



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

PROYECTO CAPSTONE: DESARROLLO DE UN MODELO DE NEGOCIO
PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE REDES MÓVILES PRIVADAS
INALÁMBRICAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA
MANUFACTURA DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA

PROFESOR

Ing. Carlos Enrique Poma Cargua

AUTOR

Ing. John Alexander Madrigal Ramos

AÑO

2023

RESUMEN

La industria de manufactura en Ecuador enfrenta varios desafíos, incluida la comunicación ineficiente y poco confiable de los dispositivos IoT. Para abordar este problema, se ha propuesto la implementación de redes inalámbricas. Wi-Fi 6 es una solución prometedora debido a sus mejoras significativas en velocidad y seguridad. Sin embargo, las redes móviles 4G y 5G son preferibles para casos que requieren una mayor cobertura y movilidad, especialmente en industrias logísticas como puertos o parques industriales.

El objetivo principal de este proyecto es proponer un modelo que facilite la implementación de redes móviles privadas para la industria manufacturera en la provincia de Pichincha, la cual contribuye con un 11.44% al PIB local. La implementación de estas redes es crucial para impulsar el crecimiento y desarrollo económico en la región.

Este proyecto utilizará un enfoque de métodos mixtos, que incluye una revisión de la literatura y una encuesta a empresas manufactureras en la provincia de Pichincha. Los resultados de este proyecto se utilizarán para desarrollar un modelo para la implementación de redes móviles privadas en la industria manufacturera en Ecuador.

Este proyecto es significativo porque tiene el potencial de beneficiar significativamente a la industria manufacturera en Ecuador. Al mejorar la eficiencia, la productividad, la seguridad y la rentabilidad, las redes móviles privadas pueden ayudar a los fabricantes a mantenerse competitivos en el mercado global.

ABSTRACT

The manufacturing industry in Ecuador faces several challenges, including inefficient and unreliable communication of IoT devices. To address this issue, the implementation of wireless networks has been proposed. Wi-Fi 6 appears as a promising solution due to its significant improvements in speed and security. However, 4G and 5G mobile networks are preferable for cases that require greater coverage and mobility, particularly in logistical industries such as ports or industrial parks.

The main aim of this project is to propose a model that eases the implementation of private mobile networks for the manufacturing industry in the province of Pichincha, which contributes 11.44% to the local GDP. The implementation of these networks is crucial to drive economic growth and development in the region.

This project will employ a mixed-methods approach, including a literature review and a survey of manufacturing companies in the province of Pichincha. The results of this project will be used to develop a model for the implementation of private mobile networks in the manufacturing industry in Ecuador.

This project is significant because it has the potential to significantly help the manufacturing industry in Ecuador. By improving efficiency, productivity, security, and profitability, private mobile networks can help manufacturers still are competitive in the global market.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	I
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
MARCO TEÓRICO	3
METODOLOGÍA APLICADA PARA EL ANÁLISIS DE LA INICIATIVA DE SOLUCIÓN TECNOLÓGICA.....	14
IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	16
METODOLOGÍA POR UTILIZAR	17
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	18
IDENTIFICACIÓN DE POBLACIÓN Y LA MUESTRA	18
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	19
PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES DEL PROBLEMA.....	27
PROPUESTA DE VALOR	30
SEGMENTO DE CLIENTE.....	30
RELACIÓN CON CLIENTES.....	30
CANALES DE DISTRIBUCIÓN	30
FLUJO DE INGRESOS	31
RECURSOS CLAVES.....	31
ACTIVIDADES CLAVES	32
SOCIOS CLAVES	33
ESTRUCTURA DE COSTOS.....	34
EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	35
ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y SUS EFECTOS (AMFE)	36
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	37
ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO	37
ESPECIFICACIONES DE PROCESO.....	38

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES.....	39
CONCLUSIONES	39
RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS	41
ANEXOS.....	47
1. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y SUS EFECTOS (AMFE)	47
2. ANÁLISIS DE FLUJO DE CAJA.....	48
3. ENCUESTA	49

ÌNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ambiente para industria 4.0. Fuente: (Deloitte, 2020).....	3
Figura 2. Tecnologías Exponenciales (Deloitte, 2020).....	5
Figura 3. Resumen de solicitud de permiso para Red Privada. Elaboración Propia, Fuente: (ARCOTEL, Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, SF).....	13
Figura 4. Consulta: Dentro de la clasificación de tipo de industria, considerando su empresa, ¿se considera cómo? Fuente: Elaboración Propia	19
Figura 5. ¿Qué tipo de problemas presentan su sistema de conectividad Wi-Fi?, clasifique según importancia. Fuente: Elaboración Propia.....	19
Figura 6. ¿Ha experimentado algún incidente de seguridad en su red inalámbrica que haya afectado la confidencialidad de su información? Fuente: Elaboración propia	20
Figura 7. ¿Ha escuchado de soluciones de conectividad inalámbrica aplicando redes móviles privadas? Fuente: Elaboración Propia	20
Figura 8. ¿Está usted interesado en conocer los beneficios de las redes móviles inalámbricas aplicado a la industria 4.0? Fuente: Elaboración propia.....	20
Figura 9. ¿Cuál es su preferencia en cuanto al modelo de inversión para la implementación y mantenimiento de soluciones de conectividad inalámbrica en su empresa? Fuente: Elaboración propia.....	21
Figura 10. ¿Por qué medio le interesaría recibir la información? Fuente: Elaboración propia	21
Figura 11. Número de RUCs Activos por Provincia e Industria de Manufactura (Elaboración Propia). Fuente: (SRI, 2022)	22
Figura 12. Distribución según porcentaje de aporta por Provincia para la industria Manufacturera y de la Construcción (Elaboración Propia) Fuente: (SRI, 2022)22	
Figura 13. Distribución Percentil de Industrias Manufactura y Construcción en la Provincia de Pichincha	23
Figura 14. Contribución de aporte PIB de la industria de la Manufactura y Construcción por Trimestre desde 2000 hasta segundo trimestre de 2022. Fuente: (Ecuador, BOLETÍN DE CUENTAS NACIONALES TRIMESTRALES, 2022). Elaboración: Propia.....	23

Figura 15. Previsión de Contribución de la Industria de la Manufactura Fuente: (Ecuador, BOLETÍN DE CUENTAS NACIONALES TRIMESTRALES, 2022). Elaboración: Propia.....	24
Figura 16. Forecast de dispositivos IoT. Elaboración Propia	24
Figura 17. Selección de Tecnología de la industria de la Manufactura. Fuente: (Nokia, Nokia and ABI Research identify key trends in manufacturing investment to enable Industry 4.0, 2020). Elaboración propia.....	25
Figura 18. Envíos globales de BTS de redes privadas. Fuente: (Omdia, 2020) . Elaboración propia.	26
Figura 19. Número de Redes Inalámbricas Privadas. Fuente: (OMDIA, 2020)	26
Figura 20. Modelo de Canva para Alternativas de Servicio End to End	29
Figura 21. Canales de Distribución, Fuente: Elaboración Propia	31
Figura 22. Recursos Claves. Fuente: Elaboración Propia.....	32
Figura 23. Especificaciones de Proceso. Fuente: Elaboración propia.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Habilitadores de Conectividad para tecnologías inalámbricas	6
Tabla 2. Requerimientos de Espectro Según RATG	9
Tabla 4 Variables para cálculo de muestras.....	18
Tabla 5. Breve descripción de alternativas de servicio para satisfacer necesidades del cliente.	27
Tabla 6. Tamaño de la industria en base al Rango de número de dispositivos	28
Para determinar la mejor solución alternativa, se realiza un análisis exhaustivo de los principales parámetros considerados en cada propuesta. En este sentido, se presenta una evaluación detallada de los dos modelos de negocio propuestos, con el objetivo de determinar cuál de ellos es más viable y beneficioso para la empresa. Ver Tabla 7. Evaluación de alternativas de solución	35
Tabla 8. Análisis de Modos de Fallo y sus Efectos. Fuente: Elaboración propia.	37
Tabla 9. Cloud Mobile Gateway, Elaboración propia, información extraída de: (Nokia, Cloud Mobile Gateway, 2022).....	38

RESUMEN EJECUTIVO

La industria de manufactura actual enfrenta un problema con la comunicación ineficiente y poco confiable de los dispositivos IoT. Para abordar este problema, se ha propuesto la implementación de redes inalámbricas. Wi-Fi 6 es una solución prometedora debido a sus mejoras significativas en velocidad y seguridad. Sin embargo, las redes móviles 4G y 5G son preferibles para casos que requieren una mayor cobertura y movilidad, especialmente en industrias logísticas como puertos o parques industriales.

En América Latina, Nokia y otros proveedores ya están trabajando con varios clientes para implementar redes privadas utilizando tecnología LTE. Sin embargo, la implementación de este tipo de redes aún no se ha registrado en Ecuador. Esto indica un gran potencial de desarrollo a corto, mediano y largo plazo. La implementación de redes inalámbricas privadas podría brindar a las empresas una mayor eficiencia y productividad, al tiempo que mantienen la seguridad de sus datos y procesos.

En Ecuador, la falta de claridad y los largos procesos para el arrendamiento de espectro y el uso privado de frecuencias esenciales presentan una oportunidad para que los operadores móviles como CONECEL S.A, Telefónica S.A o CNT EP impulsen este proceso. Estos operadores ya tienen asignado el espectro y la experiencia necesaria para implementar una red móvil.

El objetivo principal de este proyecto es proponer un modelo que facilite la implementación de redes móviles privadas para la industria de manufactura en la provincia de Pichincha, la cual contribuye con un 11.44% al PIB local. La implementación de estas redes es crucial para impulsar el crecimiento y desarrollo económico en la región.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad en las industrias de manufactura existe un problema, la comunicación no es eficiente y es poco confiable para la comunicación de dispositivos IoT, esto se puede optimizar mediante la implementación de redes inalámbricas, Wi-Fi puede ser una opción, sin embargo, presenta desventajas en un futuro cercano (Nokia, Industrial-grade private wireless, 2019), sus limitaciones radican en confiabilidad, seguridad, rendimiento y movilidad.

Wi-Fi 6, la evolución del Wi-Fi, ofrece velocidades de hasta 9.6 Gbps, superando a su predecesor Wi-Fi 5, y es considerado una solución para los nuevos casos de uso en la industria gracias a tecnologías como OFDMA, MU-MIMO, y Seguridad Wi-Fi (Partners, sf; lebmedia, 2022). Sin embargo, aunque Wi-Fi 6 es útil para ciertos casos de la industria, no puede cubrir todo el espectro de soluciones como las redes móviles 4G o 5G, que ofrecen una mayor cobertura y movilidad, y por lo tanto son preferibles en industrias de logística como puertos o parques industriales, en donde se pueden implementar soluciones de Redes Móviles Inalámbricas Privadas (NXP, 2021).

Las Redes Móviles Inalámbricas Privadas cuentan con características técnicas avanzadas como un alto throughput, baja latencia, bajo jitter y una gran capacidad de conectar una gran cantidad de dispositivos IoT para monitoreo de infraestructuras y procesos. La tecnología que se propone ha sido probada en el sector público por más de 10 años y se encuentra en constante evolución, garantizando así un sistema robusto y confiable. Con la implementación de este sistema, las empresas podrán acceder a una comunicación móvil eficiente y segura, lo que les permitirá mejorar su productividad y competitividad en el mercado.

Al año 2022, Nokia trabaja con 27 clientes de América Latina para redes privadas aplicando LTE (Bertolini, 2022). Según estudio de "Analysis Mason" al Q2 de 2022 existen 350 redes privadas inalámbricas desplegadas a nivel mundial considerando 4G y 5G, según este mismo estudio este número podría subir a 1000 redes privadas a Julio 2022 (Kasujee, 2022).

En la actualidad, no se ha registrado la implementación de redes privadas inalámbricas de este tipo en Ecuador, lo que sugiere que existe un gran potencial de desarrollo en el corto, mediano y largo plazo. La implementación de estas redes podría proporcionar a las empresas una mayor eficiencia y productividad, al mismo tiempo que les permitiría mantener la seguridad de sus datos y procesos.

En Ecuador, no se tiene regulación para la figura de arrendamiento de espectro, para uso privado de frecuencias esenciales, por lo antes indicado quien puede acelerar este proceso son las operadoras móviles, como CONECEL S.A, Telefónica S.A o CNT EP, que ya cuentan con el espectro atribuido y el “know-how” de despliegue de una red móvil. La infraestructura puede ser provista por proveedores como: Nokia, Huawei, Affirmed, Qualcomm, Cisco, entre otros.

El objetivo principal de este proyecto es proponer un modelo para la brindar el acompañamiento en la implementación de redes móviles privadas, facilitando la implementación de este tipo de redes para la industria de manufactura en la provincia de pichincha, que a la fecha representa un 11.44% de aporte al PIB (Producto Interno Bruto) en la provincia. por lo que la implementación de estas redes es fundamental para fomentar el crecimiento y desarrollo económico local.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la industria 4.0 existen diversas formas de conectar sensores IoT, sin embargo, se necesita una red que se acople a las necesidades del negocio, que sea segura, de largo alcance, confiable y escalable (IBM, SF), con lo que actualmente no es posible hacerlo mediante soluciones Wi-Fi tradicionales.

Es necesario desarrollar un modelo de negocio que permita implementar redes móviles inalámbricas privadas que optimicen procesos y mejoren la monitorización de la cadena de valor en diversas industrias, como la de puertos, minería y manufactura.

Con el proyecto se plantea el modelo de negocio para la implementación de redes móviles inalámbricas privadas con la intención de que estas permitan monitorear y mejorar procesos (BNamericas, 2021), facilitando a la industria y de esa manera poder tener una visión holística en su cadena de valor y así brindar factores claves para la toma de decisiones.

El presente proyecto busca llegar a ser único y particular para cada industria, se lo puede implementar en coberturas rurales, de baja, media y alta densidad urbana o en zonas/parques industriales ya que la tecnología inalámbrica brinda esta posibilidad.

El modelo de negocio presentado debe ser ejecutado de manera ordenada y alineado con los objetivos de la industria. Para lograr esto, se deben determinar primero las necesidades, la visión y las metas que el sector requiere. Luego, se debe elaborar la propuesta técnica-económica y continuar con las etapas de negociación, ejecución y monitoreo del proyecto.

Al estar trabajando con diferentes industrias, ya sean estas públicas o privadas, los tiempos deben ser óptimos y debe considerarse una planificación estratégica que abarque las aristas según el caso, debido a que el presupuesto es asignado de manera anual (CAPEX), el periodo que se dispone para ejecutar un proyecto mediante el modelo de negocio es de 6 a 9 meses, a partir de la entrega de orden de compra del cliente hacia la empresa. Se considerando un tiempo de importación de equipos de aproximadamente 3 meses.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo de negocio para brindar el servicio de acompañamiento para la implementación de redes móviles privadas inalámbricas sobre redes públicas celulares, con el fin de brindar una red robusta con una amplia cobertura, que permita movilidad, que sea de alto *Throughput*, bajo jitter y baja latencia acorde a los requerimientos de la Industria de la manufactura, en la provincia de Pichincha.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las necesidades de la industria 4.0 para comunicación de dispositivos IoT en el sector de la manufactura.
- Formular un modelo de negocio que aborde las necesidades y los aspectos clave de comunicación en la industria de la manufactura.
- Determinar la estructura de costos necesarios para el despliegue de una red móvil inalámbrica privada considerando gastos capital - CAPEX (Hardware, Servicios, Licencias) y gastos operativos - OPEX (Mantenimiento).

JUSTIFICACIÓN

Con la implementación de redes móviles inalámbricas privadas se puede realizar la supervisión remota de dispositivos IoT, permitiendo tener una visión global de los procesos de producción y la cadena de suministro. Esto puede ayudar a la industria manufacturera a ahorrar costos mediante la identificación de cuellos de botella en el proceso de producción y la reducción de tiempos de espera innecesarios.

A pesar de los beneficios que brindan las redes privadas móviles, al 2023 en Ecuador aún no se han desplegado. Por ello, es importante ofrecer un servicio que ayude a la industria a implementar esta tecnología y lograr su transformación digital de manera integral. Las telecomunicaciones han generado un impacto positivo en la sociedad desde cualquier ámbito, y el aporte de la academia a la industria es crítico, especialmente en implementaciones que acercan a la revolución de la industria.

MARCO TEÓRICO

Según el autor (Deloitte, 2020), nos indica que la revolución industria 4.0 tiene cuatro características principales que son: Redes Verticales, Integración Horizontal, Ingeniería horizontal y aceleración a través de tecnologías exponenciales. Estas características han permitido posicionarse a industrias de manufactura como líderes, mediante lo cual ha brindado mejoras en la competitividad, disminución de riesgos, ajuste en talento, desarrollo potencial para segmentos de la industria y el uso de tecnologías emergentes.

El término Industria 4.0 viene de la transformación digital de una empresa y es bastante usado en el mundo, sin embargo, en los países occidentales se lo conoce como Internet of Things – IoT. Es necesario eliminar la barrera entre el mundo físico y el mundo digital mediante el uso de estas redes, debido a los beneficios que proporcionan.

En Figura 1 se observa cuál es el ecosistema para una industria 4.0 en donde enfocan los puntos principales como: Internet of Things, Internet of Data, Internet de servicios e Internet de la gente. A su vez se subdividen en: movilidad inteligente, edificios inteligentes, casas inteligentes, medios web para socializar, medios web para negocio, logística inteligentes y movilidad.

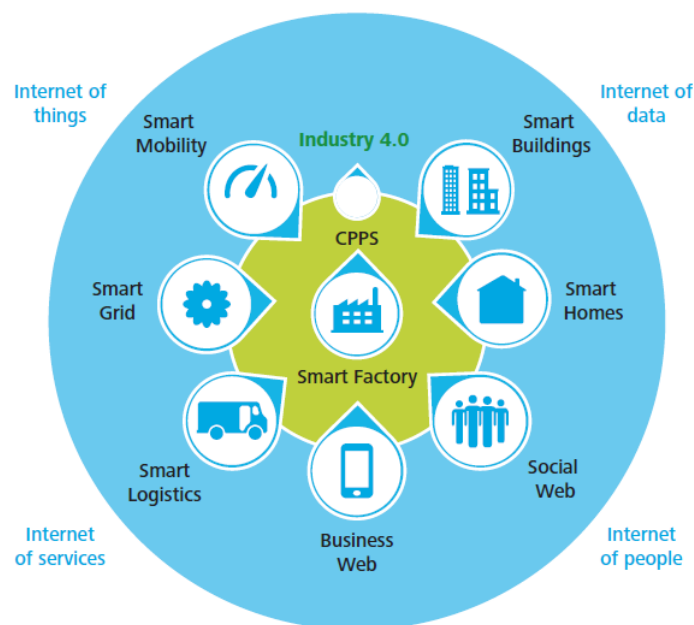


Figura 1. Ambiente para industria 4.0. Fuente: (Deloitte, 2020)

Los principales requerimientos de conectividad para la industria 4.0 en la manufactura se pueden resumir según los autores (Ynzunza Cortés Carmen, 2017; Pereira, 2017; Poretsky, 2021) en:

Conexión entre máquinas y sistemas: Las máquinas y sistemas en la planta de fabricación deben estar interconectados y ser capaces de compartir datos y comunicarse entre sí.

Comunicación en tiempo real: La conectividad debe ser rápida y confiable para permitir la comunicación en tiempo real entre las máquinas y sistemas, lo que facilita la toma de decisiones y la optimización de procesos.

Cobertura amplia: La cobertura de la red debe ser lo suficientemente amplia para cubrir toda la planta de fabricación, incluyendo áreas remotas o de difícil acceso.

Baja latencia: Las comunicaciones deben tener una latencia mínima para evitar retrasos o interrupciones en los procesos de producción.

Seguridad: La conectividad debe ser segura para proteger los datos y los sistemas de posibles ataques cibernéticos.

Escalabilidad: La red debe ser escalable para permitir la adición de nuevas máquinas y sistemas a medida que la planta de fabricación crece y se expande.

En base a las tecnologías emergentes se puede mejorar los procesos de manera exponencial como se muestra en la Figura 2. Esta afirmación se fundamenta en la ley de Moore, la cual establece que la capacidad de los procesadores, la memoria RAM y el ancho de banda se duplica aproximadamente cada año y medio. La impresión en 3D, los sensores, la inteligencia artificial, la robótica y los drones son solo algunos ejemplos de tecnologías que demuestran el impacto exponencial que han tenido en la industria.

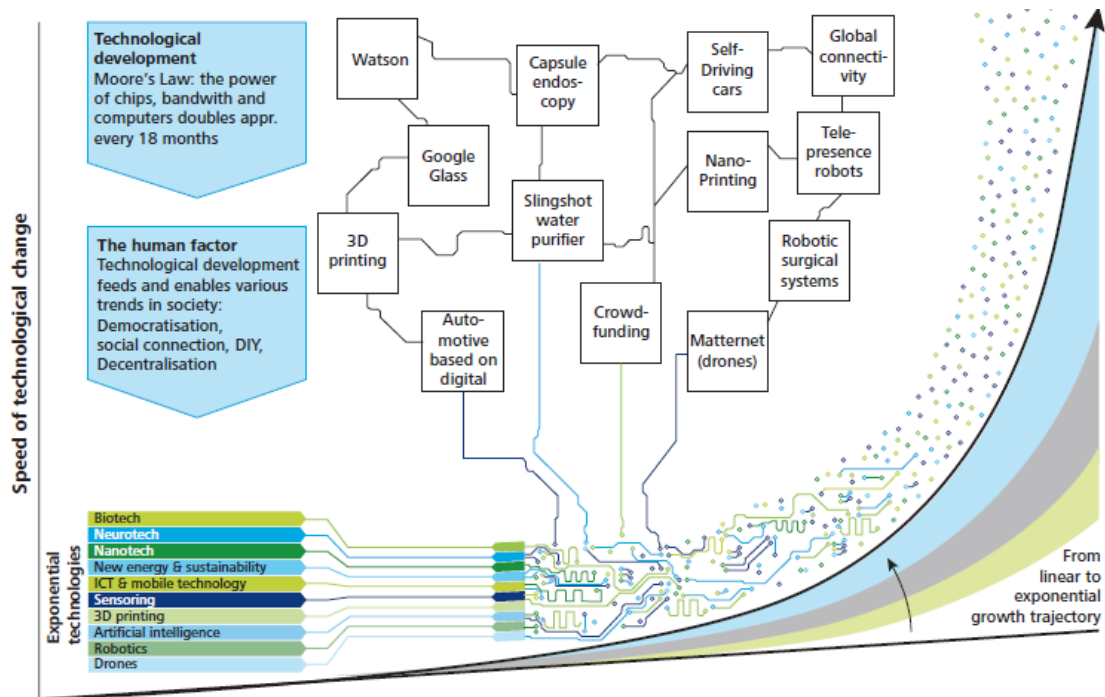


Figura 2. Tecnologías Exponenciales (Deloitte, 2020)

En el estudio de (Engineering, 2021), se presenta un estudio sobre los principales habilitadores tecnológicos y de conectividad sobre redes privadas 4G y 5G, así como también sus casos de uso principales para llegar a explicar el ecosistema ideal para el despliegue de este tipo de redes privadas.

Debido a que la conectividad permite que se desarrollen nuevas aplicaciones de manera exponencial para la industria, las redes se vuelven vitales para conectar dispositivos IoT, lo cual se puede realizar mediante distintos tipos de tecnología como Low Power WANs (LPWAN) para sensores, ethernet para PLCs y redes de banda ancha mediante WAN para comunicación entre equipos.

Las redes móviles privadas de última generación permiten entregar conectividad para aplicaciones críticas que requieren movilidad, calidad de servicio QoS, calidad de experiencia QoE, conectividad masiva, entre otros. Con la llegada de 5G se simplifica la conectividad en el sector privado brindando interoperabilidad con redes legadas y permitiendo realizar compartición de red a través de "Network Slicing" para soportar los casos de uso requeridos.

Para lo que son aplicaciones de video la red LTE puede ser suficiente, pero ahora con 5G podemos tener latencias de hasta 1ms con una confiabilidad del 99.999% en comunicaciones URLCC (*Ultra Reliable Low Latency Communications*) lo cual nos permitirá soportar los casos de uso de la Industria 4.0 (VERTIV, 2022). En comparación

con Wi-Fi las redes móviles privadas tienen mejor cobertura, mayor movilidad, capacidad para centenas o miles de dispositivos, baja latencia y soporte para tecnologías de bajo coste como NB-IoT o LTE-M.

La tabla 1 presenta una comparación de variables entre redes móviles privadas 4G/5G con Wi-Fi 6 y LoRaWan.

Tabla 1. Habilitadores de Conectividad para tecnologías inalámbricas

Variable	4G/5G	Wi-Fi 6	LoRaWan
Aplicaciones	Banda Ancha Móvil Comunicaciones URLCC Comunicaciones mMTC (Massive Machine Type Communication)	Conectividad inalámbrica para ambientes de hogar e internos en empresas	Sensores de bajo costo y bajo alcance diseñados para IoT, M2M, ciudades inteligentes y aplicaciones industriales
Confiabilidad	99.999%, 5 minutos fuera de servicio al año.	Wi-Fi utiliza "scheduler"	En base al caso de uso
Seguridad	Autenticación y Encriptación	WPA2/3 vulnerable a hackeo	Encriptación de 128bit AES
Movilidad/Handover HO	Movilidad hasta 350km/h	Alta latencia durante HO	No aplica para soluciones con movilidad
Cobertura	De 75m a 30km sin línea de vista	LTE/5G tiene de 4-100 veces la cobertura de Wi- Fi	5-10 km
Usuarios Máximos Simultáneos	Hasta 800 usuarios, en IoT hasta 1 Millón de dispositivos por km ²	Soporte de 30- 50 usuarios	Millones de dispositivos

Throughput	LTE-A 300-1Gbps DL / 15-50 Mbps UL 5G 1-10 Gbps DL / 50 Mbps UL	En base a número de usuarios conectados	Bajo throughput
Latencia	Menor 1 ms	2-5 ms	No aplica para aplicaciones de misión crítica
Posicionamiento	Precisión de 10cm a 1M en 5G y de 50m en 4G	~15 m	~ 20-30 m
Continuidad de Servicio	LTE Público o Privado	Wi-Fi a Red móvil celular	No aplica a movilidad
Ecosistema de dispositivos	eMBB, LTE-M y NB-IoT.	Capacidad de IoT limitadas	Desarrollo progresivo

Fuente: Elaboración propia a partir de (Engineering, 2021)

Gracias a los beneficios que tiene una red móvil inalámbrica privada, industrias como Volkswagen (Nokia, Nokia deploys 5G private wireless network for Volkswagen's pilot project in Germany, 2021), BMW (Insights, BMW recruits NTT and Intel for private 5G test site to drive Industry 4.0 gains, 2022), Bosch (Insights, Airtel sets up 5G private network at Bosch manufacturing facility, 2022), Siemens (Grasso, 2021) y Shell. Estas compañías han optado por migrar sus soluciones de monitoreo a este tipo de redes en el espectro de 3.7GHz. La alianza de industria y automatización sobre 5G (5G-ACIA) están generando cambios para incluirlos en la norma 3GPP con el fin de adoptar la implementación de casos de uso de manera nativa.

A continuación, se listan las aplicaciones más comunes para el uso de redes móviles inalámbricas privadas:

- **Rendimiento predictivo:** minimiza tiempo de fuera de servicio y mejora la eficiencia y efectividad mediante data en tiempo real y analítica.
- **Monitoreo y control:** mejora la eficiencia mediante el rastreo de objetos.
- **Automatización de procesos:** mejora en la productividad con el uso de robótica.
- **Colaboración avanzada:** interacción en tiempo real para aplicaciones Push-To-Talk o Push-To-Video.

En base a las aplicaciones antes indicadas se puede trabajar en la aplicabilidad en la industria:

- ✓ **Monitoreo y Control:** la conectividad entre máquinas, personas y sistemas permite a la industria de la manufactura tener mayor visibilidad y control sobre sus sistemas de producción, permitiendo a la dirección general tomar decisiones y reducir el tiempo ejecución de mejoras.
- ✓ **Rendimiento predictivo y basado en condiciones de mantenimiento:** nos permite entender como los parámetros de ingreso van a ser procesados por la máquina.
- ✓ **Asistencia Digital:** mediante el par tecnológico Realidad Virtual más Realidad Aumentada permite comprobar de manera remota trabajos que se estén realizando, permitiendo ahorro tanto en desplazamiento como económico para la empresa.
- ✓ **Automatización de procesos:** en la manufactura permite automatizar procesos de ensamble, logística y actividad transaccionales que reducen la variabilidad, mejoran velocidad y reducen gastos de mantenimiento.

Para que la industria pueda aprovechar los beneficios que provee las soluciones de este tipo de redes pueden ser:

- ❖ **Red privada aislada:** en este caso las empresas despliegan el 100% de elementos necesarios como. gNB (*next generation NodeB*), UPF (*User Plane Function*), 5CG (*Control Gateway*), UDM (*Unified Data Management*) y MEC (*Mobile Edge Computing*). Este despliegue se utiliza en países en donde las frecuencias son atribuidas por el estado como en el caso de Ecuador.
- ❖ **Compartición de red** entregando servicios a los usuarios finales mediante la separación lógica de la red pública con el soporte de un operador móvil.

De acuerdo con (Martín J. S., 2020), las compañías están en la búsqueda de esquemas que les permitan incrementar la eficiencia y seguridad mediante la automatización y análisis de información. Para lograr estas metas, las redes móviles inalámbricas privadas proveen beneficios como disponibilidad, confiabilidad, interconectividad, calidad de servicio y seguridad. La 3GPP ha adoptado el término NPN (Non-Public Network) para identificar redes privadas para uso gubernamental o privado (3GPP, 2020).

El autor antes indicado, aborda su investigación a nivel de la regulación del país, en donde indica que a la fecha en el Ecuador no existe una figura de arrendamiento de espectro, por lo que recomienda que sean las empresas a través de los operadores móviles quien presten el servicio para la industria.

Para el uso de la red móvil de 5G, el autor plantea el uso de funcionalidades que permiten separar una misma red de un operador en subredes mediante la tecnología de División de red “*Network Slicing*” (Qualcomm, 2019). Con lo cual en la misma red móvil una porción puede ser utilizada para manufactura, otra porción para agricultura dependiendo la categorización de la industria.

Sobre el espectro en 5G, recomienda solicitar los anchos de banda de 1340MHz y 1960MHz para redes pre-IMT, IMT-2000 y IMT-Advanced respectivamente, en la Tabla 1 se muestran las consideraciones de ancho de banda según el Radio Access Technology Group RATG (ITU-R, 2013).

Tabla 2. Requerimientos de Espectro Según RATG

	Espectro Requerido RATG1	Total para	Espectro Requerido RATG2	Total para	Espectro Requerido RATG1 + RATG2
Para pocos usuarios	440 MHz		900 MHz		1340 MHz
Para mayor cantidad de usuarios	540 MHz		1420 MHz		1960 MHz

Fuente: Elaboración propia a partir de (ITU-R, 2013)

Las variables analizadas en el caso de estudio del autor son: la disponibilidad, es decir, la capacidad de estar disponible y accesible en todo momento; la confiabilidad, que se refiere a la capacidad del sistema de funcionar sin interrupciones o fallos; la interconectividad, que hace referencia a la capacidad de conectarse con otros sistemas o dispositivos; la calidad de servicio, que implica proporcionar un servicio de alta calidad y satisfacción para los usuarios; y la seguridad, que se refiere a la protección de los datos y la privacidad de los usuarios del sistema. Estas a su vez forman parte de las capacidades de una red 5G (Ericsson, Ericsson Critical capabilities for private 5G networks, 2019). Las variables indicadas a su vez se relacionan con los requerimientos de la Industria 4.0, esto se requiere para poder dar soporte a aplicaciones de Industria

IoT como Operaciones automatizadas, robots colaborativos, control avanzado y operación remota.

El autor (Martín J. S., 2020) brinda una visión holística del estado de las redes móviles privadas en el Ecuador, sus beneficios, sus requerimientos y recomendaciones para futuras implementaciones a través del manejo de una metodología descriptiva cualitativa en función de referencias con otros mercados a nivel mundial.

Según (Ericsson, Emerging business models for private cellular networks, 2022), existe una variedad de modelos que se pueden utilizar para redes móviles privadas considerando un despliegue aislado o a través de un operador. El modelo tradicional que se utilizó para LTE consistía en OPEX mediante el uso de espectro licenciado y ofrecer servicios basado en tráfico cursado, con la evolución a 5G se vuelve a un modelo centrado en CAPEX utilizando espectro no licenciado.

Los puntos clave para desarrollar un modelo de negocio de redes móviles privadas son:

1. Acceso a espectro licenciado.
 - a. Industria debe aliarse con un *partner* estratégico para arrendar espectro en donde el *partner* también es dueño del equipo y opera la red.
2. Propiedad de Hardware y Software
 - a. CAPEX: industria adquiere y es dueña de sus propios elementos de red.
 - b. OPEX: hace una alianza con un operador, el cual también es dueño de los equipos.
 - c. Para decidir qué modelo se debe utilizar se pueden hacer las siguientes preguntas:
 - i. ¿Es la red dedicada al negocio o sirve para aplicación de índole público/privado?
 - ii. ¿Mis necesidades de implementación son públicas o privadas?
 - iii. ¿Los proveedores de servicio están alineados a la inversión en tiempo y oferta?
 - iv. ¿La red llevará servicios de múltiples servicios de red móvil?
3. Administración y Operación de la red:
 - a. Los servicios celulares son entregados desde el terminal del usuario hasta la red móvil.
 - b. Las redes LAN dependen de dos dominios: 1) una red inalámbrica para comunicación interna y 2) negocio a través de VPNs.
4. Redes Públicas, Privadas e Híbridas

- a. La red pública está orientada al personal o visitantes de la industria, mediante esta red se conectan teléfonos, tablets y laptops.
 - b. La red privada se enfoca en apoyar a procesos internos que no requieren salida al exterior, para esto tanto la radio y el núcleo de la red se encuentran en las instalaciones de la industria.
 - c. La red híbrida permite atender al usuario interno como a los equipos de la planta, la radio se comparte y el núcleo de la red puede operarse a conveniencia.
5. Compartición de red o “*Network Slicing*” es la posibilidad que nos brinda 5G y permite tomar una parte de la red para procesar usuarios y dispositivos en particular, de esta manera con el mismo equipamiento se puede tener una red pública y una red privada.

Por lo antes indicado y según el autor (Ericsson, Emerging business models for private cellular networks, 2022) nos da un amplio panorama de las consideraciones a tomar en cuenta, las cuales permiten elegir la mejor opción para cada industria según sus necesidades.

La industria de la manufactura necesita poder adaptarse de manera rápida a la transformación digital mediante la conectividad de redes móviles privadas con esto podrá aplicar casos de manufactura en lazo cerrado, manufactura adaptativa, análisis predictivo para mantenimiento y realidad extendida para seguridad del trabajador, con el alcance en mente se puede definir variables a tomar en consideración para el análisis del modelo como:

- **Cobertura:** La cobertura se refiere a la habilidad de una red de telecomunicaciones, como una red de telefonía móvil o una red de transmisión de televisión o radio, de abarcar y proveer servicios en una región específica. La cobertura se puede medir por la calidad y fuerza de la señal, la disponibilidad del servicio, y la capacidad de atender a múltiples usuarios simultáneamente. La evaluación y el diseño de redes de comunicación y otros servicios que dependen de la conectividad geográfica dependen críticamente de la cobertura.
- **Movilidad:** La movilidad en comunicaciones inalámbricas se refiere a la capacidad de un dispositivo móvil para mantener una conexión inalámbrica mientras se mueve de un lugar a otro. Esta capacidad es fundamental en la mayoría de las tecnologías inalámbricas, incluyendo la telefonía móvil y las redes

inalámbricas de área local (WLAN), ya que permite que los usuarios mantengan una conexión activa mientras se desplazan por diferentes lugares.

- **Espectro:** El espectro en comunicaciones inalámbricas se refiere al rango de frecuencias electromagnéticas que se utilizan para transmitir señales inalámbricas. Este espectro electromagnético es limitado y se divide en diferentes bandas de frecuencia que se utilizan para diferentes tecnologías de comunicación, como la telefonía móvil, las redes de datos inalámbricas y las transmisiones de radio y televisión
- **CAPEX:** es el acrónimo de "gastos de capital" en inglés, y se refiere a los gastos que una empresa realiza para adquirir o mejorar sus activos fijos, como edificios, equipos, maquinaria y tecnología. Estos gastos se consideran inversión de la empresa y se amortizan a lo largo del tiempo. Los gastos de capital son necesarios para el crecimiento y la expansión de una empresa, y pueden incluir la compra de bienes de capital para producción, investigación y desarrollo, y la construcción de nuevas instalaciones.
- **OPEX:** es el acrónimo de "gastos operativos" en inglés, y se refiere a los gastos necesarios para el funcionamiento diario de una empresa. Estos gastos incluyen salarios, alquileres, suministros, servicios públicos, marketing, seguros, impuestos, entre otros.

RED PRIVADA

Según ARCOTEL, una red privada se define como: "Una red privada es aquella utilizada por personas naturales o jurídicas en su beneficio exclusivo para conectar diferentes instalaciones de su propiedad o bajo su control, y puede ser utilizada para transmitir voz, datos, imágenes o una combinación de estos. Las redes privadas satisfacen las necesidades del titular, lo que excluye la prestación de servicios a terceros. ("Otorgamiento de Títulos Habilitantes: REDES PRIVADAS") Para obtener un título habilitante de concesión o autorización de uso de frecuencias, es necesario que el solicitante solicite el registro o la autorización de una red privada." (ARCOTEL, Otorgamiento de Títulos Habilitantes: REDES PRIVADAS, 2023)

Proceso para solicitar permiso de Red Privada (ARCOTEL, Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, SF):

El proceso por seguir para solicitar la implementación de una red privada móvil incluye una solicitud general, una declaración de responsabilidad sobre la propiedad de los puntos de instalación, y un proyecto técnico que incluye infraestructura alámbrica e inalámbrica (no existe formato) con formularios técnicos específicos para cada servicio. Además, se debe obtener un certificado de no afectar a los sistemas de radionavegación aeronáutica si se encuentran dentro de un radio de 500 metros, una declaración de responsabilidad y una autorización para que la ARCOTEL verifique la información presentada. En el caso de compañías o cooperativas de transporte, se requiere el aval de la autoridad del transporte competente del permiso de operación.

En la siguiente figura se realiza un resumen de los pasos a seguir:

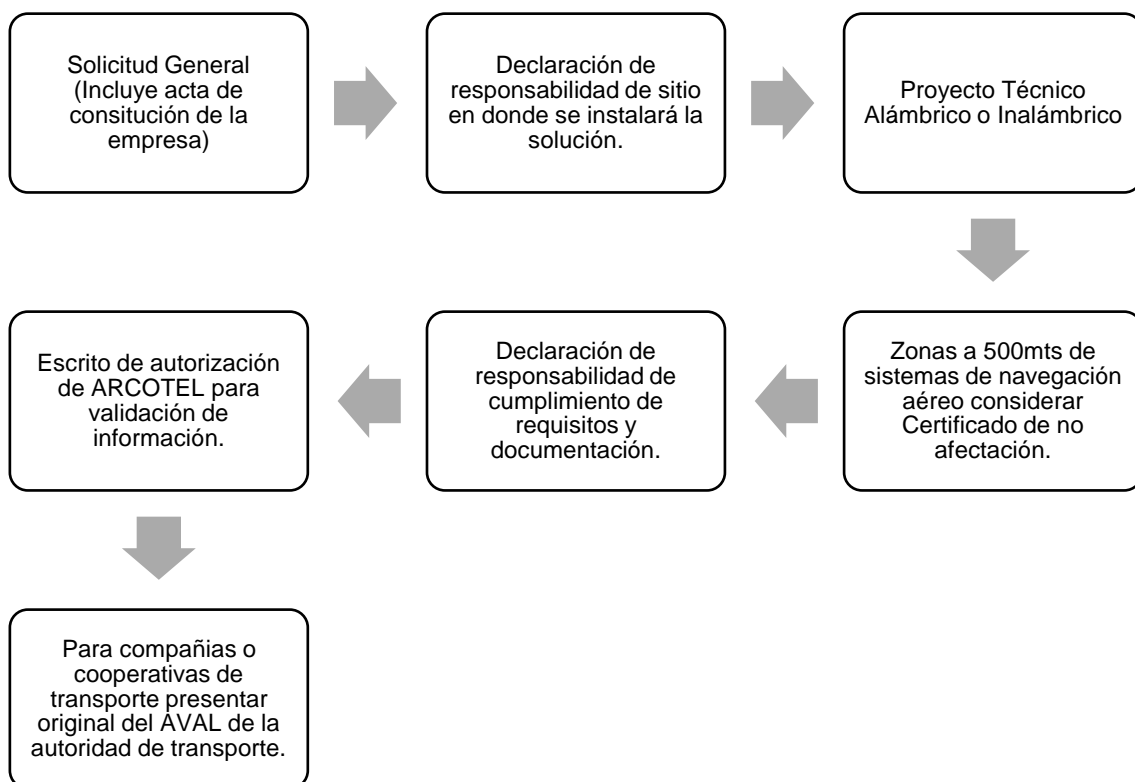


Figura 3. Resumen de solicitud de permiso para Red Privada. Elaboración Propia, Fuente: (ARCOTEL, Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, SF)

METODOLOGÍA APLICADA PARA EL ANÁLISIS DE LA INICIATIVA DE SOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Brindar un modelo de negocio para mejorar la conectividad de la industria de la manufactura mediante la implementación de redes móviles privadas inalámbrica en la provincia de Pichincha es la consigna del presente proyecto.

El grado de transformación digital adoptado en las fábricas en Ecuador es bajo, así como su industrialización (baja producción masiva y de grandes escalas), la industria de la manufactura aporta un cuarto del PIB nacional (Ecuador, BOLETÍN DE CUENTAS NACIONALES TRIMESTRALES, 2022), en el primer trimestre del año 2022 el porcentaje de aporte es 23.3% lo que representa \$6.616.611 USD para el estado ecuatoriano.

Con lo antes indicado se demuestra la importancia de trabajar en llevar a este sector a la industria 4.0 mediante soluciones de conectividad que permitan tener una base fuerte que soporte nuevas tecnologías y la conectividad entre dispositivos que ayuden a ser procesos más eficientes (máquinas flexibles, brazos robóticos, gemelos digitales VR, AR, entre otros.

Las variables por analizar para este proyecto y confirmar si efectivamente se puede o no alcanzar los objetivos planteados son:

- **Cobertura:** valores promedios en metros para cobertura de soluciones Wi-Fi y soluciones de redes móviles como métrica de comparación entre tecnologías, la evaluación se realizará en categorías según la distancia cubierta y la percepción del usuario.
- **Movilidad:** posibilidad desplazarse entre la cobertura de la solución inalámbrica sin perder conectividad, evaluado como cobertura continua o con interrupciones mediante la percepción del usuario final.
- **Confiabilidad:** percepción del usuario final para realizar procesos en horario de alto tráfico en redes Wi-Fi o redes móviles, con el objetivo de validar que tan confiado se siente el usuario para realizar tareas sobre uno u otro tipo de red.
- **Seguridad:** sentimiento de seguridad cuando se realizan tareas en dispositivos conectado una red inalámbrica, ya sea una red Wi-Fi o una red móvil, considerando los posibles ataques a los dispositivos con el fin de extraer información personal o confidencial.

- **Tipo de Modelo:** preferencia de modelo basado en CAPEX (una única inversión de Hardware, Servicios y Licencias) mantenimiento a cargo de la industria, OPEX (inversión mensual en mantenimiento) o una combinación de CAPEX y OPEX que permitan la adquisición de los equipos y que sea el proveedor quien provea el mantenimiento por una tarifa plana mensual.

Las variables se evaluarán mediante entrevistas y encuestas a personas que se encuentren en la industria de la manufactura, así como ingenieros que instalen y desplieguen soluciones de redes inalámbricas.

IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN

La planificación de la investigación es una táctica global que el investigador implementa para enfrentar una problemática específica para elaborar un plan de estudios a seguir (E.F., 2020).

Para poder identificar el tipo de investigación debemos considerar el tipo de datos a recolectar, a quién va dirigida la información, la manera de recolectar la información y como analizarla.

En base a los objetivos planteados se debe considerar si lo que se debe realizar es una investigación de carácter exploratorio o confirmatorio (Pro, sf). Si la investigación es de carácter exploratorio se debe realizar una investigación cualitativa, con esto podemos pensar en los métodos de análisis.

En caso de ser una investigación de tipo confirmatorio se procede con una investigación cuantitativa que podría considerar entrevistas o encuestas.

A continuación, se listan los principales métodos para la recolección de información:

- Entrevistas estructuradas, semi y no estructurada.
- Grupos de discusión virtuales o presenciales.
- Encuentras en línea o físicas.
- Observación
- Documento y registros.
- Estudios de caso.

El abordaje utilizado en este estudio es mixto, combinando tanto elementos cuantitativos como cualitativos, mediante la recolección de datos a través de encuestas que permiten tener una idea clara de cómo al momento se toman las decisiones para adquirir una solución que cumpla con las necesidades de integración de sus dispositivos.

Los métodos para utilizar refieren a: cuantitativo, del discurso, narrativo, teoría fundamentada, análisis de importancia – valoración. De igual manera se utilizarán recursos de inferencia como es información de otros países de Latinoamérica para conocer la dirección de este tipo de industria y cuáles son los resultados obtenidos con la integración de redes móviles inalámbricas privadas.

METODOLOGÍA POR UTILIZAR

Para el presente proyecto se realizará la investigación considerando métodos cuantitativos (JL, 2000). El método cuantitativo nos permitirá evaluar la perspectiva del usuario a manera de escala según las variables cobertura, movilidad, confiabilidad, seguridad y el tipo de modelo de negocio que requiere la industria.

Para recolectar la información necesaria para el análisis cuantitativo, el estudio se lo realizará mediante datos de la Corporación Financiera Nacional, Banco Central del Ecuador, Organismos internacionales y una encuesta (Ver Anexo 3) enfocada a la percepción del usuario con redes móviles, lo que permitirá tener información para realizar un análisis estadístico (D, 2020).

Para poder realizar un análisis estadístico es necesario (Martín Z. H., 2012):

1. Recopilación de datos ya sean estos externos o interno al problema estudiado;
2. Organización de los datos, así como la clasificación para incluir los elementos;
3. Presentar los datos mediante enunciados, tablas y gráficos;
4. Análisis, ya sea este: estadístico simple, de inducción estadística, mediante series de tiempo o de relación;
5. Explicación de los resultados derivados del análisis realizado.

Los resultados del análisis cuantitativo se presentarán mediante técnicas y herramientas de estadística descriptiva.

Para el presente proyecto se identifica la población de estudio como la industria de la manufactura a través del Censo Nacional Económico, para calcular la muestra se utilizará el muestreo probabilístico (Sarmiento, 2019), considerado un intervalo de confianza del 95% con un margen de error de 0.05.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

IDENTIFICACIÓN DE POBLACIÓN Y LA MUESTRA

Para identificar la población se utiliza la información del Servicio de Rentas Internas de Ecuador, el SRI posee información estadística desagregada sobre la estructura del aparato productivo nacional en base a sus principales características de funcionamiento y tamaño (SRI, 2022).

Dentro de los sectores que se consideraron en el SRI se encuentra la industria de la manufactura; el número de industrias en la manufactura en Pichincha es 41.707 considerando únicamente las que tienen RUC en estado activo, este valor va a ser el tamaño de población a estudiar.

A continuación, se realiza cálculo para identificar cuál es el tamaño de la muestra necesaria para la evaluación:

$$n = \left\lceil \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \right\rceil$$

Donde:

Tabla 3 Variables para cálculo de muestras

Variable	Descripción	Valor
N	Tamaño de la población	57.651
Z	valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal o nivel de confianza	95%
p	Proporción aproximada del fenómeno en estudio	0.5
Q	Proporción de la población de referencia que no representa el fenómeno	0.5
e	precisión	0.05

$$n = \left\lceil \frac{0.95^2 * 57651 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (57651 - 1) + 0.95^2 * 0.5 * 0.5} \right\rceil$$

$$n = 378 \text{ muestras}$$

Se requiere un total de 378 muestras.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En base a los resultados de las encuestas realizadas a continuación se presenta las respuestas a las consultas más representativas para el análisis:

El 71% de los encuestados pertenecen al sector de las telecomunicaciones, el 25% corresponde a otros sectores y el 4% al sector de la manufactura por lo cual la mira para la encuesta está enfocada en la tecnología y el conocimiento de esta, ver Figura

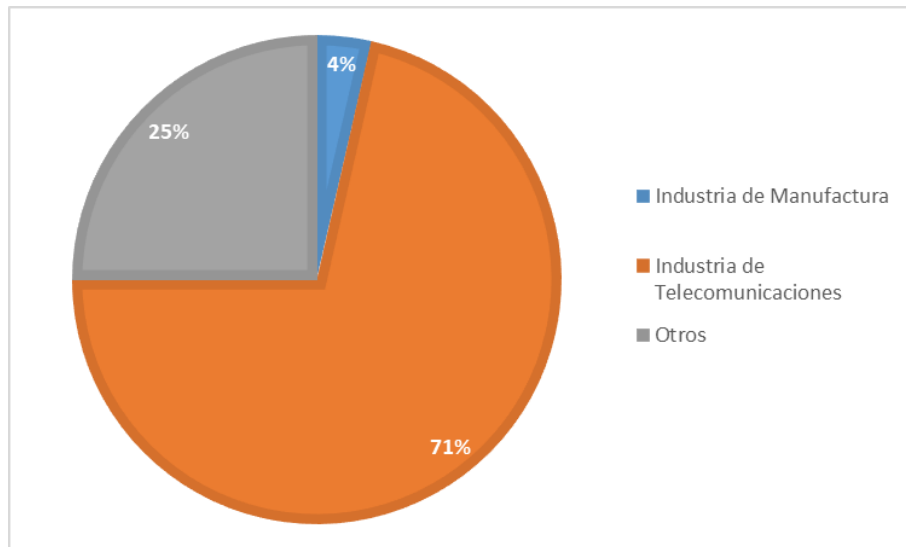


Figura 4. Consulta: Dentro de la clasificación de tipo de industria, considerando su empresa, ¿se considera cómo? Fuente: Elaboración Propia

Analizando la percepción del encuestado sobre la tecnología Wi-Fi, se observa que los problemas de cobertura se consideran como muy importante y esto es debido al corto alcance que tiene esta tecnología; la movilidad se observa como poco o muy importante depende la necesidad del usuario y por último los problemas de navegación en horas pico en su mayoría no lo considera un problema.

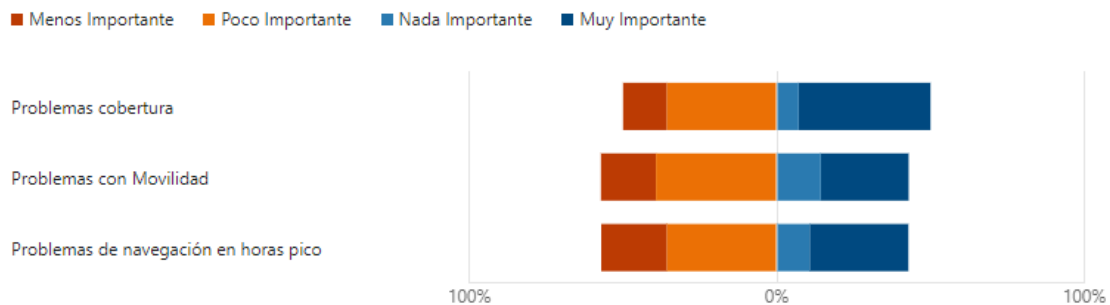


Figura 5. ¿Qué tipo de problemas presentan su sistema de conectividad Wi-Fi?, clasifique según importancia. Fuente: Elaboración Propia

La seguridad de la información en redes inalámbricas no es algo que sea fácil de identificar y la mayoría de encuestados coincide que no han tenido incidentes de seguridad en redes móviles 3G/4G o en Wi-Fi.



Figura 6. ¿Ha experimentado algún incidente de seguridad en su red inalámbrica que haya afectado la confidencialidad de su información? Fuente: Elaboración propia

Sobre las redes móviles privadas el 54% no conoce sobre estas soluciones (Figura 7) y el 100% de encuestados está interesado en conocer los beneficios que le puede dar este tipo de redes (Figura 8).

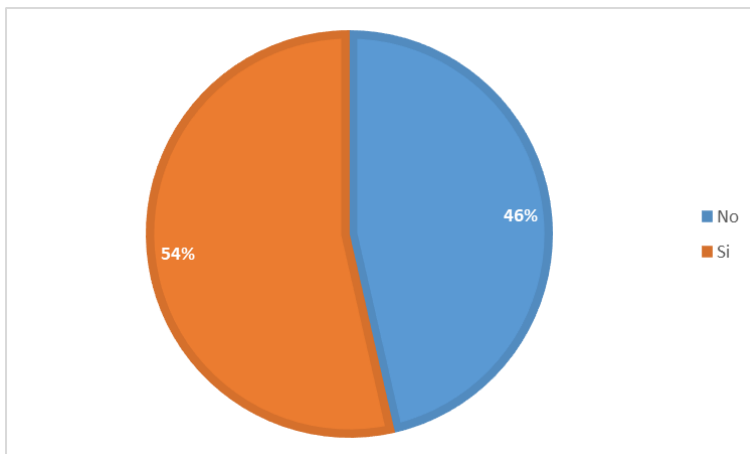


Figura 7. ¿Ha escuchado de soluciones de conectividad inalámbrica aplicando redes móviles privadas? Fuente: Elaboración Propia

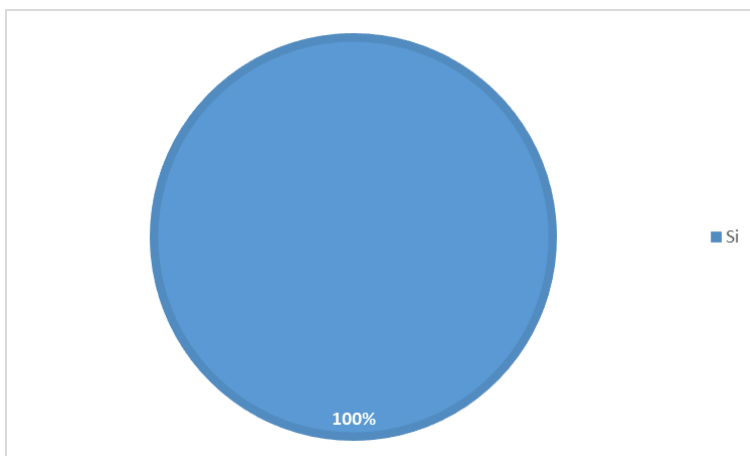


Figura 8. ¿Está usted interesado en conocer los beneficios de las redes móviles inalámbricas aplicado a la industria 4?0? Fuente: Elaboración propia

En cuanto a cómo el encuestado prefiere el modelo de inversión es el modelo híbrido con un 64%, el modelo CAPEX con un 21% y el modelo OPEX con un 14%. El modelo híbrido permite al inversionista realizar una inversión inicial para montar la infraestructura usando CAPEX y después mantener esa infraestructura usando OPEX, lo cual resulta una mejor inversión a largo plazo.

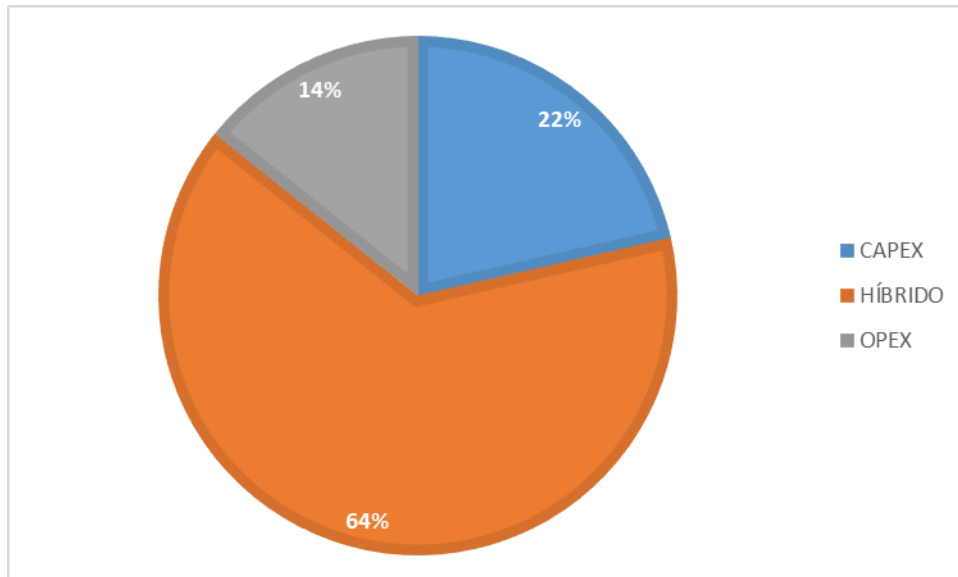


Figura 9. ¿Cuál es su preferencia en cuanto al modelo de inversión para la implementación y mantenimiento de soluciones de conectividad inalámbrica en su empresa? Fuente: Elaboración propia

La forma en que al encuestado le interesaría recibir información es a través de correo electrónico, siendo este un medio más tradicional en comparación a WhatsApp o una reunión virtual con herramientas de productividad como Zoom o Teams.

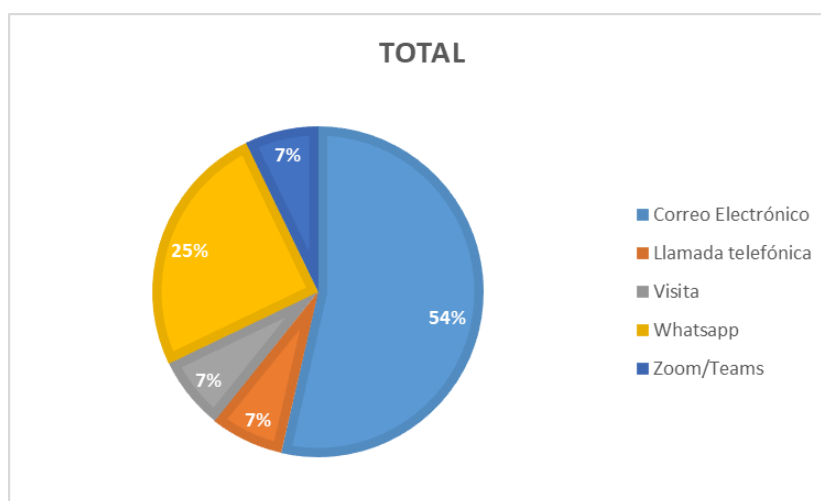


Figura 10. ¿Por qué medio le interesaría recibir la información? Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el análisis de la industria de la manufactura considerando la información de fuentes oficiales como el SRI.

La industria manufacturera en Ecuador tiene una mayor actividad en las provincias de Guayas y Pichincha. En particular, la provincia de Pichincha cuenta con una mayor cantidad de empresas manufactureras en comparación con Guayas (41.707 vs 35.960), como se puede apreciar en la Figura 3 (SRI, 2022).

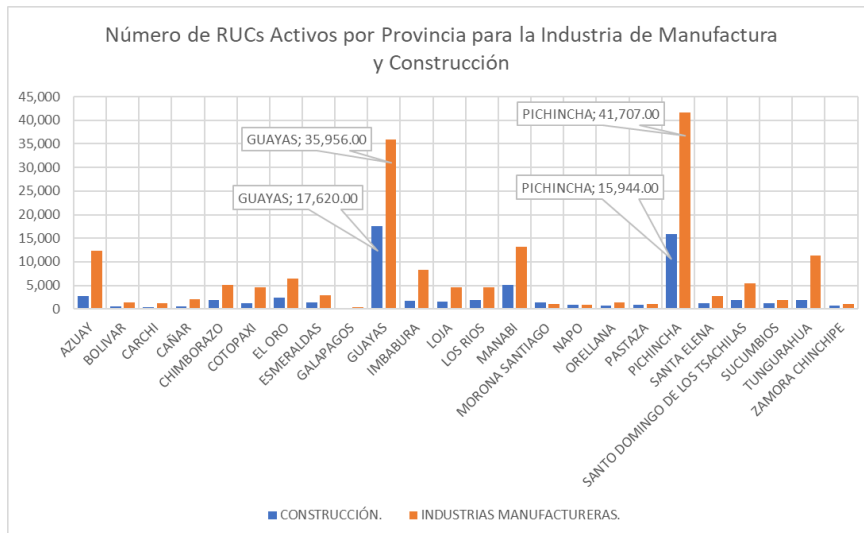


Figura 11. Número de RUCs Activos por Provincia e Industria de Manufactura (Elaboración Propia). Fuente: (SRI, 2022)

Después de analizar los datos de la figura 4, se puede concluir que Pichincha es la provincia que más aporta en términos de actividad manufacturera con un 24.22%, seguida de Guayaquil con un 22.51% y Manabí con un 7.68%.

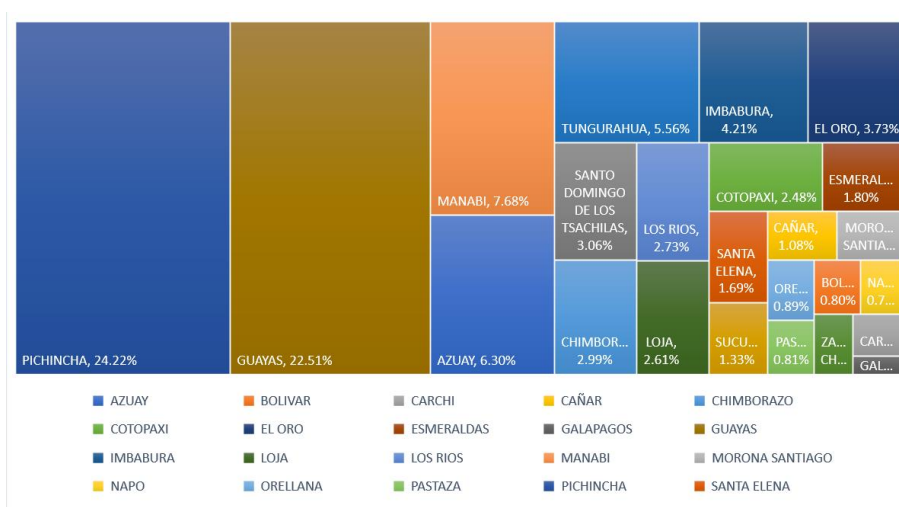


Figura 12. Distribución según porcentaje de aporta por Provincia para la industria Manufacturera y de la Construcción (Elaboración Propia) Fuente: (SRI, 2022)

Dentro de la provincia de Pichincha se observa que el 89.16% de la industria se encuentra en el Cantón Quito seguido por el 4.58% del cantón Rumiñahui, ver Figura 5.

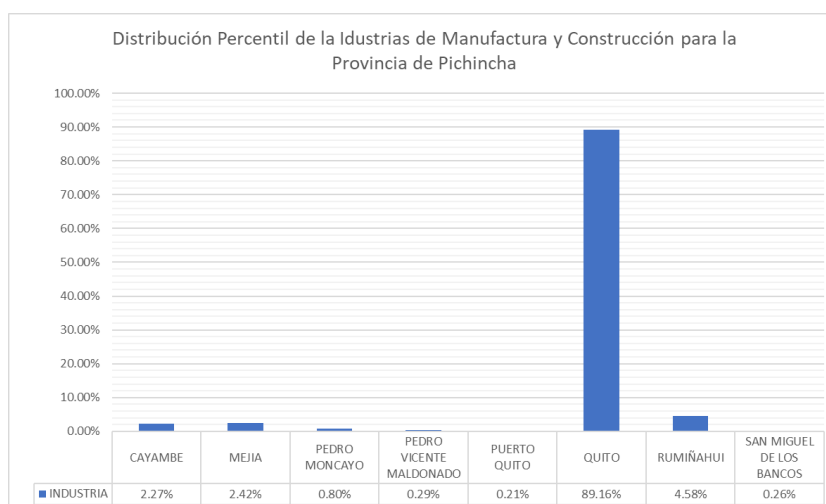


Figura 13. Distribución Percentil de Industrias Manufactura y Construcción en la Provincia de Pichincha

A nivel de aportación al producto interno bruto – PIB, según se muestra en la Figura 6, se puede observar que la contribución de la industria de la manufactura se ha mantenido constante en el tiempo con su pico mínimo el segundo trimestre del 2004 con 11.44% de aportación y su pico máximo del 12.16% en el segundo trimestre del 2020, como contraste para la industria de la construcción se tiene el pico mínimo en el segundo trimestre del 2022 con un aporte del 6.26% y su pico máximo en el cuarto trimestre del 2014 con 9.91%, esta industria ha sufrido una fuerte caída desde el año 2016 debido a la aprobación de la ley de plusvalía en Ecuador (Comercio, 2016).

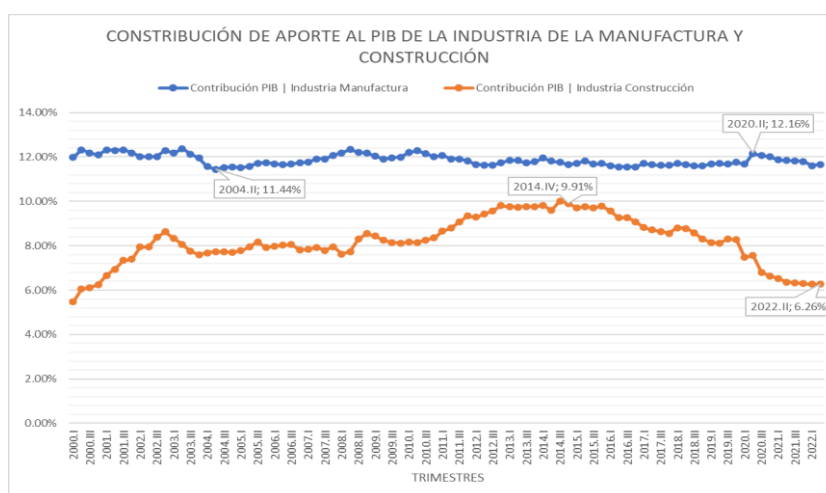


Figura 14. Contribución de aporte PIB de la industria de la Manufactura y Construcción por Trimestre desde 2000 hasta segundo trimestre de 2022. Fuente: (Ecuador, BOLETÍN DE CUENTAS NACIONALES TRIMESTRALES, 2022). Elaboración: Propia

En la Figura 7 se presenta una proyección o previsión de la contribución de la industria de la Manufactura hasta el año 2030, en donde se podría llegar a una contribución de \$10M de dólares, lo cual nos permite observar la verdadera importancia de la industria.

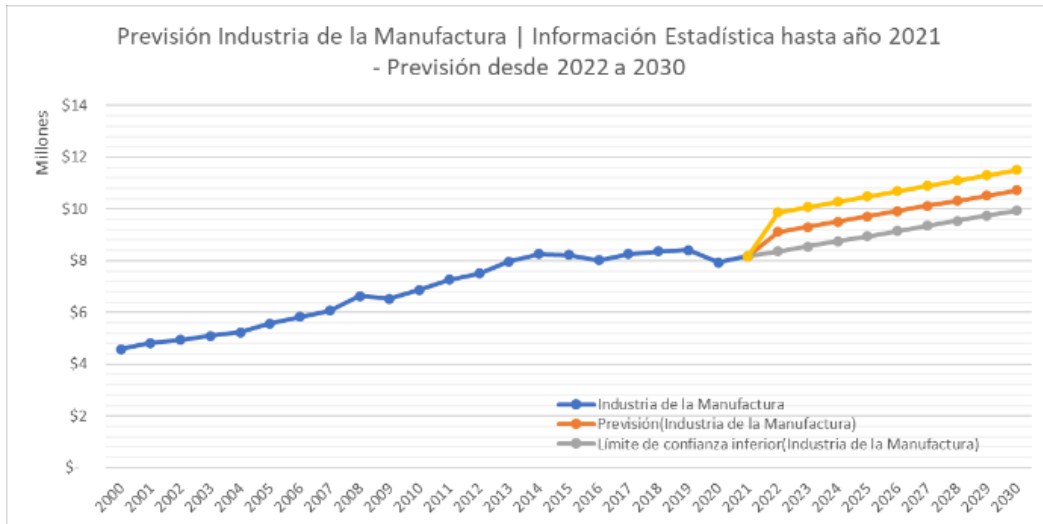


Figura 15. Previsión de Contribución de la Industria de la Manufactura Fuente: (Ecuador, BOLETÍN DE CUENTAS NACIONALES TRIMESTRALES, 2022). Elaboración: Propia

Según (Ericsson, Ericsson Mobility Visualizer, 2022), la tendencia de los dispositivos legados es a desaparecer según “forecast” a 2027, mientras que los dispositivos IoT NB-IoT/Cat-M o IoT Crítico están en aumento y en la sumatoria de estos tenemos 5000 millones de dispositivos IoT, ver Figura 10. En base a esto podemos indicar que el ecosistema de terminales IoT apuntan a redes móviles celulares sea para LTE como para 5G

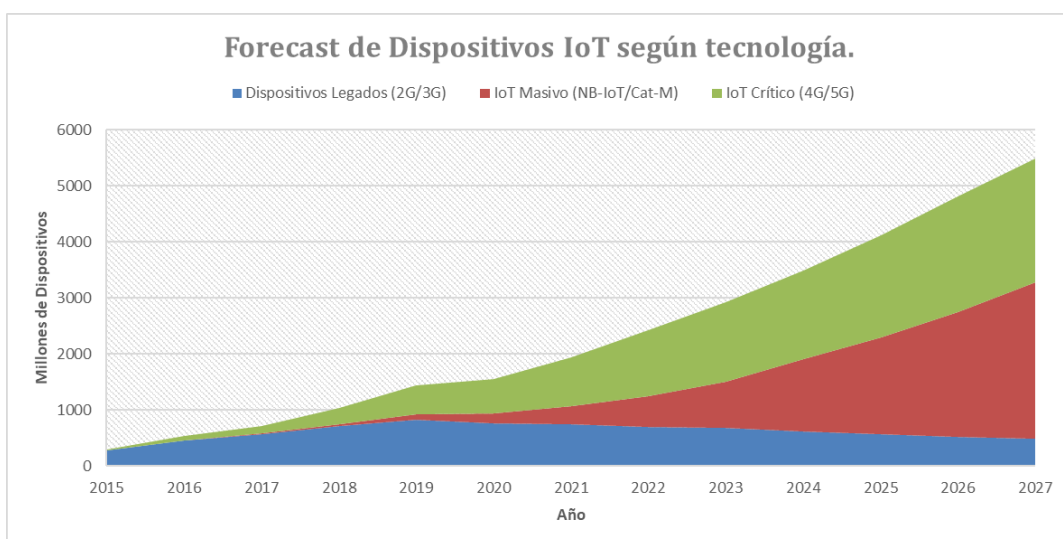


Figura 16. Forecast de dispositivos IoT. Elaboración Propia

Según el estudio (Nokia, Nokia and ABI Research identify key trends in manufacturing investment to enable Industry 4.0, 2020), la industria de la manufactura prefiere el uso de la tecnología 4.9G o 5G, con un 52%, para brindar conectividad empresarial y dispositivos IoT de misión crítica, con un 28% se inclinan por soluciones Wi-Fi propietario y con un 20% eligen a Wi-Fi 6 para la adopción de nuevas tecnologías en la Industria 4.0, ver Figura 11.

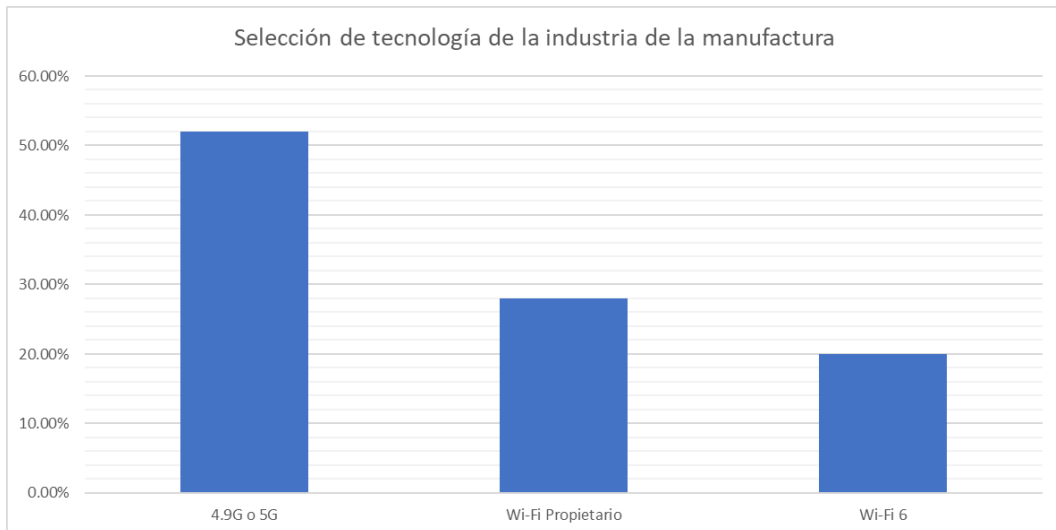


Figura 17. Selección de Tecnología de la industria de la Manufactura. Fuente: (Nokia, Nokia and ABI Research identify key trends in manufacturing investment to enable Industry 4.0, 2020). Elaboración propia.

Según reporte de (Omdia, 2020), el crecimiento de envíos de BTS/Hardware para la infraestructura de redes privadas aumentará de 1 a 8mil exportaciones, lo que representa que la adopción de tecnologías móviles para implementación de redes privadas se encuentra en aumento constante, ver Figura 12.

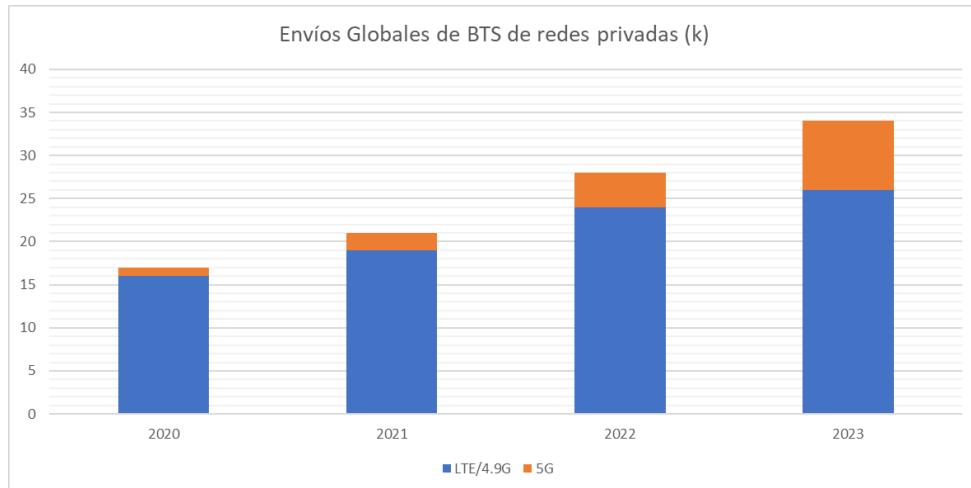


Figura 18. Envíos globales de BTS de redes privadas. Fuente: (Omdia, 2020) . Elaboración propia.

El número de despliegue por soluciones de redes inalámbricas privadas ha tenido su mayor apogeo en el cuarto trimestre del 2019 llegando a un total de 140 despliegues, siendo América del Norte la que más aporta en este tipo de redes, así también, se puede observar que Latino América y el Caribe nos encontramos muy por detrás de despliegue de estas tecnologías, ver Figura 13

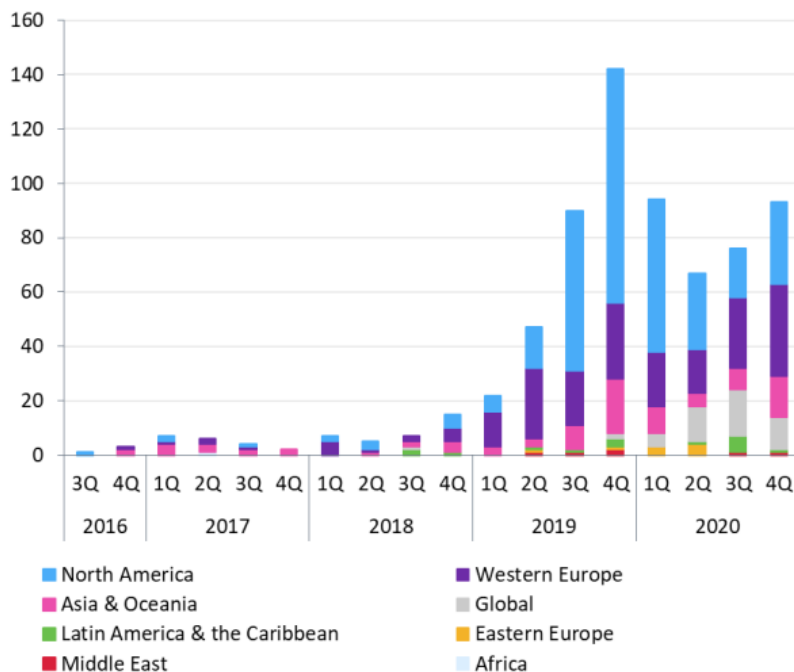


Figura 19. Número de Redes Inalámbricas Privadas. Fuente: (OMDIA, 2020)

PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES DEL PROBLEMA

Para el presente proyecto se han definido dos alternativas de solución para abordar y elaborar el modelo de negocio que se acople al despliegue de redes móviles privadas para la industria 4.0, las alternativas se muestran en la Tabla 4. Breve descripción de alternativas de servicio para satisfacer necesidades del cliente.:

Tabla 4. Breve descripción de alternativas de servicio para satisfacer necesidades del cliente.

Alternativas de Servicio	Breve Descripción
Servicio End to End	<p>En este modelo la característica principal es brindar al cliente el acompañamiento de inicio a final para la implementación de una red móvil privada, desde la definición de los requerimientos pasando por el diseño hacia la implementación e integración de la solución, finalizando con el monitoreo de la solución según SLA acordado entre las partes.</p> <p>La empresa será el punto de contacto del cliente, el operador y el proveedor del servicio.</p>
Servicio de Consultoría	<p>En este modelo el alcance consta en el acompañamiento y consultoría durante las fases que el cliente requiera, este modelo es más flexible, sin embargo, se requiere que para la administración y gestión de la</p>

	infraestructura el único punto de contacto sea la empresa.
--	--

Cualquiera de las alternativas se deberá basar en un precio estimado en base a la Tabla 5. Tamaño de la industria en base al Rango de número de que se basa en la cantidad de dispositivos a interconectar, esto se realiza ya que los equipos de telecomunicaciones se licencian por el número de dispositivos conectados de manera simultánea.

Tabla 5. Tamaño de la industria en base al Rango de número de dispositivos

Tamaño de la industria	Rango de dispositivos
Pequeña	1-1000
Mediana	1001-2000
Grande	2000-10000

El Modelo Canva para cada alternativa se detalla en las Figura 20. Modelo de Canva para Alternativas de Servicio End to End.










SERVICIO END TO END Y DE CONSULTORIA PARA IMPLEMENTACIÓN DE REDES MÓVILES PRIVADAS		Diseñado para:	Revisado por:	Fecha:	Versión:	
		John Madrigal	Angel Jaramillo	13/02/2023	2.0	
Socios clave  <p>Operadoras con Espectro asignado por ente regulador:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CONECEL S.A • OTECEL S.A • CNT EP. <p>Proveedores de Hardware para redes móviles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nokia • Huawei • Mavenir • CISCO • Ericsson <p>Nube Pública:</p> <ul style="list-style-type: none"> • AWS • Google Cloud • Azure 	Actividades clave  <p>Definición de Alcance Diseño Implementación Integración Monitoreo Capacitación</p>	Propuestas de valor  <p>E2E: Ser el único punto de contacto entre la industria y las empresas proveedoras de servicios de telecomunicación y hardware para el despliegue de redes móviles privadas de última generación.</p> <p>CONSULTORÍA: Servicio de acompañamiento y consultoría para el diseño de la solución, implementación.</p> <p>Soporte en las fases de definición de alcance, diseño, implementación y monitoreo.</p> <p>Servicio de monitoreo 5*8, 7*8 o 7*24 de la solución bajo SLA de 3, 4 y 5 niveles de confiabilidad.</p> <p>CARACTERÍSTICAS: Eficacia, Eficiencia, Fiabilidad, Facilidad de Mantenimiento, Costo, Escalabilidad.</p>	Relación con clientes  <p>Socios estratégicos para la mejora de la producción y productividad, servicio al cliente orientado a resultados.</p>	Segmentos de clientes  <p>Industria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manufactura • Construcción <p>Provincia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pichincha <p>Empresas en el segmento con visión de mejora en la productividad y producción.</p>	Recursos clave  <p>Personal: Ingenieros de Diseño, Implementación, integración y monitoreo.</p> <p>Infraestructura: On premises o cloud pública para despliegue de solución y herramientas de gestión.</p> <p>Capital: Capex + Opex en base a diseño de solución.</p> <p>Tecnología: 4G o 5G SA.</p>	Canales  <p>Marketing: Redes Sociales, WEB, Puerta a puerta.</p> <p>Servicio Pre-Venta: Omnicanalidad a través de WhatsApp Business.</p> <p>Diseño e Implementación: Herramientas empresariales como Teams o Google Workspace.</p> <p>Monitoreo: mediante correo, tickets y número único.</p>
Estructura de costos  <p>Costos CAPEX:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hardware • Software • Licencias • Servicios Profesionales (Incluye Capacitación) <p>Costos OPEX:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Servicio de Monitoreo y Asistencia. 		Fuente de ingresos  <p>Costos en base al diseño de la solución, se considera también el valor por rango de dispositivos a conectar.</p> <p>TIPOS: Venta de hardware, software, licencias, servicios profesionales.</p> <p>PRECIOS FIJOS: tarifas de servicio de monitoreo en base a SLA acordado con el cliente.</p> <p>PRECIOS DINÁMICOS: visitas por fallas no ocasionadas por el sistema, asistencia y soporte en sitio.</p> <p>MEDIOS DE PAGO: Utilización del sistema financiero, efectivo, transferencia, tarjeta de crédito.</p>				

Figura 20. Modelo de Canva para Alternativas de Servicio End to End

A continuación, se realiza el desarrollo del modelo CANVAS para el presente proyecto:

PROPUESTA DE VALOR

La propuesta de valor permite expresar la idea del proyecto, en esta se puede incluir el detalle y los diferenciadores del producto y servicio en cuestión, de esta manera se tiene una referencia de cuáles son los puntos que se diferencian de otro servicio similar en el mercado.

Para este proyecto la particularidad es que el servicio que se ofrece de E2E, es un acompañamiento desde el levantamiento de requerimientos hasta cuando el producto o servicio es entregado, es integral y permite que el cliente se enfoque en su giro de negocio mas no en detalles de implementación.

SEGMENTO DE CLIENTE

El segmento del cliente se ha definido previamente y se basa en la participación del sector de la industria de la manufactura en la provincia de Pichincha, quienes tienen el capital para poder realizar inversiones de mejora para la productividad.

Sin embargo, la aplicabilidad de este modelo de negocio puede ir más allá y considerar otras industrias o casos de aplicabilidad.

RELACIÓN CON CLIENTES

La relación del cliente debe ser de confianza para poder realizar un proceso de manera efectiva, es importante considerar que el cliente es la piedra angular del negocio y, por lo tanto, es fundamental tener una perspectiva enfocada en lograr resultados.

CANALES DE DISTRIBUCIÓN

Se considera el uso de un embudo para poder tener un acercamiento con los clientes y se detalla en la siguiente Figura 21. Canales de Distribución, Fuente: Elaboración Propia:

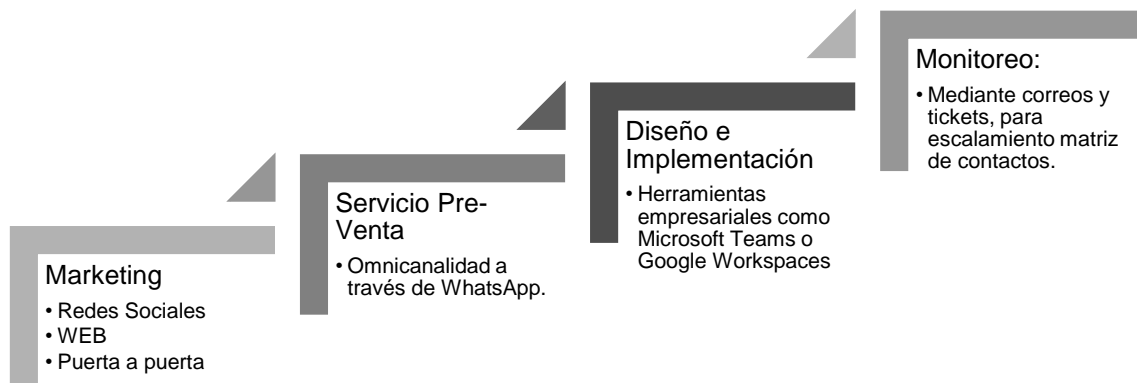


Figura 21. Canales de Distribución, Fuente: Elaboración Propia

FLUJO DE INGRESOS

Para este modelo de negocio se consideran ingresos asociados a Hardware, Software, Licencias y Servicios profesionales, estos pagos se los puede realizar mediante la utilización del sistema financiero, utilizando efectivo, transferencia, tarjeta de crédito entre otros.

Para el monitoreo se establecen valores fijos en base a un SLA acordado entre las partes, así como también se incluye precios diferenciales en base a las visitas por fallas no ocasionadas por el sistemas, asistencia y soporte en sitio.

RECURSOS CLAVES

Se han considerado como recursos las personas, el material, infraestructura o costos que estén asociados al modelo, a continuación de muestra resumen de los recursos claves:

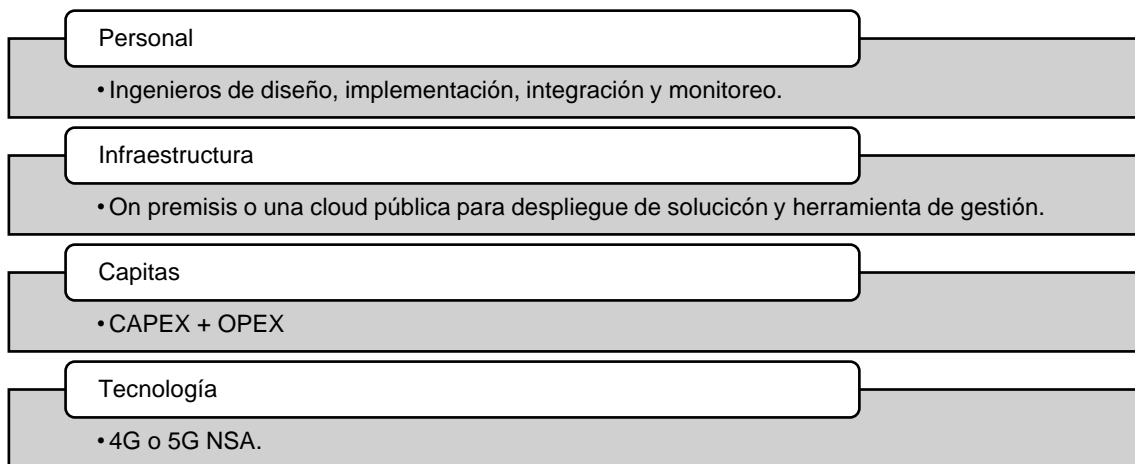


Figura 22. Recursos Claves. Fuente: Elaboración Propia

ACTIVIDADES CLAVES

Los elementos fundamentales para llevar a cabo el proyecto son:

- I. Definición del Alcance
 - a. En la definición se establece que se va a realizar y que NO se realizará como parte del proyecto.
 - b. Entregable: Documento Alcance de Trabajo o Acta de constitución del proyecto.
- II. Diseño
 - a. En base a la definición del proyecto se realizar el dimensionamiento de la solución a medida para cumplir con los requerimientos.
 - b. Entregable: Documento de diseño de alto nivel.
- III. Implementación
 - a. Según el diseño se realiza un documento/s que contengan el detalle de lo que se va a implementar, incluyendo las especificaciones técnicas del proyecto.
 - b. Entregable: Documento de diseño a bajo nivel.
- IV. Integración
 - a. Se realizan los esfuerzos de integración entre el sistema a implementar con las plataformas operativas según sea el caso.

b. Entregable: Acta de aceptación de pruebas.

V. Monitoreo

a. Se realizan monitoreos en base a SLA, dependiendo la frecuencia acordada se remiten correos y evidencia del funcionamiento de la red.

b. Entregable: Compilado de correos y evidencia entregada al cliente.

VI. Capacitación

a. Se realizan capacitaciones al cliente final sobre el uso de la plataforma, mantenimiento y revisión de estado, así como también el manejo de casos para escalamiento de fallas.

SOCIOS CLAVES

Para este modelo de negocio algo fundamental y crítico al momento de dar el servicio es poder brindar un buen servicio de manera directa, recordando que el objetivo es dar el servicio sin que el cliente tenga que involucrarse de manera técnica al 100% en el proyecto.

Por este motivo se han considerado los siguientes socios claves:

- Operadores con Espectro asignados por ente regulador de Ecuador:
 - CONECEL S.A
 - OTECEL S.A
 - CNT EP.
- Proveedores de Hardware para redes móviles:
 - Nokia
 - Huawei
 - Mavenir
 - CISCO
 - Ericsson
- Proveedores de Nube:
 - AWS (Amazon Web Services)
 - Google Cloud Platform
 - Azure (Microsoft)

ESTRUCTURA DE COSTOS

El modelo de negocio se sostiene sobre una estructura de costos que incluye tanto gastos de capital (CAPEX) como gastos operativos (OPEX), donde el CAPEX involucra la adquisición de todos los elementos necesarios para poner en producción el sistema mientras que OPEX ayuda al servicio de monitoreo y asistencia para mantener el servicio.

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para determinar la mejor solución alternativa, se realiza un análisis exhaustivo de los principales parámetros considerados en cada propuesta. En este sentido, se presenta una evaluación detallada de los dos modelos de negocio propuestos, con el objetivo de determinar cuál de ellos es más viable y beneficioso para la empresa. Ver **Tabla 6. Evaluación de alternativas de solución**

Proyecto	Modelo de Negocio	Eficacia	Eficiencia	Fiabilidad	Facilidad de mantenimiento	Costo	Escalabilidad
Elaboración de un modelo de negocio para la comercialización de redes móviles privadas inalámbricas de última generación en la industria de la provincia de pichincha	<p>E2E: Servicio de Consultoría Completo o End to End</p> <p>CP: Servicio de Consultoría Parcial</p>	<p>E2E: El modelo tiene una etapa de diseño en donde se revisa el alcance del proyecto, con el objetivo de satisfacer las necesidades de la industria en la cual se está trabajando.</p> <p>CP: Se brindará el acompañamiento necesario para que la industria oriente su trabajo a los objetivos planteados para satisfacer sus necesidades.</p>	<p>E2E: Posterior a finalizar el proyecto se medirá lo planificado durante el diseño versus lo que se utilizó durante la ejecución para determinar la eficiencia del trabajo realizado.</p> <p>CP: Durante la ejecución se entregan las herramientas para poder determinar la diferencia entre los medios empleados y los efectos logrados.</p>	<p>E2E: El diseño de la solución considera el funcionamiento en condiciones normales y en condiciones de falla, tomando en cuenta la disponibilidad que se define entre las partes en el alcance del proyecto.</p> <p>CP: Apoyar a la definición de tiempos de indisponibilidad de servicios para definir que fiabilidad de la solución en condiciones normales y atípicas.</p>	<p>E2E: Se considera el mantenimiento preventivo mensual, trimestral y anual, así como un checklist diario de rutina para validar el estado de la solución desplegada. Además, costos de visitas en base a rangos de criticidad en caso de emergencias.</p> <p>CP: El mantenimiento es parte del servicio trimestral, semestral o anual de la consultoría, por lo cual rige en base a las condiciones de SLA que se acuerden.</p>	<p>E2E: Costo incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> - CAPEX (Implementación de Hardware) - OPEX (Mantenimiento) - Servicios Profesionales. - Licencias de Software. <p>CP: Costo incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Servicios Profesionales - OPEX (Mantenimiento) 	<p>E2E: La solución es escalable, sin embargo, el entregable del proyecto se basa en el alcance del definido entre las partes para cualquier cambio posterior a la definición del alcance se lo debe manejar mediante solicitudes de cambios que se deberán revisar y acordar entre las partes.</p> <p>CP: La solución que entreguen los proveedores de hardware, software y licencias deberá ser acorde a lo definido en el alcance general del proyecto.</p>

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y SUS EFECTOS (AMFE)

En Tabla 7. Análisis de Modos de Fallo y sus Efectos. Fuente: Elaboración propia., se observa un resumen del análisis de modos de fallos y sus efectos (AMFE) para el modelo de negocio del proyecto, se han considerado 4 fases para esta evaluación que son: diseño, implementación, integración y monitoreo, para revisar el detalle de los fallos analizados por favor remitirse a Anexos.

Entre los fallos más importantes tenemos:

- **Diseño:** Nuevos requerimientos.
 - Posterior a finalizar la etapa de diseño, cualquier cambio que el cliente requiera tiene un impacto sobre el proyecto, ya sea en calidad, presupuesto o tiempo, por este motivo, se debe definir un nuevo alcance y acordar con el cliente los impactos respecto a lo establecido en el alcance. Si el cliente requiere el cambio de manera mandatorio se procede con la generación de un cambio que tiene un costo adicional a lo ya establecido.
- **Integración:** Falla en integración con equipos de terceros.
 - La interoperabilidad entre diferentes marcas y protocolos no está garantizada, lo cual en la implementación puede generar retrasos no considerados, por lo cual es imperativo tomar el tiempo suficiente durante el diseño para analizar la interoperabilidad entre plataformas.
- **Monitoreo:**
 - **Falla en visualización de alarmas:** no poder realizar el monitoreo de la solución conlleva un gran riesgo, ya que si algún proceso u equipo no está funcionando puede causar fallas e intermitencias en el servicio final y el operador no va a estar al tanto del problema hasta que el cliente lo reclame y abra un ticket por algo que se podría haber manejado de manera interna en la empresa.
 - **Falla en revisión de checklist:** si el proceso que se realiza de manera diaria para verificar el estado de la solución no tiene toda la información es un riesgo, mediante la constante

retroalimentación en el monitoreo de la solución se pueden agregar casos para que la revisión tenga un valor para el cliente final.

Tabla 7. Análisis de Modos de Fallo y sus Efectos. Fuente: Elaboración propia.

Actividades	Id (fallo)	Fallos	Efectos	Causas	Frecuencia (1-10)*	Gravedad (1-10)*	Detectabilidad (1-10)*	IPR	Acción de mejora	Responsable	Indicador de evaluación	Plazo	Factibilidad, viabilidad
DISEÑO	1	Nuevos requerimientos	Re-trabajo en entregables.	En base a la revisión del diseño, cliente solicita nuevos requerimientos.	7	6	5	210	Passar nuevos requerimientos a un manejo de cambios para definir alcance y realizar proceso de manejo de cambios.	Cliente y Proveedor de Servicio	Horas de Trabajo	3 sesiones de trabajo, incluye firma de solicitud de cambio.	100%
INTEGRACIÓN	3	Falla en integración con equipos de terceros	Demora en la integración, re-trabajos o licenciamiento adicional para integrar elementos de red.	Protocolo no aceptado en los dispositivos o versiones diferentes del mismo protocolo.	7	6	7	294	En la fase de diseño se debe realizar el análisis de las interfaces y protocolos necesarios para conectar la solución.	Cliente y Proveedor de Servicio	Horas de Trabajo	1 / por proyecto.	50%
MONITOREO	4	Falla en visualización de alarmas	No se puede realizar un monitoreo preciso de la solución.	Configuración en filtros de alarmas para visualización.	5	6	8	240	Aplicar procesos estándares para el filtrado de alarmas.	Proveedor de Servicio	Horas de Trabajo	1 / cada trimestre.	100%
MONITOREO	4	Falla en revisión de checklist	Posibles fallos que no sean visibles en la rutina, posible indisponibilidad del servicio.	Checklist no esta actualizado según la versión instalada del equipo.	5	5	8	200	En base a revisiones se deben agregar rutinas al checklist para mantenerlo actualizado.	Proveedor de Servicio	Horas de Trabajo	1 / cada mes.	100%

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO: para la implementación de una solución de red móvil privada se requiere equipo de los proveedores como Nokia, Huawei, Ericsson, Mavenir. El hardware requerido se puede instalar tanto en espacios internos como externos, depende del cliente y la disponibilidad para realizar la instalación de equipos

Para el proveedor Nokia tenemos el siguiente hardware, sus funciones y los beneficios (Nokia, Cloud Mobile Gateway, 2022):

Tabla 8. Cloud Mobile Gateway, Elaboración propia, información extraída de: (Nokia, Cloud Mobile Gateway, 2022)

Nombre Equipo	Funciones Soportadas	Beneficios
Cloud Mobile Gateway	4G: <ul style="list-style-type: none"> - S-GW (Serving Gateway) - P-GW (Packed Data Network Gateway) 5G: <ul style="list-style-type: none"> - UPF (User Plane Forwarding Function) - NRF (Network Repository Function) - NSSF (Network Slice Selection Function) - ePDG (Evolved Packed Data Gateway) 	Uso de recursos mejorado. Mejora flexibilidad y reduce complejidad de red. Reduce costos operacionales (OPEX) Mejora la disponibilidad y redundancia. Mejora el tiempo de salida al mercado (TTM)

ESPECIFICACIONES DE PROCESO: el proceso normal a seguir y para realizar el servicio de consultoría E2E se muestra en la Figura 23. Especificaciones de Proceso. Fuente: Elaboración propia.

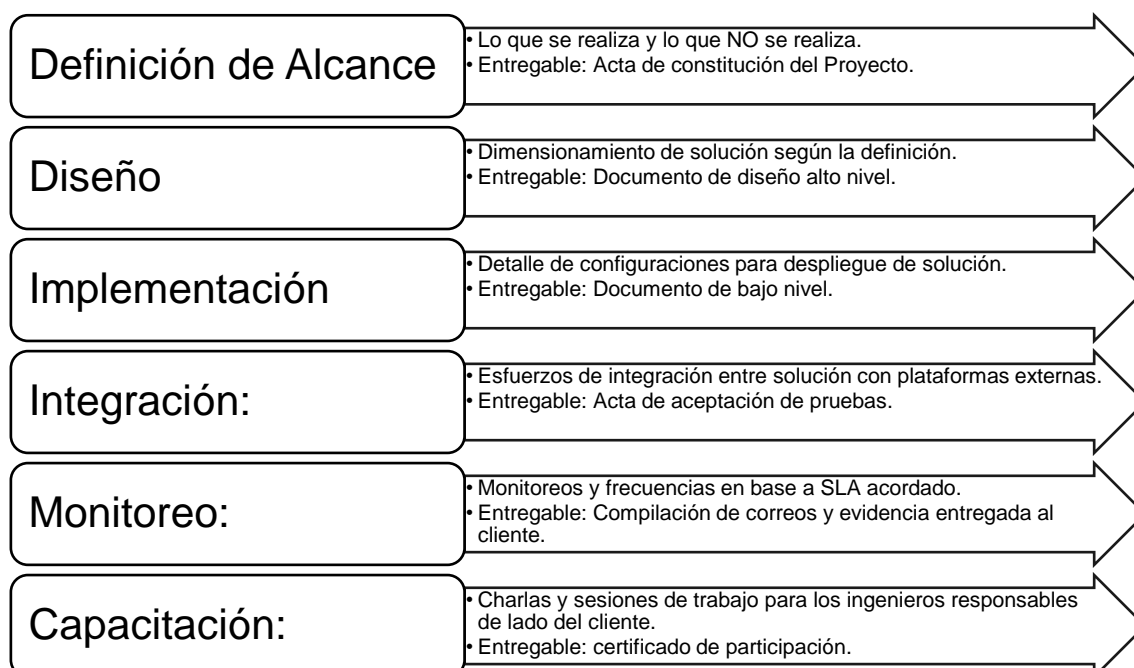


Figura 23. Especificaciones de Proceso. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

En base al análisis realizado, se concluye que las soluciones de conectividad actuales no son suficientes para cumplir con los requerimientos identificados en la industria 4.0 para la comunicación de dispositivos IoT en la industria manufacturera de la provincia de Pichincha. Sin embargo, se ha determinado que la implementación de una red móvil privada, basada en las normas y protocolos establecidos por organismos internacionales como la 3GPP, IETF, ITU, entre otros, puede satisfacer estos requerimientos.

El modelo de negocio propuesto aborda las necesidades y aspectos clave de comunicación en la industria manufacturera. Incluye servicios de consultoría integral y parcial para garantizar un despliegue exitoso del proyecto, actuando como único punto de contacto para el monitoreo de la solución y estableciendo un Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA) entre las partes involucradas.

Además, se reconoce la importancia de determinar la estructura de costos necesarios para el despliegue de la red móvil inalámbrica privada. Esto implica considerar los gastos de capital (CAPEX), como hardware, servicios y licencias, así como los gastos operativos (OPEX), como el mantenimiento.

Para obtener una propuesta económica precisa, se recomienda tomar contacto con proveedores de hardware, software, licencias y servicios para realizar un análisis detallado. Sin embargo, debido a la confidencialidad de la información, no se revelará dicha información en este documento.

En resumen, este proyecto ha desarrollado con éxito un modelo de negocio que brinda servicios de consultoría integral y parcial para el despliegue exitoso de una red móvil privada en la industria manufacturera de la provincia de Pichincha. Se ha identificado la necesidad de implementar una red móvil 4G o 5G para cumplir con los requisitos de la Industria 4.0, proporcionando amplia cobertura, alto rendimiento, bajo jitter y latencia. No obstante, se recomienda realizar un análisis detallado con proveedores para estimar el presupuesto necesario para el proyecto.

RECOMENDACIONES

Se recomienda aprovechar la implementación de redes móviles privadas, ya sea 4G o en un futuro cercano 5G, como una oportunidad para monetizar la tecnología y no depender únicamente de los servicios tradicionales de voz, SMS o datos. Esto permitirá ampliar el alcance del análisis y modelo de negocio desarrollado en este proyecto, abriendo posibilidades para su aplicación en otras industrias, negocios o verticales.

Es crucial establecer una relación sólida con los proveedores de servicios de telecomunicaciones para poder reutilizar las bandas de frecuencia asignadas. Sin acceso a este recurso, no sería factible brindar el servicio móvil necesario para la implementación de redes móviles privadas.

Además, se recomienda considerar futuras investigaciones y despliegues que amplíen el alcance de este proyecto. Dado el éxito y los beneficios identificados en la implementación de redes móviles privadas en la industria manufacturera de la provincia de Pichincha, existe un potencial para su aplicación en otras industrias, negocios y verticales. Estas investigaciones podrían explorar nuevas formas de adaptar el modelo de negocio propuesto y aprovechar los avances tecnológicos, como el despliegue de redes 5G, para mejorar aún más la comunicación y la eficiencia en diferentes contextos.

En conclusión, se recomienda aprovechar la oportunidad de monetizar las redes móviles privadas y establecer relaciones con los proveedores de servicios de telecomunicaciones para reutilizar las bandas de frecuencia asignadas. Además, se sugiere considerar futuras investigaciones y despliegues que permitan ampliar el alcance del proyecto, adaptándolo a otras industrias, negocios y verticales. Esto garantizará una mayor utilidad y aplicabilidad del modelo de negocio desarrollado en este proyecto

REFERENCIAS

- 3GPP. (13 de Mayo de 2020). *5G for Industry 4.0*. Retrieved 01 de 09 de 2022, from https://www.3gpp.org/news-events/2122-tsn_v_lan
- ARCOTEL. (Mayo de 2023). *Otorgamiento de Títulos Habilitantes: REDES PRIVADAS*. <https://www.arcotel.gob.ec/otorgamiento-de-titulos-habilitantes-redes-privadas2/>
- ARCOTEL. (SF). *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. <https://www.arcotel.gob.ec/requisitos-red-privada3/>
- Bertolini, P. (17 de Junio de 2022). *DPL News*. Retrieved 02 de 09 de 2022, from <https://dplnews.com/nokia-tiene-27-clientes-de-redes-privadas-en-america-latina/>
- BNamericas. (20 de 8 de 2021). *BNamericas - Las redes inalámbricas privadas ofrecen beneficios*. Retrieved 19 de 09 de 2022, from <https://www.bnamericas.com/es/noticias/las-redes-inalambricas-privadas-ofrecen-beneficios-y-opciones-para-las-empresas>
- Comercio, E. (28 de 12 de 2016). *Seis claves para entender la Ley sobre plusvalía, aprobada en la Asamblea*. Retrieved 10 de 10 de 2022, from <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/ley-plusvalia-asamblea-ecuador-explicacion.html>
- D, F. (2020). *ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y ANÁLISIS DE DATOS*. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza. Retrieved 30 de 09 de 2022, from <http://www1.frm.utn.edu.ar/estadistica/documentos/ed&ad.pdf>
- Deloitte. (2020). *Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*. Suiza: Deloitte AG. Retrieved 21 de 09 de 2022.
- E.F., P. (2020). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN*. Retrieved 01 de 10 de 2022, from

https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8917/Capitulo_III_Marco_Metodol_gico.pdf

Ecuador, B. C. (19 de 06 de 2022). *BOLETÍN DE CUENTAS NACIONALES TRIMESTRALES*. Retrieved 27 de 09 de 2022, from <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/Indices/c119062022.htm>

Ecuador, B. C. (07 de 2022). *BOLETÍN DE CUENTAS NACIONALES TRIMESTRALES*. Retrieved 10 de 10 de 2022, from <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/Indices/c120092022.htm>

Engineering, C. (2021). *THE ADOPTION OF PRIVATE NETWORKS FOR ENTERPRISES*. England: Capgemini Engineering. Retrieved 19 de 09 de 2022.

Ericsson. (12 de 2019). *Ericsson Critical capabilities for private 5G networks*. Retrieved 19 de 09 de 2022, from <https://www.ericsson.com/4af9b6/assets/local/reports-papers/white-papers/criticalcapabilities5g.pdf>

Ericsson. (10 de 08 de 2022). *Emerging business models for private cellular networks*. Retrieved 22 de 09 de 2022, from <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/8/emerging-business-models-for-private-cellular-networks>

Ericsson. (13 de 10 de 2022). *Ericsson Mobility Visualizer*. Retrieved 13 de 10 de 2022, from <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/mobility-visualizer?f=16&ft=2&r=1&t=21,22,23&s=14&u=1&y=2015,2027&c=1>

Grasso, A. (21 de 09 de 2021). *Private 5G Networks: How Siemens has changed the nature of Industrial Production*. Retrieved 21 de 09 de 2022, from <https://antgrasso.medium.com/private-5g-networks-how-siemens-has-changed-the-nature-of-industrial-production-a14b69913f50>

- Hasan, M. (18 de 05 de 2022). *IOT ANALYTICS*. Retrieved 13 de 10 de 2022, from <https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/>
- IBM. (SF). *¿Qué es la Industria 4.0 y cómo funciona? | IBM*. Retrieved 19 de 09 de 2022, from <https://www.ibm.com/es-es/topics/industry-4-0>
- Iebmedia. (06 de 2022). *How Wi-Fi 6/6E enables Industry 4.0*. Retrieved 02 de 09 de 2022, from <https://iebmedia.com/technology/industrial-5g-wireless/how-wi-fi-6-6e-enables-industry-4-0/>
- INEC. (s.f.). *Censo Nacional Económico*. Retrieved 01 de 10 de 2022, from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec//censo-nacional-economico/>
- Insights, E. I. (18 de 07 de 2022). *Airtel sets up 5G private network at Bosch manufacturing facility*. Retrieved 21 de 09 de 2022, from <https://enterpriseiotinsights.com/20220718/5g/airtel-sets-up-5g-private-network-bosch-manufacturing-facility>
- Insights, E. I. (22 de 07 de 2022). *BMW recruits NTT and Intel for private 5G test site to drive Industry 4.0 gains*. Retrieved 21 de 09 de 2022, from <https://enterpriseiotinsights.com/20220727/smart-factory/bmw-recruits-ntt-and-intel-for-private-5g-test-site-to-drive-industry-4-0-gains>
- ITU-R. (2013). *Future spectrum requirements estimate for terrestrial IMT*. ITU. Retrieved 05 de 09 de 2022.
- Jan Hochdörffer, J. B. (2018). *Holistic approach for integrating customers in the design, planning, and control of global production networks*. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2018.07.004>
- JL, C. (2000). *Investigación cualitativa y cuantitativa*. Rev. Cubana Endocrinol 2000. Retrieved 30 de 09 de 2022.
- Kasujee, I. (02 de 09 de 2022). *Private LTE/5G networks tracker 2Q 2022*. <https://www.analysysmason.com/research/content/data-set/private-networks-tracker-rma17/>

- Martín, J. S. (2020). *Impacto en la productividad por el uso de tecnologías 5G en Ecuador*. ITU. Retrieved 05 de 09 de 2022.
- Martín, Z. H. (2012). *Métodos de Análisis de Datos: Apuntes*. Universidad La Rioja.
https://www.unirioja.es/cu/zehernan/docencia/MAD_710/Lib489791.pdf
- Nokia. (2019). *Industrial-grade private wireless*. Retrieved 01 de 09 de 2022, from Nokia Whitepaper Industrial grade private wireless for Industry 4.0 Apps:
<https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2020/04/2019-09-Nokia-Whitepaper-Industrial-grade-private-wireless-for-Industry-4.0-Apps.pdf>
- Nokia. (6 de 5 de 2020). *Nokia and ABI Research identify key trends in manufacturing investment to enable Industry 4.0*. Retrieved 14 de 10 de 2022, from <https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2020/05/06/nokia-and-abi-research-identify-key-trends-in-manufacturing-investment-to-enable-industry-40/>
- Nokia. (06 de 12 de 2021). *Nokia deploys 5G private wireless network for Volkswagen's pilot project in Germany*. Retrieved 21 de 09 de 2022, from <https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2021/12/06/nokia-deploys-5g-private-wireless-network-for-volkswagens-pilot-project-in-germany/>
- Nokia. (21 de 02 de 2022). *Cloud Mobile Gateway*.
<https://www.nokia.com/networks/core-networks/cloud-mobile-gateway/>
- NXP. (2021). *Wi-Fi 6 ACCELERATES ADOPTION OF INDUSTRY 4.0*. Retrieved 01 de 09 de 2022, from <https://www.nxp.com/docs/en/brochure/WI-FI6-ACCELERATES-INDUSTRY-4.0.pdf>
- Omdia. (2020). *Global Wireless BTS shipments*. Omdia. Retrieved 14 de 10 de 2022.
- OMDIA. (2020). *LTE and 5G Private Networks Tracker Report*. Informa Tech. Retrieved 15 de 10 de 2022, from <https://images.intelligence.informa.com/Web/InformaUKLimited/%7Bea2>

e2e1a-a7eb-4e0b-909a-

144af6fe8fcf%7D_LTE_and_5G_Private_Networks_Tracker_Report__20
20_Final_PDF.pdf

Partners, S. (sf). *Private 5G vs Wi-Fi vs Private LTE*. Retrieved 01 de 09 de 2022,
from <https://stlpartners.com/articles/private-cellular/private-5g-vs-wi-fi-vs-private-lte/>

Pereira, A. C. (2017). A review of the meanings and the implications of the
Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214.

Poretsky, S. (24 de 06 de 2021). *ERICSSON BLOG*.
<https://www.ericsson.com/en/blog/2021/6/how-to-use-a-systems-based-approach-to-secure-cellular-iot>

Pro, Q. (sf). *¿Qué es la metodología de la investigación?* Retrieved 1 de 10 de
2022, from <https://www.questionpro.com/blog/es/metodologia-de-la-investigacion/>

Qualcomm. (Julio de 2019). *Private 5G Mobile Networks for Industrial IoT*.
Retrieved 02 de 09 de 2022, from
https://www.qualcomm.com/content/dam/qcomm-martech/dm-assets/documents/private_5g_networks_for_industrial_iot.pdf

Sarmiento, R. &. (2019). *An Overview of Statistical Data Analysis*. Retrieved 01
de 10 de 2022, from
https://www.researchgate.net/publication/335290671_An_Overview_of_Statistical_Data_Analysis

Solis, L. D. (4 de 2 de 2020). *La entrevista en la investigación cualitativa*.
Retrieved 1 de 10 de 2022, from t.ly/HW8f

SRI. (2022). *SAIKU*. Retrieved 04 de 10 de 2022, from
<https://srienlinea.sri.gob.ec/saiku-ui/>

VERTIV. (21 de 09 de 2022). *5 factores a considerar a la hora de alimentar su
lanzamiento 5G*. Retrieved 21 de 09 de 2022, from

<https://www.vertiv.com/es-latam/about/news-and-insights/articles/blog-posts/5-factors-to-consider-when-powering-your-5g-rollout/>

Ynzunza Cortés Carmen, I. L. (2017). Implications and Perspectives of Industry 4.0. *Conciencia Tecnológica*, 54.

ANEXOS

1. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y SUS EFECTOS (AMFE)

Actividades	Id (fallo)	Fallos	Efectos	Causas	Frecuencia (1-10)*	Gravedad (1-10)*	Detectabilidad (10-1)*	IPR	Acción de mejora	Responsabl	Indicador de evaluación	Plazo	Factibilidad, viabilidad
DISEÑO	1	Desconocimiento de la solución	Demora en cerrar al cancel técnico de la solución	Producto es nuevo	1	5	3	15	Sesiones de introducción a la solución.	Proveedor de Servicio	Horas de Trabajo	5 sesiones incluyendo firma de satisfacción.	100%
DISEÑO	1	Re-diseño de la solución	Demora en la elaboración de documentos de solución.	Falla en levantamiento de requerimientos	5	5	4	100	Sesiones de trabajo con los stakeholders del proyecto.	Cliente	Horas de Trabajo	3 sesiones de trabajo, incluye firma de adendum al alcance.	100%
DISEÑO	1	Falta de personal capacitado	Demora en desarrollo de entregables.	Personal no realizó su introducción al nuevo producto.	2	4	5	40	Capacitación previo al ingreso del proyecto con un examen de conocimiento.	Proveedor de Servicio	Certificación	1 examen de certificación.	100%
DISEÑO	1	Nuevos requerimientos	Re-trabajo en entregables.	En base a la revisión del diseño, cliente solicita nuevos requerimientos.	7	6	5	210	Pasar nuevos requerimientos a un manejo de cambios para definir alcance y realizar proceso de manejo de cambios.	Cliente y Proveedor de Servicio	Horas de Trabajo	3 sesiones de trabajo, incluye firma de solicitud de cambio.	100%
IMPLEMENTACIÓN	2	Tiempos de demora en Adquisición y entrega de equipamiento	Retrasos en cronograma de implementación.	Demora por entidades externas tanto en fabricación como en la entrega.	5	7	2	70	Considerar un tiempo de logística acorde a la actualidad	Proveedor de Servicio	Fechas de arribo de Equipos	1 / por proyecto.	100%
IMPLEMENTACIÓN	2	Fallas en Hardware	Retrasos en implementación.	Avería del equipo durante el envío.	2	4	2	16	Considerar en orden inicial un manejo de stock de repuestos.	Proveedor de Servicio	Bodegaje	1 / por proyecto.	50%
IMPLEMENTACIÓN	2	Falta de dimensionamiento en facilities de la solución	Retrasos en implementación.	No se realizó una encuesta de facilities en sitio para levantar todos los requerimientos para la instalación.	4	6	5	120	Realizar una visita en sitio para levantar la información necesaria para la instalación del equipo.	Cliente y Proveedor de Servicio	Horas de Trabajo	2 visitas por proyecto: - Visita previa. - Visita de entrega.	100%
IMPLEMENTACIÓN	2	Falta de personal capacitado para la instalación	No se puede iniciar instalación o cerrar pruebas de aceptación de la instalación.	Personal no conoce los manuales de equipos o procesos a seguir de la empresa.	2	4	5	40	Capacitación de personal	Proveedor de Servicio	Certificación	1 examen de certificación.	100%
INTEGRACIÓN	3	Falla en integración con equipos de terceros	Demora en la integración, re-trabajos o licenciamiento adicional para integrar elementos de red.	Protocolo no aceptado en los dispositivos o versiones diferentes del mismo protocolo.	7	6	7	294	En la fase de diseño se debe realizar el análisis de las interfaces y protocolos necesarios para conectar la solución.	Cliente y Proveedor de Servicio	Horas de Trabajo	1 / por proyecto.	50%
INTEGRACIÓN	3	Falta de recursos capacitados	Demora en el despliegue de la solución.	Personal no conoce como integrar la solución por falta de experiencia.	2	4	5	40	Capacitación del personal.	Proveedor de Servicio	Certificación	1 examen de certificación.	100%
MONITOREO	4	Falla en visualización de alarmas	No se puede realizar un monitoreo preciso de la solución.	Configuración en filtros de alarmas para visualización.	5	6	8	240	Aplicar procesos estándares para el filtrado de alarmas.	Proveedor de Servicio	Horas de Trabajo	1 / cada trimestre.	100%
MONITOREO	4	Falla en revisión de checklist	Posibles fallos que no sean visibles en la rutina, posible indisponibilidad del servicio.	Checklist no esta actualizado según la versión instalada del equipo.	5	5	8	200	En base a revisiones se deben agregar rutinas al checklist para mantenerlo actualizado.	Proveedor de Servicio	Horas de Trabajo	1 / cada mes.	100%
MONITOREO	4	Problemas no considerados	Demora en trabajar para solucionar el problema.	BUGS de software o desconocimiento del operador.	2	4	10	80	Levantamiento de versiones de hardware, software y procesos para analizar los posibles riesgos.	Proveedor de Servicio	Horas de Trabajo	1 / cada semestre.	100%

2. ANÁLISIS DE FLUJO DE CAJA

Flujo de Caja | Proyecto Implementación de Red Móvil Privada Ejemplo (Valores indicados no son referenciales)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
Saldo inicial	\$ -	-\$193,000.00	-\$ 4,213.60	\$ 4,572.80	\$ 13,359.20	\$ 22,145.60	\$ 30,932.00	\$ 39,718.40	\$ 23,504.80	\$ 23,504.80	\$ 23,504.80	\$ 23,504.80	
Ingresos													
Ventas en efectivo	\$ -	\$ 200,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 320,000.00
Cobros de ventas a crédito	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Cobros por ventas de activo fijo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Ingresos	\$ -	\$ 200,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 320,000.00
Egresos													
Hardware, Software y Licencias	\$ 150,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 25,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 175,000.00
Pago de nómina	\$ -	\$ 6,400.00	\$ 6,400.00	\$ 6,400.00	\$ 6,400.00	\$ 6,400.00	\$ 6,400.00	\$ 6,400.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 44,800.00
Pago de Seguridad social	\$ -	\$ 713.60	\$ 713.60	\$ 713.60	\$ 713.60	\$ 713.60	\$ 713.60	\$ 713.60	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4,995.20
Pago proveedores	\$ 43,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 43,000.00
Pago de impuestos	\$ -	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 16,800.00
Pago de servicios públicos	\$ -	\$ 200.00	\$ 200.00	\$ 200.00	\$ 200.00	\$ 200.00	\$ 200.00	\$ 200.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,400.00
Pago de alquiler	\$ -	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 7,000.00
Pago de mantenimiento	\$ -	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,500.00
Pago de publicidad	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 193,000.00	\$ 11,213.60	\$ 11,213.60	\$ 11,213.60	\$ 11,213.60	\$ 11,213.60	\$ 11,213.60	\$ 36,213.60	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 296,495.20
Flujo de caja económico	-\$193,000.00	-\$ 4,213.60	\$ 4,572.80	\$ 13,359.20	\$ 22,145.60	\$ 30,932.00	\$ 39,718.40	\$ 23,504.80	\$ 23,504.80	\$ 23,504.80	\$ 23,504.80	\$ 23,504.80	
Financiamiento													
Préstamo recibido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago de préstamos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Financiamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de caja financiero	- 193,000.00	- 4,213.60	4,572.80	13,359.20	22,145.60	30,932.00	39,718.40	23,504.80	23,504.80	23,504.80	23,504.80	23,504.80	

Costo Total de Proyecto	
\$	320,000.00
Rentabilidad Exigida en el Proyecto	
	20%
VAN/VPN	
\$	67,348.74
TIR	
	2%

3. ENCUESTA

1. Dentro de la clasificación de tipo de industria, considerando su empresa, se considera como:
 - a. Industria de Manufactura
 - b. Industria de Construcción
 - c. Industria de Minería
 - d. Industria de Telecomunicaciones
2. ¿Dónde se encuentra la empresa que usted maneja?
 - a. Microempresa
 - b. Pequeña Empresa
 - c. Mediana Empresa
 - d. Gran Empresa
3. ¿Qué tipo de problemas presentan su sistema de conectividad Wi-Fi?, clasifique según importancia.

Ítem	Menos Importante	Poco Importante	Nada Importante	Muy Importante
Problemas cobertura				
Problemas con Movilidad				
Problemas de navegación en horas pico				

4. ¿Ha experimentado interrupciones en la conectividad cuando se ha desplazado de un área de cobertura inalámbrica a otra? ¿Qué tan frecuente han sido estas interrupciones?

Ítem	Poco Frecuente	Frecuentemente	Muy Frecuente
Redes Móviles 3G/4G			
Redes Wi-Fi			

5. Durante horas de alto tráfico 9-11AM o 8-10PM ¿Ha experimentado problemas de conectividad en la red Wi-Fi o la red móvil?

Ítem	Si	No
Redes Móviles 3G/4G		
Redes Wi-Fi		

6. ¿Ha experimentado algún incidente de seguridad en su red inalámbrica que haya afectado la confidencialidad de su información?

Ítem	Si	No
Redes Móviles 3G/4G		
Redes Wi-Fi		

7. ¿Ha escuchado de soluciones de conectividad inalámbrica aplicando redes móviles privadas?
 - a. Si
 - b. No

8. ¿Está usted interesado en conocer los beneficios de las redes móviles inalámbricas aplicado a la industria 4?0?
 - a. Si
 - b. No

9. ¿Está usted familiarizado con modelos de negocio CAPEX, OPEX o híbridos?
 - a. Si
 - b. No

10. ¿Cuál es su preferencia en cuanto al modelo de inversión para la implementación y mantenimiento de soluciones de conectividad inalámbrica en su empresa?
 - a. CAPEX
 - b. OPEX
 - c. HÍBRIDO

11. Cuando adquiere un producto o servicio, ¿Cómo prefiere realizar los pagos?

Ítem	En desacuerdo	Indiferente	Totalmente de Acuerdo
Pago único para implementación y mantenimiento a cargo de su empresa.			
Pago de servicios mensuales para uso del servicio, incluye mantenimiento del hardware necesario			
Pago único de implementación y un pago mensual de mantenimiento bajo un acuerdo de servicio.			

12. En su empresa, ¿Cuenta con personal técnico que brinde asesoría para este tipo de tecnologías?
- a. Si
 - b. No
13. ¿Cuántos dispositivos sean terminales móviles, laptops o dispositivos IoT se conectan a su red?}
- a. De 1 a 50 dispositivos
 - b. De 50 a 100 dispositivos
 - c. Mas de 100 dispositivos
14. ¿Cuál es el área en m² de su industria?
- a. Menos de 50m²
 - b. Menos de 100m²
 - c. Menos de 150m²
 - d. Menos de 200m²
 - e. Mas de 200m²
15. ¿Quién es su proveedor de Internet a la fecha?
- a. CNT
 - b. Claro
 - c. Movistar
 - d. Netlife
 - e. Century
 - f. Otros

16. ¿Le gustaría recibir una propuesta de solución para implementación de redes móviles privadas como una solución de conectividad para su empresa?

- a. Si
- b. No

17. ¿Por qué medio le interesaría recibir la información?

- a. Correo electrónico
- b. WhatsApp
- c. Visita
- d. Zoom/Teams
- e. Llamada Telefónica