el mundo, contribuyendo así a la integración de experiencias de aprendizaje, y proporcionando un clima para descubrir y compartir nuevos conceptos e ideas, al mismo tiempo que las aulas se convierten en centros de educación internacional.

Por último y no menos importante, cabe mencionar que internet adicional de facilitar herramientas en el proceso educativo, también genera un impacto en la calidad de vida

de las personas ya que les permite el acceso abierto a una gran cantidad de información de todo tipo, les da la oportunidad de expresar sus ideas y opiniones, ofrece ocio y entretenimiento, les permite relacionarse más fácilmente y crear nuevas relaciones virtuales haciéndolas más cercanas debido a sus fines e intereses, facilita realizar actividades dándoles la oportunidad de ahorrar tiempo y dinero.

6.10.1.3. Simulación

La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias, dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos para el funcionamiento del sistema. (Shannon, 2012)

La simulación digital es una técnica que permite simular en un computador a través de herramientas informáticas el comportamiento de un sistema físico o teórico según ciertas condiciones particulares de operación (López Octaviano, Domínguez Valente, Martínez Martínez, Reyes Martínez, & Vázquez Hernández, 2008), la cual involucra el diseño de modelos de un sistema, llevando a cabo experimentos en él para poder determinar cómo el sistema real realiza y predice el efecto de cambios al sistema a través del tiempo (Lagardal, 2015).

La aplicabilidad de la simulación como metodología para la representación de comportamientos de sistemas físicos o teóricos es una actividad antigua, y puede decirse que es inherente al proceso de aprendizaje del ser humano. “Para poder entender la realidad y toda la complejidad que conforman un sistema, ha sido necesario construir artificialmente objetos y experimentar con ellos dinámicamente antes de interactuar con el sistema real. La simulación digital puede verse como el equivalente electrónico a este tipo de experimentación” (López Octaviano, Domínguez Valente, Martínez Martínez, Reyes Martínez, & Vázquez Hernández, 2008).

Los orígenes de la simulación están vinculados con las ciencias computacionales, las cuales se originaron con propósitos militares durante la Segunda Guerra Mundial. En la década de 1940 se dio inicio al Proyecto Manhattan (en el que participaron científicos

como Robert Oppenheimer, Neumann y Ulam) desarrollado en Estados Unidos con ayuda del Reino Unido y Canadá; el objetivo de este proyecto era el desarrollo de la primera bomba atómica, para lo cual realizaron simulaciones por computadora para recrear una detonación nuclear (Velazco, 2015). Dentro del trabajo realizado por Neumann en la bomba atómica, involucró las ciencias computacionales donde él y Stanislaw Ulam construyeron simulaciones computacionales para los cálculos hidrodinámicos necesarios, ya que encontraron un problema complejo relacionado al comportamiento de los neutrones; la cuestión era que el nivel de complejidad del problema, pues hacia demasiado difícil que fuera abordado por técnicas analíticas; fue durante este tiempo que contribuyó al desarrollo del método de Montecarlo, el cual permitía la aproximación de problemas muy complicados a través del uso de números aleatorios (Villatoro, 2008).

6.10.1.4. Dinámica de Sistemas

La Dinámica de Sistemas (DS) es una metodología para modelar y estudiar el comportamiento de cualquier sistema y su evolución través del tiempo (Martínez y Requena, citado por De la Ossa, 2007). Una característica de esta metodología es el uso del ordenador para realizar las simulaciones, facilitando la observación y el estudio de comportamientos y múltiples interacciones a través del tiempo, haciéndolo muy útil en estudios sociales por la gran cantidad de interrelaciones en los que los patrones de comportamiento no son lineales y dificultan su solución analítica (Santa Catalina, 2010).

La dinámica de sistemas, además estudia las características de realimentación en los sistemas complejos, como por ejemplo en la actividad industrial, en la que resalta la estructura organizativa, la amplificación (de políticas) y las demoras (en decisiones) que interactúan e influyen en la empresa (Forrester, 1981).

La dinámica de sistemas se originó a finales de los 50's en el MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) por el ingeniero Jay Wright Forrester, el cual es considerado como el padre de la Dinámica de Sistemas. Sus trabajos se destacan en sus 3 obras más trascendentales: "*Industrial Dynamics*", "*Urban Dynamics*" y "*World Dynamics*" (Santa Catalina, 2010).

La metodología de dinámica de sistemas difiere de otras técnicas de modelado, ya que no está basada en una estructura matemática previa, sino que con ayuda de juicios de expertos en el área a modelar, se establece un modelo con componente heurístico basado en el modelo mental de los expertos. El modelo resultante tiene un punto de vista plenamente subjetivo dependiendo claramente de los expertos (Santa Catalina, 2010).

Los modelos desarrollados a partir de dinámica de sistemas son modelos de predicción y de comparación, ya que pretende suministrar datos de la situación futura del modelo y permite realizar comparaciones y alternativas diferentes de resultados (De la Ossa, 2007).

6.10.1.5. Dinámica de sistemas en Colombia

Como lo comentan los profesionales Adalberto José García Méndez y Jairo Rafael Guzmán Brito en su estudio “*Simulación del desarrollo urbano de la ciudad de Cartagena, como estrategia para el apoyo de políticas públicas*”:

En Colombia la implementación de Simulación y Dinámica de Sistemas en proyectos, es relativamente nueva, los primeros esfuerzos inician en la Universidad Nacional de Colombia seguidos por la Universidad industrial de Santander, a mediados de 1994 los profesores Dyner y Andrade proponen la Primera Conferencia Colombiana sobre Modelamiento Sistémico en la Universidad Industrial de Santander (Universidad de Talca, 2004), el 29 de noviembre de 2002 se realizó en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín el Primer Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas en la Práctica, donde se expuso diferentes proyectos relacionados con el tema, uno de ellos fue el denominado “*Simulación de un modelo de empresa de comercio electrónico B2C de bienes de consumo duradero*” que se basó en empresas de comercio electrónico con el objetivo de crear un modelo de simulación que permitiera recrear el comportamiento de la empresa basándose en sus áreas de operación, de manera que permita desarrollar estrategias rentables para este tipo de empresas, el modelo trabaja con variables y permite realizar un análisis de sensibilidad a cada una de ellas

para analizar su efecto en las demás. Otro proyecto de Simulación de modelos empleando Dinámica de Sistemas, expuesto en el encuentro de dinámica de sistemas en el 2002 en Medellín, es "*La evaluación de las Políticas de Empleo en Colombia*" aquí por medio de la realización de un modelo se analiza la tasa de desempleo y actividades económicas en Colombia, para determinar las causas del desempleo, teniendo en cuenta factores como la violencia, educación, población, producto interno bruto, la inversión extranjera entre otras variables.

En cuanto a políticas públicas, se desarrolló en Colombia el proyecto sobre un Sistema integrado de vigilancia y control de malaria y dengue, entre estudiantes de la escuela de Ingeniería de Antioquia y de la Universidad de Columbia de los Estados Unidos, el proyecto desarrolla modelos dinámicos de malaria y establece que pueden desempeñar un papel muy importante en las estrategias de salud actuales y planes futuros, apoyando los programas y planes encaminados a reducir los impactos de la malaria sobre la salud humana. El proceso siguió la metodología de la dinámica de sistemas, realizando la simulación digital de los modelos, la aplicación del modelo se enfoca en las regiones con mayores probabilidades de malaria, como lo son la región pacífica y del caribe Colombiano, realizando análisis demográficos, epidemiológicos, periodos climáticos, sirviendo de base para el establecimiento de escenarios de simulación, puesto que hay periodos en que la trasmisión de malaria puede ser posible, como durante largas temporadas La metodología de la Dinámica de Sistemas sirve y es aplicable a gran cantidad de problemas y situaciones por lo que se ha usado para la enseñanza de diferentes áreas, un ejemplo es la aplicación de la Dinámica de Sistemas y Aprendizaje en Contaduría, investigación realizada en Bogotá, cuyo objetivo fue demostrar que el proceso de enseñanza, en este caso aprendizaje de la contabilidad dentro de la sociedad del conocimiento, puede ser más efectivo si se utiliza la dinámica de sistemas como herramienta mediadora, para lo que se describieron algunas características del proceso de formación y se creó un modelo de una transacción de

compra y venta, desde: la “representación contable tradicional”, y utilizando la metodología de Dinámica de Sistemas; evaluando las ventajas de una representación respecto a la otra, concluyendo mediante diagramas de Forrester y simulación digital que la Dinámica de Sistemas presenta ventajas como que no solo representa la acumulación de riqueza en forma de cuentas contables, sino su circulación o los hechos que la generan (compra, ventas, etc.); Además representa la historia de las transacciones o decisiones (políticas, gerenciales, operativas) que genera la circulación de riqueza; También permite que el estudiante mediante la simulación haga un juego de decisiones de los modelos construidos, e inicie mediante experiencia propia un proceso de aprendizaje de segundo ciclo, por lo que resulta viable la construcción de un modelo de enseñanza o aprendizaje por áreas contables basado en la Dinámica de Sistemas. (Méndez & Brito, 2013).

Otros estudios que utilizan la Dinámica de Sistemas en Colombia como herramienta de simulación de escenarios que facilitan la toma de decisiones en temas de Ingeniería e impacto social son:

- Análisis del modelo de negocio de una nueva Mipyme del sector de fabricación de estructuras metálicas mediante dinámica de sistemas. (Acuña y Gutiérrez 2016).
- Modelo socioeconómico y ambiental eficiente para el reciclaje de residuos de construcción de la ciudad de Bogotá. (González y Maestre 2016).

6.10.2. Entorno tecnológico

En la actualidad el avance tecnológico acelerado en el ámbito de las telecomunicaciones y las tecnologías de información van ganando mayor importancia en el mundo, permitiendo hacer más sencillas las comunicaciones y generando un crecimiento en el desarrollo de las sociedades, y permitiéndoles ser más competitivas al proporcionarles

mejores posibilidades de adquirir y propagar el acceso a los servicios de telecomunicación expuestos sobre internet.

Para Colombia, este avance tecnológico se convierte en una gran oportunidad de explorar nuevas tecnologías que le permitan a los sectores rurales (donde se presenta un difícil ingreso a servicios de telecomunicación) poder adherirse a los mismos y, por tanto, a la oportunidad de acceso al conocimiento.

Es aquí donde la presencia de la red eléctrica convencional y existente, de media y baja tensión, juega un papel importante, ya que puede permitir, a través de la tecnología *PLC*, ofrecer servicios de telecomunicación como son voz, datos, video, internet, servicios de información a las poblaciones rurales.

6.10.2.1. La toma de decisiones

La toma de decisiones es el proceso mediante el cual se realiza una elección entre las opciones o formas para resolver diferentes situaciones de la vida en diferentes contextos: a nivel laboral, familiar, personal, sentimental o empresarial; consiste, básicamente, en elegir una opción entre las disponibles, con el fin de resolver un problema actual o potencial. A la hora de tomar una decisión, entran en juego diversos factores que permiten escoger el mejor camino posible; cualquier toma de decisiones debería incluir un amplio conocimiento del problema que se desea superar, ya que solo luego del pertinente análisis es posible comprenderlo y dar con una solución adecuada (Pérez & Gardey, 2010).

Un proceso de toma de decisión comprende, de manera general, los siguientes pasos:

1. Análisis de la situación
2. Identificación y formulación del problema
3. Identificación de aspectos relevantes que permitan evaluar las posibles soluciones
4. Identificación de las posibles soluciones
5. Aplicación de un modelo de decisión para obtener un resultado global
6. Realización de análisis de sensibilidad

6.10.2.2. Análisis de toma de decisiones multicriterio

El análisis de toma de decisiones multicriterio o *MCDA (Multi-Criteria Decision Analysis)*, es una herramienta que se puede aplicar a situaciones de toma de decisiones complejas con múltiples objetivos contradictorios. Es más aplicable a la solución de problemas que se caracterizan como una elección entre alternativas, permitiendo enfocarse en lo que es importante, es lógico y coherente. En su esencia *MCDA* es útil para:

- La división de la decisión en partes más pequeñas y comprensibles
- Analizar cada parte
- La integración de las partes para producir una solución significativa

Cuando se utiliza para la toma de decisiones en grupo, *MCDA* ayuda a los grupos a hablar del problema que hay que resolver de una manera que les permite considerar los puntos de vista importantes de cada uno de los integrantes. También proporciona una capacidad única para la gente al considerar y hablar de complejas soluciones de compromiso entre alternativas. En efecto, ayuda a la gente a pensar, re-pensar, consultar, ajustar, y finalmente a decidir (NC State University, 2011).

Esta complejidad ha llevado al desarrollo de modelos de preferencia, es decir, herramientas que permiten abordar el problema de decisión multicriterio de una forma sistemática y científica, buscando favorecer el proceso y ayudar a quien toma la decisión. Entre estos modelos de preferencia, se hará referencia específica al AHP (Ver Anexo G. AHP proceso de análisis jerárquico). Este método, facilita la toma de decisiones en problemas en los cuales se involucran múltiples criterios (Schniederjans, Hamaker, & Schniederjans, 2004).

6.10.3. Entorno económico

El entorno económico considera las variables que permiten argumentar la sostenibilidad en el tiempo del caso de estudio por medio de los esfuerzos y recursos invertidos y el tipo de ganancias a percibir, sea de manera intangible valorado más como beneficios para los usuarios y las comunidades, así como de rentabilidad al gestor, promotor y operador del sistema; algunas consideraciones de la conexión entre el internet y la economía de los usuarios se pueden ver descritos en el Anexo D. El Internet y la Economía, con este

contexto, identificamos la manera de construir valor para los diferentes involucrados en la implementación del sistema y que se entiende cómo modelo de negocio y su cadena de valor.

6.10.3.1. Modelo de negocio

En un entorno empresarial, cualquier compañía debe ofrecer un producto o servicio, y este a su vez generar valor; este ciclo permite acceder a los ingresos necesarios para cubrir la operación y buscar generar rentabilidad; este ciclo se puede entender cómo modelo de negocio. En otras palabras, (Osterwalder-Pigneur, 2010) “Un modelo de negocio describe las bases sobre las que una empresa crea, proporciona y capta valor”.

Es decir, un modelo de negocio describe el modo en que una organización o empresa crea, distribuye y captura valor; es la forma de hacer los negocios.

A continuación se presentan, algunas definiciones, en orden cronológico, de autores reconocidos tomados de la tesis Modelos de Negocio: Propuesta de un Marco Conceptual para Centros de Productividad, elaborada por Mariana Palacios Preciado (2011, p. 16):

- Brandenburger y Stuart: Un modelo de negocio está orientado a la creación de valor total para todas las partes implicadas; sienta las bases para capturar valor por la empresa focal, al codefinir (junto con los productos y servicios de la empresa) el tamaño total de “la tarta”, o el valor total creado en las transacciones, que se puede considerar como el límite superior para la captura de valor de la empresa.
- Timmers: “Un modelo de negocio es una arquitectura de productos, servicios y flujos de información, incluyendo una descripción de varios actores del negocio y sus roles, una descripción de los beneficios potenciales de diferentes actores del negocio y la descripción de las fuentes de ingreso”.
- Linder y Cantrell: “La lógica central de la organización para crear valor. El modelo de negocios para una empresa orientada a los beneficios explica cómo esta hace dinero”.

- Chesbrough y Rosenbloom: Un modelo de negocio consiste en articular la proposición de valor; identificar un segmento de mercado; definir la estructura de la cadena de valor; estimar la estructura de costes y el potencial de beneficios; describir la posición de la empresa en la red de valor y formular la estrategia competitiva.
- Petrovic: “Un modelo de negocio describe la lógica de un ‘sistema de negocios’ para crear valor que esté por debajo del proceso actual”.
- Magretta: “Un modelo de negocio cuenta una historia lógica que explica quiénes son sus clientes, qué valoran, y cómo va a hacer dinero en darles ese valor”.
- Rajala y Westerlund: “La manera de crear valor para los clientes y la manera en que el negocio convierte las oportunidades de mercado en beneficio a través de grupos de actores, actividades y colaboraciones”.
- Andersson: “Los modelos de negocios se crean con el fin de dejar claro quiénes son los actores empresariales que se encuentran en un caso de negocio y cómo son sus relaciones explícitas. Las relaciones en un modelo de negocio se formulan en términos de valores intercambiados entre los actores”.
- Baden-Fuller: El modelo de negocio es la lógica de la empresa, la manera en que crea y captura de valor para sus grupos de interés.
- Al-Debei: El modelo de negocio es una representación abstracta de una organización, de todos los acuerdos básicos interrelacionados diseñados y desarrollados por una organización en la actualidad y en el futuro, así como todos los productos básicos y/o servicios que ofrece la organización, o va a ofrecer, sobre la base de estos acuerdos que se necesitan para alcanzar sus metas y objetivos estratégicos.
- Zott y Amit: “Forma en que una empresa “hace negocios” con sus clientes, socios y proveedores; es decir, se trata del sistema de actividades específicas que la empresa focal o sus socios llevan a cabo para satisfacer las necesidades

percibidas en el mercado; cómo esas actividades están relacionadas entre sí, y quién lleva a cabo esas actividades"

- Demil y Lecocq: "Combinación de recursos y competencias, organización de las actividades, y proposición de valor; introducimos la dinámica mostrando cómo distintos cambios deseados o emergentes alteran de forma positiva o negativa su consistencia"
- Salas: "Unidad de análisis que da forma a una manera genuina e innovadora de conseguir atraer la confianza de los clientes, generar ingresos con los que cubrir los costes y mantenerse viables en el mercado"
- Ricart: "Un modelo de negocio consiste en el conjunto de elecciones hechas por la empresa y el conjunto de consecuencias que se derivan de dichas elecciones"
- Svejnova: "Conjunto de actividades, organización y recursos estratégicos que transforman la orientación establecida por la empresa en una proposición de valor distintiva, permitiendo a la misma crear y capturar valor"
- Wikström: El modelo de negocio se utiliza para describir o diseñar las actividades que necesita o busca la organización(s) con el fin de crear valor para los consumidores y otras partes interesadas en el entorno
- Casadesus-Masanell y Ricart: Un modelo de negocio consiste en un conjunto de elecciones y un conjunto de consecuencias derivados de dichas elecciones. Hay tres tipos de elecciones: políticas, recursos, y la gestión de activos y políticas. Las consecuencias, pueden ser clasificadas como flexibles o rígidas (intrínsecamente dinámico).
- George y Bock: Diseño de la estructura organizacional que representa una oportunidad comercial.

Es importante tener en cuenta que la configuración de un modelo de negocio no debe limitarse a los indicadores y cumplimiento de metas financieras, pues el éxito en el desarrollo de una compañía debe considerar algunos de los puntos que se mencionan a continuación:

- Construir la estrategia para elegir su base de clientes
- Criterios de selección para definir, diferenciar y posicionar el producto
- Identificar la opción óptima para crear utilidad a sus clientes
- Cómo mantener la base de clientes
- Definir publicidad y distribución para la salida al mercado
- Tener metas y objetivos claros para conseguir beneficio

Adicional a lo anterior, debe gestionar de manera positiva e integral los intangibles que hacen parte de la misma. Diferentes autores han planteado enfoques y factores relacionados en la composición de modelos de negocio; para efectos de configurar un modelo de negocio aplicable para la implementación de la tecnología *PLC*, hemos determinado aplicar una metodología que involucre la mayor cantidad de componentes asociados a modelos de negocio en entornos productivos y de nuevas iniciativas, sin desconocer diversos enfoques de expertos entre los cuales podemos destacar:

- ***The Balanced Scorecard* (Robert S. Kaplan y David P. Norton)**

Para el año 1992, la revista *Harvard Business Review* presenta la metodología “The Balanced Scorecard” elaborada por el académico Robert S. Kaplan y el consultor David P. Norton; dichos autores demuestran la importancia de evaluar el comportamiento de una compañía no solo desde la óptica financiera, sino desde otras dimensiones que promuevan ventajas competitivas y garanticen la permanencia de la misma; entonces surgen 4 perspectivas que valoran dichas dimensiones y que debe sustentarse en objetivos y metas e indicadores, como son:

- Perspectiva Financiera (¿Cómo nos vemos ante los accionistas?):

Indicadores financieros basados típicamente en los estados financieros de la compañía e indicadores de rendimiento y rentabilidad; acá los accionistas pueden identificar lo que ocurre con las inversiones y las estrategias asumidas

para procurar tener la mayor generación de valor, liquidez y utilidades, entre otras.

- Perspectiva del cliente (¿Cómo nos vemos ante los clientes?):

Monitoreo y medición de indicadores de gestión y retención de clientes, basado en la identificación y correcta administración del mercado específico, logrando aumentar la participación, reteniendo y preservando de manera satisfactoria los clientes que son el motor de ingresos y rentabilidad de cualquier compañía.

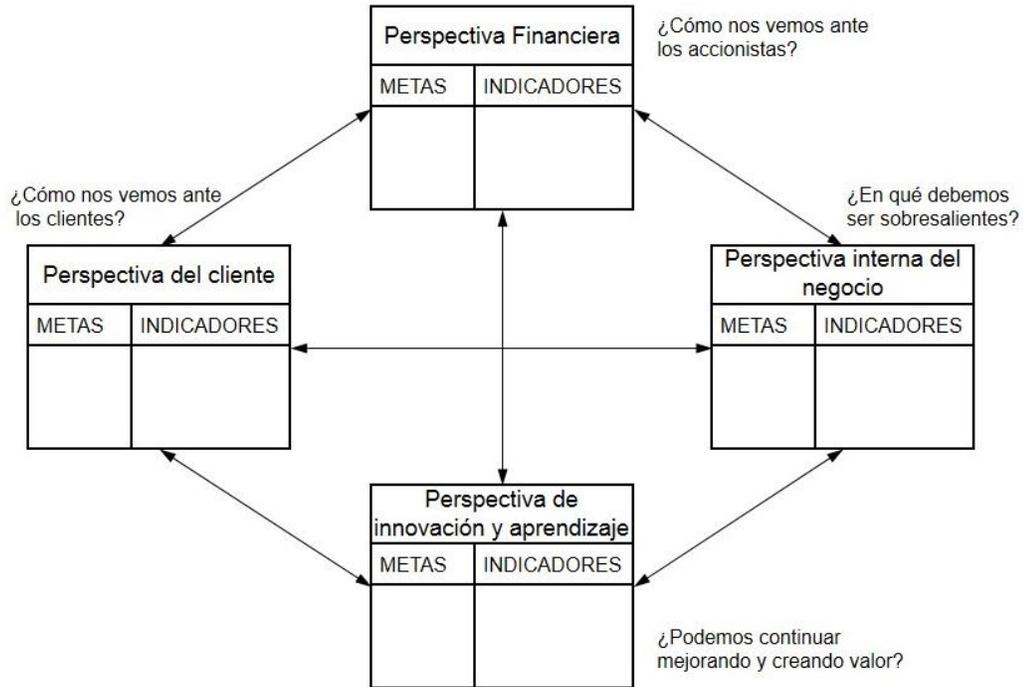
- Perspectiva interna del negocio (¿En qué debemos ser sobresalientes?):

La excelencia en la operación o actividad de una compañía es el resultado de tener una estructura de organización de primer nivel basada en procesos clave que permitan garantizar el cumplimiento de indicadores financieros y el cumplimiento de la promesa de valor a los clientes; entonces es de vital importancia la implementación y uso permanente de procesos operativos, de control, entorno socio-ambiental y de riesgos, entre otros.

- Perspectiva de innovación y aprendizaje (¿Podemos continuar mejorando y creando valor?):

Es la dimensión que proyecta la visión de la compañía y garantiza su sostenibilidad, con base en disponer de recursos para la búsqueda permanente de mejora continua; acá la innovación y desarrollo son los promotores para formar y crecer en términos de infraestructura, incremento de aptitudes y capacidades de las personas y la configuración de un adecuado clima organizacional

Figura 23. The Balanced Scorecard. Enlaces de evaluación de resultados

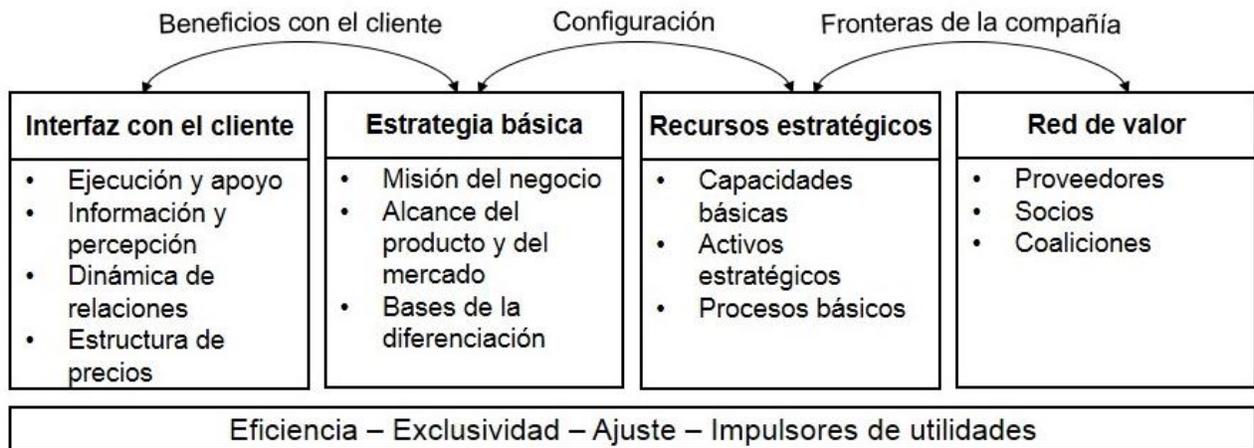


Fuente: Harvard Business Review; Kaplan & Norton, *The Balanced Scorecard*, Measures That Drive Performance. Elaboración propia.

- **Componentes del Modelo Comercial (Gary Hamel)**

En el año 2000, el profesor Gary Hamel publica el afamado texto *Liderando la Revolución*; en este presenta la manera de pensar modelos de negocio de manera integral y describe cuatro componentes principales que se vinculan entre sí por medio de tres puentes de conexión que los articulan; adicionalmente el modelo de negocio sustenta su potencial de utilidades en cuatro factores descritos en la siguiente figura:

Figura 24. Componentes del modelo comercial



Fuente: Gary Hamel, *Liderando la Revolución*.
Elaboración propia.

En el texto, el autor resalta la importancia de analizar un modelo de negocio por medio de la descomposición de los componentes que lo caracterizan y así desarrollar una capacidad de entender el negocio en su totalidad (Hamel, 2000, p. 94) descritos en el Anexo E. Modelo Comercial Gary Hamel.

- **Generación de Modelos de Negocio (Alexander Osterwalder y Yves Pigneur)**

En el año 2004, el suizo Alexander Osterwalder (1974), escritor, consultor, teórico y experto en modelación de negocios, crea una herramienta en colaboración con el Dr. Yves Pigneur, que permite construir modelos de negocios mediante la visión global de los componentes esenciales y su interacción lógica; esta herramienta es conocida como Método Canvas, siendo esta parte del reconocido texto *Generación de Modelos de Negocio*, publicado en 2010, en diferentes idiomas y actualmente uno de los textos referente en el campo de la implementación de nuevos modelos de negocio, con la participación de centenares de expertos y el aval de grandes multinacionales que adoptaron la metodología.

Figura 25. Diagrama modelo Canvas



Fuente: <http://iesde.blogspot.com.co/2012/11/el-modelo-Canvas-de-alexander.html>

Esta herramienta ayuda a visualizar las diferentes dimensiones necesarias para que una idea inicial de negocio pueda considerar variables y validar si realmente atiende una necesidad o un problema específico; cuando decidimos construir un modelo de negocio por medio de un Canvas, podemos visualizar el alcance real de nuestro proyecto, organizar las ideas e identificar variables y dependencias, determinar relaciones trascendentes y tener un entendimiento estructurado del entorno.

Uno de las principales virtudes de la aplicación de la metodología es que la definición de variables y la construcción de conceptos como parte del diseño de modelo de negocio, es construir una visión compartida por medio de espacios de interacción de grupos interdisciplinarios que participen en el aporte y el debate; en nuestro caso, dadas las condiciones académicas y la experiencia profesional de cada uno de los responsables de este estudio, aportamos desde cada una de nuestra perspectiva las ideas y criterios que garantizan la adecuada interacción de pilares de nuestra idea.

6.10.3.2. Generación de modelo de negocio por medio del Canvas

La validación de un modelo de negocio innovador y sostenible debe sustentar sus atributos, ventajas competitivas y medios de captura de valor mediante la utilización de una herramienta de estudio que considere dichas variables; en nuestro caso, la utilización del concepto Canvas nos ayuda a identificar y jerarquizar, dentro de 9 módulos de análisis, las 4 áreas principales en un negocio de la siguiente manera:

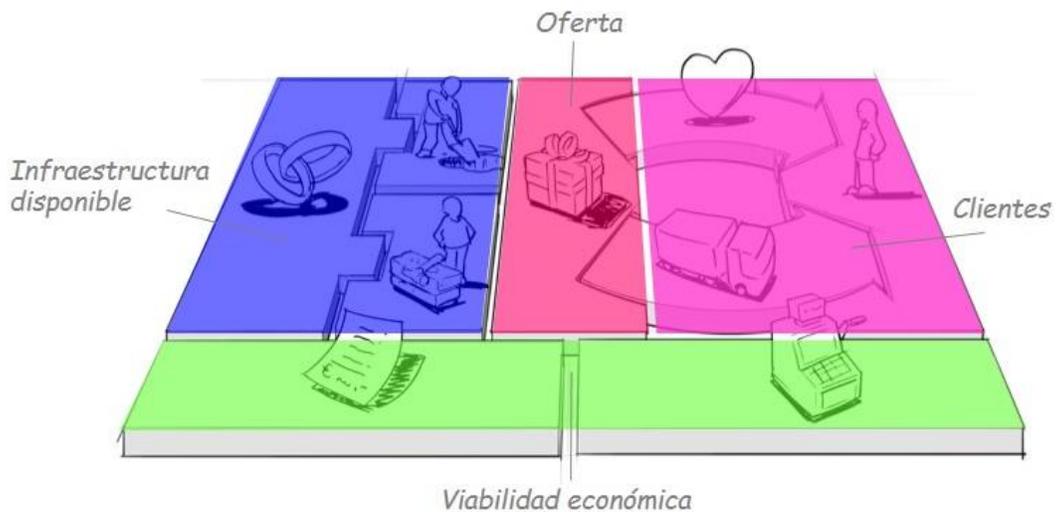
Tabla 10. Áreas principales y módulos de análisis Canvas

Áreas principales	Módulos de análisis	Descripción
Oferta	Propuestas de valor	Identifica el valor de la propuesta, tiene en cuenta las necesidades de los clientes y la manera de resolverlo. Se destaca la diferenciación con lo que existe y de nuestra competencia; así las cosas “es el conjunto de productos y servicios de crean valor para un segmento de mercado específico” (Osterwalder, 2010, p. 24).
Clientes	Segmentos de clientes	Identifica los tipos de clientes a atender y los agrupa en segmentos de mercado para definir a cuáles de estos dirigirnos y creamos valor. “definen los diferentes grupos de personas o entidades a las que se dirige una empresa” (Osterwalder, 2010, p. 21).
	Relaciones con clientes	Administra la obtención de clientes, cómo preservarlos y la manera de aumentar su participación en nuestros productos. “diferentes tipos de relaciones que establece una empresa con determinados segmentos de mercado” (Osterwalder, 2010, p. 28).
	Canales	Medios de comunicación para llegar a nuestros clientes y ofrecer nuestra propuesta de valor. “Modo en el cual una empresa se comunica con los diferentes segmentos de mercado para llegar a ellos y proporcionarles una propuesta de valor” (Osterwalder, 2010, p. 26).
Infraestructura disponible	Asociación clave	Detalla cuales son los socios estratégicos y los proveedores que necesitamos para que el modelo de negocio funcione eficientemente. “Red de proveedores y socios que contribuyen al funcionamiento de un modelo de negocio” (Osterwalder, 2010, p. 38).
	Actividades clave	Detalla las actividades core del producto o servicio que garantice el funcionamiento del mismo y pueda ofrecer una propuesta de valor. “Acciones más importantes que deben emprender una empresa para que su modelo de negocio funcione” (Osterwalder, 2010, p. 36).

	Recursos clave	Identifica los recursos físicos y humanos necesarios para nuestra iniciativa; se pueden separar por grupos y discriminarlos según las necesidades requeridas. “son los activos más importantes para que un modelo de negocio funcione” (Osterwalder, 2010, p. 34).
Viabilidad económica	Fuentes de ingresos	Cuál es valor de nuestro producto y cómo podrán pagar por él; determina también los medios de pago. “flujo de caja que genera una empresa en los diferentes segmentos de mercado” (Osterwalder, 2010, p. 30).
	Estructura de costos	Describe los costos asociados a la puesta en marcha de la iniciativa; analiza el impacto y las consecuencias asociadas a la operación y mantenimiento de relación con clientes o el costo de generación de ingresos y rentabilidad. “Todos los costes que implica la puesta en marcha de un modelo de negocio” (Osterwalder, 2010, p. 40).

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 26. Diagrama de modelo Canvas: 4 áreas principales



Fuente: Elaboración propia.

7. Resultados obtenidos

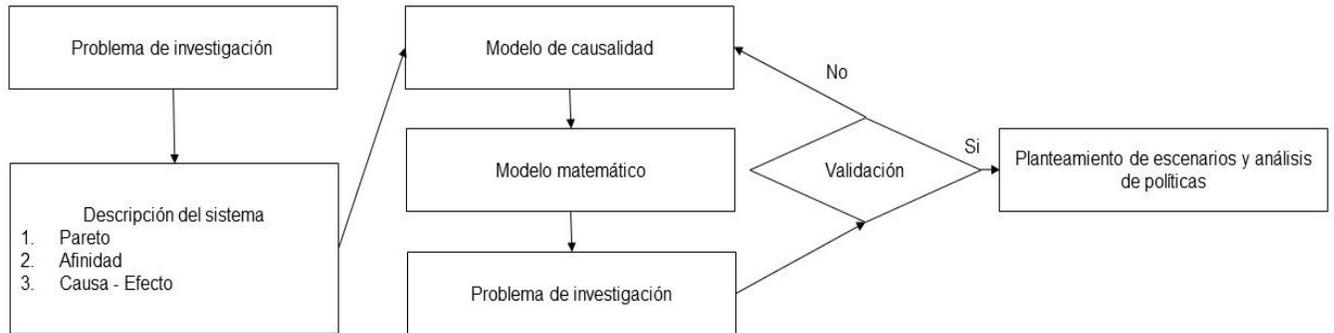
7.1. Caracterización de variables socioeconómicas mediante un modelo de dinámica de sistemas

Para poder simular un sistema dinámico, como primera medida se requiere entender cómo se comporta dicho sistema, para lo cual se debe tener claridad en el comportamiento de cada una de las variables que lo afectan o componen. La simulación es un enfoque que permite dar solución a diversos problemas, este enfoque integra la modelación matemática y los lenguajes informáticos con el fin de diseñar un modelo virtual que permita la experimentación para la toma de decisiones. Día tras día el uso de la simulación en distintos niveles de la investigación gana más aceptación para la representación de situaciones reales, tanto para aplicaciones empresariales a entidades públicas y privadas, como también en actividades de planeación en los sistemas sociales.

La dinámica de sistemas se define como un método para favorecer el aprendizaje de los sistemas, creando modelos de simulación que ayuden a comprender la complejidad dinámica, a entender las fuentes de resistencia de las políticas, y a diseñar estrategias más efectivas. La modelación utilizada en este trabajo se basa en los principios de la dinámica de sistemas y los planteamientos de la gestión del conocimiento, la cual la expresa como un proceso complejo que requiere la transformación de datos en información, determinando su valor para el sistema a modelar y posteriormente utilizarlas para inferir y predecir comportamientos, lo que se constituye en una metodología de obtención y creación de conocimiento.

La metodología utilizada se muestra en la Figura 27, la cual parte de un enfoque cualitativo mediante la elaboración de diagramas causales y la utilización de técnicas de análisis de información como el Pareto y el diagrama espina de pescado, y se traslada a un enfoque cuantitativo mediante la matematización del problema por medio de la simulación, la cual se convierte en un instrumento de ayuda para la toma de decisiones. (López Santana, Ávila González, & Méndez Giraldo, 2011)

Figura 27. Metodología de modelación



Fuente: Dinámica del mercado laboral colombiano: un análisis de políticas de empleo aplicando dinámica de sistemas.

Para el desarrollo de este trabajo, el impacto social se generará mediante la transferencia del conocimiento específico dentro de temáticas puntuales que aportan al desarrollo económico de la localidad; para el caso de Yacopí son la ganadería, la agricultura, la minería y el turismo, las cuales se han establecido y estudiado por parte de la localidad, así mismo son parte del actual plan de desarrollo, “Para seguir progresando en Paz 2016-2019”, aprobado mediante acuerdo 009 de 26 de mayo de 2016, que busca el desarrollo de proyectos de tecnología, por lo cual este proyecto cuenta con el interés de la Alcaldía Municipal.

Las variables que resultaron de la fase problema de investigación y de las reuniones con el alcalde de Yacopí JOHN JAIME SANCHEZ, se catalogan como principales y se sintetizan en el siguiente listado:

- *Población:* Esta variable del sistema muestra el número de personas que habitan de manera permanente en el municipio; para la determinación de esta variable se definen variables secundarias.
- *Población Urbana:* Número de personas que viven de manera permanente en la cabecera del municipio.

- *Población Rural*: Número de personas que viven de manera permanente en las afueras o zonas rurales del municipio
- *Inmigración*: Número de personas que llegan a formar parte de la población del municipio.
- *Emigración*: Número de personas que se salen del municipio.
- *Nacimientos*: Número de personas que nacen en el municipio.
- *Muertes*: Número de personas fallecidas en el municipio.
- *Interés de la población para el acceso al conocimiento*: Esta variable del sistema se determina el número de personas que presentan interés para acceder al conocimiento y tienen la posibilidad de hacerlo, se calcula asimilando el comportamiento actual de la inscripción de estudiantes en Yacopí.
- *Tasa de Interesados al Conocimiento en Línea*: Porcentaje de la población que presenta interés para acceder al conocimiento en línea.
- *Porcentaje de Población con posibilidad de acceso*: Porcentaje de la población que tiene la posibilidad de acceso a internet, es decir, que tienen estación de navegación y conexión a internet.
- *Ancho de Banda Requerido*: Determina el ancho de banda requerido, teniendo en cuenta el número de personas que presentan interés en acceder al conocimiento en línea.⁴
- *Número de personas que acceden al conocimiento*: Esta variable muestra el comportamiento en el tiempo del número de personas que accedieron al conocimiento, teniendo en cuenta que el acceso del conocimiento presenta un tiempo de aprendizaje.

⁴ Estimación del ancho de banda: <http://login.netromedia.com/solutions/View.aspx?ID=46da5170-7509-49d8-88cf-d6e4dca03101>

- *Tiempo de aprendizaje*: Tiempo que una persona está dispuesta a invertir para el aprendizaje de un tema específico de manera *online*; dicho tiempo es aleatorio y depende del usuario y el interés del mismo.
- *Tasa de penetración del internet*: Porcentaje de penetración que tiene internet dentro del municipio.
- *Tasa de deserción*: Porcentaje de la población que hace deserción del proceso de aprendizaje.
- *Número de consultas*: Consultas en promedio que hace una persona de manera anual.
- *Ganadería*: Número de consultas específicas que apuntan a la actividad ganadera.
- *Minería*: Número de consultas específicas que apuntan a la actividad minera.
- *Turismo*: Número de consultas específicas que apuntan al negocio del turismo
- *Agricultura*: Número de consultas específicas que apuntan a la actividad agrícola.

Porcentaje de la población que accedió al conocimiento en línea: Con base en el número de consulta, se realiza una estimación del equivalente de la población que se logró capacitar. Las variables anteriormente nombradas tienen soporte estadístico y conexidad con el contexto de la localidad de Yacopí, por ello se presenta el origen de la variable y la forma de verificación de la misma.

Tabla 11. Verificación y origen de las variables utilizadas en el modelo

<i>VARIABLE</i>	<i>ORIGEN</i>	<i>VERIFICACIÓN</i>
<i>Población</i>	<i>Diagnostico - caracterización</i> de los contextos territorial y demográfico proyecto de acuerdo por medio del cual se adopta el plan de desarrollo del municipio de Yacopí Cundinamarca para el periodo 2016-2019	Alcaldía de Yacopí.
Población urbana		
Población rural		
Inmigración		
Emigración		
Nacimientos		
Muertes		
Interés de la población	Plan de gobierno Yacopí	Entrevistas equipo de Alcaldía Yacopí
Tasa de interesados al conocimiento	<i>Diagnostico - caracterización</i> de los contextos territorial y demográfico proyecto de acuerdo por medio del cual se adopta el plan de desarrollo del municipio de Yacopí Cundinamarca para el periodo 2016-2019	Analogía de tasa de educación formal.
Porcentaje de la población con posibilidad de acceso	Encuestas en la población	
Ancho de banda requerido	Requerimientos de ancho de banda según tipo de aplicación	Documento de FEDESARROLLO 2011
Número de personas que acceden al conocimiento	Calculada por el modelo dinámico	
Tiempo de aprendizaje	Tiempo navegación para un tema específico	Duración de una jornada de capacitación en la Alcaldía.
Tasa de penetración del internet	Plan de Gobierno Yacopí.	Alcaldía de Yacopí.

Tasa de deserción.	<i>Diagnostico - caracterización</i> de los contextos territorial y demográfico proyecto de acuerdo por medio del cual se adopta el plan de desarrollo del municipio de Yacopí Cundinamarca para el periodo 2016-2019	Alcaldía de Yacopí.
Número de consultas.	Calculada	
Ganadería.		
Minería.		
Turismo.		
Agricultura.		
Porcentaje de la población que accedió al conocimiento en línea.		

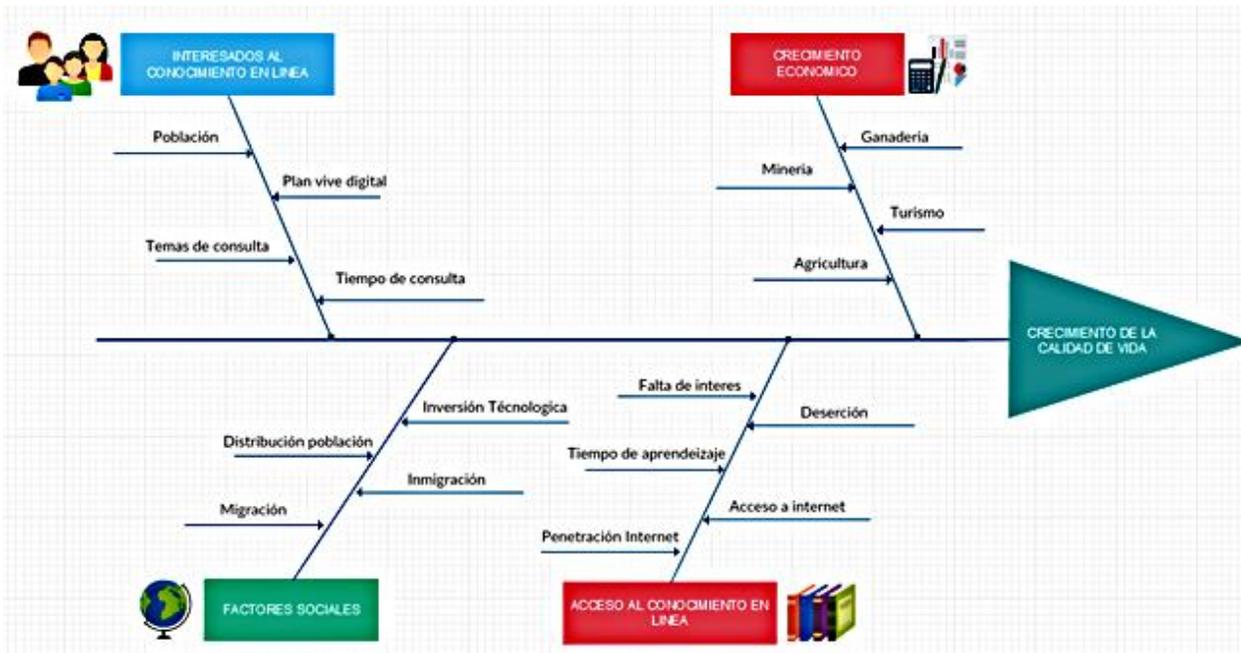
Fuente: Elaboración Propia.

En este caso puntual, la Alcaldía de Yacopí es determinada como el experto, dado que conoce las necesidades de la localidad en todos los aspectos sociales y como han evolucionado durante el tiempo, así las cosas y con base a las validaciones con la Alcaldía, desarrollaremos mediante la metodología de modelación la caracterización de variables del sistema.

7.1.1. Diagrama de relaciones de las variables del sistema

Con base en la definición de variables, se realiza un agrupamiento de las mismas con el fin de entender cómo están relacionadas y cómo se unifican dentro del sistema. El sistema se plantea en función de establecer como la dinámica de dichas variables enfocadas al conocimiento, el cual impacta la calidad de vida si se logra generar mayores ingresos.

Figura 28. Diagrama de espina de pescado



Fuente: Elaboración propia.

Los que quieren aprender por medio de internet son habitantes, los cuales hacen parte de una población, “Población del pueblo de Yacopí”, que es la que se interesa en el conocimiento y variables como los temas de consulta que para este caso puntual son los mismos que se enmarcan dentro del crecimiento económico; sin embargo, dentro del sistema dinámico se incluye como quinto tema el ocio, que es el espacio donde un usuario podrá consultar contenidos de interés que no se enmarcan dentro de la temática económica. Así mismo, y con base información suministrada por la Alcaldía de Yacopí, el tiempo de acceso de un usuario actualmente a internet está limitado dentro de las políticas de los kioscos de Vive Digital.

En cuanto al crecimiento económico, se enmarca dentro de los sectores económicos de Yacopí, que actualmente se basa en ganadería, agricultura, turismo y minería; teniendo en cuenta la información suministrada por la Alcaldía, solo la ganadería comprende un 34 % del PIB, mientras la parte agrícola, un 15 %. Por esta razón se busca que la comunidad tenga acceso al conocimiento enfocándose en sus fortalezas económicas actuales.

Los factores sociales: son aquellos que no son controlables y están fuera del alcance de estudio del proyecto; sin embargo, se requiere entender su comportamiento para poder estimarlo dentro del modelo dinámico; es allí donde variables como las tasas de nacimiento y mortalidad, o distribución poblacional entre rural y urbana juegan un papel importante, dado que afectan directamente el comportamiento de la población. Es claro que otros factores sociales como la violencia, tasas de empleo y niveles de inversión cultural afectan también el comportamiento de la población; para este caso se omiten, dado que su entendimiento requiere profundidad y está fuera del alcance de este proyecto.

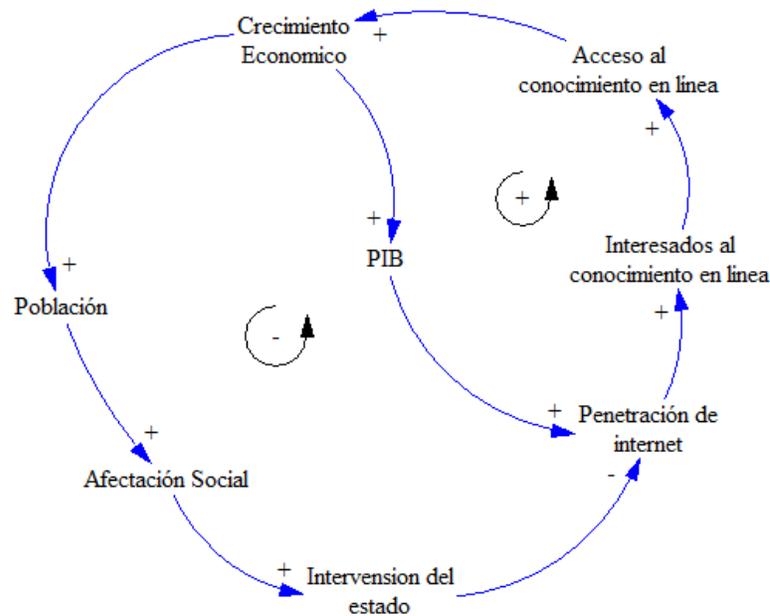
Por último, las principales variables que afectan el acceso al conocimiento en línea: dichas variables son el tiempo de aprendizaje que tiene una persona para aprender o aplicar un tema específico, por lo que estas variables son aleatorias y dependerán de la complejidad del tema. La penetración del internet actualmente (según datos suministrados por la Alcaldía) es del 1 %, y pretende tener este comportamiento durante el año 2016; por lo tanto, el acceso a internet es una oportunidad que pocos habitantes tienen, y limita el acceso al conocimiento en línea.

7.1.2. Diagrama causal de las variables del sistema

El diagrama causal que se presenta en la Figura 29, muestra las relaciones de las variables y cómo se comportan entre ellas. El primer lazo (-) inicia con el crecimiento económico, es claro que si hay más crecimiento económico es un atractor para que aumente la población, dado que en épocas de bonanza las poblaciones crecen, y al generar este crecimiento en la población se genera un incremento en las afectaciones sociales que la interacción interna de la población genera, como son las tasas de natalidad, la delincuencia o la violencia y en el tema puntual de Yacopí, las problemáticas que generan desplazamientos forzados y desarraigos, es decir que a medida que la población crece esto atraerá afectaciones sociales que su vez para ser intervenidas requieren inversiones por parte del estado, esto con el fin de ser subsanadas o satisfechas, dichas inversiones se pueden representar en fuerza pública, obras para la comunidad (escuelas, parques acueducto, etc.), en este modelo la inversión del estado

es lo que permite cerrar la brecha de la penetración de internet en Yacopí, de esta manera se cierra el primer ciclo.

Figura 29. Diagrama causal del sistema



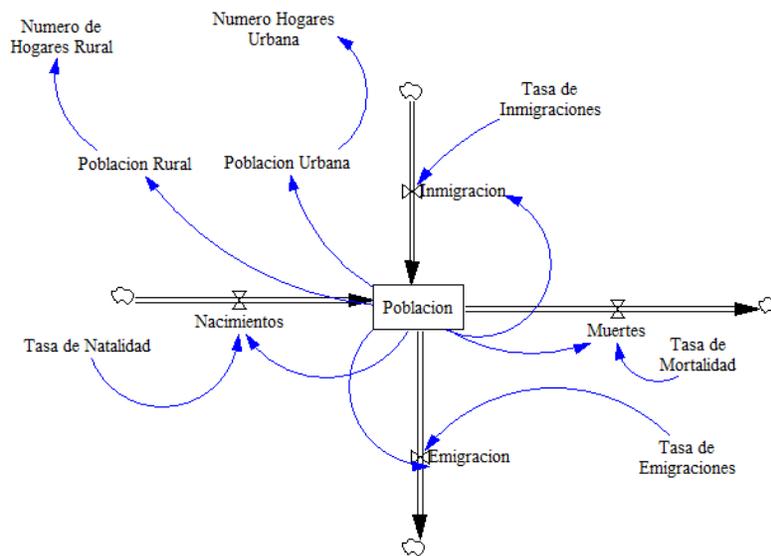
Fuente: Elaboración propia.

El segundo ciclo (+), muestra que con el crecimiento económico, logra generar un impacto en el PIB de la localidad lo cual permite obtener una mayor penetración de internet. Dicha penetración de internet genera un despliegue tecnológico y de accesos para la población, resultando en un aumento del número de personas interesadas en acceder dicha tecnología y al conocimiento que ella trae. Como en todo mercado, cuando existe una oferta es posible que se genere una demanda, lo que para este caso son las personas que acceden a la tecnología y por ende al conocimiento, aumentando el conocimiento en diferentes aspectos incluyendo desde luego, los que están orientados a incrementar la productividad en sus actividades económicas, es decir dichos usuarios buscarán como hacer sus actividades de mejor manera, permitiendo la apertura de mercados y optimización de costos, generando un crecimiento económico de la comunidad; cerrando de esta manera el segundo lazo.

7.1.3. Aproximación al modelo matemático

Lo primero que se requiere para iniciar el modelamiento es representar el comportamiento de la población, dado que es esta el centro del sistema y su comportamiento es lo que determina como responde el resto del sistema. La población se ve afectada por diferentes variables como son la inmigración, los nacimientos, las muertes y la emigración, las cuales, a su vez, tienen comportamientos propios que son determinados según el diagnóstico de estudio anteriormente mencionado.

Figura 30. Modelo poblacional del sistema dinámico



Fuente: Elaboración propia.

El modelo matemático que describe el sistema es el siguiente⁵:

$$Nacimientos [personas] = INTEGER(Población * Tasa de Natalidad)$$

$$Inmigración [personas] = INTEGER((Población * Tasa de Emigraciones))$$

$$Muertes [personas] = INTEGER((Población) * Tasa de Mortalidad)$$

$$Emigración [personas] = INTEGER((Población * Tasa de Emigraciones))$$

⁵INTEGER es una función utilizada en Vensim para arrojar el número entero de la operación

$$Población [personas] = Inmigración + Nacimientos - Emigración - Muertes$$

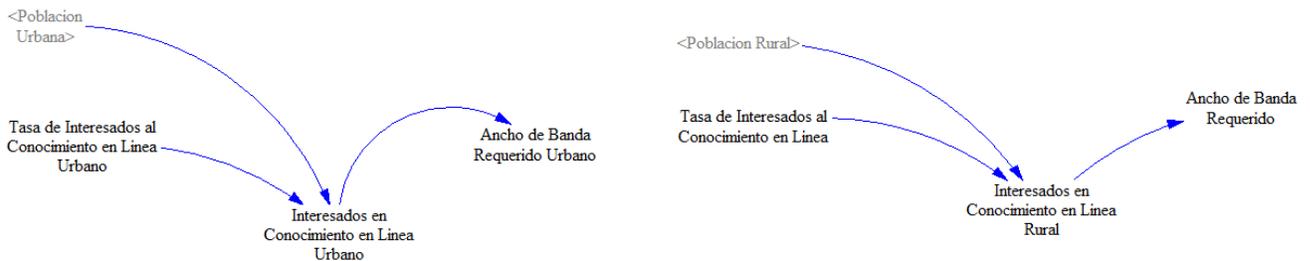
La determinación del número de habitantes en la zona urbana y en la zona rural se calcula con base en las distribuciones actuales: 83% rural y 17% urbano, las cuales son obtenidas con base al documento del plan de gobierno de Yacopí y validadas con la Alcaldía.

$$Población rural [personas] = Población * (0.83)$$

$$Población Urbana [personas] = Población * (0.17)$$

Con base en los cálculos poblacionales rurales y urbanos, es posible determinar el ancho de banda requerido el cual se basa según la necesidad establecida por FEDESARROLLO; El ancho de banda se calcula con base estimación del número de interesados en el conocimiento en línea que tendría Yacopí.

Figura 31. Modelo causal de interesados en conocimiento en línea



Fuente: Elaboración propia.

Las ecuaciones para la determinación del número de interesados son:

$$\begin{aligned} & \text{Interesados en el conocimiento en línea urbano [personas]} \\ & = Población urbana \\ & * (\text{Tasa de Interesados al conocimiento en línea urbano}) \end{aligned}$$

Interesados en el conocimiento en línea rural [personas]

$$= \text{Población rural} * (\text{Tasa de interesados en el conocimiento en línea})$$

Para el cálculo del número de personas que acceden al conocimiento en línea, se establece un proceso, el cual genera un retardo (*delay*); dado que los procesos no son instantáneos, adicionalmente se tiene cuenta el tiempo de aprendizaje, la penetración del internet y la tasa de deserción.

El tiempo de aprendizaje es una variable aleatoria dado que depende de cada individuo; para este caso particular la duración de adquisición se tomará un tiempo que puede durar desde 1 día a 5 días, los cuales son los tiempos que la Alcaldía tiene para capacitaciones actualmente, es decir, la Alcaldía tiene jornadas de capacitación las cuales duran como mínimo un día y como máximo cinco, estos tiempos son contextualizados para el modelo, dado que no se tienen estadísticas sobre la comunidad. Será el mismo tiempo para rural y urbano.⁶

$$\text{Tiempos de aprendizaje [año]} = \text{RANDOM EXPONENTIAL} \left(\frac{1}{365}, \frac{30}{365}, \frac{1}{365}, \frac{5}{365}, 0 \right)$$

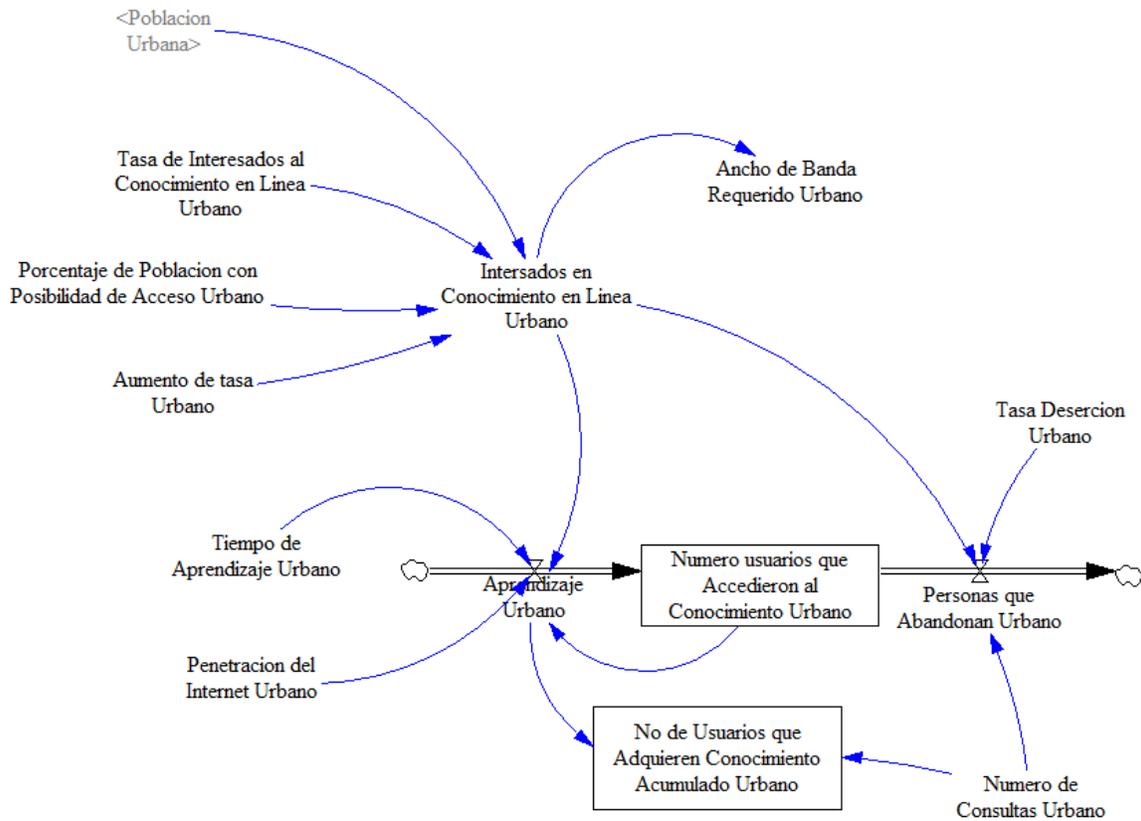
La penetración de internet se toma como un rango, el cual puede variar entre 1 % y 10 %, el 1% es la tasa actual de penetración de internet, y con base a las conversaciones con el secretario de servicios públicos de Yacopí, tener una penetración del 10% anual sería el estado ideal; por ende el rango contempla el valor actual y el valor ideal con el fin de analizar el impacto que genera los diferentes niveles de penetración; dentro del sistema, este valor puede variar para rural y urbano de manera independiente.

$$\text{Penetración de internet} = [0,01; 1]$$

Para la siguiente parte, se requiere entender la relación entre las variables; por ende, se presenta la relación en el cálculo de *Interesados en el conocimiento en línea* y el *número de usuarios que accedieron al conocimiento*. Los modelos para urbano y rural funcionan de manera idéntica.

⁶Random normal, genera número aleatorios con una distribución normal (min, máximo, media, desviación)

Figura 32. Modelo causal de ciclo de aprendizaje online



Fuente: Elaboración propia.

$$\begin{aligned}
 & \text{Aprendizaje Urbano} \left[\frac{\text{personas}}{\text{año}} \right] \\
 &= \text{DELAY FIXED} \left(\left((-\text{Numero usuarios que Accedieron al Conocimiento Urbano} \right. \right. \\
 & \left. \left. + \text{Interesados en Conocimiento en Línea Urbano}) \right. \right. \\
 & \left. \left. * (1 + \text{Penetracion del Internet Urbano}), \text{Tiempo de Aprendizaje Urbano}, 0 \right)
 \end{aligned}$$

La anterior expresión calcula el número de personas que accedieron al conocimiento teniendo en cuenta el número de interesados y según el tiempo de aprendizaje (cada cuánto se cumple dicho proceso).

Como se aprecia en la Figura 32, la entrada al proceso es el aprendizaje urbano, y la salida es el número de personas que abandonan dicho proceso. Las personas que abandonan están estimadas por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Personas que Abandonan Urbano} & \left[\frac{\text{personas}}{\text{año}} \right] \\ & = \text{INTEGER}(((\text{Intersados en Conocimiento en Linea Urbano} \\ & * \text{Tasa Deserción Urbano} * \text{Número de Consultas Urbano}))) \end{aligned}$$

Por lo tanto, el número de personas que accedieron al conocimiento son calculadas de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Numero usuarios que Accedieron al Conocimiento Urbano} & [\text{personas/año}] \\ & = \text{INTEGER}(+\text{Aprendizaje Urbano} - \text{Personas que abandonan Urbano}) \end{aligned}$$

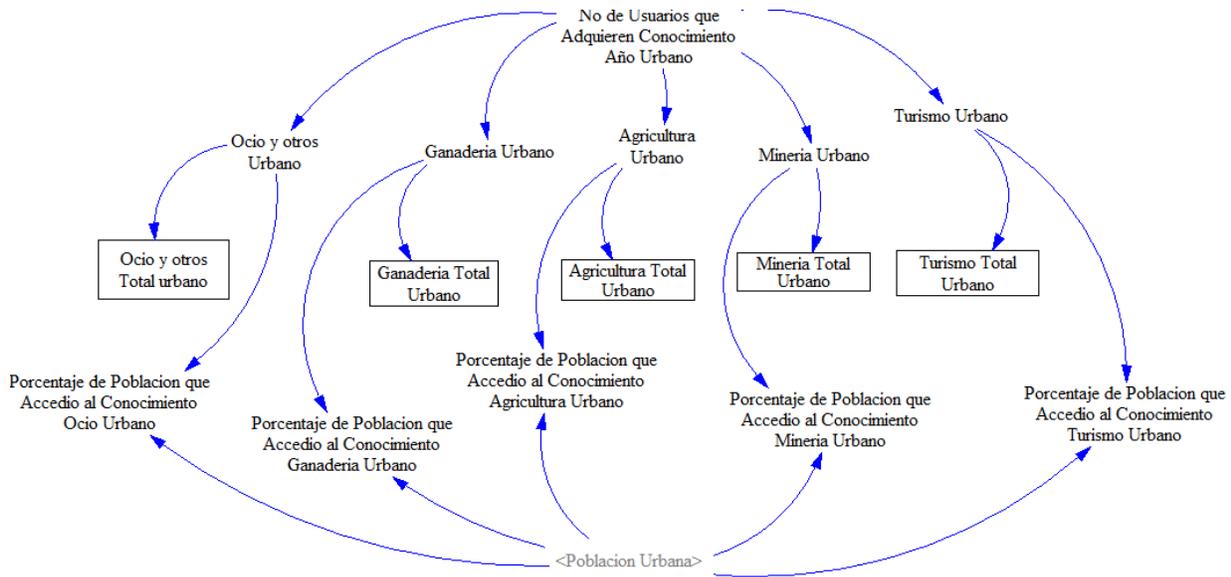
La variable *Número de Consultas* hace referencia al número de consultas que se estiman realice un usuario; para el sistema, cada vez que el usuario realiza una consulta será tomado como un nuevo usuario, para nuestro caso se asume un variable aleatoria entera entre 1 y 15, es decir un usuario consultara como máximo 15 veces el mismo tema y como mínimo 1 vez.

La sumatoria de todos los usuarios que lograron adquirir conocimiento en línea se determina de la siguiente manera (Donde se verifica que siempre se sume el valor que arroja el proceso descrito al valor que tenía anteriormente):

$$\begin{aligned} \text{No de Usuarios que Adquieren Conocimiento Acumulado Urbano} & [\text{personas}] \\ & = \text{INTEGER}(\text{IF THEN ELSE}(\text{Aprendizaje Urbano} < \\ & = 0, 0, +\text{Aprendizaje Urbano} * \text{Numero de Consultas Urbano})) \end{aligned}$$

Por otra parte, y continuando con el modelo matemático, el plan de desarrollo del municipio determina que los sectores económicos de Yacopí son la ganadería, agricultura, minería y turismo; debido a lo anterior se enfoca el modelo para determinar qué efecto se genera en el PIB, el cual impacta el ingreso de los habitantes; bajo esta suposición se realiza la siguiente parte del modelo (Figura 33).

Figura 33. Modelo causal del porcentaje de población impactada



Fuente: Elaboración propia.

La determinación de número de usuarios que adquieren conocimiento en cada uno de los aspectos, se calcula según la distribución actual de personas que dependen del sector dentro de Yacopí.

Ocio y otros Urbano [personas]

$$= \text{No de Usuarios que Adquieren Conocimiento Año Urbano} * 0,5$$

Ocio y otros Rural [personas]

$$= \text{No de Usuarios que Adquieren Conocimiento Año Rural} * 0,5$$

Ganadería Urbano [personas]

$$= \text{No de Usuarios que Adquieren Conocimiento Año Urbano} * 0,2$$

Ganadería Rural [personas]

$$= \text{No de Usuarios que Adquieren Conocimiento Año Rural} * 0,3$$

Agricultura Urbano [personas]

$$= \text{No de Usuarios que Adquieren Conocimiento Año Urbano} * 0,2$$

Agricultura Rural [personas]

$$= \text{No de Usuarios que Adquieren Conocimiento Año Rural} * 0,25$$

Minería Urbano [personas]

*= No de Usuarios que Adquieren Conocimiento Año Urbano * 0,05*

Minería Rural [personas]

*= No de Usuarios que Adquieren Conocimiento Año Rural * 0,2*

Turismo Urbano [personas]

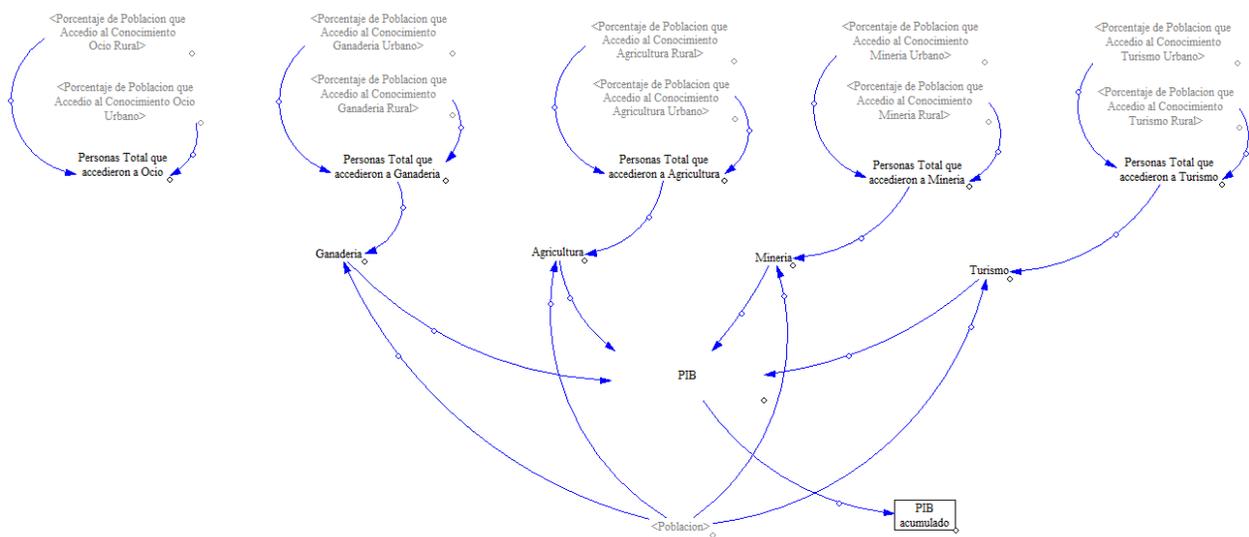
*= No de Usuarios que Adquieren Conocimiento Año Urbano * 0,15*

Turismo Rural [personas]

*= No de Usuarios que Adquieren Conocimiento Año Rural * 0,05*

Por último, se calcula el impacto que tendría el acceso al conocimiento en línea dentro del PIB de Yacopí; esto, teniendo en cuenta las personas que accedieron al conocimiento y la participación de cada actividad económica dentro del PIB actual; sin embargo, es importante aclarar que la masificación del internet es acelerada y cada sociedad reacciona de una forma diferente a dicho cambio. El diagrama que describe esta parte del sistema se muestra a continuación (Figura 34).

Figura 34. Modelo Casual para determinar impacto en el PIB



Fuente: Elaboración propia.

Las ecuaciones para determinar el impacto que se logra en el PIB, son las siguientes, teniendo en cuenta que primero se calcula el impacto por cada sector:

$$\text{Ganadería} = \left(\frac{\text{Personas Total que accedieron a Ganadería}}{\text{Población}} \right) * 0,33$$

$$\text{Agricultura} = \left(\frac{\text{Personas Total que accedieron a Agricultura}}{\text{Población}} \right) * 0,34$$

$$\text{Minería} = \left(\frac{\text{Personas Total que accedieron a Minería}}{\text{Población}} \right) * 0,15$$

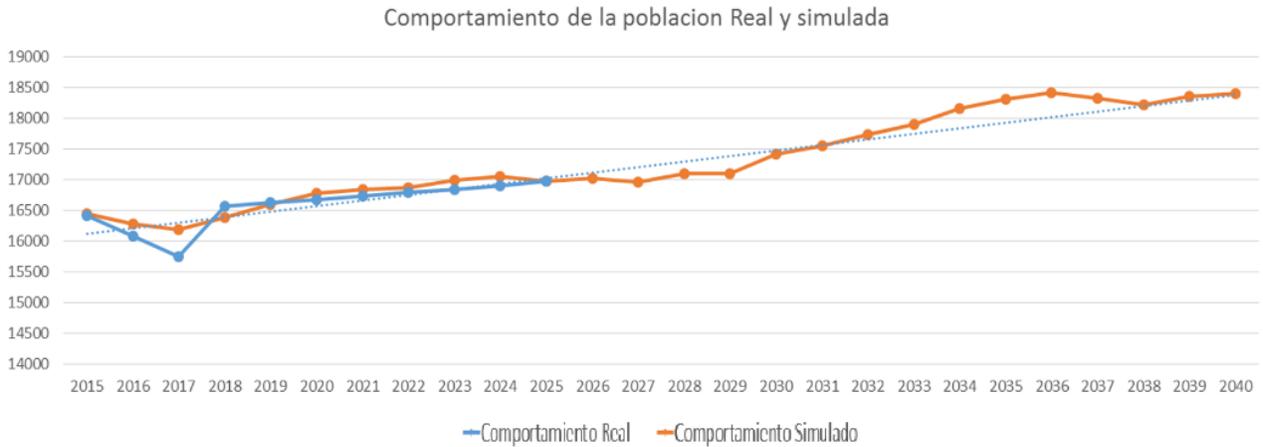
$$\text{Turismo} = \left(\frac{\text{Personas Total que accedieron a Turismo}}{\text{Población}} \right) * 0,13$$

$$\text{Impacto PIB} = (\text{Agricultura} + \text{Ganadería} + \text{Minería} + \text{Turismo})$$

7.1.4. Simulación del sistema

Con base en el modelo matemático anteriormente planteado, se realizan las simulaciones correspondientes con el fin de analizar su comportamiento; por lo tanto, lo primero que se valida es el comportamiento de la población; dado que esta es la base para el resto del sistema, al realizar la simulación se puede apreciar que se tienen resultados muy cercanos a la realidad de Yacopí; esto dado que, al graficar las estadísticas históricas del municipio, se puede apreciar que el sistema genera similitud a la realidad; adicionalmente, realizando una proyección lineal de Yacopí se obtiene que los resultados que se logran con el sistema dinámico son muy aproximados a la proyección lineal la cual es determinada con base el comportamiento histórico de la población real.

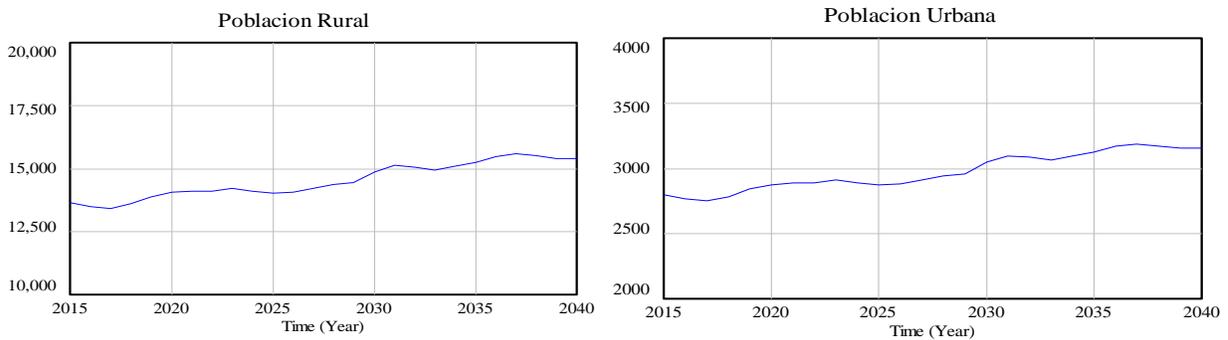
Figura 35. Comportamiento de la población real (azul) vs. Comportamiento población simulado (Naranja)



Fuente: Elaboración propia.

Con base en las ecuaciones anteriormente planteadas, es posible estimar la población rural y urbana; los resultados para las poblaciones rurales y urbanas se aprecian en la Figura 36.

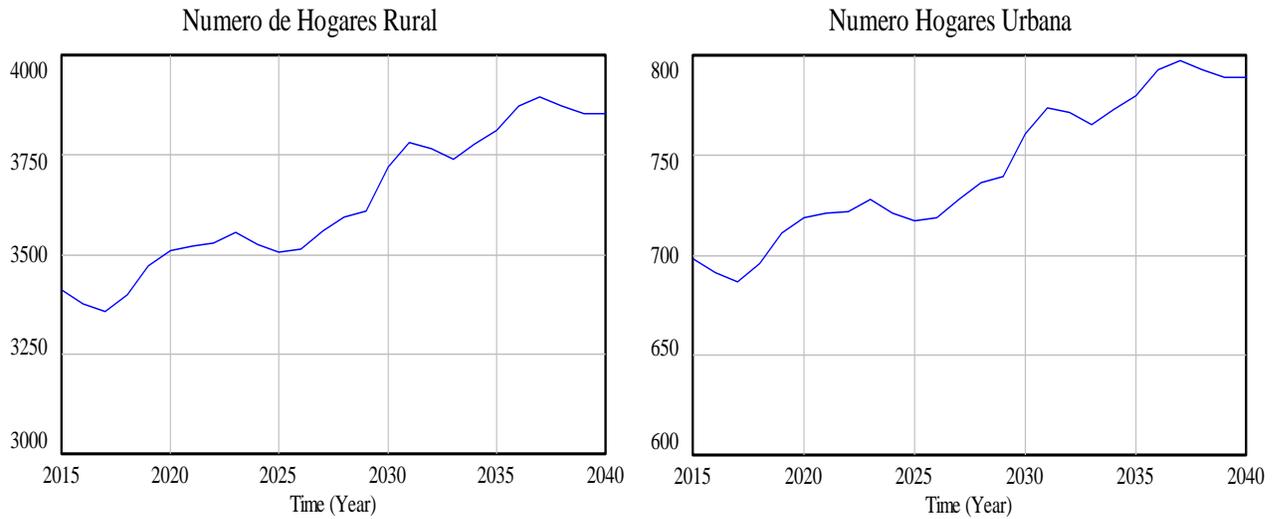
Figura 36. Comportamiento de población rural y urbana



Fuente: Elaboración propia.

Con base en la población y estadísticas del DANE y en el plan de desarrollo de Yacopí, se estima que por cada hogar aproximadamente existen cuatro personas, con lo que es posible estimar el número de hogares en los dos entornos; es importante aclarar que no se tiene una variación dinámica de las personas que habitan por hogar (Figura 37).

Figura 37. Comportamiento del número de hogares

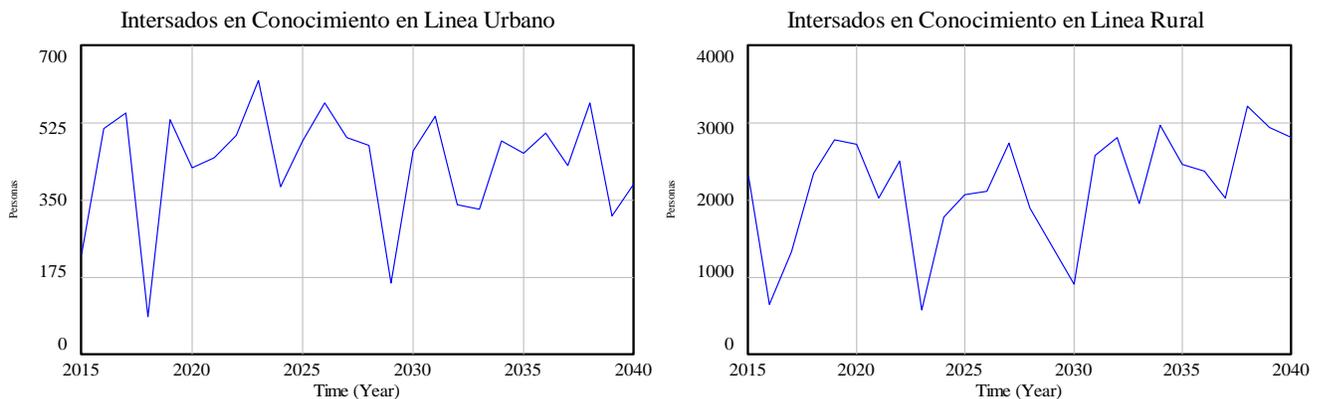


Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, con base en los comportamientos poblacionales es posible determinar las personas que están interesadas en el conocimiento en línea, o sea, que buscan satisfacer la necesidad de ingresar a dicho conocimiento de manera en línea (

Figura 38).

Figura 38. Comportamiento de los interesados en el conocimiento en línea



Fuente: Elaboración propia.

El usuario para el sistema es aquel que ingresa, adquiere conocimiento y sale del mismo, es decir, aquel que cumple un ciclo de aprender algo nuevo; es por ello que una persona puede ingresar varias veces al sistema, y siempre será un nuevo usuario, pues supone un nuevo ciclo de aprendizaje cada vez; dicho ciclo es variable e independiente; por ejemplo: en una ocasión el usuario podrá ingresar para aprender sobre cultivo de tomate, y en otra ocasión sobre el Real Madrid y España así como podrán ser búsquedas dependientes; los resultados se aprecian en las .

Figura 39 y Figura 40.

Figura 39. Comportamiento del número de usuarios que adquirieron conocimiento urbano



Fuente: Elaboración propia.

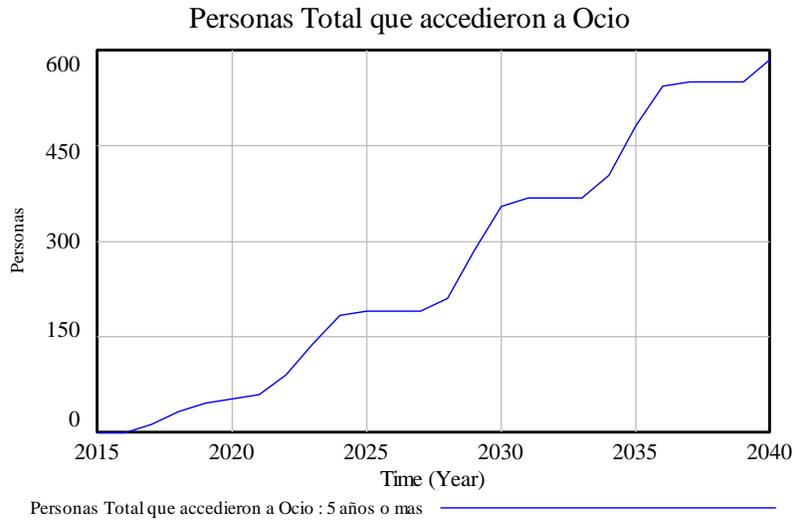
Figura 40. Comportamiento del número de usuarios que adquirieron conocimiento rural



Fuente: Elaboración propia.

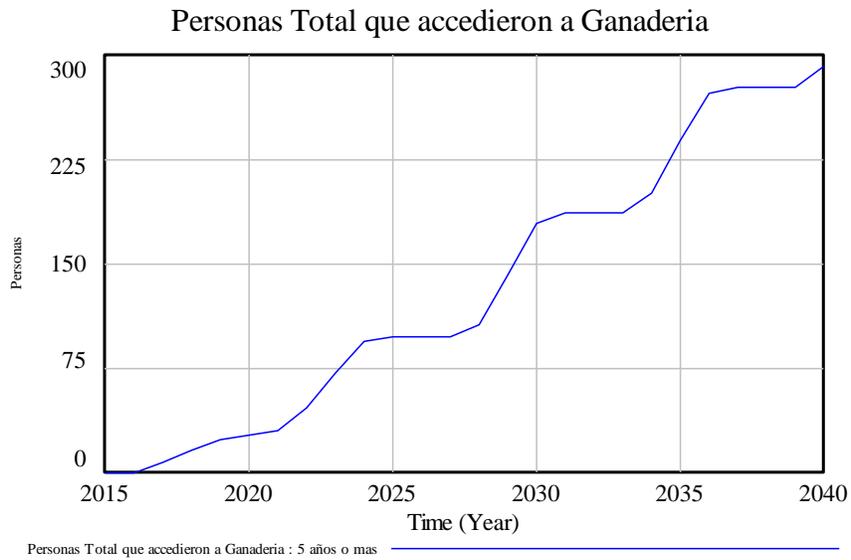
El número de personas que se estima que realmente ingresaron al conocimiento en línea en cada uno de los tópicos propuestos se estima con base en la población, determinando una aproximación al número de usuario que ingresaron al conocimiento en línea en cada tópico (Figura 41 a Figura 45).

Figura 41. Comportamiento del numero de usuarios atendidos para el ocio



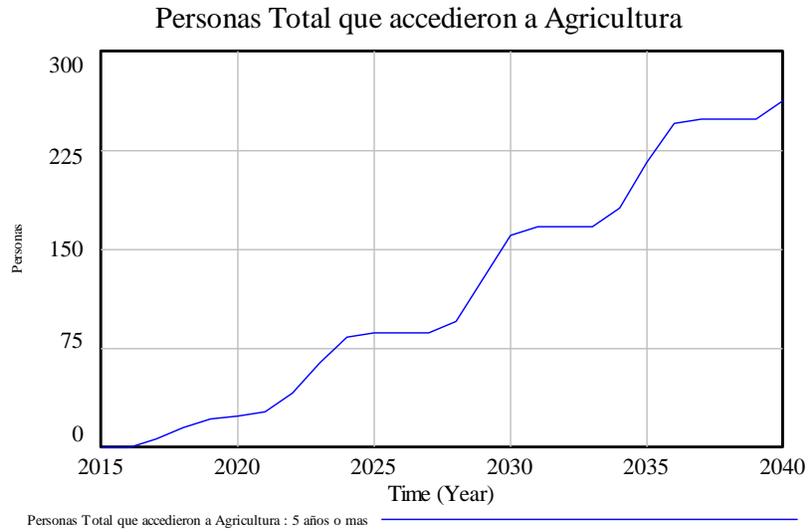
Fuente: Elaboración propia.

Figura 42. Comportamiento del número de usuarios atendidos para la ganadería



Fuente: Elaboración propia.

Figura 43. Comportamiento del número de usuarios atendidos para la agricultura



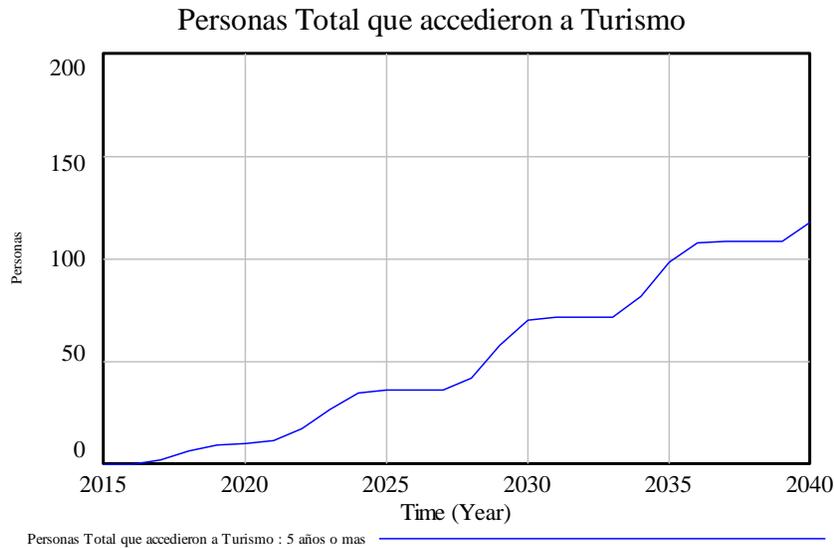
Fuente: Elaboración propia.

Figura 44. Comportamiento del número de usuarios atendidos para la minería



Fuente: Elaboración propia.

Figura 45. Comportamiento del número de usuarios atendidos para el turismo

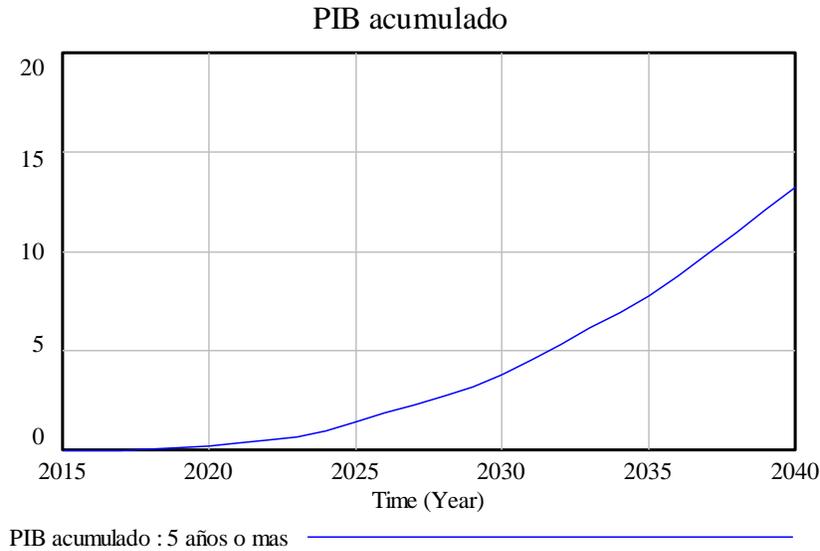


Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, el mayor número de usuarios según el sistema (y como era de esperar) es el ocio. El internet permitirá que una persona consulte lo que desee, teniendo siempre como principio que el ocio en el contexto de este trabajo puede ser desde un equipo de fútbol a la innovación nacional; adicionalmente como se aprecia en las (Figura 41 a Figura 45), hay usuarios que ingresaron al sistema para temas particulares de cada uno de los pilares económicos, lo cual traducido en impacto al PIB de Yacopí se puede ver en la

Figura 46.

Figura 46. Comportamiento del impacto al PIB



Fuente: Elaboración propia.

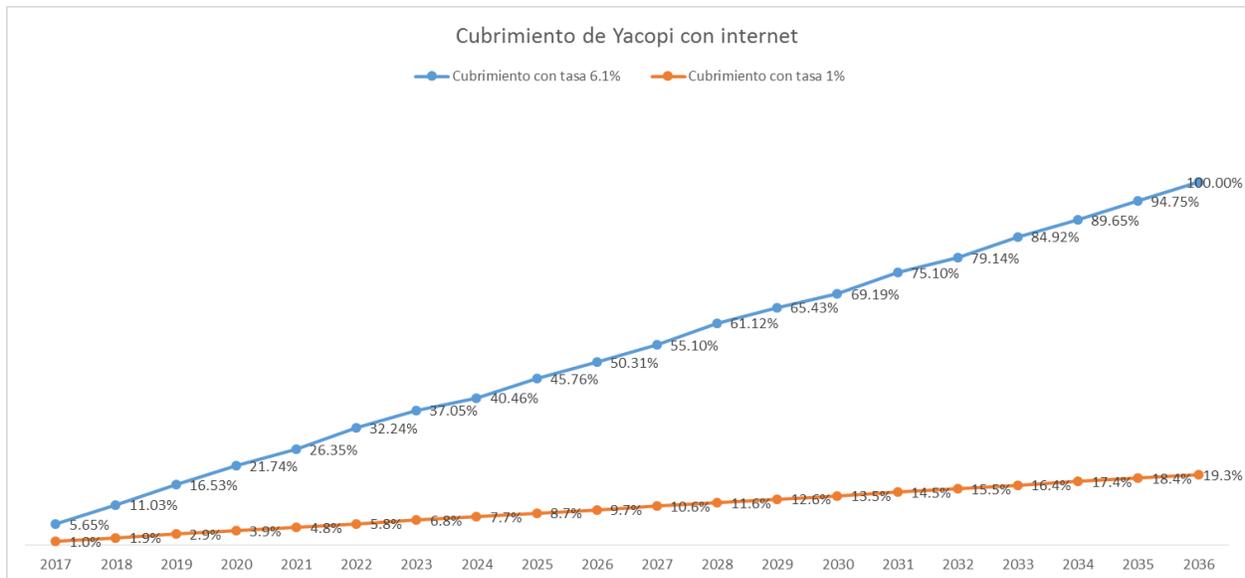
Dicho impacto al PIB es acumulativo; como se puede apreciar, logra impactar en 15 % un aumento del PIB actual del municipio, promoviendo así un desarrollo más acelerado para el pueblo y una diversificación del conocimiento libre por medio de la transmisión de internet a través de una red *PLC*.

7.1.5. Análisis de resultados obtenidos

Teniendo en cuenta que se desea realizar el proyecto a 20 años, es necesario evaluar la tasa de crecimiento de la penetración óptima del internet para lograr un cubrimiento del 100 % de la población de Yacopí; esto, con el fin de analizar el impacto que tendría en el PIB con respecto a la tasa de penetración actual.

Realizando una proyección con base en el número de hogares estimados mediante el modelo dinámico, se estima que la tasa de penetración anual para lograr la meta es del 6,1 %, teniendo variaciones entre dicho valor y el 5 % de penetración de internet. A continuación se muestra el resultado del comportamiento de la penetración con dicho crecimiento en comparación al crecimiento proyectado del 1 % actual:

Figura 47. Cubrimiento de Yacopí con internet



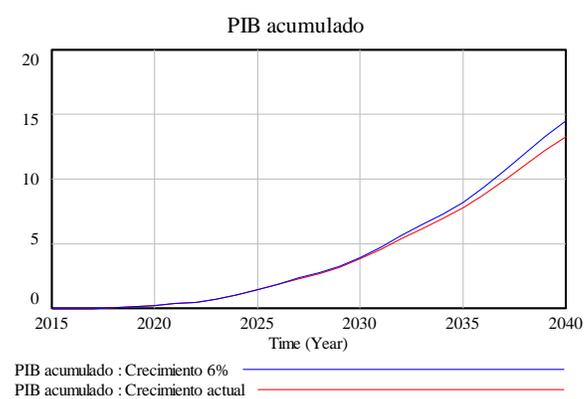
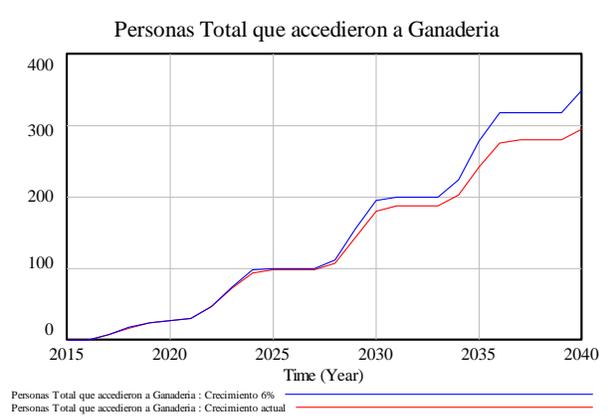
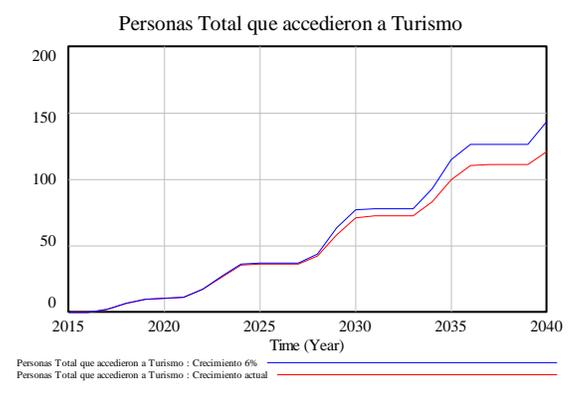
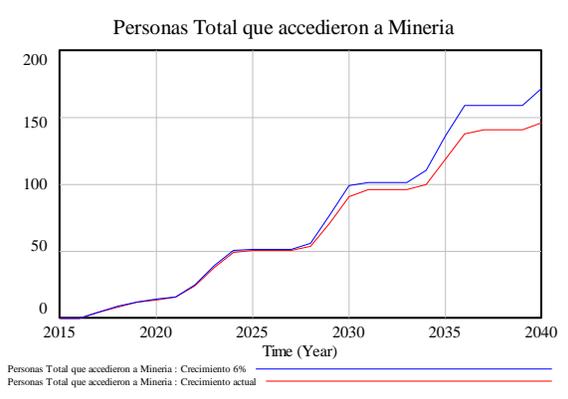
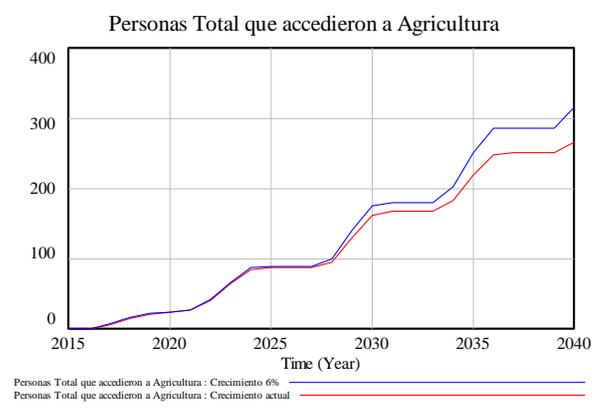
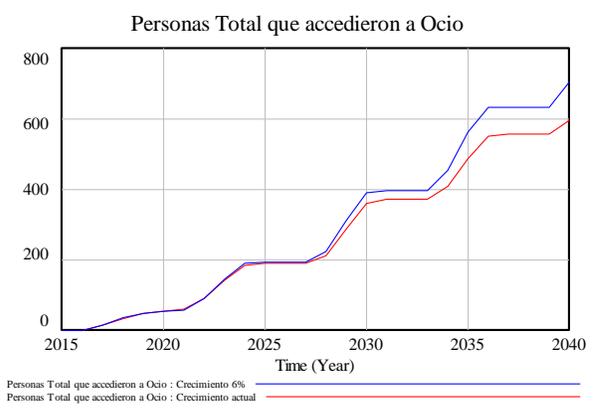
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, al tener la tasa del 1 % de penetración, en los 20 años se lograría solo una penetración del 19,3 %, mientras que al realizar la penetración con una tasa del 6,1 %, se logra en los 20 años un cubrimiento del 100 % del municipio.

Bajo la anterior consideración, se realizarán las estimaciones en el modelo dinámico con estas dos tasas de crecimiento, con el fin de analizar el impacto en los pilares definidos y el impacto que esto tendría en el PIB.

Con la tasa del 6,1 % se tiene un crecimiento mayor en todos los pilares, tanto en el aspecto rural y urbano; la diferencia se muestra a continuación en las siguientes figuras:

Figura 48. Comparación de las variables principales teniendo en cuenta el crecimiento del 6,1 % de internet y la penetración actual de internet



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, se tiene un incremento en el PIB teniendo en cuenta la penetración del internet del 6,1 %; la diferencia entre la curva con el crecimiento actual definido por Yacopí del 1 %, es del 1,3 %; sin embargo, el impacto final que se logra sobre el PIB es un crecimiento de 14,556 %, con base en el PIB actual.

Tabla 12. Diferencia acumulada entre los dos escenarios planteados

Variable	PIB	Ocio	Ganadería	Agricultura	Minería	Turismo
Diferencia	1,32 %	704	348	315	169	145
Total usuarios que no accedieron	1.681					

Fuente: Elaboración propia.

El número de usuarios que dejan de ingresar al sistema es de 1.681; sin embargo, con la tasa de penetración del 1 % solo se logra hacer una cobertura del 19,3 % del municipio, lo cual no cerraría la brecha digital de la población de Yacopí, con base a lo anterior es importante que gobierno genere las iniciativas para lograr un incremento en el grado de penetración así sea de manera gradual, con el fin de cumplir con sus obligaciones como estado, dentro de las cuales esta garantizar la calidad de vida digna para sus habitantes.

Con base en estos resultados obtenidos por el sistema dinámico, se efectuó una exploración dentro de la comunidad urbana y rural del municipio; para llevar a cabo esta exploración, se tomó una muestra de 200 personas y se les hizo una serie de preguntas con el fin de identificar el interés de los habitantes para hacer uso de internet. Los resultados obtenidos se muestran en las Figura 50 a Figura 53.

Figura 49. Estudiantes de Yacopí contestando la encuesta



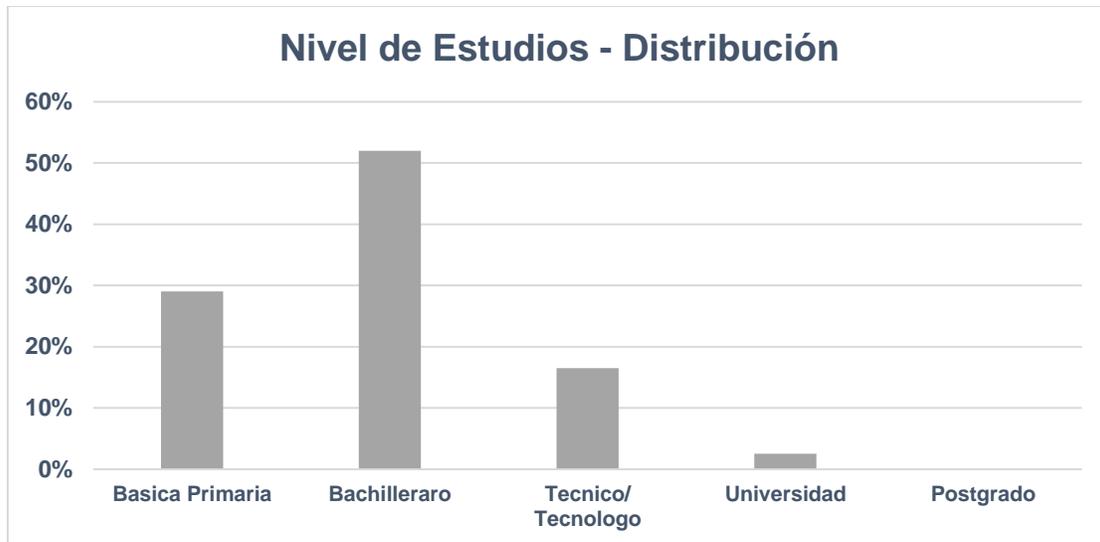
Fuente: Elaboración propia.

Las encuestas aplicadas (Ver Anexo H. Recolección de datos – Encuestas) se lograron gracias a la cooperación de la Alcaldía de Yacopí, quien permitió en un evento de la Secretaría de Educación aplicar la encuesta; la población para esta encuesta eran alumnos de sexto grado a once grado, profesores, personas de la comunidad y funcionarios de la Secretaría de Educación.

Luego de analizar los datos, se muestran los más representativos, que demuestran el interés de la comunidad y la falta de acceso a la tecnología, lo cual genera una brecha tecnológica del municipio.

La siguiente gráfica permite evidenciar que, de las 200 personas encuestadas, la mayoría cursaron o cursan el bachillerato, lo que quiere decir que Yacopí en la educación básica presenta unas fuertes bases y que han tenido contacto en algún momento con internet y la tecnología; así mismo permitió revelar que el nivel universitario de la población es muy bajo, lo cual según preguntas realizadas al personal de la Alcaldía corresponde en su mayoría a las personas del gobierno que trabajan en Yacopí.

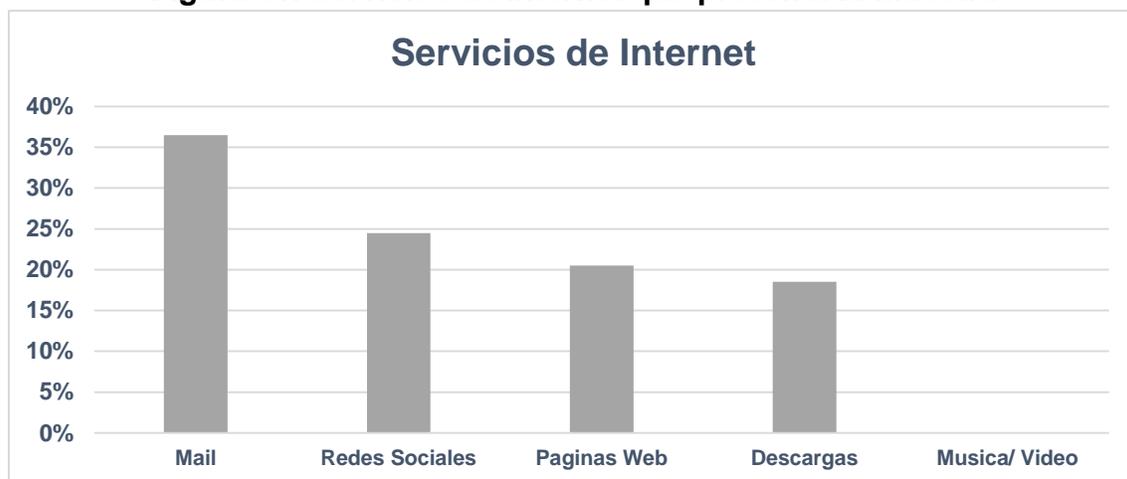
Figura 50. Nivel de estudios de la muestra



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 51 permite evidenciar dos cosas: la primera, que la población ha tenido una interacción con el internet y sabe los usos que podría tener el mismo; la segunda, que la mayoría de personas ingresan a sus correos personales y redes sociales, es decir, que buscan generar comunicación por medio de esta tecnología, lo que abre la puerta a propuestas como *mail marketing* para campañas de educación o temas sociales.

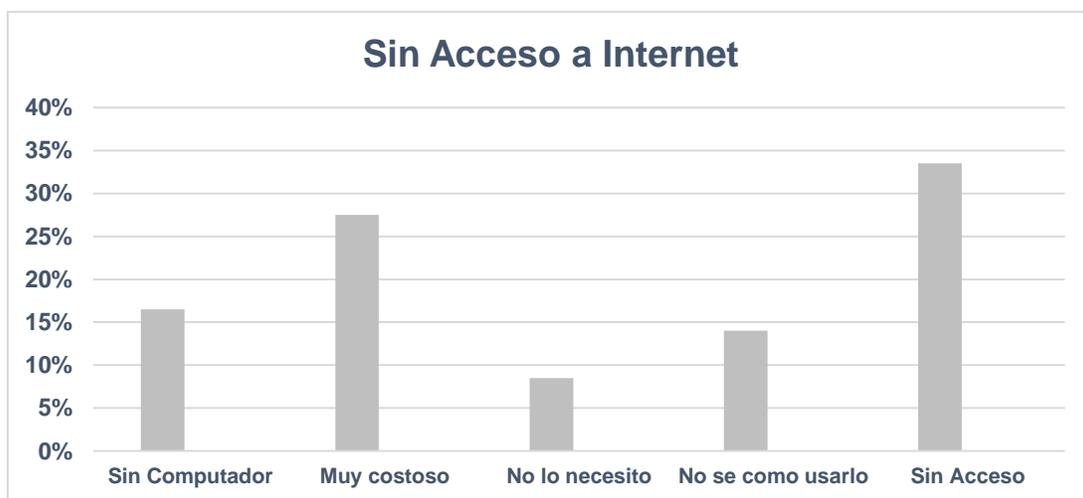
Figura 51. Servicios de internet que presenta la muestra



Fuente: Elaboración propia.

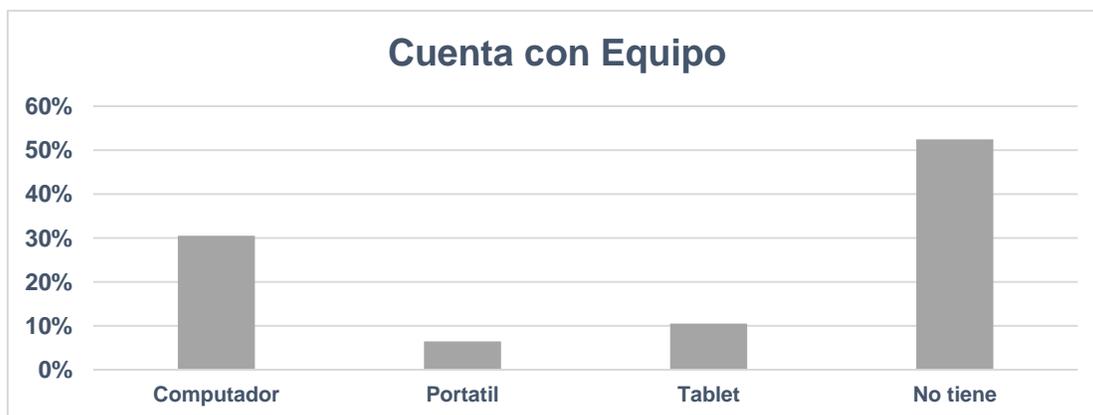
Al preguntar la causa del no acceso al internet a la comunidad, se evidencia que la falta de acceso y costo de la tecnología son la causa raíz de la no interacción con el internet en la población de Yacopí; así mismo, al realizar la visita de campo no se encontró un establecimiento comercial que suministre dispositivos electrónicos para la compra. En cuanto a la disponibilidad del servicio de internet, solo se observaron dos puntos de internet privados y dos públicos, los cuales corresponden al punto Vive Digital de la cabecera.

Figura 52. Distribución de la causa de no acceso a internet de la muestra



Fuente: Elaboración propia.

Figura 53. Distribución de la tenencia de equipo para el acceso a internet que presenta la muestra



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta las figuras anteriores, se realizó la visita al punto de Vive Digital principal de Yacopí (

Figura 54), el cual permitió entender su funcionamiento y conocer el público que este atiende. La mayoría del público son estudiantes y personas hasta los 45 años, los cuales se apoyan en el punto de Vive Digital para realizar consultas de interés, según reporta la persona que lo administra. Para realizar la administración y tener datos de consulta y acceso, el punto de Vive Digital cuenta con una plataforma que se conecta con el Ministerio de las TIC, y permite habilitar los equipos de cómputo.

Según la plataforma de administración, la mayoría de la población que usa el punto de Vive Digital está entre los 26 y 45 años de edad; según reporta la persona encargada del punto, muchos adultos van a realizar consultas específicas o estar en redes sociales.

Figura 54. Punto de Vive Digital del municipio de Yacopí



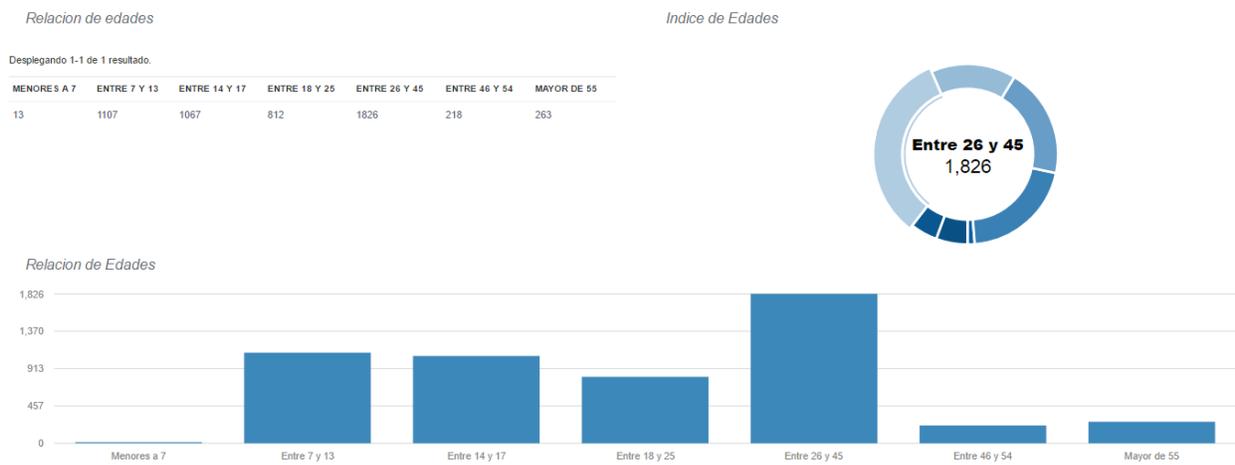
Fuente: Elaboración propia.

Figura 55. Persona que administra el punto, con un integrante del equipo



Fuente: Punto Vive Digital Yacopí.

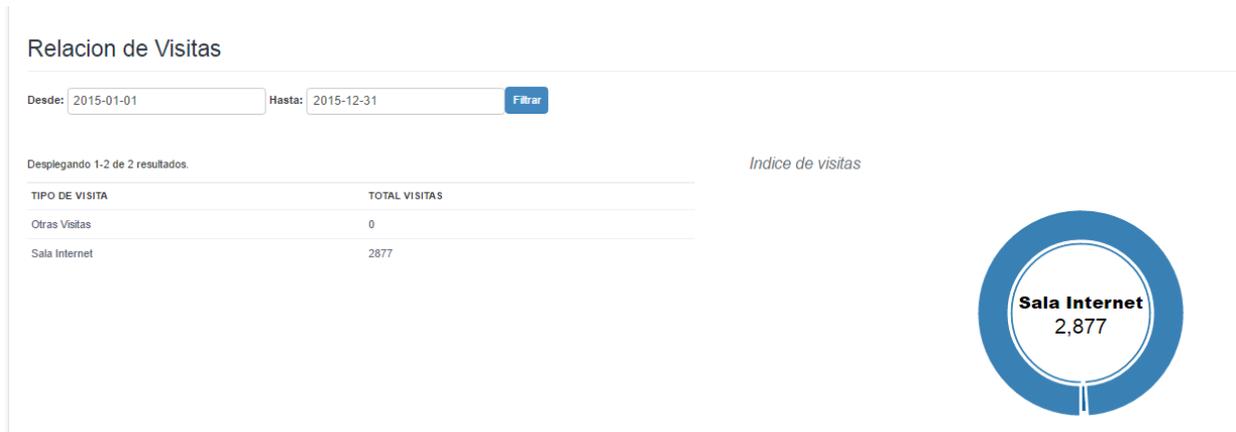
Figura 56. Distribución de edades que utilizan el punto Vive Digital



Fuente: Punto Vive Digital Yacopí.

Así mismo se obtuvo el histórico de visitas que tuvo el punto Vive Digital en el año 2015, con un número total de 2.877 visitas.

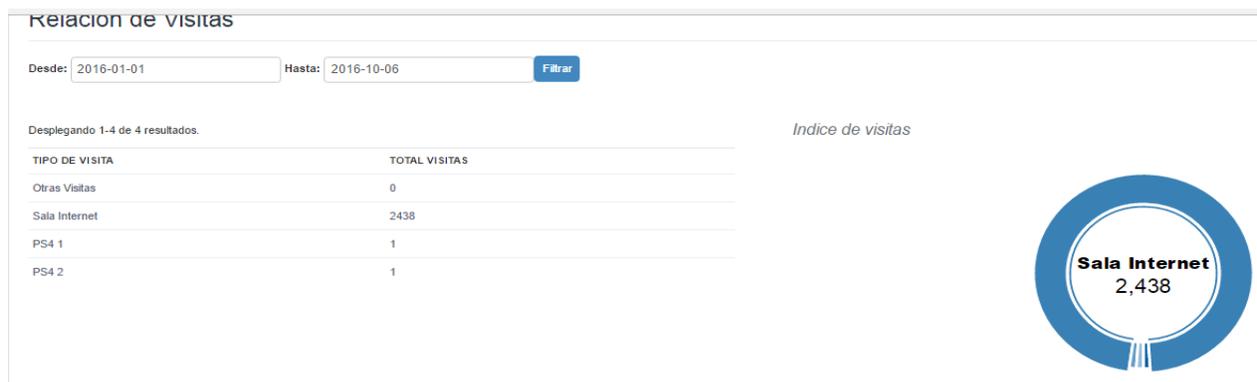
Figura 57. Relación de visitas del punto Vive Digital de Yacopí para el año 2015



Fuente: Punto Vive Digital Yacopí.

Sin embargo, para el año 2016, a la fecha que se realizó la visita, se tenía el registro de 2.438 personas, lo que significa que para finalizar el año estaría por encima de los 3.000 visitantes, según lo reporta la administradora del punto, es decir, un 4 % más que en el año 2015.

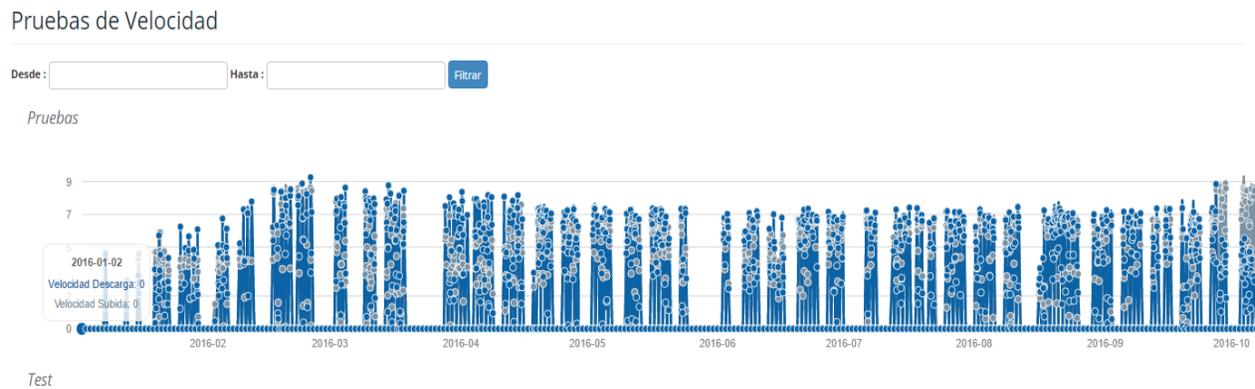
Figura 58. Relación de visitas del punto vive digital de Yacopí para lo corrido del año 2016



Fuente: Punto Vive digital Yacopí.

Por último se evidenció que la velocidad de internet del punto de Vive Digital oscila entre los 6MB y los 9MB; dicho canal de internet es suministrado por la empresa Azteca, quien tiene un convenio con MINTIC para hacer el despliegue de internet con un subsidio del Gobierno (Figura 59).

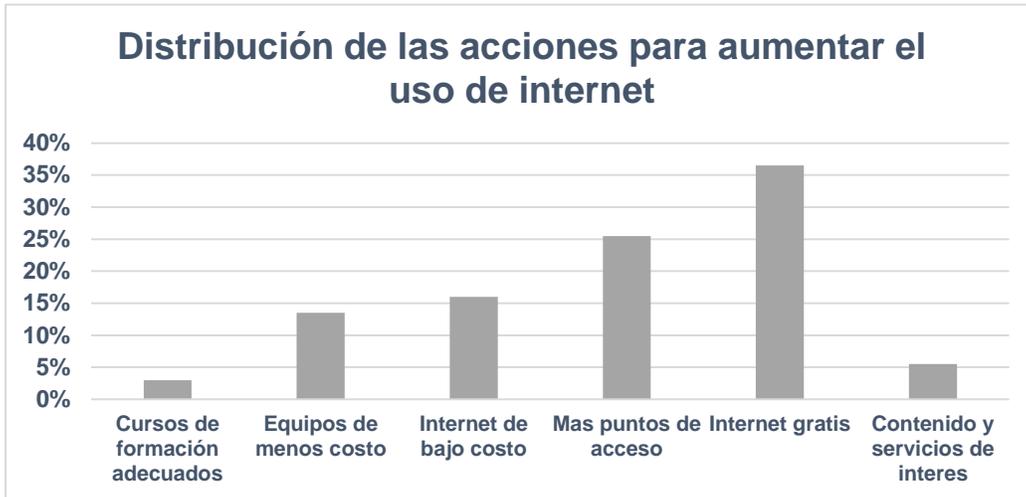
Figura 59. Pruebas de velocidad del punto de Vive Digital de Yacopí



Fuente: Punto Vive Digital Yacopí.

Por último, y para resaltar en las encuestas realizadas, la muestra expone que para fomentar el uso de internet se debe garantizar este servicio gratuito para la comunidad, lo cual, sumado con más puntos de acceso, deja ver que la población está dispuesta a realizar el uso.

Figura 60. Distribución de las acciones para aumentar el uso de internet



Fuente: Elaboración propia.

7.2. Viabilidad tecnológica en la implementación de una red de internet con tecnología PLC en el municipio de Yacopí, Cundinamarca

Para el presente caso de estudio se ha optado por la metodología AHP para determinar la mejor tecnología de transmisión de datos en la última milla para el municipio de Yacopí. La selección realizada permitirá subsanar el déficit de conectividad de última milla en dicho municipio, la cual fue identificada como una de las partes técnicas principales en la transmisión de datos analizada en el apartado Entorno tecnológico.

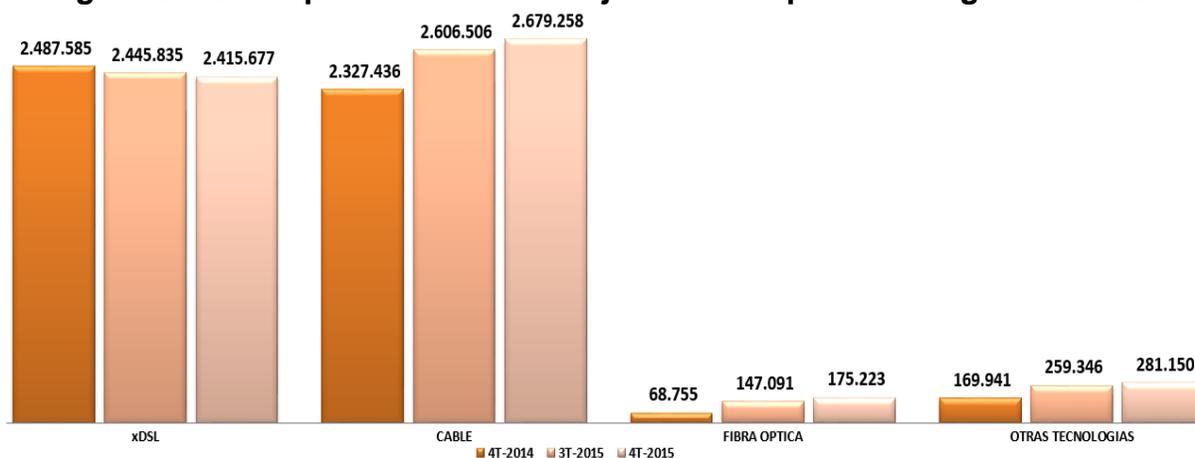
7.2.1. Criterios de selección

Para llevar a cabo esta selección se definen como posibles opciones de conectividad de última milla las siguientes alternativas tecnológicas:

- Microondas: Conexiones punto a punto para transmitir señales digitales y servicios de internet.
- ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line): Acceso a Internet haciendo uso de las líneas normales de teléfono.
- Wifi (Wireless Fidelity): Es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica que permiten acceder a Internet sin necesidad de cableado.

- *PLC*: Acceso banda ancha a internet a través de las líneas eléctricas, las cuales se plantean con base en los siguientes criterios:
 1. Son las tecnologías que el plan Vive Digital ha definido como tecnologías base para lograr su objetivo.
 2. La cantidad de usuarios, reportada en el Boletín Trimestral de las TIC del cuarto trimestre de 2015 publicado en abril de 2016, muestra que más de 2.000.000 de usuarios de internet se conectaron por tecnología xDSL en el último trimestre del 2015 (Figura 61).
 3. La propuesta de estudio de esta investigación consistente en validar la tecnología *Power Line Communication* como solución de conectividad de última milla.

Figura 61. Suscriptores de internet fijo dedicado por tecnología de acceso



Fuente: Boletín Trimestral de las TIC del cuarto trimestre de 2015.

Estas tecnologías están sujetas a evaluación bajo los criterios de selección que se describen más adelante y que fueron propuestos con base en el artículo “*Rural telecommunications infrastructure selection using the analytic network process*”, publicado por Yousef Gasiea, Margaret Emsley, y Ludmil Mikhailov; en este artículo los autores exponen 31 criterios que se deben tener en cuenta para la selección de una tecnología de última milla; los criterios que ellos citan en su artículo fueron el resultado de un estudio intensivo de la literatura relacionada con la implementación de tecnologías

de acceso y la interacción con expertos en telecomunicaciones, de la industria y el ecosistema académico de todo el mundo, quienes fueron contactados a través de correo electrónico para proporcionar información sobre la lista de criterios propuesta.

A continuación se exponen los criterios de selección que se tendrán en cuenta para ser evaluados:

1. **Tecnológico:** En él se agrupan las características que una tecnología debe cubrir para ser catalogada como una tecnología de banda ancha y que permita dar una solución de conectividad de última milla.

- Ancho de banda: Evaluar la velocidad de transmisión que provee una tecnología, que busca soportar la conectividad de última milla (Ver Anexo F. Conectividad de última milla).
- Escalabilidad: Evalúa la facilidad con que una tecnología puede adaptarse a los cambios tecnológicos que se presenten sin perder calidad en los servicios ofrecidos (Laudon & Laudon, 2008).
- Compatibilidad: Evalúa la habilidad que tiene una tecnología para interactuar con otras tecnologías que prestan un servicio igual o similar.
- Latencia: Busca evaluar el retardo que se produce por la demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red.
- Fácil mantenimiento: Evalúa el tiempo que se implementa para la solución de incidentes que se presenten en la infraestructura.
- Flexibilidad: Evalúa la capacidad de adaptabilidad e inherencia con otras tecnologías.
- Confiabilidad: Evalúa la capacidad de la tecnología para la entrega de paquetes de forma segura.

2. **Infraestructura:** Describe las características técnicas que atañen al funcionamiento del servicio de última milla.

- Cobertura: Evaluar si la tecnología que se está abordando tiene la capacidad de cubrir una gran extensión geográfica para satisfacer la demanda de peticiones de conexión realizadas por los clientes.

- Seguridad: Evalúa las características que posee la red para evitar el acceso a la misma de usuarios maliciosos o entes que no tienen ninguna relación con su implementación.
- Tiempo de instalación: Contempla el tiempo que dura el proceso de instalar, implementar e implantar una tecnología.
- Acceso a infraestructura de telecomunicaciones existente: Evalúa la complejidad de interconexión entre la tecnología *PLC* y la tecnología utilizada por el proveedor de servicios de internet.

3. **Económico:** Describe los aspectos financieros en que se incurre al implantar una tecnología de conectividad de última milla.

- Costos operacionales: Evalúa el valor que se debe desembolsar para el desarrollo de las diferentes actividades que se requieren ejecutar para la implantación y mantenimiento de la infraestructura que requiere la tecnología.
- Costos de suscripción: Evalúa el valor a pagar por suscribirse para hacer uso de la tecnología.
- Costo mensualidad: Evalúa el valor a pagar mensualmente por la prestación del servicio.
- Desarrollo económico de la zona de implementación: Evalúa como la implementación de la tecnología apalanca el desarrollo económico de la población donde se introduce la nueva tecnología.

4. **Nivel social:** Describe las características que impactan en el aspecto social el adoptar una tecnología.

- Asequibilidad: Evalúa la disponibilidad que tendrá la tecnología para ser accedida por los individuos del municipio.
- Interés de la comunidad: Evalúa el grado de conocimiento de la tecnología y el interés de la comunidad por adoptarla.
- Impacto: Evalúa el impacto social que se generaría al adoptar la tecnología.

7.2.2. **Benchmarking tecnológico**

El objetivo principal de este apartado es evaluar las principales tecnologías que existen en el mercado y que sirven como soporte para ofrecer una conectividad de última milla, comparando sus ventajas y desventajas frente a las otras tecnologías de conectividad de última milla existentes; no obstante es importante aclarar que en este apartado no se evaluarán puntos de vista como arquitectura, frecuencias, modulaciones, distancias y demás características técnicas de las diferentes tecnologías; lo que se realizará será una evaluación de las capacidades que poseen cada una de las tecnologías; estas capacidades se listan a continuación y se profundizan las características más importantes con mayor detalle en la Tabla 13, donde se muestran los valores típicos para cada una de ellas (Córdova, 2012).

- Facilidad de implementación.
- Capacidad compartida: Disponible de ser compartida entre los diferentes usuarios.
- Simetría: Describe si la tecnología ofrece velocidades de datos equilibradas en enlace ascendente y enlace descendente.
 - Asimétrico: La velocidad de *downstream* (descarga) es más rápida que la velocidad de *upstream* (subida).
 - Simétrico: La velocidad de *downstream* (descarga) y *upstream* (subida) son iguales.
- Capacidad: Velocidad de transferencia en bits disponible.
- Cobertura: Distancia máxima que una tecnología de última milla puede cubrir.
- Ventajas.
- Desventajas.

Tabla 13. Resumen de características de las tecnologías de acceso a internet

Tecnología	Simplicidad de la implementación	Capacidad compartida	Simetría	Capacidad	Cobertura	Fortalezas	Debilidades
<i>HFC Hybrid fibre-coaxial</i>	Fácil implementación si se cuenta con una red de televisión por cable instalada. De no contar con esta red, su implementación se vuelve costosa y compleja.	Sí	Asimétrico.	USA: 3 - 4 Mbps Canadá: Hasta 10 Mbps UK: 1 - 8 Mbps France: up to 100 Mbps Switzerland : Hasta 6 Mbps	Hasta 100 kilómetros	Utiliza las redes de televisión por cable existentes Alta velocidad No hay límite de distancia	Ancho de banda limitada y asimétrica Medio Compartido (pobre seguridad) Diferentes estándares entre EEUU y Europa. Para lograr la máxima cobertura requiere equipamiento adicional.
<i>ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line</i>	De fácil implementación en sectores donde existan redes de telefonía instaladas.	No	Asimétrico	A partir de 1,5 Mbps para una cobertura de 5,4 km., y 12 Mbps para coberturas de 300 m	Hasta 5,4 kilómetros	Utiliza redes de telefonía existentes	Ancho de banda es muy sensible a la distancia de cobertura Rango de cobertura limitado
<i>VDSL Very High-bit-rate Digital Subscriber Line</i>	De fácil implementación en sectores donde existan redes de telefonía instaladas.	No	Asimétrico	A partir de 13 Mbps para una cobertura de 1,3 km, y 52 Mbps para coberturas de 300 m	Hasta 1,3 kilómetros	Utiliza redes de telefonía existentes	Ancho de banda es muy sensible a la distancia de cobertura Requiere acoplamiento de fibra óptica
<i>ADSL2+ Asymmetric Digital Subscriber Line</i>	De fácil implementación en sectores donde existan redes de telefonía instaladas.	No	Asimétrico	A partir de 7,5 Mbps para una cobertura de 2,7 km y 26 Mbps para	Hasta 2,7 kilómetros	Utiliza redes de telefonía existentes	Ancho de banda es sensible a la distancia de cobertura

				coberturas de 300 m			
<i>PLC Powerline Communications</i>	De fácil y rápida instalación ya que no necesita cableado adicional debido a la gran infraestructura instalada de redes eléctricas a nivel mundial.	Si	Simétrico	200 Mbps	Hasta 3 kilómetros en media tensión Hasta 200 metros en baja tensión	Utiliza la red eléctrica existente Nuevas oportunidades de negocios para empresas proveedoras de energía	Transmisión óptima: 100 metros entre domicilio y transformador Necesidad de repetidores en contadores de las viviendas
<i>FTTH Fiber to the Home</i>	Difícil de implementar ya que se requiere nueva red de acceso de fibra de superposición para lo cual el operador prestador del servicio debe cambiar numerosos dispositivos de la red de infraestructura de fibra, lo que supone tiempo y grandes inyecciones de dinero.	Si	Simétrico	Hasta 1 Gbps por cada canal de fibra	20 kilómetros	Mayor ancho de banda Inmune a interferencias externas que afecten la señal	Despliegue de la red costoso debido a los cambios de infraestructura que deben realizarse.
<i>Microonda</i>	Depende de la extensión geográfica que se desea cubrir se incrementa o disminuye la cantidad de antenas a implantar; además de esto se deben tener en cuenta los obstáculos que se pueden interponer en la línea de comunicación entre torres y usuarios.	Si	Simétrico	Hasta 155 Mbps por enlace	5 kilómetros	Configuración rápida Capaz de transmitir grandes cantidades de datos	Las torres son costosas de construir Sujeta a interferencias electromagnéticas y a otros factores ambientales Requiere línea de vista

<p><i>LMDS Local Multipoint Distribution Service</i></p>	<p>Depende de la extensión geográfica que se desea cubrir se incrementa o disminuye la cantidad de antenas a implantar; además de esto se debe tener en cuenta los obstáculos que se pueden interponer en la línea de comunicación entre torres y usuarios.</p>	<p>Sí</p>	<p>Simétrico</p>	<p>Hasta 155 Mbps por enlace</p>	<p>4 kilómetros</p>	<p>Comunicación de punto a multipunto de gran capacidad Alta confiabilidad</p>	<p>Las torres son costosas de construir Sujeta a interferencias electromagnéticas y a otros factores ambientales Requiere línea de vista</p>
<p><i>MMDS Multichann el Multipoint Video Distribution System</i></p>	<p>Depende de la extensión geográfica que se desea cubrir, se incrementa o disminuye la cantidad de antenas a implantar; además de esto se deben tener en cuenta los obstáculos que se pueden interponer en la línea de comunicación entre torres y usuarios.</p>	<p>Sí</p>	<p>Simétrico</p>	<p>Hasta 10 Mbps por enlace</p>	<p>100 kilómetros</p>	<p>Posee un largo alcance de cobertura Tecnología de multipunto</p>	<p>Las torres son costosas de construir Requiere línea de vista</p>
<p><i>FSO Free Spaces Optic</i></p>	<p>Fácil de instalar debido a que la infraestructura necesaria es relativamente barata. Simplemente es necesario colocar los transmisores y receptores de tal manera que haya visión directa entre ellos. Por estar trabajando con en el espectro óptico, los haces de luz infrarroja no atraviesan paredes pero sí cristales como los de las ventanas</p>	<p>Sí</p>	<p>Simétrico</p>	<p>Hasta 2,5 Gbps por enlace</p>	<p>4 kilómetros</p>	<p>Bajo costo de instalación Espectro sin licencia</p>	<p>Requiere línea de vista. El desempeño se degrada debido a los factores climáticos FSO emiten al espacio una gran potencia luminosa concentrada en haces láser invisibles</p>

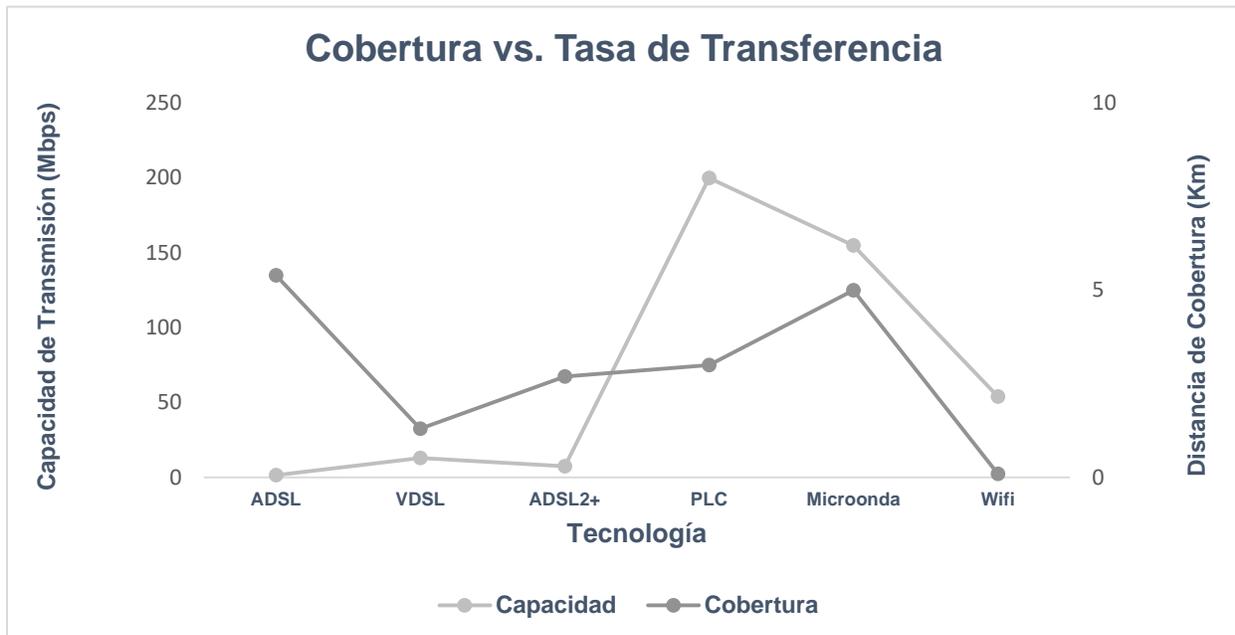
<i>Wifi Wireless Fidelity</i>	Fácil de instalar en ambientes con topologías de red LAN, debido a que solo se requiere un router para distribuir la señal	Sí	Simétrico	Dependiendo del estándar puede lograr transferencias de 2, 11, 54 Mbps	100 metros	No requiere cableado para interconectar dispositivos	Cobertura limitada Baja seguridad en la transmisión de datos Alto consumo de energía de los dispositivos conectados a la red
<i>WIMAX Worldwide Interoperability for Microwave</i>	Aunque su implementación es fácil de lograr, debe tenerse en cuenta que también se depende de la extensión geográfica que se desea cubrir, lo que hace que incremente o disminuya la cantidad de antenas a implantar.	Sí	Simétrico	Hasta 70 Mbps	Hasta 50 kilómetros	Alta seguridad Gran ancho de banda Internet rural No requiere línea de vista con el usuario final	Se requiere instalación de antena exterior por el operador Depende de la cobertura del operador y que tenga antenas instaladas Puede verse afectada por diversos agentes como ondas e interferencias
Satélite	Su implementación es fácil, pero la inversión necesaria requiere un coste alto, ya que se requiere una antena, un codificador y un módem.	Sí	Asimétrico	Hasta 155 Mbps de bajada	1000 - 36.000 kilómetros	Gran cobertura Adecuada para aplicaciones de multidifusión por el ancho de banda que ofrece	Se requiere instalación de antena exterior por el operador El precio de este tipo de conexión es mayor que la de ADSL Existe riesgo de interrupción del servicio por agentes climáticos externos Existencia de retardo en la transmisión de datos debido a la distancia existente entre el módem del

							usuario y el satélite
--	--	--	--	--	--	--	--------------------------

Fuente: Elaboración propia.

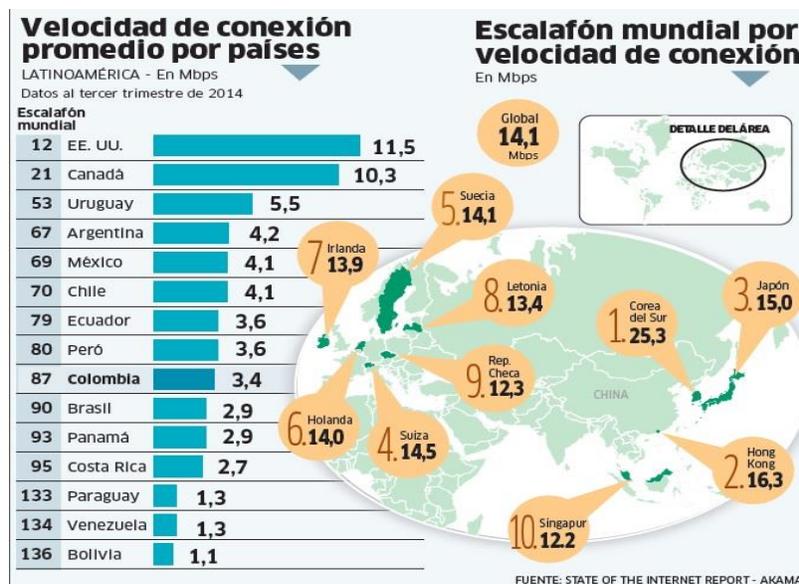
De acuerdo con las características de cobertura y capacidad de las tecnologías de acceso descritas en la tabla anterior, se construye la Figura 63, donde se muestra la cobertura en kilómetros frente al análisis de la tasa de bits; esta figura permite ver a grandes rasgos cómo la velocidad de transmisión y cobertura se comporta diferente para cada tecnología. En esta misma figura podemos observar cómo la cobertura de tecnologías inalámbricas y líneas eléctricas brindan una cobertura y transmisión de datos similares; de cara al ancho de banda, las tecnologías de fibra óptica tienen un desempeño superior que las líneas eléctricas. Con base en los resultados de esta figura, se observa que *PLC* da una oportunidad ideal para satisfacer la demanda de cobertura y ancho de banda en la conectividad de última milla frente a otras tecnologías de acceso; adicional a esto si se aprueba la propuesta del presidente de la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM), Julián Cardona, quien expone que el nuevo mínimo de velocidad para que una conexión a internet pueda ser considerada de banda ancha debe establecer en 20 megabits por segundo (Mbps) (Hernández, 2015), y no mantener una conexión promedio de 3,4 Mbps como lo muestra el estudio elaborado por Akamai y que se puede observar en la Figura 64; la tecnología *PLC* puede apoyar el propósito que expone Julián Cardona.

Figura 62. Comparación de cobertura vs. Tasa de transferencia de tecnologías de acceso



Fuente: Elaboración propia

Figura 63. Reporte de promedio global de las velocidades de conexión de banda ancha en el mundo



Fuente: Akamai.

Actualmente, más de 1045 municipios del país cuentan con un índice de penetración de internet menor al 10 % según cifras entregadas en el Informe Trimestral de las TIC para el cuarto trimestre del 2015, debido a que no cuentan con tecnologías de acceso como xDSL, FTTx, inalámbrica u otras. A su vez el índice de cobertura de energía eléctrica entregado por la SIEL (Sistema de Información Eléctrico Colombiano, 2016) indica que en la actualidad más del 96,78 % del país posee infraestructura eléctrica, lo cual abre la posibilidad de la implementación de la tecnología *PLC*, convirtiéndola en una opción deseable para entregar servicios de internet a personas de municipios y/o sectores rurales donde el índice de penetración de tecnologías de acceso es bajo, dando una oportunidad a este tipo de comunidades de tener acceso a conocimiento e información y servicios que faciliten, apoyen y conlleven al crecimiento de la comunidad.

7.2.3. Jerarquías de decisión

Con base en los niveles de selección establecidos en el ítem 6.2.1., se realiza la valoración de cada uno de estos niveles para establecer su importancia dentro de la investigación; esta valoración es realizada por los integrantes del equipo que conforman este estudio investigativo, y consiste en comparar diferentes opciones y determinar cuál es más preferible mediante un valor de la tabla de escalas de comparación de Saaty; un ejemplo para entender este proceso de valoración sería la comparación entre el nivel tecnológico y el nivel infraestructura; para esta comparación se dio un valor de cinco (5), lo que representa que el nivel tecnológico es fuertemente preferido que el nivel infraestructura; entendiendo esto y con la valoración realizada, se obtienen los resultados reflejados en la Tabla 14 y

Tabla 15

Tabla 14 Valoración Niveles de Selección

	Tecnológico	Infraestructura	Económico	Social
Tecnológico	1	5	3	3
Infraestructura	1/5	1	5	1/5

Económico	1/3	1/5	1	1/3
Social	1/3	5	3	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15 Ponderación Niveles de Selección

	Tecnológico	Infraestructura	Económico	Social	Sum	Promedio (%)
Tecnológico	0,536	0,446	0,250	0,395	1,627	40,67 %
Infraestructura	0,107	0,089	0,417	0,079	0,692	17,30 %
Económico	0,179	0,018	0,083	0,132	0,411	10,28 %
Social	0,179	0,446	0,250	0,395	1,270	31,74 %
Totales	1	1	1	1	1	

Fuente: Elaboración propia.

Esta ponderación da como resultado que el nivel tecnológico tiene una mayor preeminencia en comparación con los niveles considerados; con base en esta tasación se hace uso de la misma metodología para evaluar los criterios definidos en el nivel tecnológico y determinar los criterios reales de selección para la mejor tecnología de conectividad de última milla en el municipio de Yacopí. El resultado de esta evaluación se observa en la Tabla 16 y Tabla 17, que se muestran a continuación.

Tabla 16 Valoración de criterios tecnológicos

Tecnológico	Ancho de banda	Escalabilidad	Late ncia	Flexibilidad	Fácil mantenimiento	Confiabilidad	Compatibilidad
Ancho de banda	1	1	5	3	1/3	1	7

Escalabilidad	1/1	1	7	5	1	1	7
Latencia	1/5	1/7	1	1/3	1/5	1/3	1/5
Flexibilidad	1/3	1/5	3	1	1/7	1/7	1/3
Fácil mantenimiento	3	1/1	5	7	1	1	7
Confiabilidad	1/1	1/1	3	7	1/1	1	5
Compatibilidad	1/7	1/7	5	3	1/7	1/5	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17 Ponderación de criterios tecnológicos

Tecnológico	Ancho de banda	Escalabilidad	Latencia	Flexibilidad	Fácil mantenimiento	Confiabilidad	Confiabilidad	Compatibilidad	Su	Promedio (%)
Ancho de banda	0,150	0,223	0,172	0,114	0,087	0,183	0,214	0,254	1,39	19,96 %
Escalabilidad	0,150	0,223	0,241	0,190	0,262	0,183	0,214	0,254	1,71	24,52 %
Latencia	0,030	0,032	0,034	0,013	0,052	0,061	0,071	0,007	0,30	4,30 %
Flexibilidad	0,050	0,045	0,103	0,038	0,037	0,026	0,031	0,012	0,34	4,89 %

Fácil mantenimiento	0,449	0,223	0,172	0,266	0,262	0,183	0,214	0,254	2,023	28,90	%
Confiabilidad	0,150	0,223	0,103	0,266	0,262	0,183	0,214	0,182	1,582	22,60	%
Compatibilidad	0,021	0,032	0,172	0,114	0,037	0,183	0,043	0,036	0,639	9,12	%
Totales	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Fuente: Elaboración propia.

De esta valoración se seleccionan los criterios cuya importancia sea mayor al 15 %, y junto con las características identificadas en el benchmarking de tecnologías de acceso se definen los nuevos criterios de selección para determinar, a través de la metodología AHP, cuál de las tecnologías planteadas logra dar una solución de conectividad de última milla al municipio de Yacopí.

7.2.4. Resultados del AHP

Entendiendo que la metodología AHP plantea que la evaluación de los criterios seleccionados puede ser realizada por expertos de forma directa o indirecta, se decide para efectos de esta investigación realizar la evaluación de los criterios de selección a través de expertos indirectos; para ello se llevó a cabo una profunda investigación literaria donde se encontraron los siguientes estudios:

- “Estudio y Análisis de la Viabilidad de la Implementación de Tecnología PLT (*Power Line Telecommunications*) en Colombia, en el Ámbito de la Transmisión de Datos Sobre Redes de Baja Tensión” elaborado por el ingeniero Gustavo Alonso Chica Pedraza, el cual fue presentado para la obtención del título de Magister en Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Colombia.

- “OPERA. IST Integrated Project No. 026920” realizado por Javier Simón, Jean Philippe Faure y Ramón Martínez.
- “Broadband Over Power Lines A White Paper”, elaborado por Seema M. Singh.
- “PLC QoS management and integration for IPv6 applications and services”, redactado por Juan J. Pujante, Daniel Martínez, Antonio Gómez, Inma Marín.

Al ser analizados estos estudios, se encontró que los resultados obtenidos convalidan los resultados obtenidos con la valoración realizada por los integrantes del equipo que conforman esta investigación en cada una de las alternativas de selección evaluadas; estos resultados se observan en las tablas que se visualizan más adelante.

Tabla 18 Valoración criterio simplicidad de la implementación

Simplicidad de la implementación	Wifi	Microondas	ADSL	PLC
Wifi	1	1/3	3	3
Microondas	3	1	3	3
ADSL	1/3	1/3	1	1/7
PLC	1/3	1/3	7	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19 Ponderación criterio simplicidad de la implementación

Simplicidad de la implementación	Wifi	Microondas	ADSL	PLC	Sum	Promedio (%)
Wifi	0,214	0,167	0,214	0,420	1,015	25,38 %
Microondas	0,643	0,500	0,214	0,420	1,777	44,43 %
ADSL	0,071	0,167	0,071	0,020	0,330	8,24 %
PLC	0,071	0,167	0,500	0,140	0,878	21,95 %
Totales	1	1	1	1	1	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20 Valoración criterio capacidad compartida

Capacidad compartida	Wifi	Microondas	ADSL	PLC
Wifi	1	1	3	1
Microondas	1/1	1	3	1
ADSL	1/3	1/3	1	1/3
PLC	1/1	1/1	3	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21 Ponderación criterio capacidad compartida

Capacidad compartida	Wifi	Microondas	ADSL	PLC	Sum	Promedio (%)
Wifi	0,300	0,300	0,300	0,300	1,200	30,00 %
Microondas	0,300	0,300	0,300	0,300	1,200	30,00 %
ADSL	0,100	0,100	0,100	0,100	0,400	10,00 %
PLC	0,300	0,300	0,300	0,300	1,200	30,00 %
Totales	1	1	1	1	1	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22 Valoración criterio simetría

Simetría	Wifi	Microondas	ADSL	PLC
Wifi	1	1/5	3	1/5
Microondas	5	1	5	1
ADSL	1/3	1/5	1	1/5
PLC	5	1/1	5	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23 Ponderación criterio simetría

Simetría	Wifi	Microondas	ADSL	PLC	Sum	Promedio (%)
<i>Wifi</i>	0,088	0,083	0,214	0,083	0,469	11,73 %
Microondas	0,441	0,417	0,357	0,417	1,632	40,79 %
ADSL	0,029	0,083	0,071	0,083	0,268	6,69 %
<i>PLC</i>	0,441	0,417	0,357	0,417	1,632	40,79 %
Totales	1	1	1	1	1	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24 Valoración ancho de banda

Ancho de Banda	Wifi	Microondas	ADSL	PLC
<i>Wifi</i>	1	1/5	1/5	1/3
Microondas	5	1	3	1/3
ADSL	5	1/3	1	1/3
<i>PLC</i>	3	3	3	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25 Ponderación ancho de banda

Ancho de Banda	Wifi	Microondas	ADSL	PLC	Sum	Promedio (%)
<i>Wifi</i>	0,071	0,044	0,028	0,167	0,310	7,75 %
Microondas	0,357	0,221	0,417	0,167	1,161	29,03 %
ADSL	0,357	0,074	0,139	0,167	0,736	18,41 %

<i>PLC</i>	0,214	0,662	0,417	0,500	1,793	44,82 %
Totales	1	1	1	1	1	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26 Valoración fácil mantenimiento

Fácil mantenimiento	<i>Wifi</i>	Microondas	ADSL	<i>PLC</i>
<i>Wifi</i>	1	1	3	3
Microondas	1/1	1	3	3
ADSL	1/3	1/3	1	3
<i>PLC</i>	1/3	1/3	1/3	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27 Ponderación fácil mantenimiento

Fácil mantenimiento	<i>Wifi</i>	Microondas	ADSL	<i>PLC</i>	Sum	Promedio (%)
<i>Wifi</i>	0,375	0,375	0,409	0,300	1,459	36,48 %
Microondas	0,375	0,375	0,409	0,300	1,459	36,48 %
ADSL	0,125	0,125	0,136	0,300	0,686	17,16 %
<i>PLC</i>	0,125	0,125	0,045	0,100	0,395	9,89 %
Totales	1	1	1	1	1	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28 Valoración confiabilidad

Confiabilidad	<i>Wifi</i>	Microondas	ADSL	<i>PLC</i>
<i>Wifi</i>	1	1	1/3	1/3
Microondas	1/1	1	1/3	1/3
ADSL	3	3	1	1
<i>PLC</i>	3	3	1/1	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Ponderación confiabilidad

Confiabilidad	Wifi	Microondas	ADSL	PLC	Sum	Promedio (%)
Wifi	0,125	0,125	0,125	0,125	0,500	12,50 %
Microondas	0,125	0,125	0,125	0,125	0,500	12,50 %
ADSL	0,375	0,375	0,375	0,375	1,500	37,50 %
PLC	0,375	0,375	0,375	0,375	1,500	37,50 %
Totales	1	1	1	1	1	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30 Valoración escalabilidad

Escalabilidad	Wifi	Microondas	ADSL	PLC
Wifi	1	1/7	1/3	1/7
Microondas	7	1	5	1/7
ADSL	3	1/5	1	1/7
PLC	7	7	7	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31 Ponderación escalabilidad

Escalabilidad	Wifi	Microondas	ADSL	PLC	Sum	Promedio (%)
Wifi	0,056	0,017	0,025	0,100	0,198	4,94 %
Microondas	0,389	0,120	0,375	0,100	0,984	24,59 %

ADSL	0,167	0,024	0,075	0,100	0,366	9,14 %
PLC	0,389	0,839	0,525	0,700	2,453	61,32 %
Totales	1	1	1	1	1	

Fuente: Elaboración propia.

La valoración de cada una de las anteriores alternativas da como resultado la Tabla 32, aunque este resultado da como opción viable la tecnología microondas, se ve también como *PLC* es la segunda opción recomendada y se puede observar que la diferencia entre microondas y *PLC* no es muy marcada, lo cual la hace candidata para ser estudiada como una solución de conectividad de última milla para el municipio de Yacopí.

Tabla 32. Resultado valoración de criterios selección

	Simplicidad de la implementación	Capacidad comparada	Simetría	Ancho de Banda	Fácil mantenimiento	Confiabilidad	Escalabilidad	Strategic Score
W(i)	15,88 %	20,44 %	4,04 %	4,65 %	24,82 %	19,56 %	10,60 %	
Alternativas Tecnológicas	S(j)	S(j)	S(j)	S(j)	S(j)	S(j)	S(j)	
Wifi	25,38 %	30,00 %	11,73 %	7,75 %	36,48 %	12,50 %	4,94 %	23,02 %
Microondas	44,43 %	30,00 %	40,79 %	29,0 %	36,48 %	12,50 %	24,59 %	30,29 %
ADSL	8,24 %	10,00 %	6,69 %	18,4 %	17,16 %	37,50 %	9,14 %	17,04 %

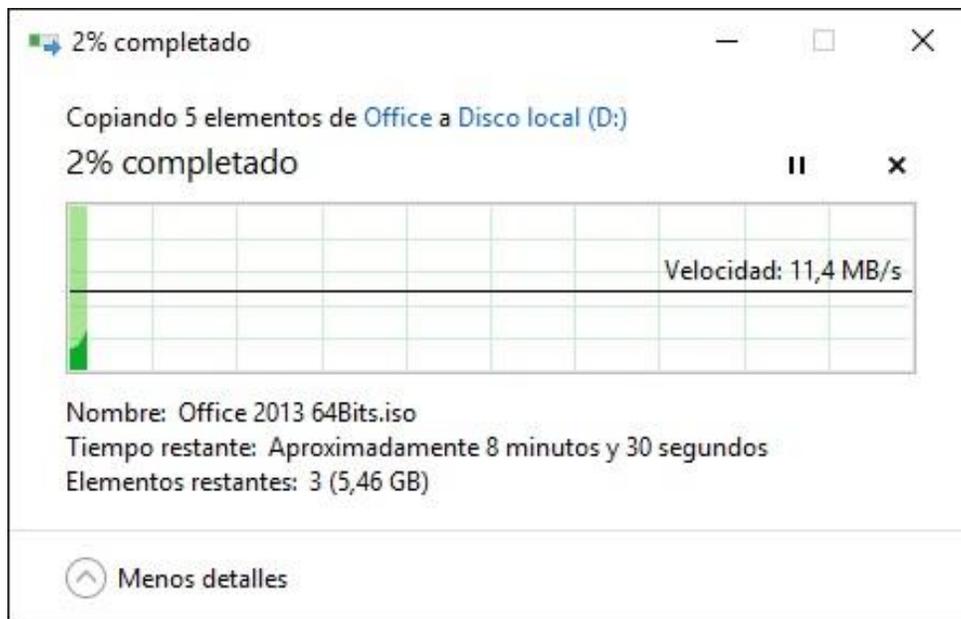
PLC	21,95 %	30,00 %	40,79 %	44,8 %	9,89 %	37,50 %	61,32 %	29,64 %
Total	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Fuente: Elaboración propia.

Para comprobar lo mencionado anteriormente y determinar si la tecnología *PLC* funciona sobre la red eléctrica colombiana, especialmente en la red eléctrica rural del país, se realizan varios ciclos de pruebas de campo en la vereda Alonso, con el objetivo de verificar la viabilidad técnica para la implementación de *PLC* en las redes eléctricas de Yacopí.

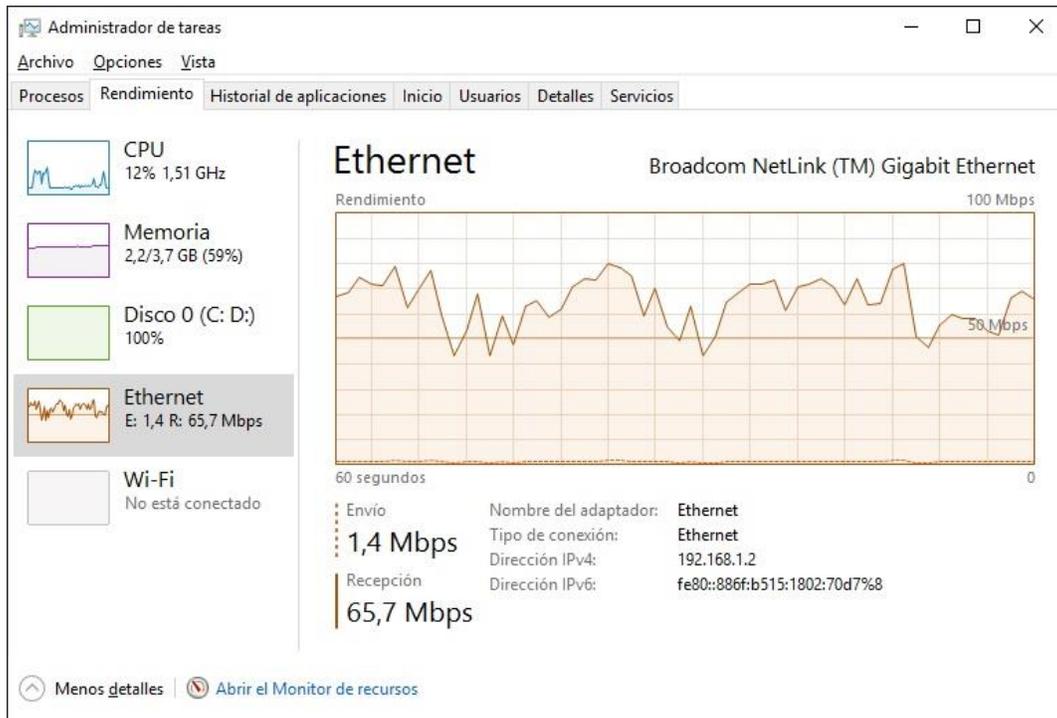
En el primer ciclo de pruebas se valida la conectividad y transferencia de datos dentro de una misma vivienda; para ello se configura una red local con dos portátiles: uno ubicado en la cocina y el otro situado en la sala, y por medio de una red *PLC* se logra realizar transferencias de archivos con velocidades de hasta 11 MB reales, y un uso de las tarjetas de red de los equipos del 80 % con una latencia no superior a los 6ms. Esto se puede evidenciar en las Figura 64 a Figura 67.

Figura 64. Velocidad de transferencia de archivos a través de la red local *PLC*



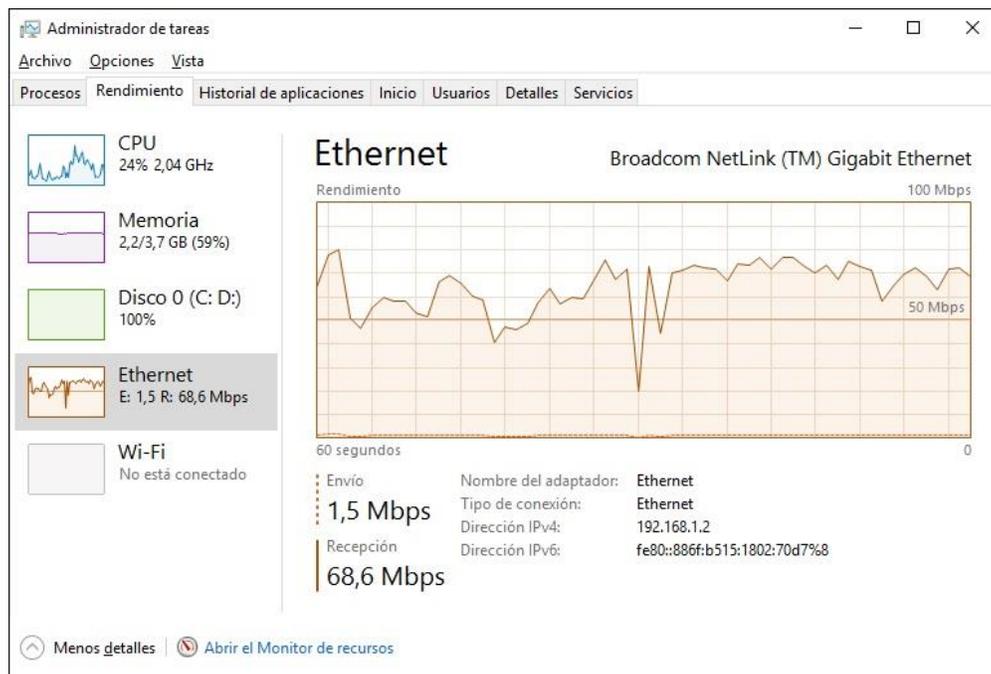
Fuente: Elaboración propia.

Figura 65. Desempeño de la tarjeta de red durante el ciclo 1 de prueba



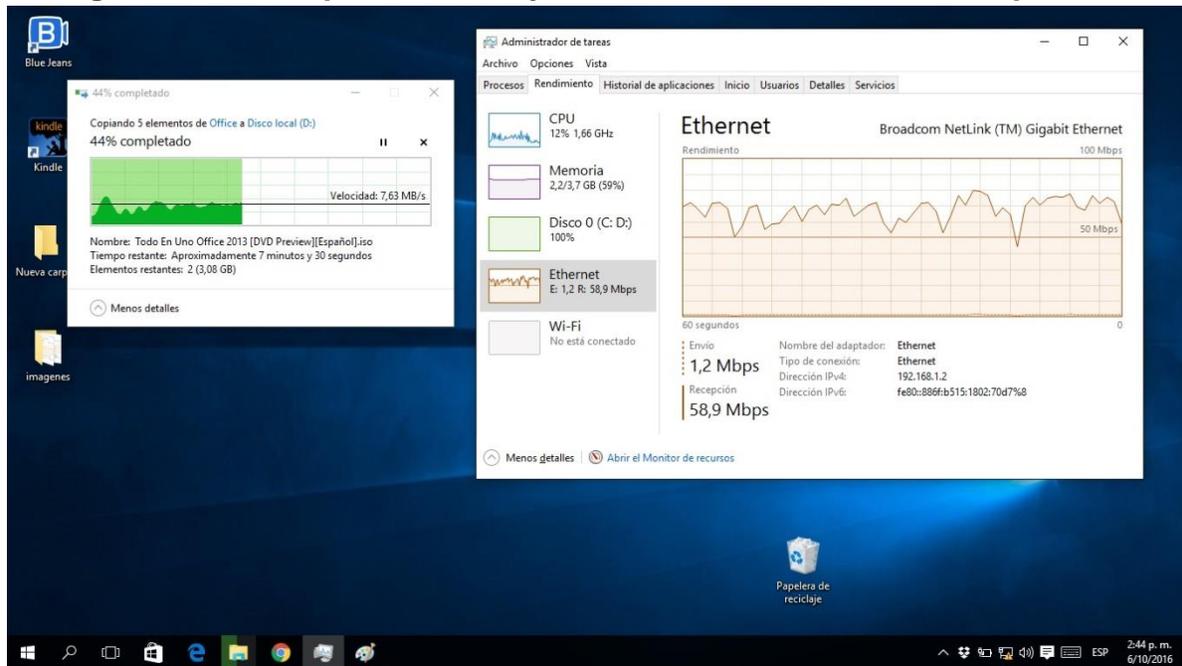
Fuente: Elaboración propia.

Figura 66. Desempeño de la tarjeta de red durante el ciclo 1 de pruebas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 67. Desempeño de la tarjeta de red durante el ciclo 1 de pruebas



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede notar en la

Figura 68 y Figura 69, el cableado eléctrico de la casa donde se efectuó esta prueba es rústico y antiguo, y se aprecia un deterioro.

Figura 68. Cableado de la vivienda donde se realizó el estudio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 69. Cableado exterior de la vivienda donde se realizó el estudio



Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, al realizar las pruebas de transferencias de datos entre los dos computadores se observa que el cableado interno de la casa posee características que

permiten la conexión de los computadores a través de los modem *PLC*. Lo anterior se ilustra de una forma más clara en los videos que aparecen en las siguientes direcciones:

<https://www.youtube.com/watch?v=hyzd2QRcLI>

<https://www.youtube.com/watch?v=vO49YksS1Yc>

https://www.youtube.com/watch?v=FmhdVPIB8_M

Con el fin de evidenciar si a pesar que las viviendas tienen más de 30 años de construidas su cableado eléctrico es funcional para la tecnología y permite la modulación y demodulación de la señal del equipo emisor, se realiza un segundo ciclo de pruebas entre dos viviendas que se encuentran separadas aproximadamente 300 metros de distancia y tienen un tendido eléctrico entre las dos viviendas alrededor de 600 metros; la

Figura 70, Figura 71 y Figura 72, muestran la conexión eléctrica entre las dos casas.

Figura 70. Tendido eléctrico entre las casas de pruebas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 71. Tendido eléctrico entre las casas de pruebas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 72. Tendido eléctrico entre las casas de pruebas



Fuente: Elaboración propia.

En este ciclo de pruebas se ubican las tomas de corriente que se encuentran más cercanas al poste principal de cada casa; al tener los dos puntos identificados se procede a realizar la instalación de los equipos *PLC* en cada casa y se configura una red LAN sobre la red *PLC* de manera convencional, es decir, la configuración de la topología de red LAN no se altera en ningún momento; así mismo la configuración de los equipos *PLC* fue sencilla, pues solo se tiene que hacer un procedimiento para hacer un link entre ellos. Una vez realizada la conexión de los equipos los cuales tienen una latencia no superior a los 8ms, se logra transferir archivos hasta de 800 MB entre las dos viviendas en menos de 2 minutos; considerando que las dos viviendas solo tienen en común el punto de conexión eléctrico, se pueden calificar los resultados de esta prueba de manera exitosa, como se puede cavilar en la siguiente dirección:

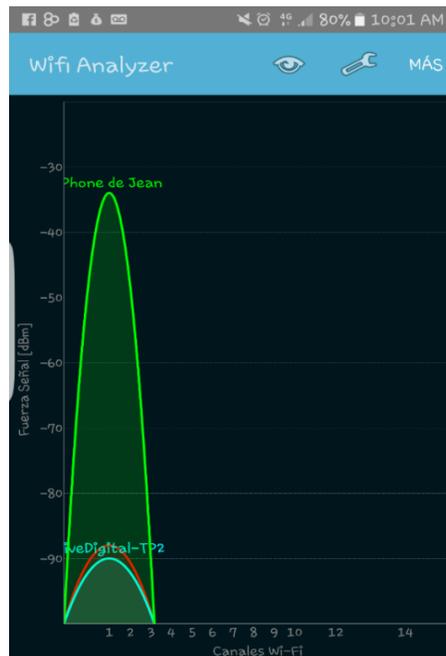
<https://www.youtube.com/watch?v=3QKPK6rSG68>

Con base en los resultados exitosos de las pruebas anteriores se realiza un tercer ciclo de pruebas trasmitiendo datos a través de los 600 metros de cableado eléctrico para validar el comportamiento de conectividad a internet; para ello se utilizó como puerta de enlace un celular de la red Claro, el cual compartía internet por medio de la conexión USB en un equipo; por medio de un puente de red se hacía el *link* entre la red del equipo celular, el portátil y la conexión LAN entre las dos casas; como resultado de este ciclo de pruebas se logró tener velocidades de descarga hasta de 5 Mbps, y de subida, de aproximadamente de 1 Mbps en la casa remota. Lo anterior se puede apreciar en el video que aparece en la siguiente dirección:

<https://www.youtube.com/watch?v=rZ-PzrdFj64>

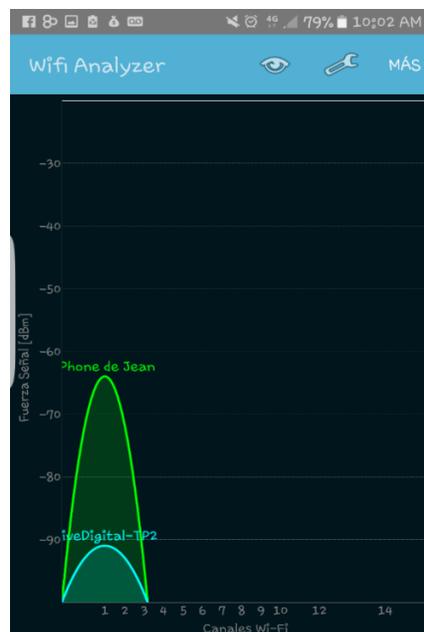
Como última prueba se validó cual sería el rango de cobertura que puede tener una red *Wifi* con las condiciones demográficas de la vereda donde se realizó el estudio de *PLC*; para ello se estableció una conexión compartiendo datos entre dos celulares, y se comprobó que la máxima distancia en la que puede transmitirse señal *Wifi* no es superior 30 metros de distancia. La Figura 73, Figura 74, Figura 75 y Figura 76, muestran lo explicado anteriormente.

Figura 73. Transferencia de datos entre dos celulares separados 2 metros de distancia



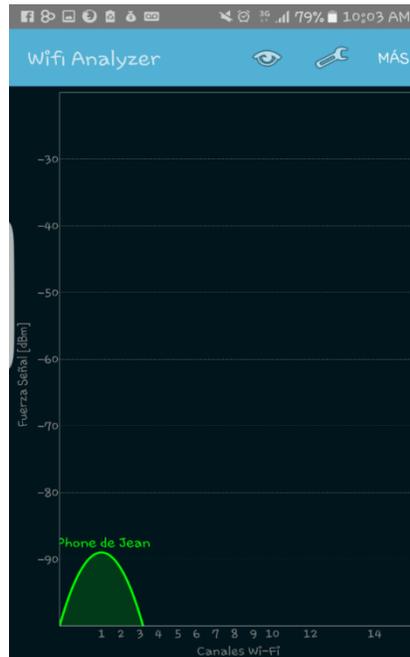
Fuente: Elaboración propia.

Figura 74. Transferencia de datos entre dos celulares separados 10 metros de distancia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 75. Transferencia de datos entre dos celulares separados 20 metros de distancia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 76. Transferencia de datos entre dos celulares separados 30 metros de distancia



Fuente: Elaboración propia.

Los ciclos de pruebas realizados permiten demostrar que al tener un punto con internet, otros puntos sobre una red *PLC* pueden hacer uso de la conectividad sin tener ninguna interferencia; esto permite proponer a *Power Line Communication* como una alternativa tecnológica viable que permite dar una solución de conectividad de última milla.

7.3. Desarrollo de modelo de negocio que demuestra las bondades de la tecnología *PLC*.

El modelo de negocio para la implementación de tecnología *PLC* debe argumentar su impacto y gran valor en la medida que pueda promover ventajas y beneficios desde cada uno de los pilares que estructura esta investigación (entorno social, tecnológico y económico) para los usuarios y clientes; en todo caso, entendiendo que el verdadero beneficio es el mejoramiento en la calidad de vida de las personas menos favorecidas, vamos a identificar los factores propios y externos que justifiquen la fuerza del negocio y su nivel de rentabilidad estimada en valores o beneficios que se puedan traducir en responsabilidad social y, adicionalmente validar la capacidad de replicabilidad y escalabilidad del sistema en diferentes contextos a nivel regional.

7.3.1. Análisis del entorno *PEST*

Para efectos de la validación del mercado objetivo de nuestra iniciativa, es muy importante identificar y contrastar los diferentes factores sobre los cuales no tenemos control directo pero que hacen parte de las consideraciones y las variables vitales en la estimación del modelo de negocio para la implementación de tecnología *PLC*; esta definición de factores nos ayuda a anticipar el impacto que pueda tener y valorar las oportunidades de contrarrestar las contingencias que se presenten. Es así que un análisis *PEST* (Acrónimo de factores Político, Económico, Social, Tecnológico) nos ayuda a medir y evaluar el mercado en el que se encontraría implementado el proyecto, en donde, para efectos de replicar la implementación de la tecnología en otros contextos diferentes al del caso de estudio, el análisis del entorno *PEST* nos permite encontrar variables adicionales requeridas para la adecuada ejecución.

7.3.1.1. Factores políticos

Permite evaluar factores críticos que impacten la iniciativa, cambios políticos y legislativos que puedan restringir o acotar el negocio para cada uno de los contextos; acá entendemos el marco general que presenta como derecho de las personas el acceder a la información, al conocimiento para mejorar la calidad de vida, además de la normatividad que rige para la implementación de la tecnología *PLC* en el ámbito de los servicios públicos de energía y telecomunicaciones en nuestro país.

- **Constitución Política de Colombia:**

Derechos Fundamentales

- “**Artículo 20:** Se garantiza a toda persona la libertad de expresar y difundir su pensamiento y opiniones, la de *informar y recibir información* veraz e imparcial, y la de fundar medios masivos de comunicación”.
- “**Artículo 27:** El Estado garantiza las libertades de *enseñanza, aprendizaje, investigación* y cátedra”. (Cursivas añadidas)

Derechos sociales, económicos y culturales

- “**Artículo 44:** Son derechos fundamentales de los niños: la vida, la integridad física, la salud y la seguridad social, la alimentación equilibrada, su nombre y nacionalidad, tener una familia y no ser separados de ella, el cuidado y amor, *la educación y la cultura*, la recreación y la libre expresión de su opinión. Serán protegidos contra toda forma de abandono, violencia física o moral, secuestro, venta, abuso sexual, explotación laboral o económica y trabajos riesgosos. Gozarán también de los demás derechos consagrados en la Constitución, en las leyes y en los tratados internacionales ratificados por Colombia”.
- “**Artículo 64:** Es deber del Estado promover el acceso progresivo a la propiedad de la tierra de los trabajadores agrarios, en forma individual o asociativa, y a los *servicios de educación, salud, vivienda, seguridad social, recreación, crédito, comunicaciones, comercialización* de los productos, *asistencia técnica y empresarial*, con el fin de *mejorar el ingreso y calidad de vida de los campesinos*”.

- “**Artículo 67:** La *educación* es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una *función social*: con ella se busca el *acceso al conocimiento*, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura”.
- “**Artículo 70.** El Estado tiene el deber de promover y fomentar el *acceso a la cultura* de todos los colombianos en igualdad de oportunidades, por medio de la *educación permanente y la enseñanza* científica, técnica, artística y profesional en todas las etapas del proceso de creación de la identidad nacional”. (Cursivas añadidas)

Finalidad Social del Estado y de los Servicios Públicos

- **Artículo 366:** El bienestar general y el *mejoramiento de la calidad de vida* de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de *educación*, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación”. (Cursivas añadidas)

La Constitución Política de Colombia ratifica la obligación y voluntad del Gobierno en facilitar los medios necesarios para fomentar el desarrollo de las sociedades por medio de las comunicaciones, la educación y la cultura.

- **Ley 142 de 1994**

“Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones”.

Ley creada en 1994 por el Congreso de la Republica con el fin de regular la prestación de los servicios públicos en cada región, cobertura, calidad del servicio y régimen tarifario para los usuarios.

- **Ley 143 de 1994**

“Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética”.

Ley creada en 1994 por el Congreso de la Republica con el fin de establecer el régimen de actividades de generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad.

- **Decreto 1073 de 2015**

Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía.

Decreto creado en 2015 por el Ministerio de Minas y Energía con el fin de compilar normatividad de similar naturaleza, en donde en su título III describe aspectos de aplicabilidad para actividades de servicio público domiciliario de energía eléctrica y actividades complementarias del mismo.

- **Decreto 1078 de 2015**

Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Decreto creado en 2015 por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones que presenta el régimen reglamentario del sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

7.3.1.2. Factores económicos

Determina el comportamiento económico entorno a la iniciativa; estos factores ayudan a anticipar afectaciones en el costo de capital, clientes potenciales y su disponibilidad de recursos, variación en inversiones asociadas a la implementación de la tecnología por utilizar tecnologías proveniente de otros lugares, identificación de inversionistas externos y organizaciones interesadas en participar en la iniciativa.

- **Plan de desarrollo Yacopí 2016-2019**

Con base en el análisis detallado del Plan de Desarrollo de Yacopí 2016-2019 y en la visita de campo donde se realizó la entrevista a la Secretaría de Hacienda Dra. Clara Piedad Ortiz Chitiva, Yacopí no tiene ninguna partida presupuestal destinada para despliegue de infraestructura, dotación y equipos para suministrar servicio de internet para los habitantes de dicho municipio, pues el alcance de dicha iniciativa y en línea con las partidas presupuestales destinadas desde la nación, determina que para efectos de prestación del servicio la disposición de kioscos Vive Digital y la prestación del servicio por privados atiende la demanda de los usuarios actuales y los potenciales.

- **Aspectos macroeconómicos**

- Tasa representativa de mercado: Con una incierta fluctuación, dadas las condiciones externas y la dependencia en nuestra economía a partir de los ingresos resultado de la producción petrolera, se evidencia un incremento notorio en los costos de insumos de origen externo con valores superiores al 40 % del valor medio en los últimos 5 años; esta condición hace que se tenga presente alzas en materias primas durante la evolución en la implementación.
- Tasas de interés: Buscando contrarrestar los niveles inflacionarios en aumento, la manera de controlar el consumo es el aumento progresivo en las tasas de interés crediticio, dando pie al aumento sucesivo del costo de capital para las empresas.
- Costos de implementación y mantenimiento: Si bien el proyecto despliega su tecnología a partir de la infraestructura eléctrica existente (siendo uno de los mayores argumentos de simplificación de costos de la iniciativa), existen imprevistos asociados al inventario de tendido eléctrico actual que depende específicamente de la localización puntual y su grado de mantenimiento en el tiempo; entonces surge una variable en términos de costos a considerar en los modelos financieros para la adecuada implementación y mantenimiento preventivo necesario del sistema en el tiempo.

7.3.1.3. Factores sociales

Trata las fuerzas que hacen parte de la sociedad involucrada en la iniciativa, su poder decisión frente a la oferta de valor y el interés que se tendría en acceder al producto o servicio ofrecido; estos factores son únicos del sector y lugar escogido para el análisis; así ratificamos la importancia en la profundización e investigación de los componentes sociales, dependiendo del lugar donde decidamos implementar la tecnología propuesta. Teniendo en cuenta el enfoque social del presente estudio y la manera detallada como se describen los componentes sociales de Yacopí, podemos complementar los componentes sociales que siguen siendo importantes en la estimación del modelo de negocio:

- Crecimiento demográfico
- Niveles de desplazamiento por la violencia
- Condiciones de vida de la población rural
- Distribución del ingreso de las personas
- Analfabetismo e indicadores de educación prevalentes
- Medios de comunicación y formas de comunicación entre las personas

Dentro de estos componentes surgen tendencias que ratifican la implementación de la tecnología:

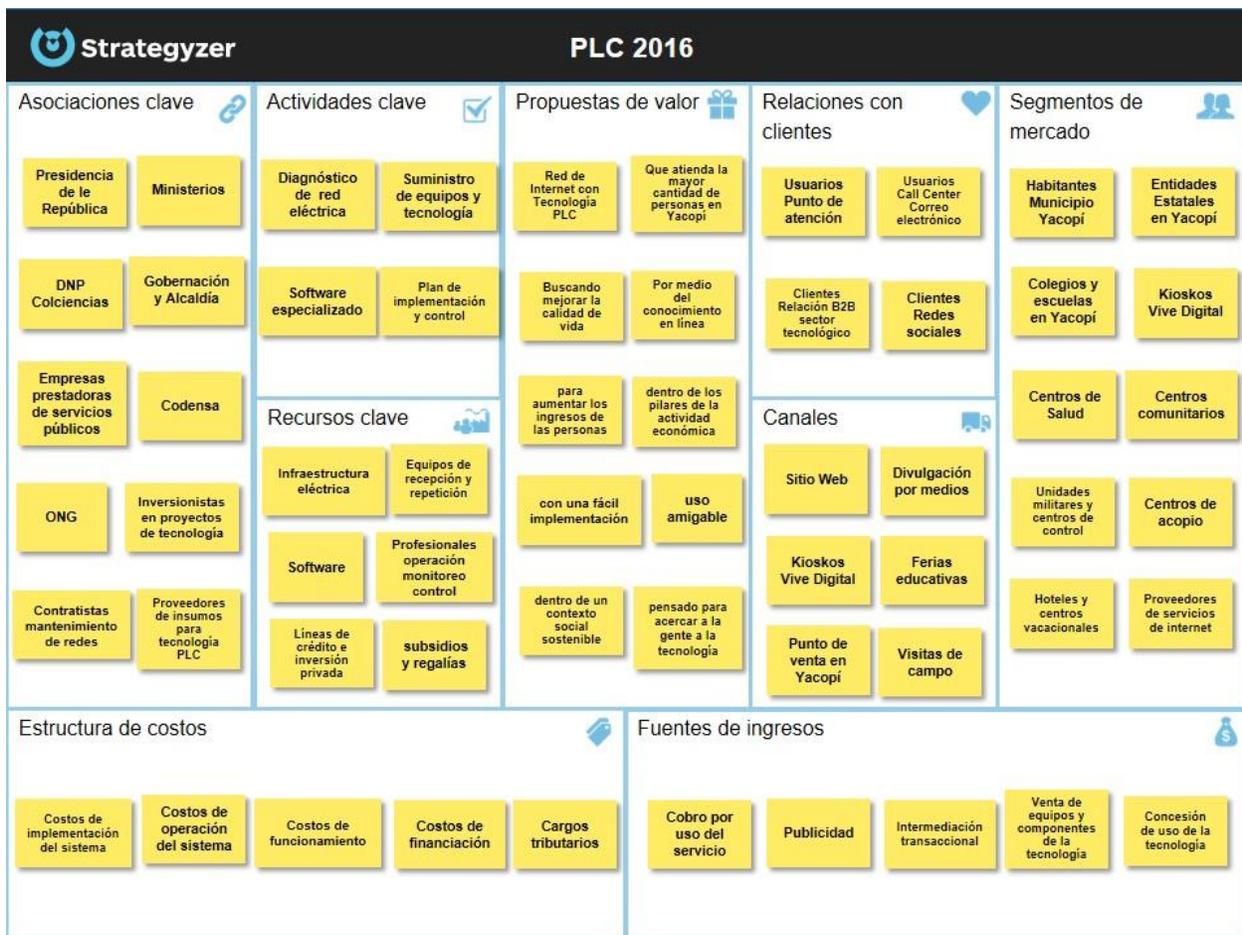
- Interés general en el uso de medios tecnológicos que permitan acceder a la información y el conocimiento.
- Cerrar brechas por medio de la tecnología, pues se llega a puntos físicos cada vez más cercanos de las personas en su lugar de vivienda rural.
- Facilitar medios de transacciones y pagos que simplifiquen el manejo de efectivo pudiendo acceder a nuevos servicios y pagos.

7.3.1.4. Factores tecnológicos

La tecnología es el medio que facilita este estudio; en la descripción de todo el documento hemos identificado las determinantes en la escogencia de la tecnología y los tipos de sistemas existentes para valorar las ventajas y limitaciones de la tecnología PLC.

7.3.2. CANVAS

Figura 77. Canvas Proyecto PLC



Fuente: <https://strategyzer.com/platform/projects>

Elaboración propia.

7.3.2.1. Segmentos de mercado

En la identificación de clientes podemos dividirlos en dos grandes bloques, para efectos de determinar los segmentos a los cuales nos queremos dirigir, teniendo en cuenta el trato particular y la manera de dirigirnos a cada uno de ellos:

- **Personas:**

- Habitantes Municipio de Yacopí:

En tanto que usuarios finales, todas las personas interesadas en el uso de la tecnología se vuelven nuestros clientes-usuario; estos, así mismo tendrán una segmentación particular, teniendo en cuenta las condiciones demográficas, su nivel de ingresos, su localización en el municipio y su nivel académico o de educación, los cuales describimos de la siguiente manera:

- Edad: Desde los 11 a los 70 años
- Ingresos: Familias desde 1 a 10 salarios mínimos legales vigentes
- Localización: Cabecera municipal o veredas.
- Nivel académico: Básica primaria, Bachillerato, Técnico, Universitario.

- **Entidades**

- Entidades estatales municipio Yacopí:

Todas las dependencias del municipio de Yacopí que requieran la utilización de la tecnología:

- Alcaldía
- Inspección de policía
- Secretaría de Gobierno, Hacienda, Planeación
- Personería
- Unidad de Servicios Públicos

- Comisaría de familia
- Sisben
- Colegios:

Según la página web de Yacopí, el municipio cuenta actualmente con 10 instituciones educativas (6 colegios y 4 post-primarias) de la siguiente manera:

Colegios:

- Colegio San Rafael
- Colegio Luis Carlos Galán
- Colegio Uriel Murcia
- Colegio Gerardo Bilbao
- Colegio Técnico Agropecuario
- Colegio Eduardo Santos

Posprimarias:

- Inspección Guayabales
- Inspección Guadualito
- Inspección Alto de Cañas
- Inspección Patevaca

- Kioscos Vive Digital:

Al ofrecer una nueva manera de transmisión, los Kioscos de Vive Digital pueden actuar en doble vía, dependiendo del requerimiento, pues a través de su infraestructura puede servir puente al proveedor de servicio de internet; adicionalmente, como usuario, podría disponer de nueva infraestructura y servicio utilizando tecnología *PLC*, igualmente que su operación tradicional.

- Centros de salud:

Actualmente Yacopí cuenta con un centro de salud localizado en la cabecera municipal, y 11 centros de salud en cada una de las inspecciones localizadas en el sector rural.

- Centros Comunitarios:

En caso de disponer de espacios comunitarios que agrupen personas en determinado sector del municipio, en particular en las veredas, el equipar estos espacios con la tecnología permite fomentar espacios de entrenamiento y capacitación; así como también ofrecer medios alternos de comunicación para las personas que acudan a dichos espacios.

- Unidades militares y centros de control:

En caso de requerirse, la solución *PLC* ofrece un sistema alternativo para intercambio de información y comunicación abierta para las personas que habiten estos espacios; entonces, al momento de tener una falla en la comunicación, *PLC* se convierte en una alternativa que vale la pena considerar.

- Centros de acopio:

Lugares dedicados a la venta y comercialización de víveres y alimentos; al ser parte de uno de los pilares de la actividad económica, es muy conveniente proveer de internet estos lugares para efectos de consulta y transacciones entre los interesados.

- Hoteles y centros vacacionales:

Cómo parte del equipamiento necesario para mejorar la oferta turística en la zona, servir de internet los lugares de hospedaje es de vital importancia, tanto para la promoción y administración de dichos lugares, como para el uso de los huéspedes que los visiten.

- Proveedores de servicios de internet:

Los proveedores de servicios de internet serán los que en el momento de la implementación tengan cobertura en la zona y ofrezcan el servicio con los mejores valores agregados y precios competitivos; de igual forma su disponibilidad y autorización estarán regulados por el MinTic; según el marco normativo vigente a la fecha de la solicitud de la prestación del servicio, los proveedores de servicios de internet hacen parte de clientes en caso de ser

estos los que despliegan la tecnología, y se vuelven usuarios del sistema en un esquema de concesión o alquiler.

7.3.2.2. Propuesta de valor

Red de Internet con Tecnología *PLC* que atienda la mayor cantidad de personas en Yacopí, buscando mejorar la calidad de vida por medio del conocimiento en línea, para aumentar los ingresos de las personas dentro de los pilares de la actividad económica, con una fácil implementación, uso amigable dentro de un contexto social sostenible pensado para acercar a la gente a la tecnología.

7.3.2.3. Canales

Los canales explican la manera como nos comunicamos y llevamos nuestra propuesta de valor a nuestros clientes y usuarios; es la manera cómo vamos a tener contacto y de esta manera obtener mayores beneficios para la operación del sistema; consecuentemente identificamos 2 diferentes grupos de canales, que a su vez atienden cada uno de los segmentos relacionados en el capítulo de clientes:

- Comunicación:
 - Sitio Web: Sitio dinámico y amigable de fácil acceso que interactúa con los usuarios enseñándoles las bondades de la tecnología *PLC*, cobertura, costos, forma de acceso a la tecnología e información de contacto para resolver dudas e inquietudes.
 - Divulgación por medios existentes (radio, iglesia, prensa): Mensajes publicitarios informando a la comunidad acerca de la nueva forma de tener acceso a internet, sin importar la distancia y el lugar donde resida.
 - Boletines impresos y eventos culturales liderados por la Alcaldía: Ayudar a la comunidad a tomar conciencia sobre la propuesta de valor, esto a través de cursos *online* gratuitos que ayuden al desarrollo de las personas y el del municipio mismo.

- Colegios (Ferias educativas y Kioscos Vive Digital): Asesorías personalizadas a alumnos y padres de familia; con este mecanismo podemos identificar necesidades reales y dar a conocer las ventajas de la tecnología.
- Distribución
 - Punto de venta Yacopí: Equipo de profesionales para agilizar los procesos relacionados con ventas y atención a los clientes; este equipo cuenta con capacidades para resolver cualquier queja, opinión sugerencia, e inquietud del público.
 - Visitas de campo: Elemento generador de sinergias entre la compañía y el cliente, para entender las necesidades reales del cliente y conocer la experiencia del cliente con el servicio.

7.3.2.4. Relación con clientes

- Usuarios finales

Acá es determinante el acompañamiento y la interacción con los usuarios de la tecnología; de esta manera garantizamos que se preste de manera adecuada el servicio y se disponga de medios de comunicación en tiempo real para acompañar todo el proceso de venta, puesta en marcha y operación de la tecnología en Yacopí; con esto generamos los espacios de interacción que nos permitan monitorear el comportamiento del sistema, el nivel de satisfacción y las nuevas necesidades, resultado de la utilización del servicio y de esta manera estar inmersos en procesos de mejora continua y así atender cada uno de los requerimientos de nuestros segmentos de clientes y usuarios a partir de una experiencia con presencia y soporte:

- Punto de atención física en Yacopí: Disponer de un espacio de atención directa al público en la plaza central del pueblo; en este mismo lugar está el centro de operaciones de la compañía que alberga los funcionarios responsables de la implementación, puesta en marcha, seguimiento y control en Yacopí; se estima

un área de 120 m² que disponga de espacios de atención, administración, bodega de almacenamiento y centro de acopio.

- *Call center*: En la medida que el servicio lo demande, el proyecto debe buscar prestar un servicio de *call center* de atención a usuarios para efectos de la prestación adecuada del servicio y el monitoreo de la calidad de la tecnología *PLC*. Por eficiencia en la operación, se determina la conveniencia de tercerizar este servicio, en donde a partir de la cantidad de consultas y llamados, se pagarán honorarios de uso acordado con alguna empresa experta en este tipo de actividades; sin embargo, el usuario siempre recibirá atención personalizada como parte del valor agregado del sistema contratado, sin identificar la tercerización del servicio de atención telefónica.
- Correo electrónico: Será el medio adecuado para la administración del servicio, sus procesos de facturación y reporte como medio alternativo de asistencia personal que pueda complementar el punto de atención física.
- Clientes
 - Relación B2B en el sector tecnológico: El personal a cargo deberá administrar y monitorear de manera permanente los clientes, basado en una relación donde es vital la gestión de cuentas negocio a negocio; si el cliente es posiblemente la administración de Yacopí y el Estado, el canal de comunicación y sus niveles de información y satisfacción se vuelven uno de los pilares en la relación con los clientes clave.
 - Redes sociales: Por medio de las redes sociales y la creación de comunidades dentro de plataformas como Facebook, Twitter, Instagram entre otros, se trata de crear medios de comunicación e intercambio de conocimiento y la solución de problemas entre los integrantes de los grupos; adicionalmente, se promueve el intercambio de información y experiencias entre los usuarios de la tecnología, y, dentro de los foros, el monitoreo de las necesidades y sugerencias de los involucrados.

7.3.2.5. Fuentes de ingresos

- Cobro por uso del servicio:

Son los ingresos que se perciben por la prestación del servicio, tanto para usuarios finales como clientes servidos por la tecnología; en la parte de modelación financiera, se podrán determinar los diferentes valores de venta y las participaciones por usuario y subsidio, dado el caso de requerirse.

- Publicidad:

En caso de ser viable, se dispone de una red dedicada para los usuarios y clientes del servicio; en consecuencia, al acceder a internet se dispondrá de una pequeña porción del espacio en el navegador que permita mostrar publicidad de productos y servicios enmarcados en el tipo de información que se ofrece en nuestro sistema; así, los que promocionan su producto o servicio pagarán un monto estimado según el tiempo de permanencia.

- Intermediación transaccional:

El sistema puede ofrecer servicios de intermediación transaccional que puede generar ingresos por medio de honorarios, según el tipo y la cantidad de transacciones realizadas; esta fuente de ingresos es parte de un esquema futuro; sin embargo, para la valoración de alternativas se presenta como una solución posterior que genere un valor agregado, dependiendo del nivel de uso y penetración en el tiempo.

- Venta de equipos y componentes de la tecnología:

En caso de tener la representación local, o por la intermediación en la distribución y venta de equipos con la tecnología *PLC*, representaría una importante fuente de ingresos permanente, teniendo en cuenta la actualización permanente del sistema y el mantenimiento adecuado de la infraestructura.

- Concesión del uso de la tecnología *PLC*:

Siendo los titulares del derecho de propiedad y el derecho de autoría en software de operación, una fuente de ingresos la *constituiría* la concesión de la

tecnología y el sistema para ser implementado en otros contextos en nuestro país; de esa manera la fuente se origina por el derecho de uso y explotación de la tecnología *PLC*, según nuestros parámetros y *know how*.

7.3.2.6. Recursos clave

- Físicos (Infraestructura-Tecnología)

- Infraestructura eléctrica:

Es la que da sentido al despliegue de toda la tecnología y la razón de ser del modelo de negocio; es el recurso físico de mayor relevancia en el sistema.

- Equipos de recepción y repetición:

Su obtención, instalación y manipulación dan las pautas para el correcto funcionamiento del sistema y su sostenibilidad como herramienta tecnológica.

- *Software* de funcionamiento:

Es el motor del desarrollo de la tecnología, el cual debe considerar las variables del entorno a ser implementado para que promueva adaptabilidad, escalabilidad y fácil funcionamiento.

- Humano (personas)

- Personal para operación, monitoreo y control:

Ingenieros eléctricos, electrónicos y de sistemas que garanticen la puesta en marcha y operación del sistema de manera correcta y eficiente.

Operarios dedicados a la manipulación y estado óptimo del sistema.

Profesionales en administración, finanzas y ventas, quienes custodian el componente administrativo, financiero y gerencial del modelo de negocio en todas sus dimensiones.

- Económicos (capital)

- Financiación: Líneas de crédito.

- Subsidios estatales para operación: Montos acordados según Plan de Desarrollo.
- Regalías y apalancamiento estatal.
- Donaciones locales e internacionales.
- Inversión privada: Fondos privados de inversión en proyectos de tecnología.

7.3.2.7. Actividades clave

- Diagnóstico de estado de la red eléctrica:

Es el inventario requerido que diagnostique el estado de la red y la calidad de transmisión que dicha red podría tener; en este análisis hay que determinar el alcance de los ajustes requeridos en caso de ser necesario y la interacción para realizar las mejoras con el propietario y operador de la red eléctrica; en este caso en particular, es un asunto a validar con Codensa.

- Suministro de equipos y tecnología:

Tener inventario adecuado de cada uno de los componentes requeridos es parte fundamental de las actividades clave; el rol de los aliados estratégicos en temas de suministro adquiere una gran importancia, pues al ser una tecnología nueva en nuestro medio, surge como una nueva oportunidad de negocio para estos suplidores de la necesidad; importante tener presente los niveles de afectación a partir de la inestabilidad cambiaria que hace impredecible los costos de implementación de equipos en el sistema.

- Desarrollo de *software* especializado:

Esta actividad configura las necesidades a la medida que requiere Yacopí como piloto de implementación de la tecnología; es acá donde se debe validar el alcance real de la operatividad del sistema y los niveles de protección y escalabilidad del sistema.

- Plan de implementación y control:

Es el plan de trabajo general que considera todas las actividades relacionadas con la planeación, implementación y puesta en marcha de la tecnología; es la hoja de ruta y determina el alcance de cada una de las fases y los involucrados requeridos.

Este plan articula las diferentes áreas de la compañía promotora de la iniciativa en cada uno de sus frentes que soportan la operación:

- Desarrollo e Implementación:

Responsables de la definición y el alcance de la implementación de la tecnología; gestiona los temas relacionados con infraestructura y puesta en marcha en todas las dimensiones, lidera el tema de relacionamiento con *stakeholders* y soporta estrategias y convenios de entidades vinculadas al desarrollo de la iniciativa.

- Operaciones y logística:

Responsables del funcionamiento pleno del sistema en operación; garantiza la atención a postventas y lidera todo lo relacionado con capacitaciones y tercerización en mantenimiento y preservación.

- Comercial y mercadeo:

Constituye y administra la fuerza de ventas para cumplir indicadores, gestiona los canales de divulgación y promueve la oferta de valor a los segmentos seleccionados como foco.

- Financiero y administrativo:

Garantiza los recursos requeridos para la operación de la compañía, gestiona relacionamiento con los inversores y las entidades de financiamiento.

- Compras y contrataciones:

Gestiona todo lo relacionado con adquisiciones, proveedores y contrataciones.

- Legal:

Asegura los procesos adecuados desde el punto de vista jurídico para la gestión de convenios, normatividad, acuerdos y compromisos comerciales.

- Recursos humanos:

Administración del talento humano, requisiciones de personal y gestión del conocimiento.

7.3.2.8. Asociaciones estratégicas clave

Los principales aliados estratégicos para la empresa son el proveedor de servicios de internet (Azteca Comunicaciones) y el prestador de servicios de energía eléctrica (Codensa), con quienes se definen los acuerdos comerciales para garantizar la disponibilidad y calidad de los servicios con base en las necesidades que demanda la empresa.

Desde el punto de vista de entidades de apoyo, se identifican a los contratistas en mantenimiento de infraestructura *PLC* y a los proveedores de insumos para tecnología *PLC*, como equipos de soporte para la asesoría comercial y capacitación de recurso humano en áreas relacionadas con la implantación e implementación de la tecnología *PLC*. Por otra parte, se identifica como asociados estratégicos clave a MinTic, el Ministerio de Educación, Colciencias, La Gobernación de Cundinamarca, La Alcaldía del municipio Yacopí, ya que ellos adelantan continuamente proyectos de investigación para acceder a fuentes de financiación que promueven la innovación y el desarrollo tecnológico; sin embargo, dentro de las asociaciones clave vale la pena listar todas las entidades que de alguna manera se pueden ver involucradas en el proceso y presentan un nivel de interés estratégico, dado el alcance en el impacto social que estima la implementación de la tecnología *PLC* en Yacopí.

- Presidencia de la República
- MinTic
- Ministerio de Educación
- Ministerio de Hacienda
- DNP
- Colciencias
- Gobernación de Cundinamarca

- Alcaldía Municipio Yacopí
- Empresas prestadoras de servicios públicos
- Codensa
- ONG
- Inversionistas en proyectos de tecnología
- Contratistas en mantenimiento de infraestructura *PLC*
- Proveedores de insumos para tecnología *PLC*
- Empresas prestadoras de servicios de internet

7.3.2.9. Estructura de costos

La estructura de costos asociados a los preliminares, puesta en marcha y operación de la tecnología procura considerar todas las variables requeridas para la implementación y funcionamiento integral del proyecto en Yacopí; esta iniciativa estima 6 meses para preliminares y adecuaciones, y 20 años de operación a partir de estimación de usuarios futuros asociados un nivel de penetración anual simulados para completar la cobertura casi al 100 % de los habitantes.

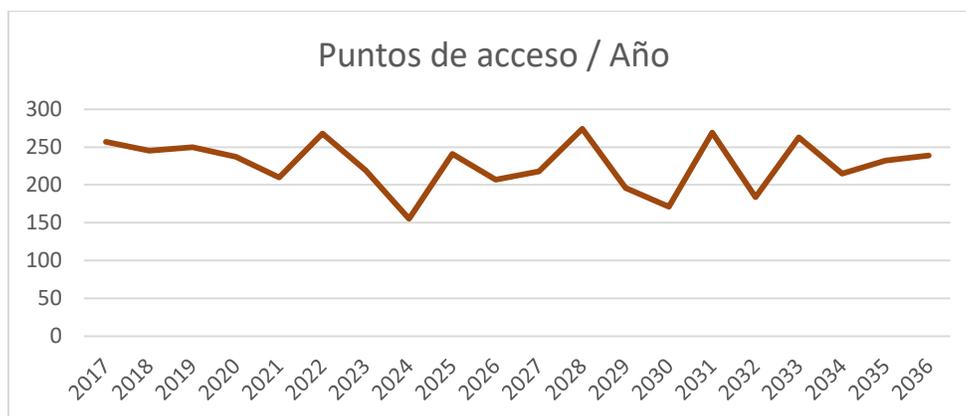
- Costos de implementación del sistema:
 Los costos asociados a la implementación se consolidan en un presupuesto que se calcula a partir de los usuarios estimados tenidos en cuenta en la elaboración del modelo dinámico y las necesidades en infraestructura requerida con base en la penetración y el escalonamiento sucesivo año a año; esta estimación es el resultado de realizar una simulación aleatoria con una tasa de crecimiento que varía entre el 3,8 % y máximo el 6,1 % que considera escenarios conservadores de nuevos hogares interesados en el uso de la tecnología; vale la pena aclarar que cada uno de los nuevos usuarios hace referencia a un nuevo punto de conexión en hogares; con base en la estimación del municipio de Yacopí, donde cada hogar posee en promedio 4 individuos, cada nuevo usuario permitirá que tengan acceso a conocimiento en promedio hasta 4 personas por punto de conexión.

Tabla 33. Proyección de demanda

Año	Time (Year)	Usuarios Totales/Año
0	0	0
1	2017	257
2	2018	245
3	2019	250
4	2020	237
5	2021	210
6	2022	268
7	2023	219
8	2024	155
9	2025	241
10	2026	207
11	2027	218
12	2028	274
13	2029	196
14	2030	171
15	2031	269
16	2032	184
17	2033	263
18	2034	215
19	2035	232
20	2036	239
Total		4550

Fuente: Elaboración propia.

Figura 78. Comportamiento ingreso nuevos usuarios año a año



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 78 nos indica que, según la proyección de crecimiento de usuarios contemplados en el modelo dinámico, tenemos la posibilidad de acceder entre 200 y 250

hogares por año; sin embargo, el esquema de crecimiento escalonado como anticipa el despliegue de la tecnología, nos permite dependiendo de la demanda, anticipar usuarios y atender las necesidades de expansión a la medida de lo requerido. Es de vital importancia partir de un escenario de crecimiento conservador para efectos de una modelación financiera realista acorde con los antecedentes y las determinantes físicas y comerciales del municipio de Yacopí; así las cosas, en la medida que se dé un aumento o disminución de usuarios, los diferentes escenarios de penetración en las sensibilidades del modelo financiero a continuación nos permiten identificar diferentes condiciones de rentabilidad y oportunidad a los posibles inversores.

A continuación, en la Tabla 34, se discriminan las diferentes condicionantes (supuestos generales) que configuran la estructura de costos para la implementación de la tecnología, distribuidos de la siguiente manera:

- Factores económicos: Asume los factores multiplicadores con base en los indicadores económicos en Colombia, así como la estimación de capital de trabajo y la duración estimada de operación del proyecto.
- Salarios: Es la estimación de cantidad de recursos humanos directos requeridos y su respectiva retribución salarial, necesarios para la operación de la compañía responsable de la implementación y operación del proyecto.
- Servicios: Identifica los costos operativos requeridos para la puesta en marcha y la operación del administrador del sistema.
- Activos: Discrimina los activos necesarios para la operación del administrador del sistema.
- Implementación y soporte: Costos asociados al despliegue de la tecnología y la operación y adecuado mantenimiento de la misma.
- Depreciación: Tiempo necesario para la depreciación, dependiendo del activo.
- Inventario: % de la inversión en equipos, previendo inventario y rotación del mismo.

Tabla 34. Supuestos generales

Supuestos generales		Unidad	Costo	Descripción
Economicos	Inflación	5%		Anual
	Tasas de Impuestos	33%		Anual
	Gastos varios	3%		Mensual
	TRM	3.100 COP		Anual
	Porcentaje parafiscales empleados	54%		Anual
	Salario Mínimo 2016	\$ 689.454		Anual
	Imprevistos	4%		Anual
	Seguros	3%		Anual
	Capital de trabajo	10%		Anual
	Duracion Proyecto	20		Años
Salarios	Director	1	\$ 4.136.724	Mensual
	Equipo IT	1	\$ 3.447.270	Mensual
	Operarios	3	\$ 4.136.724	Mensual
	Analista Financiero - Comercial	1	\$ 1.378.908	Mensual
	Secretaria	1	\$ 1.034.181	Mensual
	Factor Incremento De Personal Cada 3 Años	20%		Cada 3 Años
Servicios	Arrendamiento Oficina (M2)	120	\$ 800.000	Mensual
	Arrendamiento Estación Transformadora (M2)	35	\$ 400.000	Mensual
	Licencias de construcción (Obra civil Est. Transforma	5%		CD Obra Civil
	Tendido fibra óptica hasta estación	2000		Metros
	Fee de diseño tendido fibra óptica hasta estación transformadora (obra civil)	50%		CD Obra Civil
	Fee de diseño red PLC (obra civil adecuación hogares	10%		CD Obra Civil
	Energía	1	\$ 150.000	Mensual
	Agua	1	\$ 50.000	Mensual
	Internet	1	\$ 80.000	Mensual
	Telefono	1	\$ 40.000	Mensual
Activos	Camioneta	1	\$ 60.000.000	Unitario
	Motocicleta	2	\$ 6.000.000	Unitario
	Mantenimiento vehículos	5%		Anual
	Herramienta	1	\$ 20.000.000	Unitario
Implementacion y soporte	Tarifa de arrendamiento red eléctrica	1	\$ 10.000	Anual
	Tarifa de arrendamiento canal de internet	1	\$ 35.000	Anual
	Trámites operador eléctrico e Internet	3%		CD Obra Civil
	Viajes	1	\$ 1.500.000	Unitario
	Capacitaciones	1	\$ 500.000	Unitario
	Gastos Legales	1	\$ 2.000.000	Mensual
	Mantenimientos y reparaciones	8%		Acumulado en equipos
	Equipo repetidor "número de usuarios atendidos"	10		Cantidad
	Equipo terminal de onda portadora (número de subestaciones)	3		Cantidad
Depreciación	Equipos técnicos requeridos para la implementación de la tecnología	5		Años
	Vehículos y herramienta	10		Años
	Equipos de control y servidores gestión canal de internet	5		Años
	Equipos de oficina	5		Años
	Factor de venta de equipos	10%		Total
Inventario	% de inversión en equipos	5%		Total

Fuente: Elaboración propia.

La estructura de costos detallada del modelo financiero, tiene una distribución principal en tres grandes capítulos (Tabla 35), cómo son los costos directos, los costos indirectos y los costos de funcionamiento; con base en dicha estructura de costos se realiza el análisis de pérdidas y ganancias, flujo de caja, ingresos, activos, capital de trabajo, pasivos, deuda, impuestos, aportes de socios y su respectiva rentabilidad valorada en TIR con y sin apalancamiento y la estimación del VPN en el tiempo. Los costos se discriminan en millones de pesos COP para efectos de simplificar los datos, pues se calculan durante toda el ciclo de vida sugerido (20 años) para la operación del proyecto.

Tabla 35. Presupuesto general

Presupuesto		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Costos Directos																						
Equipos	Total	1128,1	349,4	333,0	452,6	322,2	285,5	477,1	297,7	210,7	440,4	281,4	296,3	485,3	266,4	232,4	478,5	250,1	357,5	405,1	315,4	324,9
Obra Civil	M2	474,0	171,4	172,0	184,1	183,8	248,9	227,5	197,6	150,7	238,3	314,7	239,1	311,4	238,7	221,0	479,0	260,6	382,3	332,1	374,5	563,6
Imprevistos	4%	64,1	20,8	20,2	25,5	20,2	21,4	28,2	19,8	14,5	27,1	23,8	21,4	31,9	20,2	18,1	38,3	20,4	29,6	29,5	27,6	35,5
Subtotal		1666,2	541,5	525,2	662,2	526,2	555,7	732,8	515,1	375,9	705,8	619,9	556,9	828,5	525,4	471,5	995,8	531,2	769,4	766,7	717,5	924,0
Costos Indirectos																						
Diseños		160,2	13,5	13,5	14,5	14,4	13,4	18,0	15,4	11,5	18,7	16,9	18,6	24,6	18,5	16,9	28,0	20,1	30,1	25,9	29,3	31,7
Permisos		14,5	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,4	1,3	1,1	1,5	1,5	1,6	2,0	1,6	1,6	2,2	1,8	2,4	2,2	2,4	2,6
Subtotal		174,7	14,6	14,6	15,7	15,6	14,5	19,4	16,7	12,5	20,2	18,3	20,2	26,6	20,1	18,5	30,2	21,9	32,6	28,1	31,8	34,3
Costos de Funcionamiento																						
Subtotal		331,5	495,9	552,5	725,8	758,6	935,8	1052,9	1084,8	1148,6	1441,5	1629,2	1583,7	1978,5	2013,5	2124,1	2831,1	2687,1	2853,6	3541,3	3599,0	3802,7
Total		2172,4	1052,0	1092,4	1403,6	1300,4	1506,1	1805,1	1616,6	1537,0	2167,6	2267,5	2160,8	2833,6	2559,0	2614,2	3857,0	3240,1	3655,6	4336,0	4348,2	4761,0

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de costos en el presupuesto general se divide en capítulos que a su vez se distribuyen de la siguiente manera:

- Costos Directos – Equipos técnicos (Tabla 36):

Considera cada uno de los equipos necesarios para el despliegue integral de la tecnología, desde la fuente de origen de señal, hasta cada uno de los puntos de conexión por usuario; adicional a toda la infraestructura en equipos y sistemas requeridos en el centro de control donde se realiza la conversión e ingreso de la señal de internet al tendido eléctrico en la subestación en Yacopí, los datos unitarios y consolidados se presentan en valores en dólares a partir de la disponibilidad en el mercado; sin embargo en el presupuesto consolidado se realiza conversión a COP a partir de la TRM estimada y su respectiva indexación en el tiempo año a año.

Tabla 36. Presupuesto – costos directos equipos técnicos

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Número de Hogares	0	257	245	250	237	210	268	219	155	241	207	218	274	196	171	269	184	263	215	232	239
Equipos técnicos requeridos para la implementación de la tecnología																					
Modem's para los usuarios finales	0	39.835	37.975	38.750	36.735	32.550	41.540	33.945	24.025	37.355	32.085	33.790	42.470	30.380	26.505	41.695	28.520	40.765	33.325	35.960	37.045
Valor unitario	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155
Equipo repetidor	-	11.180	10.658	10.875	10.310	9.135	11.658	9.527	6.743	10.484	9.005	9.483	11.919	8.526	7.439	11.702	8.004	11.441	9.353	10.092	10.397
Valor unitario	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435
Equipo terminal de onda portadora	6.900			690			690			690			690			690			690		
Valor unitario	2.300																				
Acoples inductivos para media tensión	-	61.680	58.800	60.000	56.880	50.400	64.320	52.560	37.200	57.840	49.680	52.320	65.760	47.040	41.040	64.560	44.160	63.120	51.600	55.680	57.360
Valor unitario	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Subtotal	6.900	112.695	107.433	110.315	103.925	92.085	118.208	96.032	67.968	106.369	90.770	95.593	120.839	85.946	74.984	118.647	80.684	115.326	94.968	101.732	104.802
Equipos de control y servidores gestión canal de internet																					
Software de facturación	50.000			5.000			5.000			5.000			5.000			5.000			5.000		
Data Center	162.000			16.200			16.200			16.200			16.200			16.200			16.200		
Software de monitoreo	45.000			4.500			4.500			4.500			4.500			4.500			4.500		
Equipo + software de gestión (trans. de señal)	100.000			10.000			10.000			10.000			10.000			10.000			10.000		
Subtotal	357.000	-	-	35.700	-	-	35.700	-	-	35.700	-	-	35.700	-	-	35.700	-	-	35.700	-	-
Total Equipos (USD)	363.900	112.695	107.433	146.015	103.925	92.085	153.908	96.032	67.968	142.069	90.770	95.593	156.539	85.946	74.984	154.347	80.684	115.326	130.668	101.732	104.802

Fuente: Elaboración propia.

- Costos directos – Obra civil (Tabla 37):

Estima todos los costos asociados a las obras y adecuaciones dentro del tendido eléctrico existente como medio de transmisión de señal, el despliegue necesario de fibra óptica desde el punto cero de recibo de la misma por parte del operador de internet hasta la subestación eléctrica en Yacopí, las adecuaciones necesarias en cada uno de los hogares en donde se vaya a disponer del servicio de tecnología *PLC* y, finalmente, las obras y adecuaciones para los espacios físicos requeridos por parte del administrador y operador del sistema *PLC* ubicado en algún sitio estratégico en la cabecera municipal. Los costos se discriminan en millones de pesos COP para efectos de simplificar los datos, pues se calculan durante toda el ciclo de vida sugerido (20 años) para la operación del proyecto.

Tabla 37. Presupuesto – costos directos obra civil

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Número de hogares	0	257	245	250	237	210	268	219	155	241	207	218	274	196	171	269	184	263	215	232	239
Espacios físicos requeridos (área de montaje)																					
Tendido fibra óptica hasta estación transformadora	300																				
Valor unitario	150 K																				
Estación transformadora	105																				
Valor unitario	3																				
Adecuación red eléctrica (obra civil instalación - equipo repetidor)	0	27,0	27,0	28,9	28,8	26,8	35,9	30,8	22,9	37,4	33,7	37,3	49,2	37,0	33,9	55,9	40,2	60,3	51,7	58,6	63,4
Valor unitario	1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,7
Adecuación red eléctrica (obra civil instalación - equipo terminal de onda)	9	9,5	9,9	10,4	10,9	11,5	12,1	12,7	13,3	14,0	14,7	15,4	16,2	17,0	17,8	18,7	19,6	20,6	21,7	22,7	23,9
Valor unitario	3	3,2	3,3	3,5	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,7	4,9	5,1	5,4	5,7	5,9	6,2	6,5	6,9	7,2	7,6	8,0
Adecuación hogares (obra civil instalación de internet)	0	134,9	135,1	144,7	144,0	134,0	179,6	154,1	114,5	186,9	168,6	186,4	246,0	184,8	169,3	279,6	200,8	301,4	258,7	293,1	317,1
Valor unitario	500 K	525,0 K	551,3 K	578,8 K	607,8 K	638,1 K	670,0 K	703,6 K	738,7 K	775,7 K	814,4 K	855,2 K	897,9 K	942,8 K	990,0 K	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3
Adecuación Oficina	60					76,6					97,7					124,7					159,2
Valor unitario	500 K																				
Total	474,0	171,4	172,0	184,1	183,8	248,9	227,5	197,6	150,7	238,3	314,7	239,1	311,4	238,7	221,0	479,0	260,6	382,3	332,1	374,5	563,6

Fuente: Elaboración propia.

- Costos indirectos – Diseños, permisos y licencias (Tabla 38):

Se calculan con base en el porcentaje de ejecución presupuestado en costos directos; estos corresponden a diseños de ingeniería y arquitectura de los consultores externos que apoyen la etapa de planeación del proyecto, ejecutando planos, detalles constructivos y especificaciones técnicas; adicionalmente y contempla costos asociados a permisos y licencias que autoricen el despliegue de la tecnología con las empresas prestadoras de los servicios y las entidades estatales responsables de las autorizaciones que este tipo de iniciativas requiera; sin embargo, es importante recalcar que estos costos hacen parte de la experiencia profesional del equipo desarrollador de este estudio; no obstante, entendiendo que implementar tecnología PLC no tiene reglamentación en nuestro país, surge el riesgo de incurrir en gastos adicionales de tipo licencias y permisos con base en las restricciones descritas anteriormente. Los costos se discriminan en millones de pesos COP para efectos de simplificar los datos, pues se calculan durante toda el ciclo de vida sugerido (20 años) para la operación del proyecto.

Tabla 38. Presupuesto - costos indirectos

Concepto		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Número de hogares		0	257	245	250	237	210	268	219	155	241	207	218	274	196	171	269	184	263	215	232	239
Diseños - Espacios físicos requeridos																						
Diseños Estación Transformadora	8% Obra Civil	8,4																				
Eléctrico (Red PLC)	20% Obra Civil	1,8																				
Comunicaciones (Red PLC)	50% Obra Civil	150	13,5	13,5	14,5	14,4	13,4	18,0	15,4	11,5	18,7	16,9	18,6	24,6	18,5	16,9	28,0	20,1	30,1	25,9	29,3	31,7
Subtotal		160,2	13,5	13,5	14,5	14,4	13,4	18,0	15,4	11,5	18,7	16,9	18,6	24,6	18,5	16,9	28,0	20,1	30,1	25,9	29,3	31,7
Permisos y licencias																						
Licencias de construcción	5% Obra Civil	5,3																				
Trámites operador eléctrico	3% Ad. eléctrica	270 K	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,4	1,3	1,1	1,5	1,5	1,6	2,0	1,6	1,6	2,2	1,8	2,4	2,2	2,4	2,6
Trámites operador internet	3% Ad. internet	9																				
Subtotal		14,5	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,4	1,3	1,1	1,5	1,5	1,6	2,0	1,6	1,6	2,2	1,8	2,4	2,2	2,4	2,6
Total		174,7	14,6	14,6	15,7	15,6	14,5	19,4	16,7	12,5	20,2	18,3	20,2	26,6	20,1	18,5	30,2	21,9	32,6	28,1	31,8	34,3

Fuente: Elaboración propia.

- Costos de Funcionamiento (Tabla 39):

Discrimina uno a uno los costos estimados de la operación integral del proyecto en su ciclo de vida, gastos de personal, alquileres, equipos, mantenimientos y reparaciones. Los costos se discriminan en millones de pesos COP para efectos de simplificar los datos pues se calculan durante toda el ciclo de vida sugerido (20 años) para la operación del proyecto.

Tabla 39. Presupuesto - costos de funcionamiento

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Gastos de personal																					
Director	38,2	80,3	84,3	106,2	111,5	117,1	147,5	154,9	162,6	204,9	215,2	225,9	284,7	298,9	313,9	395,5	415,2	436,0	549,4	576,8	605,7
Equipo IT	31,9	66,9	70,2	88,5	92,9	97,6	122,9	129,1	135,5	170,8	179,3	188,3	237,2	249,1	261,5	329,6	346,0	363,3	457,8	480,7	504,7
Operarios	38,2	80,3	84,3	106,2	111,5	117,1	147,5	154,9	162,6	204,9	215,2	225,9	284,7	298,9	313,9	395,5	415,2	436,0	549,4	576,8	605,7
Analista Financiero - Comercial	12,7	26,8	28,1	35,4	37,2	39,0	49,2	51,6	54,2	68,3	71,7	75,3	94,9	99,6	104,6	131,8	138,4	145,3	183,1	192,3	201,9
Secretaria	9,6	20,1	21,1	26,5	27,9	29,3	36,9	38,7	40,7	51,2	53,8	56,5	71,2	74,7	78,5	98,9	103,8	109,0	137,3	144,2	151,4
Subtotal	130,6	274,3	288,0	362,8	381,0	400,0	504,0	529,2	555,7	700,2	735,2	771,9	972,7	1021,3	1072,3	1351,2	1418,7	1489,7	1877,0	1970,8	2069,4
Arrendamiento Infraestructura																					
Tarifa de arrendamiento red eléctrica	0,0	2,7	5,5	8,7	12,0	15,3	19,7	23,7	27,2	32,3	37,3	42,9	49,9	56,1	62,3	71,0	78,6	88,6	98,2	108,9	120,7
Tarifa de arrendamiento canal de internet	0,0	9,4	19,4	30,5	42,1	53,6	68,8	83,0	95,2	113,0	130,5	150,1	174,8	196,5	218,1	248,6	275,1	310,0	343,6	381,3	422,5
Subtotal	0,0	12,1	24,9	39,2	54,1	68,9	88,5	106,8	122,4	145,3	167,8	193,0	224,7	252,6	280,5	319,7	353,7	398,5	441,7	490,2	543,3
Arrendamientos																					
Oficina	4,8	10,1	10,6	11,1	11,7	12,3	12,9	13,5	14,2	14,9	15,6	16,4	17,2	18,1	19,0	20,0	21,0	22,0	23,1	24,3	25,5
Estación Transformadora	2,4	5,0	5,3	5,6	5,8	6,1	6,4	6,8	7,1	7,4	7,8	8,2	8,6	9,1	9,5	10,0	10,5	11,0	11,6	12,1	12,7
Subtotal	7,2	15,1	15,9	16,7	17,5	18,4	19,3	20,3	21,3	22,3	23,5	24,6	25,9	27,2	28,5	29,9	31,4	33,0	34,7	36,4	38,2
Gastos Varios																					
Seguros	33,8	10,5	10,0	13,6	9,7	8,6	14,3	8,9	6,3	13,2	8,4	8,9	14,6	8,0	7,0	14,4	7,5	10,7	12,2	9,5	9,7
Servicios Públicos	1,9	3,8	4,0	5,1	5,3	5,6	7,1	7,4	7,8	9,8	10,3	10,8	13,6	14,3	15,0	18,9	19,9	20,9	26,3	27,6	29,0
Gastos Legales	12,0	25,2	26,5	33,3	35,0	36,8	46,3	48,6	51,1	64,3	67,6	70,9	89,4	93,8	98,5	124,2	130,4	136,9	172,5	181,1	190,1
Mantenimientos y Reparaciones		118,2	144,8	181,1	206,8	229,7	267,8	291,6	308,5	343,7	366,2	390,0	428,8	450,1	468,7	507,0	527,0	555,6	588,0	613,2	639,2
Gastos de Viaje	21,0	22,1	23,2	29,2	30,6	32,2	40,5	42,6	44,7	56,3	70,9	74,5	93,8	98,5	103,5	130,4	136,9	143,7	181,1	190,1	199,7
Capacitaciones	7,0	7,4	7,7	9,7	10,2	10,7	13,5	14,2	14,9	18,8	19,7	20,7	26,1	27,4	28,7	36,2	38,0	39,9	50,3	52,8	55,5
Subtotal	75,8	187,1	216,2	271,9	297,7	323,5	389,5	413,4	433,2	506,1	543,2	575,7	666,2	692,1	721,4	831,0	859,6	907,7	1030,3	1074,3	1123,2
Equipos de oficina																					
Computadores	17,5			24,3			33,8			46,9			65,2			90,5			125,8		
Costos de mantenimiento (Software de gestión)	2,5			2,8			3,3			3,8			4,4			5,1			5,9		
Subtotal	20,0	0,0	0,0	27,1	0,0	0,0	37,1	0,0	0,0	50,7	0,0	0,0	69,6	0,0	0,0	95,6	0,0	0,0	131,7	0,0	0,0
Vehículos y herramienta																					
Camioneta	60,0	3,2	3,3	3,5	3,6	7,6	8,0	8,4	8,9	9,3	97,7	10,3	10,8	11,3	11,9	124,7	13,1	13,8	14,4	15,2	15,9
Motocicleta	18,0	945,0 K	992,3 K	1,0	1,1	23,0	2,4	2,5	2,7	2,8	29,3	3,1	3,2	3,4	3,6	37,4	3,9	4,1	4,3	4,5	4,8
Herramienta y dotación	20,0	3,2	3,3	3,5	3,6	25,5	4,0	4,2	4,4	4,7	32,6	5,1	5,4	5,7	5,9	41,6	6,5	6,9	7,2	7,6	8,0
Subtotal	98,0	7,2	7,6	8,0	8,4	125,1	14,5	15,2	16,0	16,8	159,6	18,5	19,4	20,4	21,4	203,7	23,6	24,8	26,0	27,3	28,7
Costos de Funcionamiento	331,5	495,9	552,5	725,8	758,6	935,8	1052,9	1084,8	1148,6	1441,5	1629,2	1583,7	1978,5	2013,5	2124,1	2831,1	2687,1	2853,6	3541,3	3599,0	3802,7
Costos de operación	106,3	300,3	347,2	442,0	489,2	527,9	662,0	713,3	758,4	902,2	944,8	1032,7	1218,0	1288,1	1362,4	1576,0	1683,5	1799,9	2086,6	2209,8	2084,0
Gastos de administración	107,2	195,6	205,4	256,6	269,4	282,9	353,8	371,5	390,1	488,6	524,8	551,1	690,9	725,4	761,7	955,7	1003,5	1053,7	1323,1	1389,2	1458,7
Total	213,6	495,9	552,5	698,6	758,6	810,7	1015,8	1084,8	1148,6	1390,8	1469,6	1583,7	1908,9	2013,5	2124,1	2531,7	2687,1	2853,6	3409,6	3599,0	3542,6

Fuente: Elaboración propia.

7.3.3. Análisis de resultados del modelo financiero

7.3.3.1. Sensibilidades

Para efectos de poder tener diferentes escenarios que permitan contrastar variaciones en la rentabilidad del proyecto y tener herramientas estructuradas para la toma de decisiones para implementar la tecnología *PLC* en el municipio de Yacopí, se presentan a continuación sensibilidades que procuran anticipar desviaciones dentro de los siguientes 4 factores de afectación en la implementación y que demuestran la viabilidad a pesar de tener posibles alteraciones en los indicadores de oportunidad:

- Variación en la cantidad de usuarios.
- Variación en la inflación en Colombia.
- Fluctuaciones en la Tasa Representativa del Mercado (TRM).
- Variación en el porcentaje de capitalización del proyecto por socios.

Dentro del análisis financiero integral del modelo, se encuentran 2 alternativas de destinación de recursos y el impacto en la rentabilidad; entonces, dentro de las sensibilidades se consideran para cada uno de los escenarios la opción de Tasa Interna de Retorno con capitalización de nuevos recursos (desapalancado) necesarios para la operación por parte de socios y la opción de Tasa Interna de Retorno con adquisición de deuda con bancos (apalancado) para atender los recursos necesarios en la operación, previo equilibrio entre ingresos por parte de acumulación de usuarios y gastos requeridos. A continuación los valores absolutos de rentabilidad con base en el modelo financiero de la implementación de la Tecnología *PLC* en Yacopí:

- **TIR desapalancada: 14,6 %**
- **TIR apalancada: 23,9 %**

Cada una de las sensibilidades considera sus diferentes escenarios con un precio base de venta (valor mensual del servicio por usuario) resultado del modelo financiero de \$80.000 COP; este, a su vez, fluctúa cada 5 % y con un total de 15 % para arriba y para abajo con precios estimados a 2017, y que será la base para determinar la fuente de ingresos adecuada según el valor de venta y las iteraciones descritas a continuación.

Tabla 40. TIR desapalancada – variación en cantidad de usuarios

		Precio mensual						
		68.000	72.000	76.000	80.000	84.000	88.000	92.000
Variación en cantidad de usuarios	-15,0%	8,0%	9,0%	10,0%	11,0%	12,0%	13,1%	14,0%
	-10,0%	9,0%	10,1%	11,1%	12,3%	13,3%	14,3%	15,4%
	-5,0%	10,0%	11,1%	12,3%	13,4%	14,5%	15,6%	16,6%
	0,0%	11,0%	12,3%	13,4%	14,6%	15,7%	16,7%	17,9%
	5,0%	12,1%	13,3%	14,5%	15,7%	16,8%	17,9%	19,1%
	10,0%	13,1%	14,3%	15,6%	16,7%	17,9%	19,1%	20,1%
	15,0%	14,0%	15,4%	16,6%	17,9%	19,1%	20,1%	21,2%

Fuente: Elaboración propia.

Asumiendo una base de usuarios estimada en la Tabla 40, se simula una variación de usuarios del 5 % arriba y abajo con un máximo del 15 % de la misma manera, y en el centro la rentabilidad esperada del 14.6 %, pero con una tendencia clara a disminuir rentabilidad de manera proporcional a medida que se restan cantidad de usuarios vs la disminución del valor de venta; sin embargo, es notorio el impacto mayor en disminuir el valor de venta en relación con la disminución de usuarios.

Tabla 41. TIR apalancada – variación en cantidad de usuarios

		Precio mensual						
		68.000	72.000	76.000	80.000	84.000	88.000	92.000
Variación en cantidad de usuarios	-15,0%		-12,0%	8,6%	14,0%	17,3%	20,5%	22,6%
	-10,0%	-12,0%	8,9%	14,4%	18,3%	21,1%	23,2%	25,3%
	-5,0%	8,6%	14,4%	18,5%	21,3%	23,5%	25,7%	27,5%
	0,0%	14,0%	18,3%	21,3%	23,9%	25,9%	27,7%	29,6%
	5,0%	17,8%	21,1%	23,5%	25,9%	27,8%	29,8%	31,6%
	10,0%	20,5%	23,2%	25,7%	27,7%	29,8%	31,7%	33,2%
	15,0%	22,6%	25,3%	27,5%	29,6%	31,6%	33,2%	34,9%

Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de rentabilidad con base en un apalancamiento en bancos con deuda justifica la mejora en la rentabilidad del proyecto, puesto que los socios no deben incurrir en fondos adicionales a la capitalización inicial; en el caso del análisis de TIR apalancada, la variación en la cantidad de usuarios presenta un comportamiento similar al escenario sin apalancamiento; entonces, un proyecto apoyado en deuda y con un incremento en

usuarios del 15 % presente a un incremento de más de 3 % en la TIR general del proyecto desapalancada, y casi 6 % apalancada.

Tabla 42. TIR desapalancada – variación en inflación

		Precio mensual						
		68.000	72.000	76.000	80.000	84.000	88.000	92.000
Inflación	2,0%	7,7%	8,4%	9,3%	10,3%	11,3%	12,3%	13,3%
	3,0%	8,6%	9,6%	10,6%	11,8%	12,8%	13,9%	14,8%
	4,0%	9,8%	10,9%	12,0%	13,2%	14,3%	15,3%	16,4%
	5,0%	11,0%	12,3%	13,4%	14,6%	15,7%	16,7%	17,9%
	6,0%	12,3%	13,6%	14,8%	16,0%	17,1%	18,3%	19,3%
	7,0%	13,8%	15,0%	16,2%	17,4%	18,6%	19,6%	20,8%
	8,0%	15,0%	16,2%	17,6%	18,7%	20,0%	21,0%	22,1%

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de la sensibilidad de variación de inflación, paradójicamente el modelo arroja que, a medida que se incrementa la inflación, la TIR aumenta; esto se debe a que al igual que existen incrementos en los costos del proyecto, los ingresos simultáneamente consideran ese incremento inflacionario; entonces, como los ingresos al proyecto son mayores que los gastos, la rentabilidad del proyecto se vería en aumento, partiendo de la base del aumento en paralelo.

Tabla 43. TIR apalancada – variación en inflación

		Precio mensual						
		68.000	72.000	76.000	80.000	84.000	88.000	92.000
Inflación	2,0%		-2,2%	9,7%	14,7%	18,4%	20,9%	23,2%
	3,0%	-4,4%	9,3%	14,7%	18,7%	21,1%	23,5%	25,4%
	4,0%	8,7%	14,5%	18,5%	21,3%	23,8%	25,7%	27,8%
	5,0%	14,0%	18,3%	21,3%	23,9%	25,9%	27,7%	29,6%
	6,0%	17,4%	21,2%	23,6%	26,0%	27,9%	29,9%	31,5%
	7,0%	20,9%	23,5%	26,0%	27,9%	30,0%	31,6%	33,4%
	8,0%	23,1%	25,5%	27,9%	29,8%	31,7%	33,4%	35,0%

Fuente: Elaboración propia.

Este indicador puede verse distorsionado, pues generalmente los costos, al verse aumentados por cuenta de efectos de inflación, no necesariamente generaran aumento

en los ingresos de manera proporcional; entonces es posible detallar un modelo financiero específico para este factor, y así poder estimar las sensibilidades de inflación con un mayor nivel de detalle, donde seguramente la rentabilidad puede verse sustancialmente afectada dentro de la realidad de economías de alta devaluación e inflación.

Tabla 44. TIR desapalancada – variación en TRM

		Precio mensual						
		68.000	72.000	76.000	80.000	84.000	92.000	92.000
Tasa de cambio	3.565	10,1%	11,1%	12,2%	13,4%	14,4%	16,5%	16,5%
	3.410	10,4%	11,5%	12,7%	13,8%	14,8%	16,9%	16,9%
	3.255	10,6%	11,8%	13,1%	14,1%	15,3%	17,4%	17,4%
	3.100	11,0%	12,3%	13,4%	14,6%	15,7%	17,9%	17,9%
	2.945	11,3%	12,7%	13,8%	15,0%	16,1%	18,3%	18,3%
	2.790	11,8%	13,1%	14,3%	15,5%	16,7%	18,9%	18,9%
	2.635	12,3%	13,5%	14,8%	15,9%	17,2%	19,4%	19,4%

Fuente: Elaboración propia.

La fluctuación de la TRM considera escenarios de variación del dólar del 5 % arriba y abajo con un máximo del 15 % de la misma manera, donde claramente, al tener una fuente importante de equipos y suministros dolarizados, cualquier disminución de valor en la divisa ayuda de manera importante a la mejora en la rentabilidad; a su vez, en caso de estar en condiciones de un dólar mayor a \$3100 COP, se puede presentar una disminución importante en los números del proyecto, y surgen opciones como compra anticipada de inventarios, con implicaciones de desembolsos mayores en equipos, esfuerzos en logística y gestión de los productos y el riesgo en tener equipos con tecnologías obsoletas en el mediano plazo; otra alternativa de protección frente a las variaciones negativas del dólar, es acceder a coberturas cambiarias que garanticen durante cierto tiempo determinado y en el cálculo de montos de equipos establecidos, el valor de compra similar al presupuestado; si bien esta opción tiene unos costos administrativos y honorarios de operación, garantizan los estimados de rentabilidad desde los suministros y minimizan el riesgo asociado a este factor.

Tabla 45. TIR apalancada – variación en TRM

		Precio mensual						
		68.000	72.000	76.000	80.000	84.000	88.000	92.000
Tasa de cambio	3.565	4,9%	12,3%	16,7%	20,2%	22,5%	24,7%	26,5%
	3.410	8,9%	14,7%	18,6%	21,4%	23,5%	25,7%	27,5%
	3.255	11,3%	16,3%	20,1%	22,5%	24,8%	26,7%	28,7%
	3.100	14,0%	18,3%	21,3%	23,9%	25,9%	27,7%	29,6%
	2.945	15,8%	20,0%	22,5%	25,0%	26,9%	29,0%	30,7%
	2.790	18,0%	21,3%	24,0%	26,1%	28,4%	30,1%	31,9%
	2.635	19,8%	22,6%	25,2%	27,2%	29,4%	31,4%	33,0%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46. TIR desapalancada – variación en capitalización

		Precio mensual						
		68.000	72.000	76.000	80.000	84.000	88.000	92.000
Capitalización	2.894.062.500	10,8%	12,1%	13,3%	14,5%	15,5%	16,7%	17,7%
	2.756.250.000	10,9%	12,1%	13,3%	14,5%	15,6%	16,8%	17,8%
	2.625.000.000	10,9%	12,2%	13,4%	14,6%	15,6%	16,7%	17,8%
	2.500.000.000	11,0%	12,3%	13,4%	14,6%	15,7%	16,7%	17,9%
	2.375.000.000	11,1%	12,3%	13,5%	14,6%	15,7%	16,8%	17,9%
	2.250.000.000	11,1%	12,3%	13,6%	14,6%	15,8%	16,8%	18,0%
	2.125.000.000	11,2%	12,4%	13,7%	14,7%	15,9%	16,9%	18,0%

Fuente: Elaboración propia.

Para efectos de presentar la viabilidad del negocio a inversionistas, esta sensibilidad es estratégica entendiendo que simula de manera precisa la rentabilidad esperada a partir de las variaciones de los aportes iniciales y los requeridos durante la operación (con o sin apalancamiento); así las cosas, la diferencia de rentabilidad es relativamente similar con una variación casi de 400 millones de pesos, situación positiva en caso de requerir inversionistas con un interés de rentabilidad cercano al 15 % pero con la disponibilidad de recursos en casi el 80 % de la capitalización estimada en el modelo financiero.

Tabla 47. TIR apalancada – variación en capitalización

	Precio mensual						
	68.000	72.000	76.000	80.000	84.000	88.000	92.000
2.894.062.500	16,5%	20,3%	23,0%	25,5%	27,4%	29,5%	31,1%
2.756.250.000	15,6%	19,6%	22,4%	24,9%	26,8%	28,9%	30,6%
2.625.000.000	14,8%	19,0%	21,9%	24,4%	26,4%	28,2%	30,1%
Capitalización 2.500.000.000	14,0%	18,3%	21,3%	23,9%	25,9%	27,7%	29,6%
2.375.000.000	13,1%	17,6%	20,8%	23,1%	25,4%	27,3%	29,2%
2.250.000.000	11,6%	16,5%	20,3%	22,7%	25,0%	26,9%	28,8%
2.125.000.000	10,6%	16,1%	20,0%	22,5%	24,9%	26,8%	28,8%

Fuente: Elaboración propia.

Como se demuestra en la Tabla 47, es mucho más rentable para el proyecto la consecución de recursos para operación desde bancos; entonces se ratifica la condición conocida en proyectos de inversión que uno de los medios más eficientes para mejorar de manera sustancial la rentabilidad es buscar el mayor apalancamiento posible y disminuir los aportes de *equity* de los inversionistas; de esta manera el proyecto cubre los gastos financieros y de operación requeridos posterior a la capitalización inicial; así las cosas, el desafío para el promotor del proyecto será conseguir interés de los bancos en facilitar los créditos para proyectos de tecnología con compromiso social y de impacto en las comunidades.

8. Conclusiones

Con base en el diagrama conceptual que describe la metodología de solución del problema, se muestran los tres pilares fundamentales que justifican el alcance y la ejecución de este estudio y su posible desarrollo; de igual manera la viabilidad argumentada de manera estructurada y metodológica de cada uno de estos pilares y la interacción y correlación de los mismos, ratifica la condición de ser un proyecto que sustenta la posibilidad real de su implementación y réplica a diferentes escalas en nuestro país, compartiendo un precedente sustentado en donde la mezcla entre impacto social y el uso de las tecnologías en servicio de los más necesitados, a su vez pueden ser fuentes significativas de ingresos y sostenibilidad en el tiempo.

El uso de herramientas gerenciales de análisis y toma de decisiones, sumado a una iniciativa creativa en servicio de la gente, configuran una metodología de construcción de conocimiento y oportunidad de crecimiento económico, con nuevas fuentes de desarrollo y construcción de sociedad.

A continuación, se presentan los determinantes a resaltar para cada uno de los pilares trabajados:

- Entorno social. Nivel de impacto social en la comunidad, con base en la simulación.

Se logra con base en los accesos al conocimiento enfocado a los sectores económicos principales de Yacopí; así mismo logra representar el conocimiento como impacto en el PIB interno, generando un aumento de la calidad de vida. Es importante resaltar que los resultados obtenidos por el sistema dinámico, los cuales son base para otros modelos realizados dentro de este trabajo, son estimaciones con base en datos reales que se obtuvieron por medio de encuestas e históricos.

- Entorno tecnológico. Viabilidad en la implementación de la tecnología.

Dentro de los criterios de selección de la mejor tecnología descritos en la Tabla 32, el porcentaje de favorabilidad del uso de la tecnología *PLC* (29,64 %) está dentro de los indicadores estratégicos más altos en conjunto con tecnología Microondas (30,29 %); esto, sumado a la facilidad de despliegue al apoyarse en la infraestructura eléctrica existente y de gran cobertura en Yacopí, da los suficientes argumentos para su viabilidad y conveniencia.

Dentro de la investigación y Estado del arte para el uso de la tecnología *PLC*, cada vez es más frecuente la implementación de la misma en otros contextos; adicionalmente, el impulso e interés de grandes multinacionales de comunicaciones y tecnologías en utilizar este sistema de transmisión de datos, garantiza que con el paso del tiempo los insumos y desarrollos para la implementación serán de fácil adquisición y precios competitivos.

- Entorno económico. Conclusiones resultado de la generación de modelo de negocio por medio de metodología Canvas.

El precio de venta base es de \$80.000 COP por usuario/mes, valor promedio definido para efectos de la prestación del servicio por usuario y que sirve de base para determinar qué porcentaje de este valor pueda ser asumido como parte de un plan de subsidios desde la administración municipal, departamental y nacional, o como parte de los aportes que puedan facilitar ONG interesadas en apoyar comunidades menos favorecidas y que requieran acceso al conocimiento en línea.

Duración del Proyecto: 6 meses de implementación – 20 años de operación.

Inversión estimada por inversionistas: \$2.500´000.000 COP

Rentabilidad esperada con TIR desapalancada: 14.6 %

Rentabilidad esperada con TIR apalancada: 23,9 %

Sinergias de los pilares

Con los resultados obtenidos en el modelo matemático diseñado para simular el impacto social que tendría la comunidad del municipio de Yacopí al contar con conexión a Internet los cuales reflejaron un crecimiento del PIB interno del municipio en un 15 %, junto con la verificación especializada lograda en la evaluación desarrollada con AHP que permitió catalogar *PLC* como solución tecnología para realizar conectividad de última milla y con los diferentes escenarios económicos elaborados a partir del modelo financiero construido, los cuales permiten conocer la rentabilidad del proyecto al modificar variables socioeconómicas, se determina que la implementación de una red de internet con tecnología *PLC* es viable desde el punto de vista socioeconómico, tecnológico y financiero, dados los siguientes factores.

Se logró probar el funcionamiento, desempeño, estabilidad y comportamiento de la tecnología *PLC* en una de las zonas rurales más lejanas de la capital colombiana, lo cual permitió, además de la transferencia de datos, la navegación en internet con velocidades de navegación comparables con las ofrecidas por los proveedores de servicio de internet del país (5Mbps). Con el resultado de las pruebas realizadas se corrobora que el tendido eléctrico que posee cada una de las veredas que hacen parte del municipio soporta la transferencia de datos por medio de la red eléctrica; estos resultados permiten establecer que cualquier municipio con sectores rurales que cuenten con una red eléctrica con las características de la red eléctrica del municipio de Yacopí o, que por su ubicación geográfica no cuentan con servicios de teléfono, fibra óptica, pueden pensar en *PLC* como una nueva tecnología de acceso a internet.

9. Recomendaciones

PLC como tecnología puede permitir lograr el objetivo del Plan Vive Digital debido a que el país cuenta con un cubrimiento eléctrico del territorio nacional de más del 90 %; por esta razón se aconseja profundizar con estudios y mediciones más detalladas el comportamiento de todos los componentes que conforman una red *PLC* y que no se incluyeron en la elaboración de esta investigación académica.

Se sugiere a la Universidad de La Sabana seguir adelante con la exploración de la tecnología *PLC* a través de los trabajos investigativos que proponen las facultades de la Universidad a sus estudiantes.

Se propone establecer contacto con COLCIENCIAS, MINTIC y La Gobernación de Cundinamarca, para dar a conocer los resultados del estudio realizado respecto a la posibilidad que ofrece *PLC* como alternativa de conectividad de última milla, las bondades sociales y económicas que obtendrían las comunidades al lograr acceder a internet y el modelo financiero que muestra la rentabilidad del proyecto bajo los diferentes escenarios económicos evaluados para buscar llevar a cabo la adopción e implementación de la tecnología *PLC*.

Desde otro punto de vista, el modelo dinámico puede crecer e incluir nuevas consideraciones o condiciones para realizar estimaciones del comportamiento de la sociedad en el proceso de adquisición al conocimiento, y de la misma forma es replicable a otras sociedades, al realizar un ajuste en los datos que alimentan el modelo matemático.

10. Contribuciones al conocimiento

Se considera una contribución al conocimiento la integración de modelos de decisión como el AHP con técnicas de representación como la Dinámica de Sistemas aunadas a las propuestas metodológicas de los Planes de Negocio, para mejorar la formulación y evaluación de alternativas de proyectos donde no solo la Ingeniería es importante si no su impacto social.

Cómo Colombianos, nuestro compromiso de construcción de país sugiere facilitar estrategias y alternativas que mejoren el diario vivir de las personas en particular las que más lo necesitan, entonces se pone sobre la mesa una nueva alternativa tecnológica para que aquellas comunidades que, debido a su ubicación geográfica no pueden tener acceso a los servicios de información, educación, conocimiento y entretenimiento que ofrece internet, puedan lograrlo. Con la implementación de la tecnología PLC se tiene la oportunidad de cambiar vertiginosamente el modo de tener acceso a la gran cantidad de servicios de información, contenido y conocimiento que se encuentra disponible, generando así un impacto significativo en las comunidades.

Este documento considera aspectos relevantes en el contexto de la gerencia de ingeniería, dentro de una formulación estratégica que identifica variables y sustenta la toma de decisiones con base en metodologías estructuradas que permiten ejecutar una estrategia basada en la tecnología, los llamados pilares; considerando diferentes técnicas que viabilizan la implementación de la tecnología PLC en un contexto específico local, teniendo en cuenta factores de operación y comercialización del sistema que permiten garantizar su permanencia en el tiempo y generar valor, esta combinación de elementos sustentan la aplicación de herramientas departadas en el programa de Maestría cursado.

11. Bibliografía

Acuña, G., Gutiérrez, G. (2016). Análisis del modelo de negocio de una nueva Mipyme del sector de fabricación de estructuras metálicas mediante dinámica de sistemas.

Agencia Nacional del Espectro (ANE). (2015). Recuperado de

http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Plan_Estrategico/plan_estratgico_2015-2018_v1.pdf

Alcaldía de Yacopí - Cundinamarca. (21 de mayo de 2014). Sitio web. Recuperado de

<http://www.Yacopí-cundinamarca.gov.co/>

Arbona, J. (2016). Qué es internet por satélite y cuánto cuesta. Recuperado de

<https://www.comparaiso.es/internet/satelite>

Banco Mundial. (2015). Usuarios de Internet (por cada 100 personas). Recuperado de

http://www.mintic.gov.co/images/MS_VIVE_DIGITAL/archivos/Vivo_Vive_Digital.pdf.

Banco Mundial. (2016). *Colombia: panorama general*. Recuperado de

<http://www.bancomundial.org/es/country/colombia/overview#1>

Bicheno, S. (2010). Optical solution. Recuperado de

<http://hexus.net/business/features/telcos/24742-can-free-space-optics-solve-backhaul-crunch/>

Boletín Trimestral de las TIC. (2016). Anexo: Ranking de penetración a departamentos y municipios. Bogotá D.C. Recuperado de

http://colombiatic.mintic.gov.co/602/articles-15639_archivo_pdf.pdf

Broadband for America. (2016). Sitio web. Recuperado de

<http://www.broadbandforamerica.com/es/%C2%BFqu%C3%A9-es-banda-ancha>

Bumiller, G., Lampe, L., & Hrasnica, H. (2010). Power line communication networks for large-scale control and automation systems. *IEEE Communications Magazine*, 48(4), 106-113.

Bush, J., & Dawson, R. (2013). Internet brings historic shift in learning. Recuperado de

<http://www.miamiherald.com/2013/06/25/3470108/internet-brings-historic-shift.html#storylink=cpy>

- Camacho, L. (2013). El impacto económico de internet. Recuperado de [http://beta.larepublica.com.co/el-impacto-econ %C3 %B3mico-de-internet_30864](http://beta.larepublica.com.co/el-impacto-econ%C3%B3mico-de-internet_30864)
- Cardoso, J. (2010). *C@Mbio. BBVA CAMBIO*, 1, 24. Recuperado de [https://www.bbvaopenmind.com/wp-content/uploads/2014/04/BBVA-OpenMind-libro-Cambio-19-ensayos-fundamentales-sobre-cómo-internet-está-cambiando-nuestras-vidas-Tecnología-Interent-Innovación.pdf %0A %0A](https://www.bbvaopenmind.com/wp-content/uploads/2014/04/BBVA-OpenMind-libro-Cambio-19-ensayos-fundamentales-sobre-cómo-internet-está-cambiando-nuestras-vidas-Tecnología-Interent-Innovación.pdf)
- Castells, M. (2013). El impacto de Internet en la sociedad: una perspectiva global. Los Ángeles: University of Southern California.
- Castells, M. (s. f.). Lecciones de la historia de internet. *UOC*. Recuperado de <http://www.uoc.edu/web/cat/articles/castells/castellsmain3.html>
- Chedid, M., & Leisner, P. (2010). Low Power High Bandwidth Power-Line Communication Network for Wearable Applications. *IEEE Communications Magazine*, 64
- Chong Escobar, A., Menéndez Sánchez, J., & Estrada, R. (2006). Diseño e implementación de la última milla del servicio de internet usando las redes eléctricas de media y baja tensión de un sector de la ciudad de Guayaquil usando la tecnología Power Line Communications (PLC). Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/580>
- COLCIENCIAS. (2015). Convocatoria Vive Digital Regional. Anexo No. 1-Antecedentes. Recuperado de Obtenido de http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/Anexo1_2.pdf
- Colombiadigital.net. (2014). Plan Vive Digital 2014-2018: Reflexiones. Recuperado de <https://colombiadigital.net/actualidad/articulos-informativos/item/7769-plan-vive-digital-2014-2018.htm>
- Comparaiso. (2016). Comparaiso. Recuperado de <https://www.comparaiso.es/internet/satelite>
- Comunikt. (3 de Julio de 2008). *¿Qué es la conectividad?* Recuperado de <http://comunikt08.blogspot.com.co/2008/07/que-es-la-conectividad.html>
- Córdova, F. (2012). *Tecnologías de acceso*. Recuperado de [http://www.imaginar.org/iicd/tus_ archivos/ TUS6/2_tecnologia.pdf](http://www.imaginar.org/iicd/tus_archivos/TUS6/2_tecnologia.pdf)
- DANE. (2010). Censo general 2005 Yacopí.

- Dinámica de Sistemas. (s.f.). Sitio web. Recuperado de <http://www.dinamica-de-sistemas.com/>
- Domínguez Valente, C., López Octaviano, M. A., Martínez Martínez, G., Reyes Martínez, B., & Vázquez Hernández, M. (Abril de 2008). *Simulación digital*. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/simulacion-digital/simulacion-digital.pdf>
- El Tiempo*. (2013). Historia de Internet. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/Multimedia/infografia/histointernet/>
- El Tiempo*. (2015). Así será el Plan Vive Digital 2 para el 2018 - Novedades tecnología. Recuperado de ELTIEMPO.COM.
- El Tiempo*. (8 de Marzo de 1999). La página de la red Caldas se inaugura con foro. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-854280>
- Fedesarrollo. (2011). *Impacto de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en el desarrollo y la competitividad del país*. Recuperado de [http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/Impacto-de-las-Tecnolog %C3 %ADas-de-la-Informaci %C3 %B3n-y-las-Comunicaciones-TIC-Informe-Final-Andesco.pdf](http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/Impacto-de-las-Tecnolog%C3%ADas-de-la-Informaci%C3%B3n-y-las-Comunicaciones-TIC-Informe-Final-Andesco.pdf)
- García Méndez, A., & Guzmán Brito, J. R. (2013). Simulación del desarrollo urbano de la ciudad de Cartagena, como estrategia para el apoyo de políticas públicas. Recuperado de <http://190.242.62.234:8080/jspui/handle/11227/1390>
- García, J. (2010). Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas. Barcelona: Autor.
- Gartner IT Glossary. (2016). Multichannel multipoint distribution service. Recuperado de <http://www.gartner.com/it-glossary/mmds-multichannel-multipoint-distribution-service/>
- Gasiea, Y., Emsley, M., & Mikhailov, L. (2010). Paper. *Journal of Telecommunications and Information Technology*.
- González, B., Maestre, J. (2016) Modelo socioeconómico y ambiental eficiente para el reciclaje de residuos de construcción de la ciudad de Bogotá.

- Guy, P. (2014). PC and Laptop, Home Page. Recuperado de <http://www.philguy.co.uk/wi-fi,-small-networks-and-printers.html>
- Hamel, G. (2000). *Liderando la revolución*. Bogotá: Editorial Norma.
- Hernández, M. A. (26 de febrero de 2015). *¿Cuál debe ser la banda ancha mínima en Colombia?* Recuperado de www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/cual-es-la-velocidad-de-la-banda-ancha-en-colombia/15308078
- Hilbert, M., & Lopez, P. (2011). The world's technological capacity to store, communicate, and compute information. *Science* 332(3025), 60-65.
- INSPT. (2004). Powerline Communications (PLC). Recuperado de <http://www.inspt.utn.edu.ar/academica/carreras/60/bajar/Sistemas.II/Powerline.Communications.pdf>
- Internet World Stats (IWS). (2016). Sitio web. Recuperado de <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>
- iWinds. (s. f.). *Última milla*. Recuperado de <http://www.iwinds.com.ar/ultima-milla/>
- Jiménez, L. (2005). MODULACION_OFDM.pdf.
- Kaplan, R., & Norton, D. (1992). The balanced scorecard. *Harvard Business Review*. Recuperado de <https://hbr.org/1992/01/the-balanced-scorecard-measures-that-drive-performance-2>.
- Kioskea, 2012
- Lagardal, E. (15 de enero de 2015). *Introducción a la dinámica de sistemas*. Recuperado de <http://myslide.es/documents/introduccion-a-la-dinamica-de-sistemas-mi-ernesto-a-lagarda-l-jay-forrester.html>
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2008). *Sistemas de información gerencial*. Recuperado de <http://www.eumed.net/ce/2009b/mac2.htm>
- Leiner, B., Cerf, V., Clark, D., Kahn, R., Kleinrock, L., Lynch, D., Postel, J, Roberts, L., & Wolff, S. (2016). Breve historia de internet. *Internet Society*. Recuperado de <http://www.internetsociety.org/es/breve-historia-de-internet>
- Lu, T. (2011). *Historia de internet en el mundo y su llegada a Colombia* [blog]. Recuperado de <http://tanialu.co/2010/01/12/historia-de-internet-en-el-mundo-y-su-llegada-a-colombia/#sthash.mtPu5NKx.dpbs>

MinEducacion. (2015). Una llave maestra. Las TIC en el aula. *Altablero*. Recuperado de <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87408.html>

Minian, J. (14 de abril de 1999). *Aplicaciones del uso de la informática y las nuevas tecnologías de la información y comunicación en el ámbito educativo*. Recuperado de http://www.quadernsdigitals.net/datos/hemeroteca/r_1/nr_8/a_80/80.html

Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España. (2016). *Banda ancha*. Recuperado de <http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/banda-ancha/Paginas/Index.aspx>

Ministerio de Minas y Energía. (2011). *Energía Eléctrica*, 147-190.

MINTIC. (2011). Documento Plan Vive Digital versión 1.0. Recuperado de http://www.mintic.gov.co/images/MS_VIVE_DIGITAL/archivos/Vivo_Vive_Digital.pdf

MINTIC. (2012a). *Vive Digital*. Recuperado de <http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-propertyvalue-6106.html>

MINTIC. (2012b). *Vive Digital*. Recuperado de <http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-1513.html>

MINTIC. (2013). Inicio - Colombia TIC. Recuperado de <http://colombiatic.mintic.gov.co/602/w3-article-616.html>

MINTIC. (2014d). El Plan Vive Digital. Recuperado de <http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-propertyvalue-6106.html>

MINTIC. (2014e). Objetivos y Aspiraciones del Plan Vive Digital. Recuperado de <http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-1511.html>

MINTIC. (2014a). Plan Vive Digital 2014-2018. Recuperado de <http://micrositios.mintic.gov.co/vivedigital/2014-2018/index.php>

MINTIC. (2014b). Vive Digital 2014-2018. Recuperado de http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-5193_recurso_2.pdf

MINTIC. (2014c). 8 de cada 10 colombianos están usando internet. Recuperado de <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-1629.html>

MINTIC. (2015). Boletín Trimestral de las TIC en Colombia 2015. *Boletín Trimestral de las TIC*, 1, 45. Recuperado de http://colombiatic.mintic.gov.co/602/articles-11128_archivo_pdf.pdf

- Morecroft, J. (2007). *Strategic modelling and business dynamics: A feedback systems approach*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- NC State University. (2011). Multi-criteria decisión analysis. *Natural Resources Leadership Institute*. Recuperado de <https://www.ncsu.edu/nrli/decision-making/MCDA.php>
- Norma, L., & Carosio, L. (2003). Virtual Educa 2003. Área temática general: Punto 4 La formación virtual y la capacitación al desarrollo, telecentros comunitarios, conectividad rural etc., 1-14.
- Osorio, O., & Castiblanco, C. (2015). Telematica-unipanamericana [sitio web]. Recuperado de <http://telematicaoscarcamilo.blogspot.com.co/>
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Generación de modelos de negocio*. Barcelona: Grupo Planeta.
- Palacios Preciado, M. (2011). *Modelos de negocio: Propuesta de un marco conceptual para centros de productividad* (Tesis de maestría, Universidad Nacional, Bogotá, Colombia). Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/5152/>
- Pérez, J., & Gardey, A. (2010). *Definición de toma de decisiones*. Recuperado de <http://definicion.de/toma-de-decisiones/>
- Philipps, H. (1999). *Modelling of powerline communication channels*. Recuperado de http://www.isPLC.org/docsearch/Proceedings/1999/pdf/0568_001.pdf
- Project, T. W. I. (2012). World Internet Project International Report.
- Pujante, J. J., Martínez, D., Gómez, A., & Marín, I. (2005). Distributed Processing & Network Management Laboratory. Recuperado de http://dpe.postech.ac.kr/research/06/PLC_project/papers/PLC_QoS_management_and_integration_for_IPv6_applications_and_services.pdf
- Rainie y Wellman, 2012
- Salcedo Gómez, F. (12 de mayo de 2002). Historia de internet en América Latina y el Caribe. Recuperado de: <https://interred.wordpress.com/2002/05/12/colombia-historia-de-la-conexion-de-uniandes-a-internet-2/>
- Schniederjans, M., Hamaker, J., & Schniederjans, A. (2010). *Information technology investment decision-making methodology*. Singapur: World Scientific Publishing.

- Serna, V. H. (2015). Comunicaciones a través de la red *PLC*. Recuperado de http://www.redeweb.com/_txt/676/62.pdf
- Shannon, R. (2012). *Simulación de sistemas: diseño, desarrollo e implantación*. México: Editorial Trillas S.A. Sigalés, C., Mominó, J. M., Meneses, J., & Badia, A. (2008). La integración de internet en la educación escolar española: situación actual y perspectivas de futuro. Informe de investigación. Recuperado de <https://doi.org/10.1017/S0250569X00017817>
- Selwyn, N. (2015). *Estrategias para dinamizar la educación hoy*. Recuperado de <http://mariepoussepinpanama.blogspot.com.co/>
- Simón, J., Faure, J. P., & Martínez, R. (2009). *White Paper: Comparison of Access Technologies-OPERA*. IST Integrated Project No. 026920.
- Sistema de Información Eléctrico Colombiano. (2016). Recuperado de <http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturadelSistemaInterconectadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx>
- Sun, H., Nallanathan, A., & Jiang, J. (2012). Improving the energy efficiency of power line communications by spectrum sensing. Proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics. Recuperado de <https://doi.org/10.1145/2345396.2345520>
- Sutterlin, P., & Downey, W. (1999). *A power line communication tutorial-challenges and technologies*. International Symposium on Power-Line Communications and Its Applications.
- Tamayo, C., Delgado, J. D., & Penagos, J. E. (Enero de 2009). Génesis del campo del internet en Colombia: elaboración estatal de las relaciones informales. Recuperado de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/signoypensamiento/article/download/3735/3394>
- Tan, B., & Tompson, J. (2012). Powerline Communications Channel Modelling Methodology Based on Statistical Features. Recuperado de <https://arxiv.org/pdf/1203.3879.pdf>

- Velazco, J. J. (12 de abril de 2015). El Diario. Obtenido de Diario Turing:
http://www.eldiario.es/turing/John-Neumann-revolucionando-computacion-Manhattan_0_380412943.html
- Viché González, M. (1993). quadernsanimacio.net. Recuperado de
[http://quadernsanimacio.net/marioviche/Los %20entornos %20educativos.pdf](http://quadernsanimacio.net/marioviche/Los_%20entornos_%20educativos.pdf)
- Viché González, M. (2007). quadernsanimacio.net. Obtenido de
<http://quadernsanimacio.net/marioviche/indidemo.pdf>
- Viché González, M. (1991). Los espacios para la educación sociocultural. Mario Viché González, 1-12.
- Villalva Franco, A. (2012). Propuesta de la prestación de servicios de banda ancha mediante el empleo conjunto de tecnologías CATV Y PLC (Tesis de maestría, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador). Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/253>
- Villatoro, F. (31 de mayo de 2008). *Metrópolis y los métodos de Montecarlo (o la manía de usar Maniac para algo útil)* [blog Naukas]. Recuperado de <http://francis.naukas.com/2008/05/31/metropolis-y-los-metodos-de-montecarlo-o-la-mania-de-usar-maniac-para-algo-util/>
- Wikipedia. (10 de Julio de 2016b). *Hybrid fibre-coaxial*. Recuperado de https://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_fibre-coaxial
- Wikipedia. (11 de Julio de 2016a). *Línea de abonado digital*. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/L %C3 %ADnea_de_abonado_digital](https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_de_abonado_digital)
- Wikipedia. (13 de Octubre de 2016h). WiMAX. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/WiMAX>
- Wikipedia. (21 de Octubre de 2016g). *Wifi*. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Wifi>
- Wikipedia. (3 de Abril de 2016f). *LMDS*. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/LMDS>
- Wikipedia. (31 de Octubre de 2015). *Comunicación óptica por el espacio libre*. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Comunicaci %C3 %B3n_ %C3 %B3ptica_por_el_espacio_libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Comunicaci%C3%B3n_%C3%B3ptica_por_el_espacio_libre)

- Wikipedia. (6 de Junio de 2016c). *Power Line Communications*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Power_Line_Communications
- Wikipedia. (8 de Octubre de 2016e). *Radiocomunicación por microondas*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Radiocomunicaci%C3%B3n_por_microondas
- Wikipedia. (8 de Septiembre de 2016d). *Fibra hasta la casa*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_hasta_la_casa
- Wikispaces. (Noviembre de 2010). *Dinamicadesistemas*. Recuperado de <https://dinamica-de-sistemas.wikispaces.com/%C2%BFQu%C3%A9+es+la+din%C3%A1mica+de+sistemas%3F>
- Yacopí, Cundinamarca. (2015). Sitio web. Recuperado de <http://www.Yacopí-cundinamarca.gov.co/index.shtml#8>
- Zaw, N. L., Kyaw, H. A., & Ye, K. Z. (2013). Power line cable transfer function for the broadband power line communication channel. *Universal Journal of Control and Automation*, 1(4), 103-110.