

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**SISTEMA DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA
UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR PARA OPERACIONES
MINERAS A TAJO**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

ELABORADO POR:

ELISEO YOSHIRO TRAVEZAÑO CENTENO

ASESOR

ING. CESAR AUGUSTO ATALAYA PISCO

LIMA – PERÚ

2020

Certificado de aprobación

SISTEMA DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR PARA
OPERACIONES MINERAS A TAJO

DEDICATORIA

A mi madre Olga Centeno Ramos por su amor y sacrificio incondicional todos los días de su vida por lo cual puedo cumplir mis metas, a mi hija Fátima por ser mi motivación y el amor más puro que me regaló Dios.

SUMARIO

El presente informe consta del diseño e implementación de una red inalámbrica con alta disponibilidad y de manera redundante para operaciones mineras a tajo abierto, el cual es la forma de extracción de mineral en gran minería. Estos equipos de comunicaciones que conforman esta red inalámbrica utilizan energía solar para su funcionamiento y eficiencia puesto que la geografía de la zona donde opera esta red cambia continuamente y no es posible instalar líneas eléctricas ni de telecomunicaciones.

Para esta implementación se realizó un proyecto multidisciplinario con las áreas de ingeniería teniendo como fases el diseño de arquitectura de red e ingeniería, ingeniería de detalle, implementación, puesta en operación y finalmente estudios de cobertura. Adicional, se siguieron las buenas prácticas de gestión de proyectos de acuerdo con el Project Management Institute.

Se obtuvo como resultado, la implementación de una red inalámbrica operando 24x7x365 utilizando energía solar para permitir la conectividad de los sistemas de tecnología minera instalados en la flota (camiones, perforadoras y palas) hacia los servidores y cuartos de control.



ÍNDICE

PRÓLOGO	1
1. CAPÍTULO I:	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.1.1.Etapas del proceso minero	2
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Evaluación del problema.....	4
1.4. Alcances	5
2. CAPÍTULO II:	
SISTEMA DE GESTIÓN DE FLOTA MINERA OPERACIÓN EN TAJO ABIERTO.....	6
2.1. Proceso de perforación y voladura	7
2.2. Proceso de carguío y acarreo	8
2.3. Proceso de procesamiento del mineral	8
3. CAPÍTULO III:	
OTROS SISTEMAS DE FLOTA MINERA.....	9
3.1. Gestión de flota minera: Sistema Dispatch.....	9
3.2. Gestión de estado de la flota: RAMP MEM	11
3.3. Sistema de monitoreo antifatiga: DSS.....	12
4. CAPÍTULO IV:	
ARQUITECTURA DE LA RED, UN DISEÑO ALTAMENTE CONFIABLE Y SEGURO ..	13
4.1. Conexión hacia internet.....	14
4.2. Zona de núcleo.....	18
4.3. Zona de distribución	21
4.4. Zona de acceso	22
4.5. Infraestructura Inalámbrica	23
4.6. Infraestructura virtual.....	34
4.7. Clientes inalámbricos	35
4.7.1.Access Point: Cisco 819 Router	36
4.7.2.Switch: Cisco IE3000 Switch	37
5. CAPÍTULO V:	
ENERGÍA AUTÓNOMA, EL GRAN DESAFÍO	40



6. CAPÍTULO VI:	
INSTALACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN	45
7. CAPÍTULO VII:	
PRESUPUESTO Y CARTA GANTT PARA PUESTA EN OPERACIÓN	49
7.1. Fases	49
7.2. Costos.....	50
7.3. Cronograma.....	52
8. CAPÍTULO VIII:	
ESTUDIO Y ANÁLISIS DE COBERTURA.....	55
8.1. Software de monitoreo de equipos: Solarwinds Orion Network Performance Monitor	55
8.2. Sistema para el estudio de cobertura: Airmagnet	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA.....	63



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Tipos de sistemas	7
Tabla 7.1. Fases del proyecto	49
Tabla 7.2. Actividad del proyectp	49
Tabla 7.3. Costos del equipamiento.....	51
Tabla 7.4. Costos de los servicios	52



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Etapas del proceso minero en tajo	3
Figura 1.2. Etapas del proceso minero en planta	3
Figura 2.1. Etapas del proceso minero	8
Figura 3.1. Ejemplo de múltiples opciones para un camión	9
Figura 3.2. Objetivos del Sistema Dispatch	10
Figura 3.3. Ejemplo de rutas con Sistema Dispatch.....	11
Figura 3.4. Ejemplo de colección local de signos vitales de camión	11
Figura 3.5. Ejemplo de monitoreo de fatiga con el sistema DSS.....	12
Figura 4.1. Diseño de arquitectura de red	13
Figura 4.2. Diagrama conexión hacia internet	14
Figura 4.3. Ejemplo del tráfico hacia internet	15
Figura 4.4. Monitoreo del tipo de tráfico con Netflow	16
Figura 4.5. Diseño de conexión hacia la nube (internet)	17
Figura 4.6. Topología zona de core	18
Figura 4.7. Diagrama físico y lógico del VSS	19
Figura 4.8. Modelo y características del enlace microondas a utilizar.....	20
Figura 4.9. Zona de distribución.....	22
Figura 4.10. Switches de acceso conectados al switch de distribución.....	23
Figura 4.11. Esquema de red inalámbrica a implementar.....	24
Figura 4.12. Comparación de los diferentes tipos de red.....	26
Figura 4.13. Comparación de las funciones de los modos de aplicación	26
Figura 4.14. Ejemplo del diseño.....	27
Figura 4.15. Conexión de los WLCs al switch de distribución.....	28
Figura 4.16. Lista de Access points soportados por nuestro reléase del controlador	29
Figura 4.17. Cisco Aironet 1550 Series Outdoor Access Point.....	30
Figura 4.18. Cisco Aironet 1530 Series Outdoor Access Point.....	31
Figura 4.19. Cisco Aironet 1520 Series Lightweight Outdoor Access Point	32
Figura 4.20. Cisco Aironet 1570 Series Outdoor Access Point.....	32
Figura 4.21. Ejemplo de uso de radios de los access points. Conexión de 5GHz entre access points y 2.4GHz para dar cobertura a los clientes.	33
Figura 4.22. Resumen de RAP y MAP	34
Figura 4.23. Topología de red infraestructura virtual de servidores.....	35

Figura 4.24. Topología que se instalará en cada equipo de la flota minera	36
Figura 4.25. Imagen del router/access point Cisco 819	37
Figura 4.26. Imagen de switch Cisco IE3000 de 8 puertos	39
Figura 4.27. Conexión desde los servidores	39
Figura 5.1. Cambios de la geografía por extracción.....	40
Figura 5.2. Diagrama simplificado de sistema fotovoltaico	41
Figura 5.3. Controlador de carga Morningstar MPPT60.....	42
Figura 5.4. Diagrama del sistema fotovoltaico detallado.....	43
Figura 5.5. Remolque para nuestro equipo de comunicaciones	44
Figura 6.1. Cantidad de equipamiento para tajo 1.....	45
Figura 6.2. Cantidad de equipamiento para tajo 2.....	46
Figura 6.3. Cantidad de equipamiento para tajo 2 (continuación)	46
Figura 6.4. Cantidad de Equipos para botadero.....	47
Figura 6.5. Ejemplo de enlace entre RAP y MAP.....	47
Figura 6.6. Ejemplo 1 de clientes: Palas, camiones y perforadora tienen cobertura que brinda remolque 30.....	48
Figura 6.7. Ejemplo 2 de clientes: Palas, camiones y perforadora tienen cobertura que brinda remolque 30.....	48
Figura 7.1. Línea de base	53
Figura 7.2. Diagrama Gantt del proyecto.....	54
Figura 8.1. Software de monitoreo.....	56
Figura 8.2. Alertas de Solarwinds	56
Figura 8.3. Herramienta de monitoreo Wireless	57
Figura 8.4. Ejemplo de análisis de cobertura Airmagnet.....	58
Figura 8.5. Intensidad de señal (dbm) De – 50 a – 70	59
Figura 8.6. Uso de CH 1 – Intensidad de señal (dbm) – 40 to 100 dbm.....	60



PRÓLOGO

El presente informe, red inalámbrica en malla para operaciones minera a tajo abierto, explica el proyecto realizado para desplegar una red inalámbrica WiFi en operaciones mineras a tajo abierto donde los equipos mineros (camiones, palas y perforadoras gigantes) tienen diversos sistemas de tecnología minera que necesitan conectividad a la red para realizar una operación eficiente. El capítulo uno está dedicado a describir a grandes rasgos el proceso minero, esto para entender la necesidad de tener una red altamente disponible que brindará el servicio todo el tiempo y sin interrupciones. Toda operación en gran minería administra sus equipos mineros a través de un sistema de gestión de esta flota, el capítulo dos explica la necesidad de este sistema. El capítulo tres describe 03 sistemas de tecnología minera que utilizará esta red. El capítulo cuatro explica el diseño y arquitectura de la red LAN (conexión a internet, zona de núcleo, distribución y acceso), la infraestructura inalámbrica y la infraestructura virtual para los servidores de estos sistemas de tecnología minera. En el capítulo 5 detallamos un sistema de energía solar sobre una estructura fácil de transportar, que funcionará como repetidor de WiFi para instalarse en el tajo. En el capítulo seis se explica el despliegue de cobertura de la red inalámbrica en el tajo. El capítulo siete muestra la gestión del proyecto a través del alcance, cronograma y costos. Finalmente, el capítulo ocho explica un estudio de cobertura de esta red ya implementada.

Es trascendente conocer estas tecnologías de redes y comunicaciones aplicadas a gran minería y cómo mejoran la eficiencia de la operación, el cual es el propósito de este informe.



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA

El planteamiento de ingeniería se desarrolla en las siguientes secciones:

1.1. Descripción del problema

Los procesos en gran minería dependen imprescindiblemente de la tecnología (muchos sistemas y aplicaciones que gestionan la información de todo el proceso minero: extracción a tajo abierto y procesamiento de minerales). Estos sistemas de información establecen conexiones (modelo cliente servidor, por ejemplo) sobre una red IP, ya que todos los equipos ahora trabajan bajo esta tecnología. La minería tiene los siguientes procesos que se muestran a continuación:

1.1.1. Etapas del proceso minero

El proceso de exploración consiste en perforar el suelo para recolectar muestras y poder definir si se inicia la extracción del mineral en caso hubiese.

El proceso de preminado y minado consta en poder perforar el suelo y enterrar el explosivo para posteriormente detonar los explosivos a fin de suavizar el material para su fácil extracción.

El proceso de extracción y carguío consiste en poner en operación la flota minera (palas y camiones gigantes), la cual consiste en extraer el material ya detonado que contiene el mineral a procesar con palas gigantes de capacidad de 80 a 90 toneladas por balde (cada balde es la capacidad del cucharón) y vaciarlas en camiones gigantes con capacidad de carga de 240 a 260 toneladas, estos camiones gigantes transportan el material hacia las chancadoras o botaderos para su descarga final. La Figura 1.1. muestra los tres procesos ya explicados.



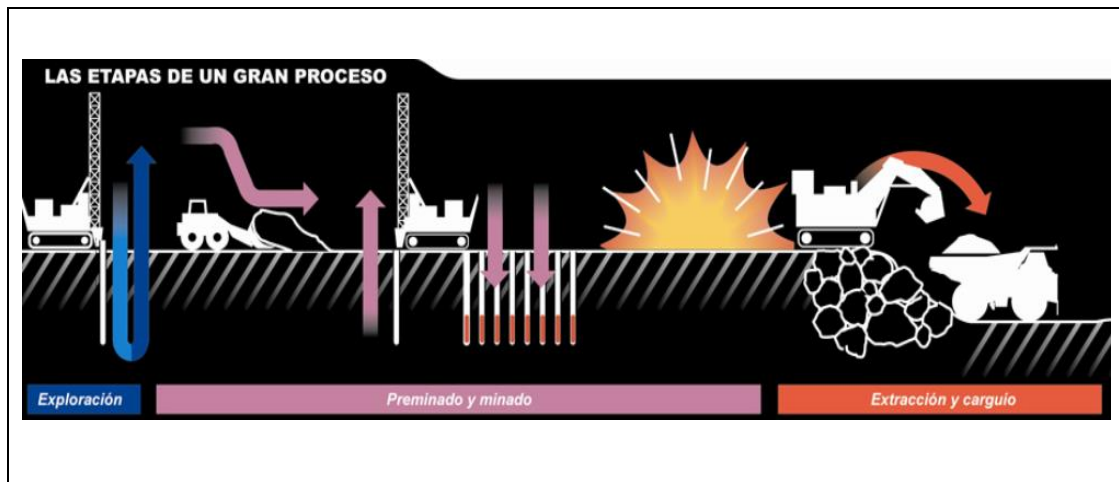


Figura 1.1. Etapas del proceso minero en tajo

Fuente: <http://yanacocha.com/wp-content/uploads/Procesodeloro.RETIRA1.jpg>

El proceso de lixiviación o concentrado es la última fase del proceso minero, consiste en obtener el elemento (cobre, oro, plata, etc.) a través de una planta de lixiviación o concentradora como se muestra en la Figura 1.2.

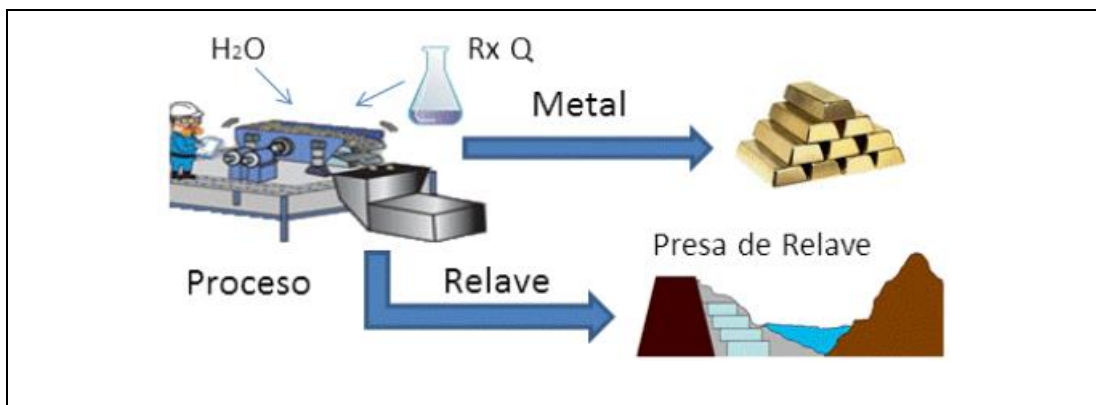


Figura 1.2. Etapas del proceso minero en planta

Fuente: <http://max-schwarz.blogspot.com/2012/10/productividad-de-las-operaciones-mineras.html>

Ahora que ya comprendemos todo el proceso minero, podemos decir que, para los procesos de pre minado, extracción y carguío realizados a tajo abierto, necesitamos distintas tecnologías para optimizar y gestionar estos procesos. Estas tecnologías y soluciones necesitan de una red de comunicaciones IP con las siguientes características:

- Altamente disponible: Esta red tiene que funcionar las 24 horas, los 7 días de la semana ya que las actividades de la mina nunca se detienen.

- Altamente confiable: Una falla en la red puede dejar fuera de servicio un camión gigante, una pala o perforadora, a pesar que estos equipos funcionen correctamente a nivel mecánico, eléctrico y electrónico. Eso genera pérdidas de miles de dólares por el equipo detenido.
- Redundante: Nuestro diseño tiene que contemplar redundancia de equipos, medios de comunicación, estructuras, etc.
- Alto rendimiento: En cuanto a velocidad de transmisión y ancho de banda, ya que los sistemas mineros pasan video, voz, datos en tiempo real, etc.
- Modular: El crecimiento del tajo, así como las fases de minado es constante, por lo cual nuestra red debe soportar el incremento de nuevos clientes de manera constante.
- Portable: Nuestra infraestructura debe contar con sistemas eléctricos autónomos, ya que en muchos lugares no contaremos con energía eléctrica ni tendremos punto de conexión cableada hacia nuestro retorno (backhaul). Esto ya que el tajo es muy cambiante en cuanto a la geografía, y tenemos que tener equipos que se puedan transportar y reubicar de acuerdo con la necesidad de las operaciones mineras en tajo abierto.

1.2. Objetivos

- Diseñar una red inalámbrica IP para los propósitos descritos.
- Explicar la implementación de la red en tajo abierto.
- Explicar la integración de los diferentes sistemas de tecnología minera a esta red y su funcionamiento.
- Demostrar la diferencia e importancia de tener una red cuya geografía cambia constantemente, el cual es el mayor reto.

1.3. Evaluación del problema

Los procesos de pre minado, minado, extracción y carguío son procesos en los cuales participa equipamiento minero muy costoso y una falla de éstos provoca gastos elevados en el proceso al tener el equipamiento detenido por inoperatividad. Una red funcionando de manera efectiva nos permitirá que los sistemas mineros funcionen correctamente y con esto obtener un valioso aporte al proceso (los sistemas mineros gestionan la flota, protegen a los operadores de accidentes por fatiga, protegen a los equipos por falla mecánica, protegen la planta de materiales duros que no son mineral, etc.).



En un proceso minero sin sistemas de tecnología, éste se vuelve rudimentario. No hay eficiencia (no se maximiza la gestión de la flota minera), no hay información de todo el material que se está moviendo (movimiento de tierras) ni el material que se está enviando. Las perforadoras tienen un sistema que les permite ver en tiempo real los puntos donde deben perforar para obtener el mineral después de la detonación; cada pala sabe qué tipo de material está cargando en su cucharón de acuerdo con su posición en tiempo real, los camiones reciben las instrucciones a través del sistema de dónde llevar el material que están cargando en sus tolvas, saben la ruta a tomar, etc. Si la red inalámbrica falla o no existe, todo lo descrito no es posible.

Sin una red inalámbrica IP tampoco tendríamos reportes de toda la actividad en el tajo en tiempo real en un servidor remoto, por lo tanto, la alta gerencia no tendría estadísticas ni sabría qué sucede con el equipamiento y la actividad minera.

1.4. Alcances

Este estudio explica detalladamente todo lo requerido para implementar la red inalámbrica en operaciones minera a tajo abierto, se utilizará como tecnología la red WiFi Cisco Mesh por ser muy sofisticada y la marca ser líder en equipos de redes.

También describe todo el proceso de puesta en marcha desde el planeamiento, preingeniería, ingeniería e implementación de esta red.

Para completar esta implementación explicaremos la implementación de sistemas autónomos e inteligentes de energía solar para poder energizar nuestros equipos repetidores que darán cobertura a la flota minera.



CAPÍTULO II:

SISTEMA DE GESTIÓN DE FLOTA MINERA OPERACIÓN EN TAJO ABIERTO

Hemos explicado de manera sucinta el proceso minero que se realiza en el tajo y la necesidad de tener una red inalámbrica, también mencionamos que la necesidad de esta red nace por los sistemas de tecnología minera; sin embargo, hay uno en particular el cual es el más importante por la naturaleza de la operación.

Analicemos un escenario en el cual necesitamos una plataforma que nos permita desde un cuarto de control (zona remota), incluso ubicado en otra ciudad o país, gestionar todo el funcionamiento de la operación en el tajo. Es decir, poder dar indicaciones a los operadores de camión a dónde dirigirse y con qué palas trabajar, indicar a los operadores de las palas qué frente de trabajo utilizar y que el operador de la pala sepa qué material está cargando y con cuántos baldes llenar al camión, el operador de la perforadora debe tener un mapa completo de los puntos a perforar en tiempo real, que los camiones sepan cuál es la ruta más rápida para llegar a su destino, saber en tiempo real con cuánto se está abasteciendo a las chancadoras. Asignar de forma remota a un camión en estado de malogrado cuando éste falle para que el área de mantenimiento inicie su reparación, etc.

Economizar costos (productivos, operacionales, entre otros), reducir paradas de sus maquinarias y mantener óptimos niveles de producción integran la esencia de las empresas mineras. Para lograrlo, el sistema de control y monitoreo de flotas se presenta como una interesante elección.

Como se describió en el párrafo anterior, se necesita un software inteligente que gestione la flota minera de manera eficiente y además, que exista un ingeniero en el cuarto de control que pueda hacer ajustes y cambios en esta gestión de la flota minera. Por lo tanto, el servicio consiste en una suite de tecnología especializada que está diseñada para ayudar a las operaciones mineras obtener un mejor uso de sus equipos y una oportuna toma de decisiones, que se traduce en aumento de productividad y significativos ahorros.

Esto consiste –según el especialista- en producir mayor material en menor tiempo, con menores costos operacionales usando una combinación de hardware abordo, software especializado, tecnologías de comunicaciones y posicionamiento de GPS.



Agrega que un Sistema de Monitoreo y Control de Flotas Mineras entrega, monitorea y rastrea toda la producción, permite interfaces a los signos vitales del equipo y obtiene data fundamental para la planificación a largo plazo, entre otros.

En un negocio como es la minería que depende de la eficiencia en procesos repetitivos, un Sistema de Monitoreo y Control de Flotas Mineras es una inversión crucial. Estos sistemas permiten a las minas observar y medir una vasta cantidad de KPI's; por ejemplo: rendimiento de la pala, Toneladas-Kilometro por Hora, Tiempos de carga, Distancias recorridas, Colas en las palas y muchos más. En el mercado contamos con los siguientes sistemas (más usados en el mundo):

Tabla 2.1. Tipos de sistemas

Nombre	Compañía
Dispatch	Modular Mining
Jigsaw	Leica Geosystems
MineStar	Caterpillar

Fuente: Elaboración propia

En nuestro caso trabajaremos con el sistema Dispatch de Modular Mining por ser muy moderno y sofisticado, además de integrarse bien a tecnologías inalámbricas como Cisco.

A continuación, explicaremos cómo el sistema Dispatch mejora la eficiencia de los procesos y se utiliza en cada una de las etapas:

2.1. Proceso de perforación y voladura

En esta etapa las perforadoras realizan huecos en el suelo y para esto el operador necesita saber dónde exactamente perforar, el operador cuenta con una pantalla en su cabina que le muestra dónde está posicionado y dónde están los puntos de perforación; a su vez, le muestra información de qué tipo de material va a perforar (roca dura, arcillosa, etc.). Esta información se va recolectando para medir la eficiencia de este trabajo de perforación:

- El tiempo que tarda en trasladarse y realizar las perforaciones.
- Contabilizar detenciones del equipo o mal uso.
- Contabilizar la precisión de la perforación según el plano topográfico.

Una vez se han terminado los huecos, se colocan explosivos para poder detonar el suelo y facilitar su extracción.

2.2. Proceso de carguío y acarreo

En esta etapa, ya se ha detonado el suelo, por lo tanto, inicia el proceso de extracción el cual consiste en obtener el mineral del suelo con palas gigantes y cargadores frontales. Este material es cargado a camiones gigantes los cuales transportarán el material principalmente a dos destinos:

- Chancadoras: Para procesar y obtener el metal (cobre, oro, plata, etc.).
- Botaderos: Para retirar y remover el material que no contiene metales ni minerales.

2.3. Proceso de procesamiento del mineral

Una vez el camión descarga el material en las chancadoras, este pasa por un circuito que tiene como producto final el metal. Este proceso también utiliza una red de control de procesos el cual no está dentro del alcance de este informe, a continuación, se muestra en la Figura 2.1. el proceso descrito:

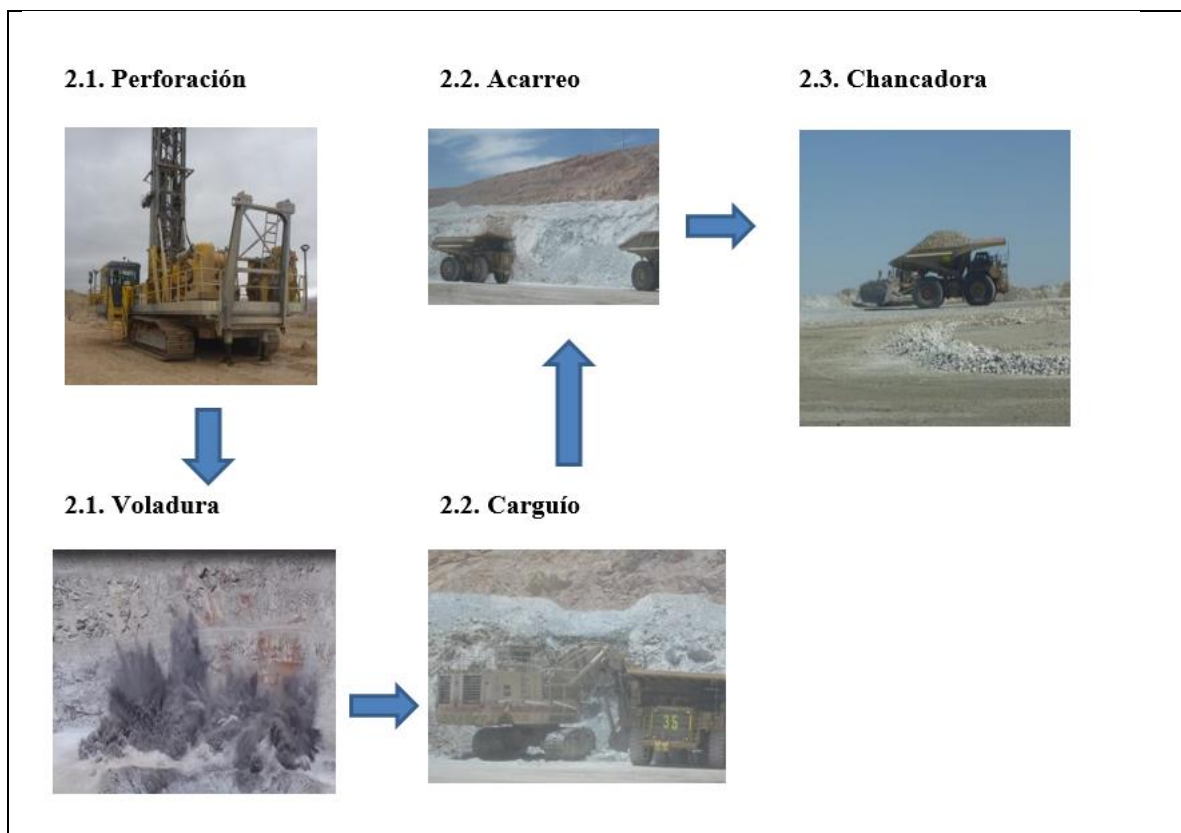


Figura 2.1. Etapas del proceso minero
Fuente: Propia

CAPÍTULO III: OTROS SISTEMAS DE FLOTA MINERA

3.1. Gestión de flota minera: Sistema Dispatch

Imaginemos que tenemos dos cargadores que tienen que extraer cierta cantidad de material (desmonte, por ejemplo) y 4 camiones para el traslado de este material a su punto final.

- ¿Cómo sería la asignación de camión cargador: dos camiones por cada cargador?
- ¿Y si el material a extraer de uno de ellos es más duro, por lo tanto, toma más tiempo en cargar el camión? ¿Cambiaríamos a un camión asignado al cargador con material duro y tres camiones para el cargador con material suave, a fin de evitar tiempos muertos en los camiones?
- ¿Y si la ruta hacia el destino de uno de los cargadores es más larga que la otra?
- ¿Cómo poder saber en tiempo real qué está haciendo cada equipo y dónde se encuentra?
- ¿Y si ahora queremos administrar 12 cargadores y 180 camiones en más de 30 rutas?

En la Figura 3.1. se muestra un ejemplo de las múltiples opciones que tiene un camión, de no tener un sistema de gestión de flota minera.

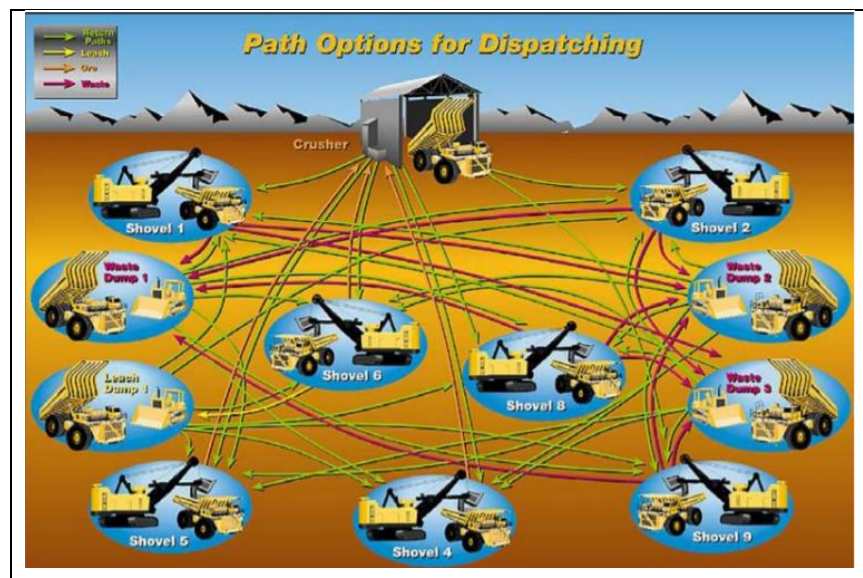


Figura 3.1. Ejemplo de múltiples opciones para un camión
Fuente: Propia



Todas estas preguntas surgen cuando uno quiere administrar eficientemente el proceso de extracción, carguío, transporte y descarga. Esto debido a que un uso ineficiente genera una disponibilidad baja de uso de estos equipos y por lo tanto, pérdidas económicas.

Para gestionar de manera eficiente y resolver estas preguntas, se utiliza el “Sistema Dispatch” el cual utiliza algoritmos computacionales para maximizar el uso eficiente de la flota. Además de conocer al detalle y en tiempo real todo lo necesario para tener alta calidad de mineral. De esta manera, podemos tener ingenieros que pueden administrar toda la flota minera en tiempo real, hacer pronósticos a futuro, así como obtener análisis de estadísticas del pasado desde un centro de control remoto y así cumplir con los objetivos que se detallan en la Figura 3.2. Todo esto gracias a una infraestructura de red que soporte este sistema. En la Figura 3.3. se observa que el camión ya tiene asignado un circuito (ruta) por el sistema Dispatch.

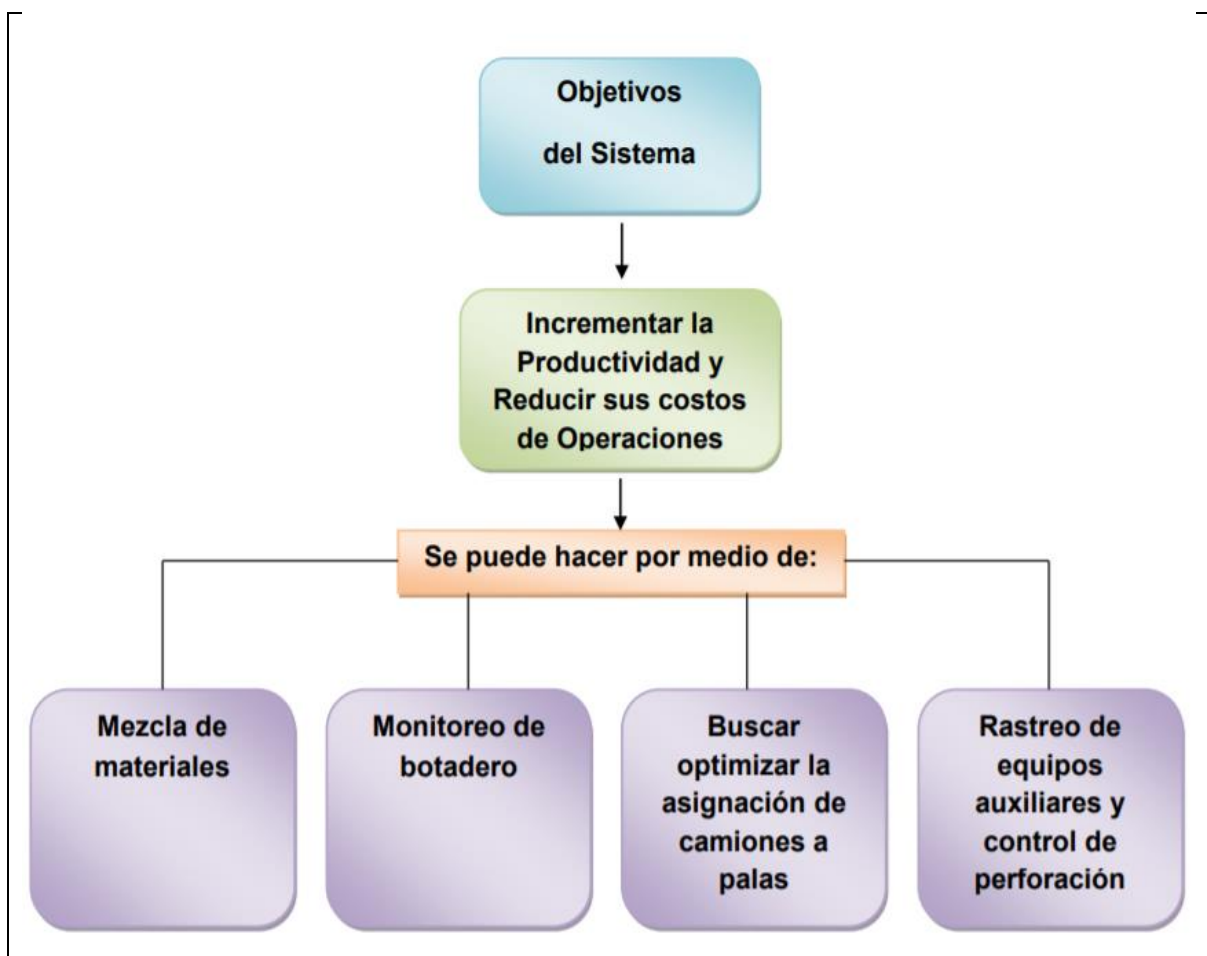


Figura 3.2. Objetivos del Sistema Dispatch

Fuente: Propia

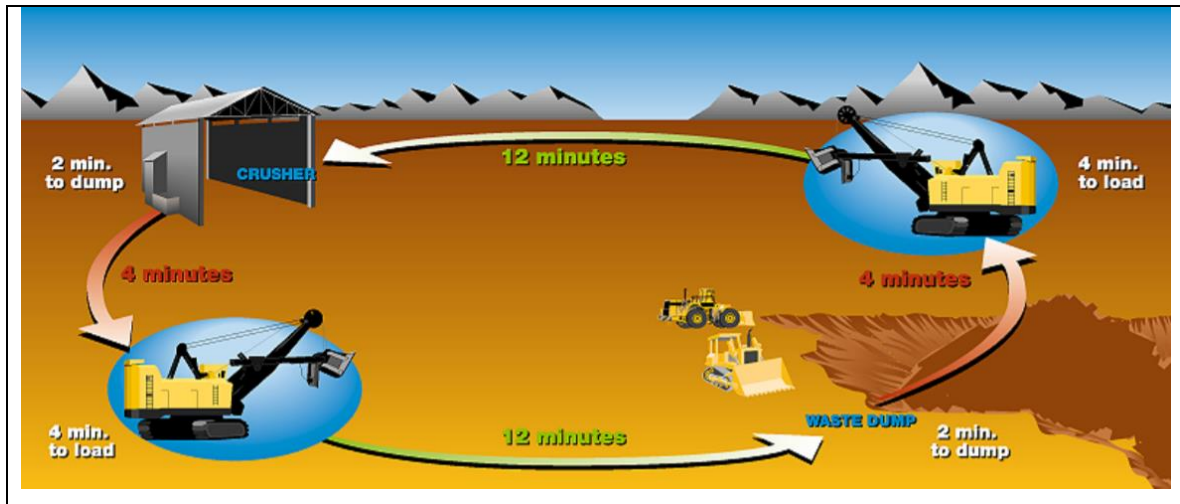


Figura 3.3. Ejemplo de rutas con Sistema Dispatch
Fuente: Propia

3.2. Gestión de estado de la flota: RAMP MEM

Este sistema permite recolectar los signos vitales a través de sensores conectados a diferentes partes del camión y la pala para que puedan alertar sobre algún comportamiento anormal que puede desencadenar en una posible falla y por tanto la detención del equipo por mantenimiento correctivo como se muestra en la Figura 3.4.

Estos mantenimientos correctivos generan pérdidas económicas ya que el equipo no está en funcionamiento. Esto se refleja en el KPI de los equipos (índice de disponibilidad).

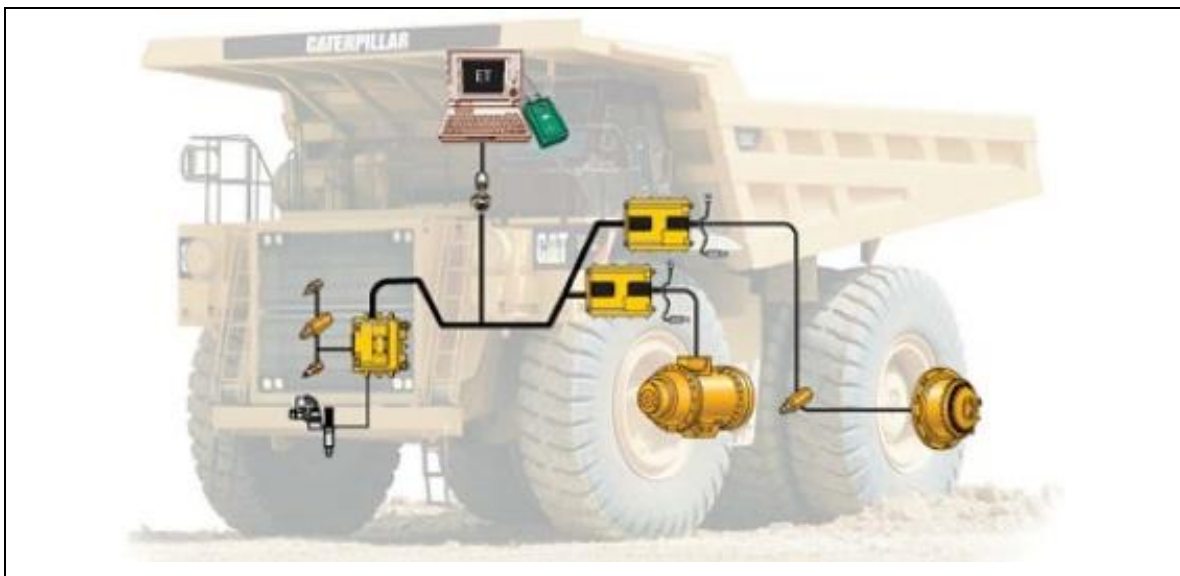


Figura 3.4. Ejemplo de colección local de signos vitales de camión
Fuente: Propia

3.3. Sistema de monitoreo antifatiga: DSS

La seguridad de los trabajadores es la parte más importante para trabajos en minería, y la tecnología nos ayuda para mantener esta política de trabajo. El proceso minero no se detiene puesto que el trabajo es 24 X 7 x 365 y por consiguiente se tiene operadores de camión gigante trabajando en horas nocturnas. El sistema DSS (Driver Safety System) monitorea constantemente las expresiones faciales del operador que se encuentra dentro del camión minero como se muestra en la Figura 3.5. enviando alertas al centro de control remoto en caso éste presente fatiga, cansancio o somnolencia. Este sistema envía fotos y videos de corto tiempo y estas alertas que se centralizan en un servidor.

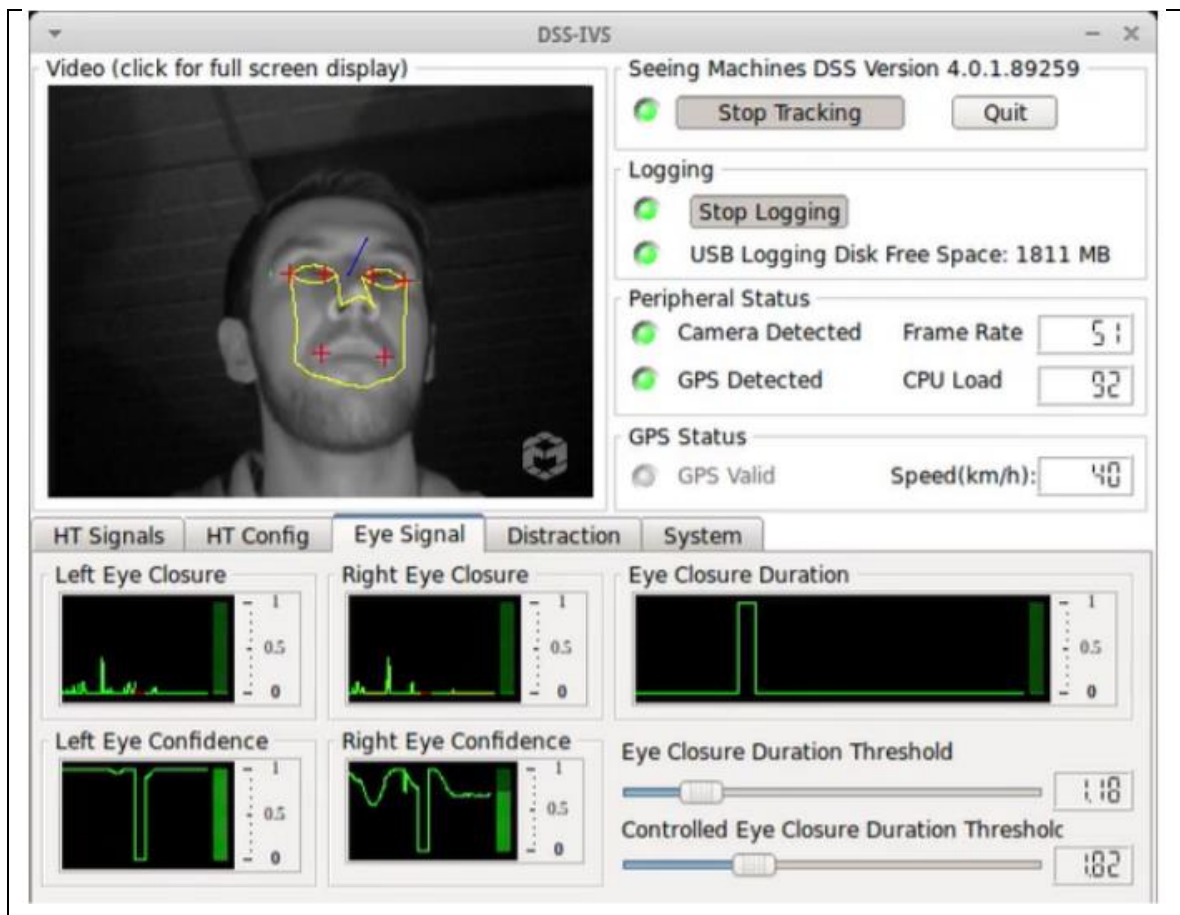


Figura 3.5. Ejemplo de monitoreo de fatiga con el sistema DSS

Fuente: [https://s3-ap-southeast-](https://s3-ap-southeast-2.amazonaws.com/nbtafiles/btd2017/Fatigue+Distraction++Research+Seeing+Machines+Dev+Naren.pdf)

[2.amazonaws.com/nbtafiles/btd2017/Fatigue+Distraction++Research+Seeing+Machines+Dev+Naren.pdf](https://s3-ap-southeast-2.amazonaws.com/nbtafiles/btd2017/Fatigue+Distraction++Research+Seeing+Machines+Dev+Naren.pdf)

CAPÍTULO IV: ARQUITECTURA DE LA RED, UN DISEÑO ALTAMENTE CONFIABLE Y SEGURO

Para poder diseñar la red que funcionará con todos estos sistemas ya mencionados necesitamos tener en cuenta: Lo más importante para el éxito de nuestra operación minera usando los sistemas de tecnología es poder asegurar la disponibilidad de nuestra red, ya que utilizaremos servicios en la nube inherentes a toda tecnología moderna. Por lo cual dividiremos el diseño en siete partes que se resumen en la Figura 4.1.

- Conexión a Internet
- Zona de núcleo
- Zona de distribución
- Zona de acceso
- Infraestructura inalámbrica
- Infraestructura virtual de servidores
- Clientes inalámbricos

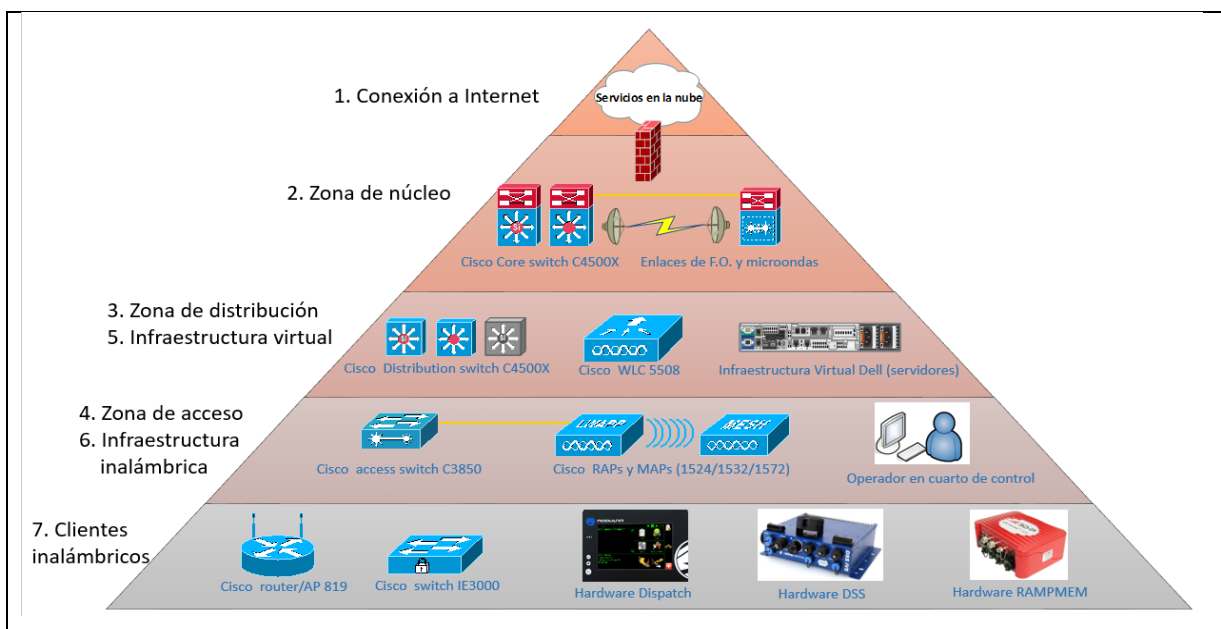


Figura 4.1. Diseño de arquitectura de red
Fuente: Propia

En la parte de la red interna, propia del campus utilizaremos la topología jerárquica de Cisco compuesta de 03 partes:

- Zona de núcleo (Core)
- Zona de distribución (Distribution)
- Zona de acceso (Access)

Además, tendremos una infraestructura virtual de servidores para poder instalar los servicios de los sistemas de tecnología minera:

- Infraestructura virtual de servidores

Luego, diseñamos nuestra infraestructura inalámbrica para lo cual utilizaremos la red Cisco Mesh y finalmente los clientes inalámbricos donde se implementa una pequeña red instalada en cada equipo de la flota minera

- Infraestructura inalámbrica
- Clientes inalámbricos

A continuación, los detalles en cuanto arquitectura e ingeniería de los puntos descritos.

4.1. Conexión hacia internet

En cuanto a la seguridad podemos dividir el diseño de la manera siguiente como indica la Figura 4.2.

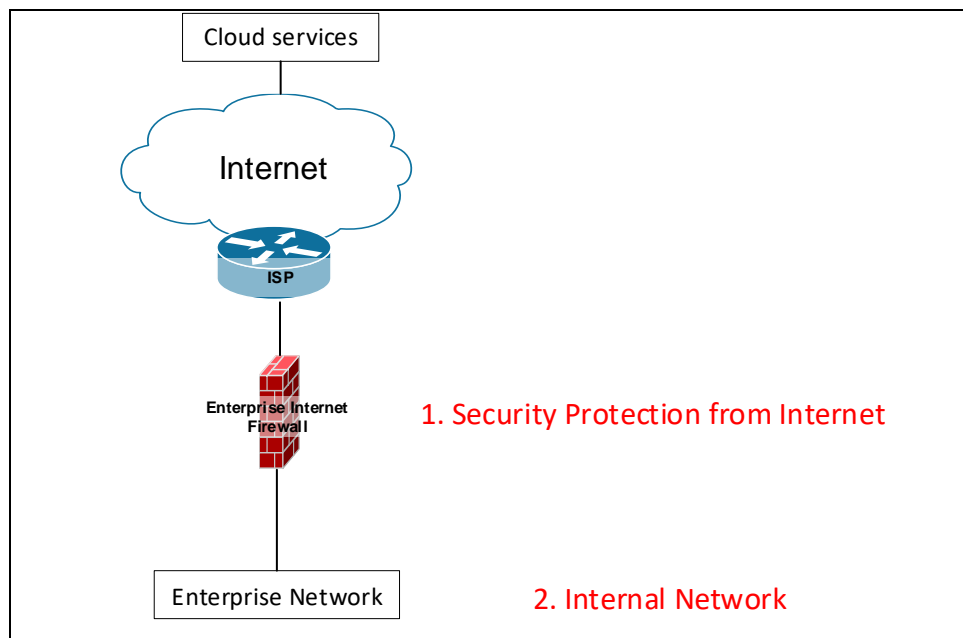


Figura 4.2. Diagrama conexión hacia internet
Fuente: Propia

En esta zona necesitamos definir cuál será nuestra conexión altamente redundante hacia internet y la tecnología de seguridad a utilizar.

En cuanto a la conexión hacia internet, necesitamos utilizar dos proveedores y realizar el cálculo y monitoreo de tráfico de los servicios. Para esto bastaría con utilizar una herramienta de monitoreo como Solarwinds como se muestra a continuación en las Figuras 4.3. y 4.4.

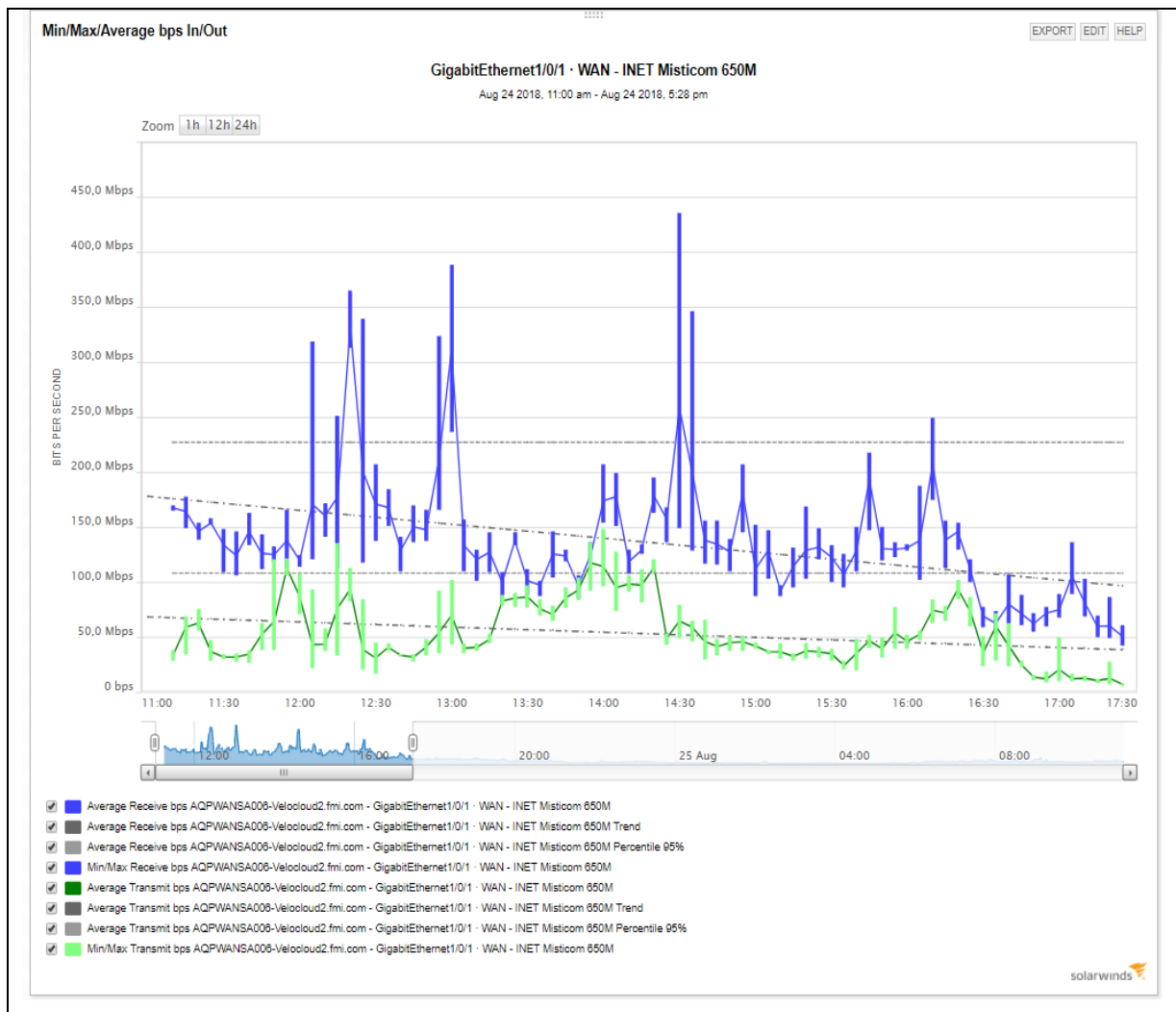


Figura 4.3. Ejemplo del tráfico hacia internet
Fuente: Propia

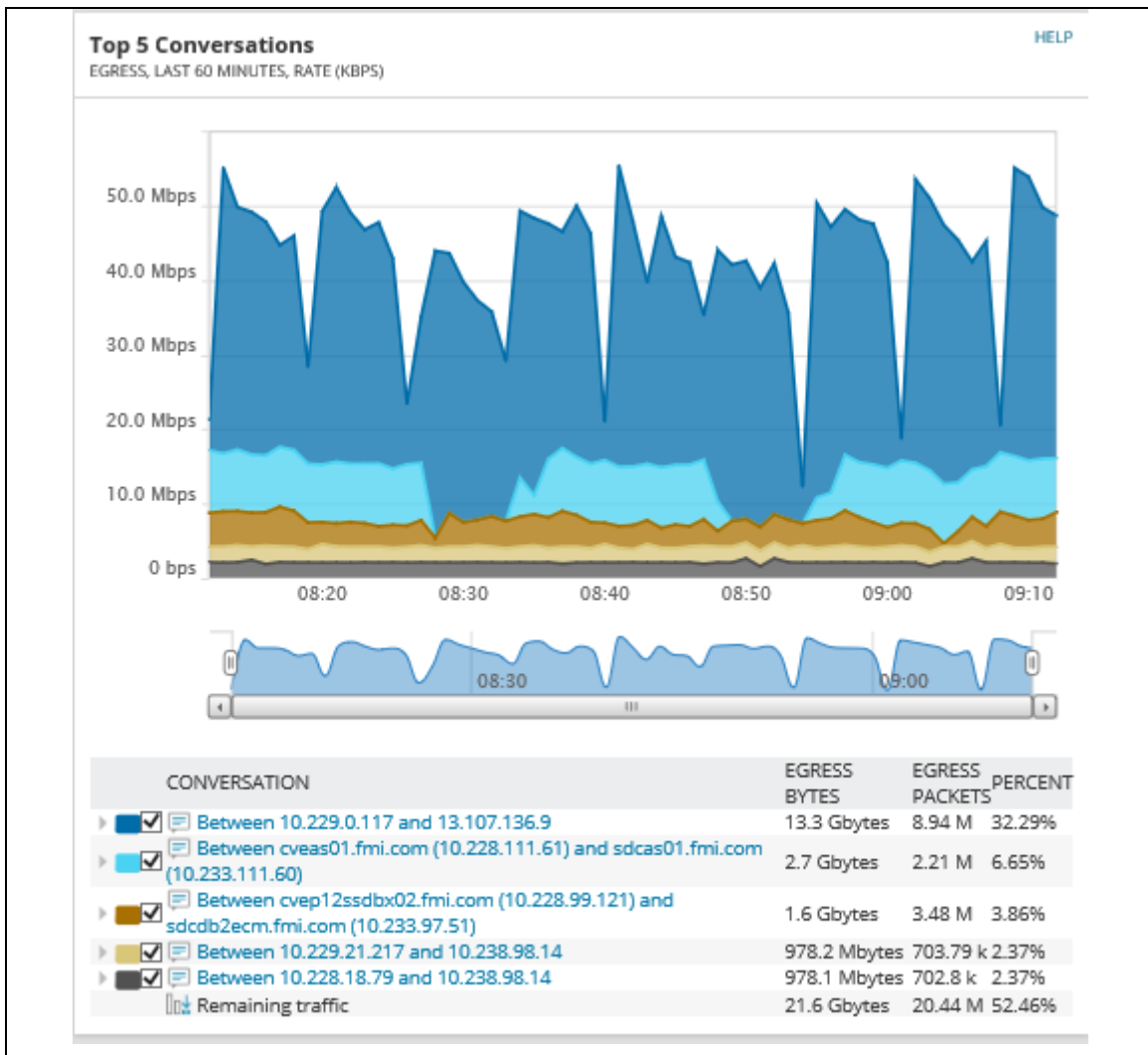


Figura 4.4. Monitoreo del tipo de tráfico con Netflow
Fuente: Propia

Entonces agregando a nuestra topología de red redundancia en cuanto al proveedor de internet (dos proveedores) y redundancia en cuanto a seguridad utilizando dos firewalls Palo Alto de capa 7 en configuración de alta disponibilidad, tendríamos la Figura 4.5. delimitada por tres zonas:

1. Zona de Internet o Nube
2. Zona DMZ
3. Zona de nuestra red local

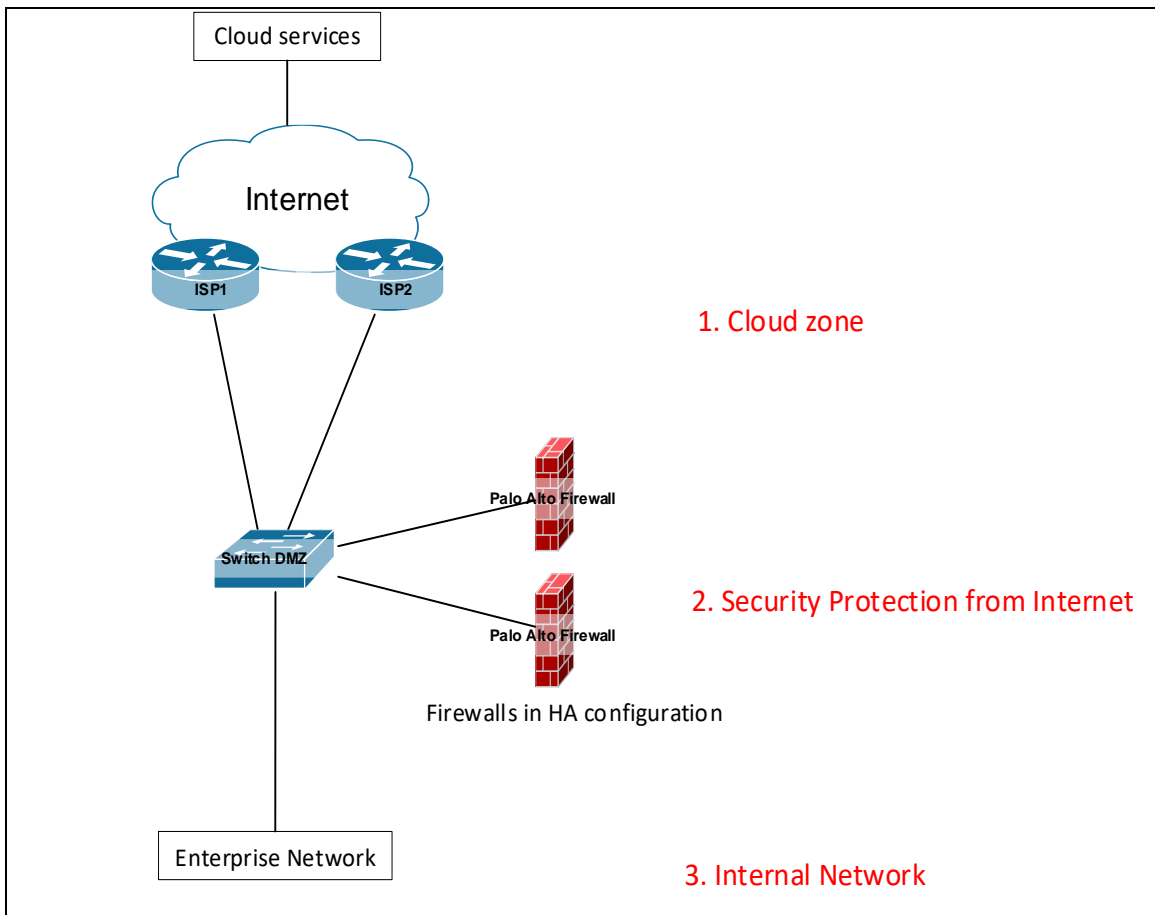


Figura 4.5. Diseño de conexión hacia la nube (internet)
Fuente: Propia

En esta zona necesitamos realizar el contrato de dos proveedores de internet cada uno con las siguientes características:

- Ancho de banda de 500Mbps
- Disponibilidad por encima del 99%
- Conexión y tasas de transferencia hacia USA de 4Mbps
- Monitoreo y reportes del consumo del ancho de banda

Después de reuniones para licitar el servicio de internet, concluimos que tener el servicio de internet en la ciudad es mucho más cómodo que tenerlo en una provincia o en el campamento (tres veces más caro) por lo cual nuestro desafío crece, necesitaremos una conexión confiable desde la ciudad hacia el campamento donde se encuentra toda la operación para lo cual tenemos dos opciones:

- Enlace microondas en bandas de operación no licenciadas para evitar interferencia.
- Alquiler de fibra oscura para conectar la sede de las oficinas con el campamento.

Esta solución se detallará en la zona de núcleo, en esta sección se adquiere los contratos hacia internet según lo descrito: “Dos circuitos de internet de ancho de banda de 500Mbps en las oficinas ubicadas en la ciudad”

4.2. Zona de núcleo

La capa del núcleo, principal o Core se encarga de desviar el tráfico lo más rápidamente posible hacia los servicios apropiados. Normalmente, el tráfico transportado se dirige o proviene de servicios comunes a todos los usuarios. Estos servicios se conocen como servicios globales o corporativos. Algunos de tales servicios pueden ser e-mail, el acceso a Internet o la videoconferencia. Cuando un usuario necesita acceder a un servicio corporativo, la petición se procesa al nivel de la capa de distribución. El dispositivo de la capa de distribución envía la petición del usuario al núcleo. Este se limita a proporcionar un transporte rápido hasta el servicio corporativo solicitado. El dispositivo de la capa de distribución se encarga de proporcionar un acceso controlado a la capa de núcleo.

Bajo la condición de tener el circuito de internet en la ciudad, utilizaremos 02 enlaces microondas y un enlace de fibra oscura para interconectar las oficinas en la ciudad con la mina como se muestra en la Figura 4.6.

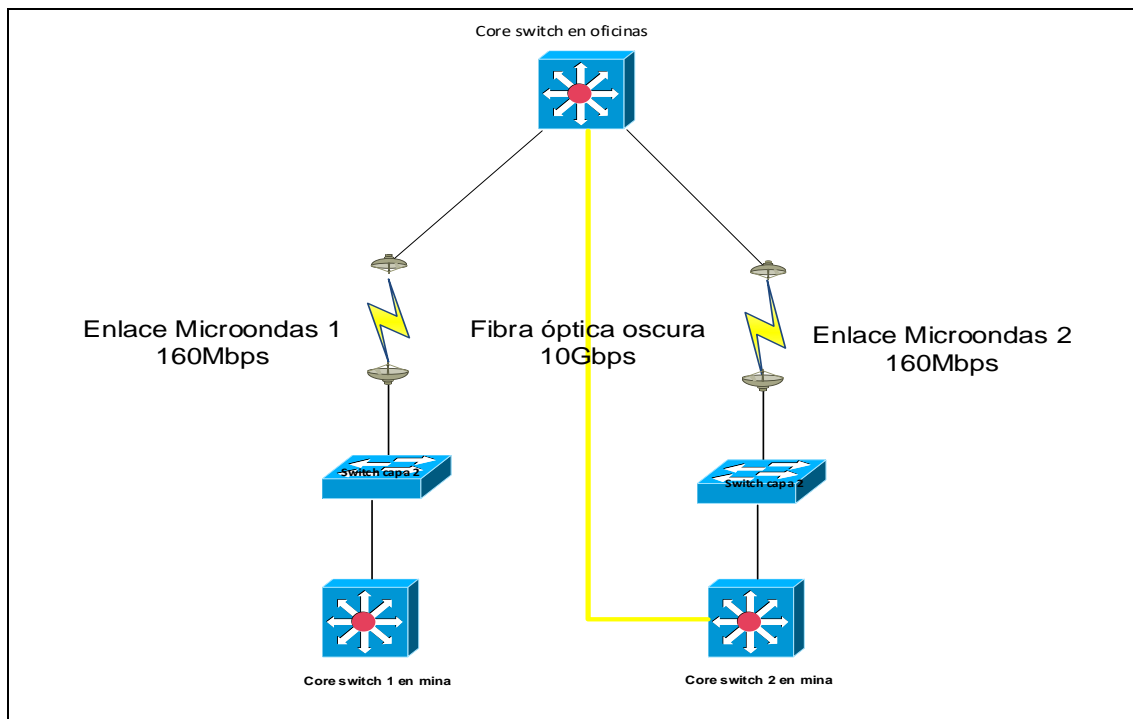


Figura 4.6. Topología zona de core
Fuente: Propia

Los switch capa 3 que utilizaremos son switches Cisco C4500X-32SFP con la licencia de Enterprise C1-CAT-ADD.

Modelo: Cisco C4500X-32SFP

Licencia: entservices

Sistema operativo: cat4500e-universalk9.SPA.03.08.05.E.152-4.E5.bin

Cada switch capa 3 debe contar con doble fuente de poder.

Cada switch capa 3 se configurará en topología VSS por lo cual se necesitarán dos equipos físicos para tener un core switch lógico.

Una configuración en VSS combina un par de switches en un solo elemento de red. Por ejemplo, un VSS en la capa de distribución de la red interactúa con las redes centrales y de acceso como si fuera un solo switch. En la Figura 4.7. se puede comparar la conexión física (02 switches) y la conexión lógica (01 switch en configuración VSS).

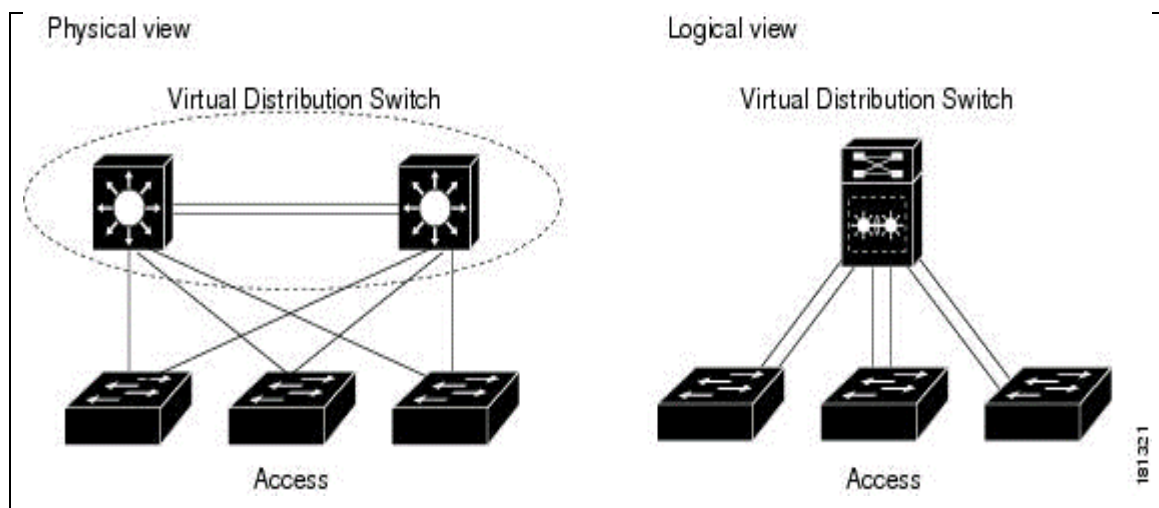


Figura 4.7. Diagrama físico y lógico del VSS

Fuente: <https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst6500/ios/12-2SX/configuration/guide/book/vss.html>

Los enlaces microondas a utilizar serán BridgeWave modelo EFA-060252-001-R con licencias de capacidad total para llegar al ancho de banda necesario según diagrama. Estos enlaces trabajarán en la banda de 6GHz y se tramitará la licencia por el uso del espectro radioeléctrico ante le MTC.

Radio Capabilities	
Model Number	EFA-060252-001-R
RF Band	6 GHz
RF Range	Low-Band
Sub-Band	1
TR Spacing Freq (MHz)	252.040
Min Transmit Frequency (MHz)	5925.000
Max Transmit Frequency (MHz)	6025.000
Min Receive Frequency (MHz)	6175.000
Max Receive Frequency (MHz)	6275.000

Figura 4.8. Modelo y características del enlace microondas a utilizar
Fuente: Propia

Los enlaces microondas se conectan al switch de núcleo en las oficinas a través de un cable UTP CAT6A. Para la conexión en el switch de núcleo se usará módulos de cobre según el modelo:

Modelo: Cisco SFP-GE-T modules

Los switches que se utilizan para conectar el enlace microondas son necesarios puesto que convierten el medio de fibra óptica (conexión proveniente de los switches de núcleo) hacia UTP (conexión hacia los enlaces microondas).

Modelo: Cisco WS-C3650-24PS

Licencia: ipbase

Sistema operativo: cat3k_caa-universalk9.SPA.03.06.07.E.152-2.E7.bin

La conexión de fibra oscura la utilizaremos para habilitar un enlace de 10Gbps, esto será determinado por los módulos que usaremos (transceivers). Los módulos para utilizar son:

Modelo: Cisco SFP-10G-ZR-S module (S-Class)

El módulo Cisco 10GBASE-ZR admite longitudes de enlace de hasta aproximadamente 80 kilómetros en SMF estándar (G.652). Esta interfaz no está especificada como parte de los estándares de 10 Gigabit Ethernet y, en cambio, está construida de acuerdo con las especificaciones de Cisco. SFP-10G-ZR-S no es compatible con FCoE.

4.3. Zona de distribución

La capa de distribución marca el punto medio entre la capa de acceso y los servicios principales de la red. La función primordial de esta capa es realizar funciones tales como enrutamiento, filtrado y acceso a WAN.

En un entorno de campus, la capa de distribución abarca una gran diversidad de funciones, entre las que figuran las siguientes:

- Servir como punto de concentración para acceder a los dispositivos de capa de acceso.
- Enrutar el tráfico para proporcionar acceso a los departamentos o grupos de trabajo.
- Segmentar la red en múltiples dominios de difusión / multidifusión.
- Traducir los diálogos entre diferentes tipos de medios, como Token Ring y Ethernet
- Proporcionar servicios de seguridad y filtrado.

La capa de distribución puede resumirse como la capa que proporciona una conectividad basada en una determinada política, dado que determina cuándo y cómo los paquetes pueden acceder a los servicios principales de la red. La capa de distribución determina la forma más rápida para que la petición de un usuario (como un acceso al servidor de archivos) pueda ser remitida al servidor. Una vez que la capa de distribución ha elegido la ruta, envía la petición a la capa de núcleo. La capa de núcleo podrá entonces transportar la petición al servicio apropiado. Cabe destacar que los enlaces entre la capa de distribución y núcleo son de capa 3 donde el tráfico se maneja por enrutamiento. En esta zona conectaremos los switches de distribución que serán de dos tipos:

- Switches de distribución para los diferentes sites donde se conectarán todos los clientes en las distintas zonas de la mina y nuestros access points que brindarán cobertura de red inalámbrica para esta implementación
- Switches de distribución de servicios donde no se conectará ningún cliente, como su propio nombre lo dice, conectaremos toda la infraestructura red y servidores que brinden diferentes servicios a los sistemas de tecnología minera, GPS y estaciones base necesarios para el funcionamiento de los sistemas de tecnología minera.

La Figura 4.9. muestra 10 switches de distribución (en configuración VSS) y 01 switch de distribución de servicios (en configuración VSS) conectados a 02 core switches con doble enlace en capa 3.



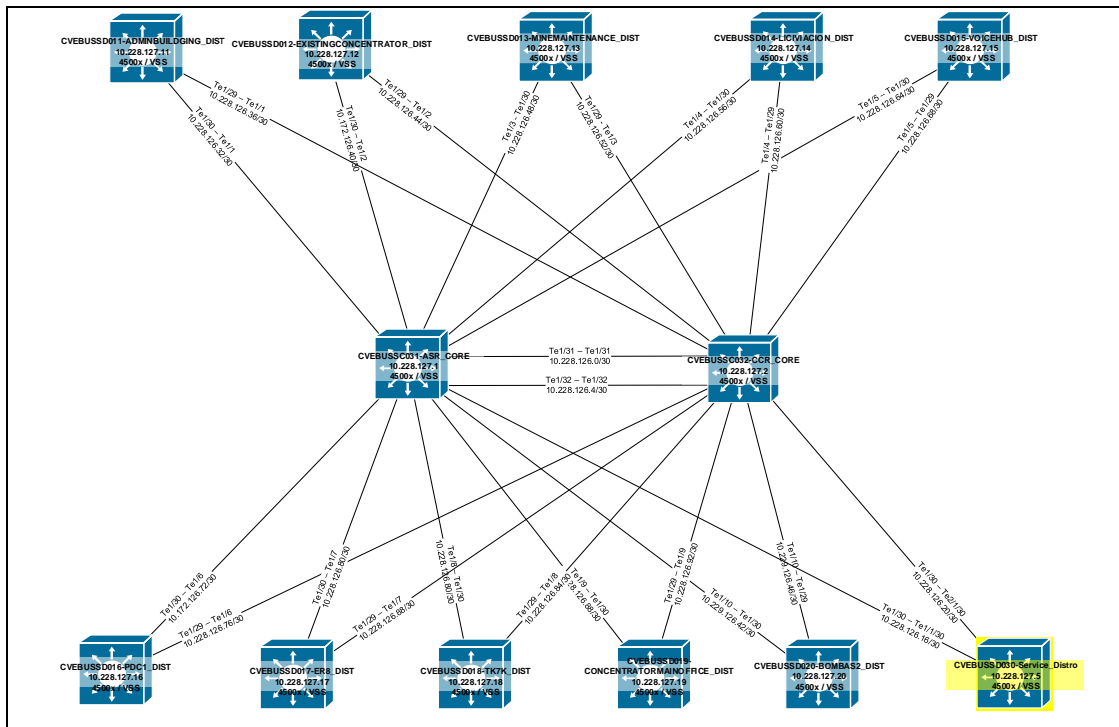


Figura 4.9. Zona de distribución
Fuente: Propia

- Cada switch de distribución es el mismo modelo que los switches de núcleo.
- Cada switch de distribución tiene doble enlace hacia los dos switches de núcleo.
- Se nota que tenemos un switch de distribución resaltado en amarillo, en este switch no conectaremos switches de acceso, sólo se conectará todo tipo de infraestructura de red o servidores.

4.4. Zona de acceso

La capa de acceso de la red es el punto en el que cada usuario se conecta a la red. Ésta es la razón por la cual la capa de acceso se denomina a veces capa de puesto de trabajo, capa de escritorio o de usuario. Los usuarios, así como los recursos a los que estos necesitan acceder con más frecuencia, están disponibles a nivel local. El tráfico hacia y desde recursos locales está confinado entre los recursos, switches y usuarios finales. En la capa de acceso podemos encontrar múltiples grupos de usuarios con sus correspondientes recursos. En muchas redes no es posible proporcionar a los usuarios un acceso local a todos los servicios, como archivos

de bases de datos, almacenamiento centralizado o acceso telefónico al Web. En estos casos, el tráfico de usuarios que demandan estos servicios se desvía a la siguiente capa del modelo: la capa de distribución.

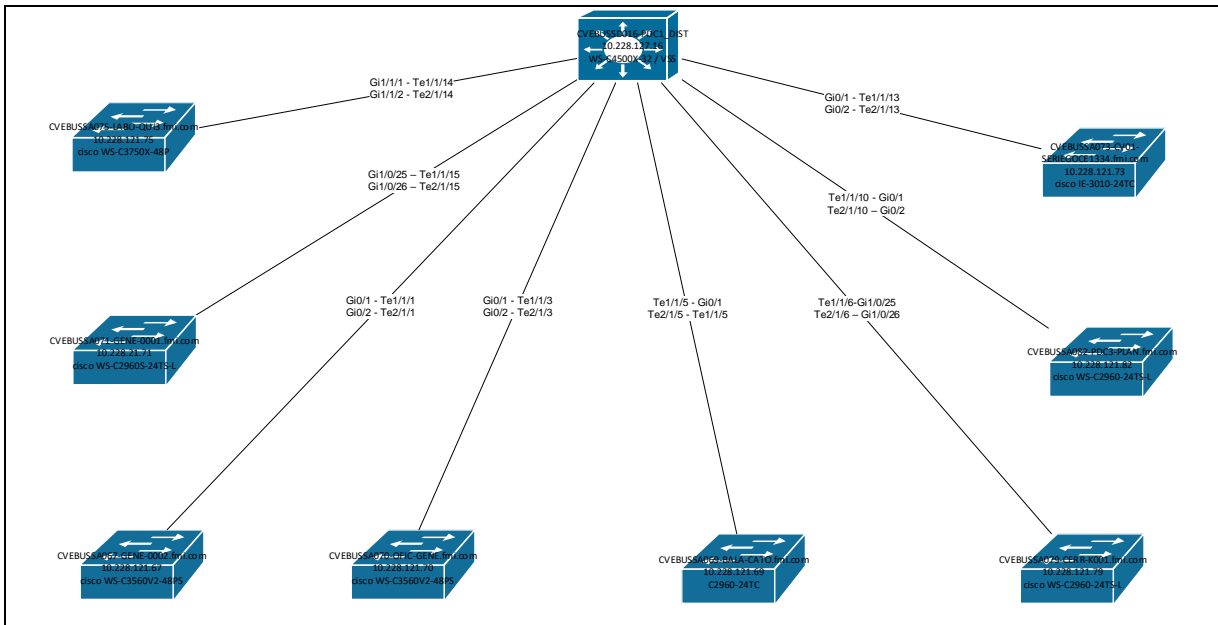


Figura 4.10. Switches de acceso conectados al switch de distribución
Fuente: Propia

- Cada switch de acceso se conectará en doble enlace de fibra óptica hacia el switch de distribución de la zona como muestra la Figura 4.10.
- Los enlaces de fibra óptica utilizarán rutas distintas para hacer efectiva la redundancia.
- El modelo de switch de acceso a utilizar será Cisco Catalyst C3850-48P
 - o Modelo: WS-C3850-48P
 - o Licencia: ipbase
 - o Sistema operativo: cat3k_caa-universalk9.SPA.03.06.07.E.152-2.E7.bin
- Los módulos de fibra óptica a utilizar:
 - o Modelo: Cisco GLC-LX-SM-RGD module

4.5. Infraestructura Inalámbrica

Llegamos a la parte más importante y crítica de nuestro diseño la cual es esencial para el éxito de la operación minera. Si bien se han realizado grandes avances en la velocidad y facilidad de implementación de las redes WiFi, la naturaleza de la frecuencia de radio (RF) generalmente no cambia. Aumentar la cantidad de usuarios que pueden acceder a la WLAN

en un pequeño espacio físico sigue siendo un desafío. El diseño que puede ser probado, implementado y mantenido será la arquitectura de red inalámbrica unificada de Cisco.

Implementaremos una nube WiFi conocida como red Cisco Mesh que se muestra en la Figura 4.11. la cual se extenderá por todo el tajo y botaderos y se encargará de conectar el hardware instalado en la flota minera con los servidores y centro de control.

Trabajaremos bajo estos pasos generales:

- Planificar: determinar los requisitos de aplicaciones y dispositivos, como ancho de banda, protocolos, frecuencias, servicio de acuerdo al nivel (SLA), etc.
- Diseño: determinar densidad, tamaño de red, antenas, cobertura, levantamiento del sitio, etc.
- Implementar: instalar, probar, ajustar, establecer la línea de base, etc.
- Optimizar: supervisa, informa, ajusta y revisa la línea de base para SLA.
- Operar: monitoreo del Sistema de control inalámbrico de Cisco (WCS), herramientas de solución de problemas, monitoreo de la capacidad y herramientas de informes, etc.

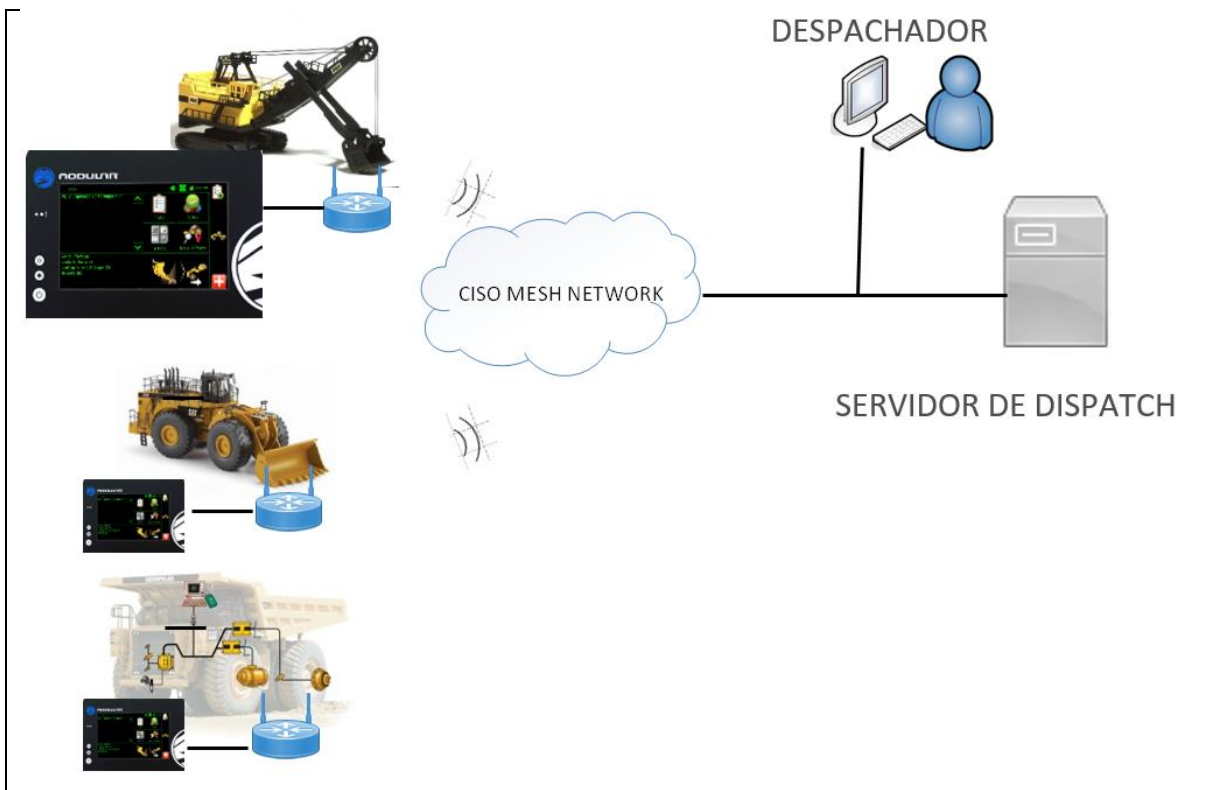


Figura 4.11. Esquema de red inalámbrica a implementar
Fuente: Propia

Los conceptos generales que subyacen al diseño de WiFi de alta densidad siguen siendo un desafío para muchos entornos. Pero es importante tener en cuenta que el contenido y las soluciones presentadas aquí no se adaptarán a todos los escenarios de diseño de WLAN. Por lo que explicaremos las estrategias para que los ingenieros y administradores las entiendan y sean capaces de articular el diseño y el impacto en las decisiones que tomarán.

En cuanto a tecnología Wireless, Cisco también proporciona otros modos de implementación de la infraestructura inalámbrica para admitir la flexibilidad necesaria con el fin de que la red se ajuste mejor a los requisitos empresariales como se muestra en las Figuras 4.12. y 4.13.

- **Autónomo:** Este es un modo de implementación en el que no se utilizan controladores inalámbricos. Se utiliza generalmente en implementaciones pequeñas de clientes. Los puntos de acceso inalámbricos proporcionan administración de RF y trabajan directamente con ISE y la infraestructura Prime para cumplir con la política y los requisitos de administración de la red.
- **FlexConnect:** Este modo de implementación admite puntos de acceso inalámbricos en una sucursal u oficina remota desde la oficina corporativa por medio de un enlace de red de área amplia (WAN, Wide Area Network) sin la necesidad de que haya un controlador en cada sucursal. Los puntos de acceso en este modo de implementación pueden conmutar el tráfico de datos del cliente a nivel local y realizar la autenticación del cliente a nivel de local en caso de que se desee.
- **Centralizado:** este modo de implementación permite una infraestructura inalámbrica administrada a nivel central en la que todas las tareas de asociación o autenticación de terminales inalámbricos son administradas por un controlador llamado WLC (Wireless LAN Controller). Generalmente se implementa en entornos de campus o sucursales de tamaño mediano a grande. El WLC también administra las configuraciones de los puntos de acceso. Los puntos de acceso descargan la configuración completa desde el WLC y actúan como una interfaz inalámbrica para los clientes. Todos los paquetes de administración y de datos se envían por túnel a los WLC, que luego conmutan los paquetes entre los clientes inalámbricos y la parte cableada de la red.
- **Convergente:** La tecnología de Cisco Unified Access se basa en la política de acceso a una red convergente la cual tiene las siguientes características:
Red cableada e inalámbrica convergente: una sola infraestructura física incrementa la agilidad comercial, la simplicidad y la escalabilidad, y ofrece eficacia operativa superior.



Cisco Catalyst 3850 es el switch de acceso convergente con funcionalidad de controlador inalámbrico integrado y es la base de la red cableada e inalámbrica unificada.

- Inteligencia y operaciones coherentes en toda la red: un conjunto común de funciones de red e inteligencia con reconocimiento de contexto para políticas, visibilidad, análisis y calidad de servicio (QoS, quality of service) granular en toda la infraestructura cableada e inalámbrica permite simplicidad y una experiencia coherente del usuario. Se basa en el diseño común de ASIC y en un sistema operativo común para tecnología cableada e inalámbrica con el fin de mejorar adicionalmente la coherencia de las funciones.
- Integración en Cisco Open Network Environment: las primeras interfaces comunes del sector en redes cableadas e inalámbricas admiten un diseño que ofrece plano de datos programable OnePK para el campus empresarial con el fin de mejorar adicionalmente la agilidad comercial.

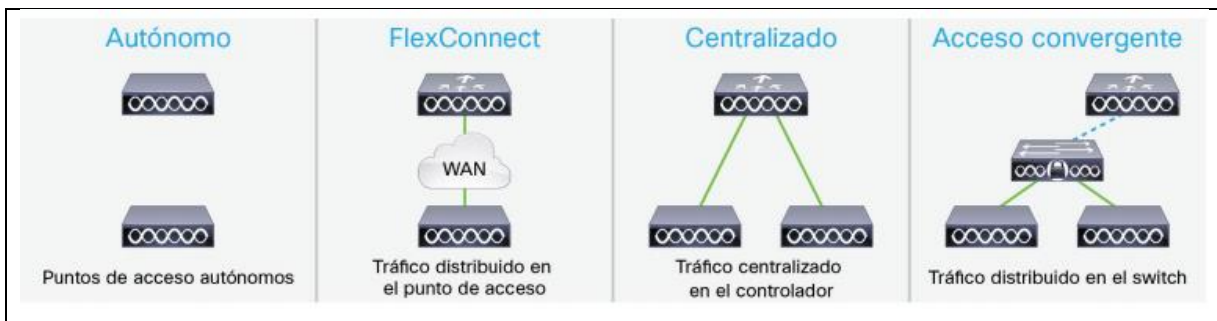


Figura 4.12. Comparación de los diferentes tipos de red

Fuente:

https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/assets/ofertas/trabajo_sin_fronteras/pdfs/cisco_unified_access_technology_overview_wp.pdf

Funcionalidad	Autónomo	FlexConnect	Centralizado	Convergente
Sistema operativo de LAN y WLAN convergentes	-	-	-	Sí
Visibilidad del tráfico en cada capa de red	-	-	-	Sí
Punto único de aplicación de políticas para LAN/WLAN	-	-	-	Sí
Funcionalidad avanzada: alta escalabilidad	-	Sí	Sí	Sí
Alta capacidad de recuperación: conmutación por falla en menos de un segundo	-	Sí	Sí	Sí
Una política: ISE	Sí	Sí	Sí	Sí
Una administración: infraestructura Prime	Sí	Sí	Sí	Sí
La mejor RF en su clase	Sí	Sí	Sí	Sí

Figura 4.13. Comparación de las funciones de los modos de aplicación

Fuente:

https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/assets/ofertas/trabajo_sin_fronteras/pdfs/cisco_unified_access_technology_overview_wp.pdf

En base a lo descrito anteriormente utilizaremos el diseño de red convergente, para lo cual utilizaremos un controlador WLC Cisco de las siguientes características:

Modelo: Cisco 5500 Series Wireless LAN Controller AIR-CT5508-K9

Licencia: base-ap-count

Software version: 8.0.152.3

El controlador WLC se conectará al switch de distribución de servicios, los access points se conectarán a los diferentes switches de acceso y así proveerán de cobertura, se ilustra un ejemplo de esto en la Figura 4.14.

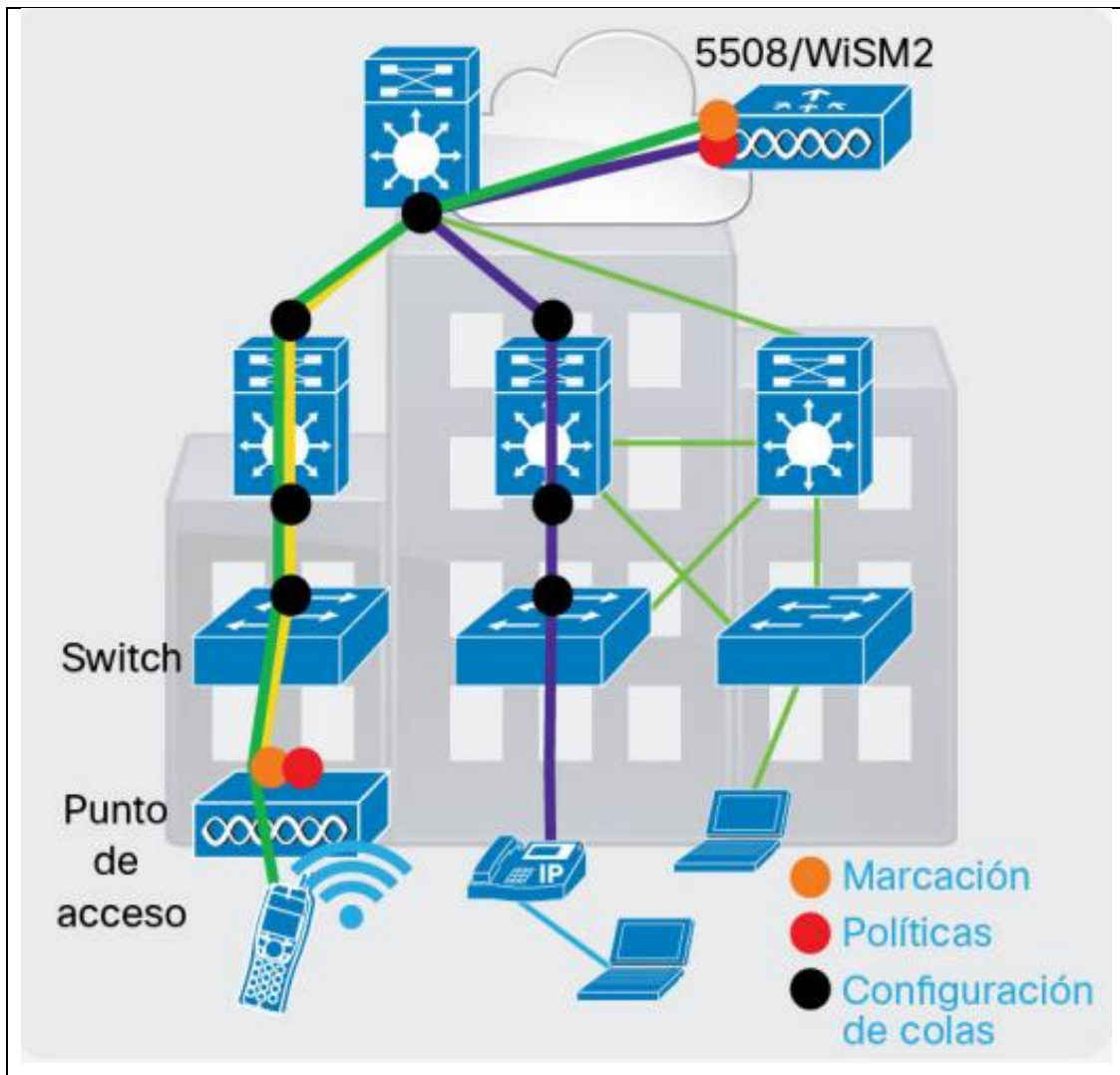


Figura 4.14. Ejemplo del diseño

Fuente:

https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/assets/ofertas/trabajo_sin_fronteras/pdfs/cisco_unified_access_technology_overview_wp.pdf

Por lo tanto, como ya se mencionó, el controlador WLC conectará tal y como se muestra en la Figura 4.15. (se consideran 02 controladores para mantener la redundancia).

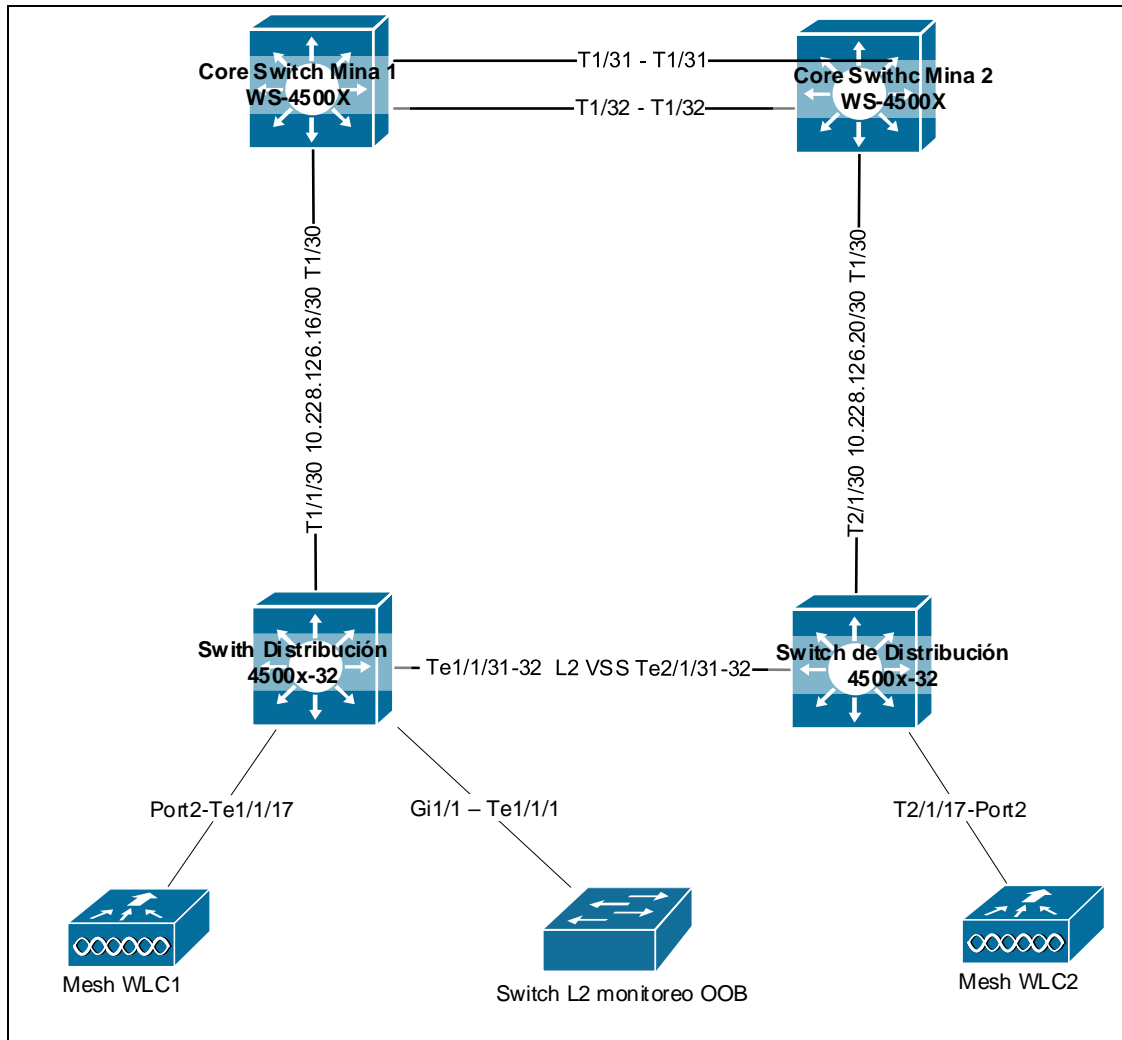


Figura 4.15. Conexión de los WLCs al switch de distribución
Fuente: Propia

Utilizaremos dos controladores Cisco 5508, cada uno conectado al switch de distribución en distintos lugares.

EL switch L2 monitoreo OOB servirá para conectar las interfaces de administración de nuestros equipos.

Ahora que ya tenemos nuestros controladores conectados a la red LAN, elegiremos los access points que se registrarán en nuestro controlador. Según la información de Cisco que se muestra en la Figura 4.16., para los access points que soportan Mesh, tenemos:

Access Points		First Support	Last Support
1500 Mesh Series	AIR-LAP-1505	3.1.59.24	4.2.207.54M
	AIR-LAP-1510	3.1.59.24	4.2.207.54M
1520 Mesh Series	AIR-LAP1522AG	-A and N: 4.1.190.1 or 5.2 or later1	-
		All other reg. domains: 4.1.191.24M or 5.2 or later1	-
	AIR-LAP1522HZ	-A and N: 4.1.190.1 or 5.2 or later1	-
		All other reg. domains: 4.1.191.24M or 5.2 or later1	-
	AIR-LAP1522PC	-A and N: 4.1.190.1 or 5.2 or later1	-
		All other reg. domains: 4.1.191.24M or 5.2 or later1	-
	AIR-LAP1522CM	7.0.116.0 or later.	-
	AIR-LAP1524SB	-A, C and N: 6.0 or later	-
All other reg. domains: 7.0.116.0 or later.		-	
AIR-LAP1524PS	-A: 4.1.192.22M or 5.2 or later1	-	
1530	AIR-CAP1532I-x-K9	7.6	-
	AIR-CAP1532E-x-K9	7.6	-
1550	AIR-CAP1552I-x-K9	7.0.116.0	-
	AIR-CAP1552E-x-K9	7.0.116.0	-
	AIR-CAP1552C-x-K9	7.0.116.0	-
	AIR-CAP1552H-x-K9	7.0.116.0	-
	AIR-CAP1552CU-x-K9	7.3.101.0	-
	AIR-CAP1552EU-x-K9	7.3.101.0	-
1552S	AIR-CAP1552SA-x-K9	7.0.220.0	-
	AIR-CAP1552SD-x-K9	7.0.220.0	-

Figura 4.16. Lista de Access points soportados por nuestro relé del controlador

Fuente:

<https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/compatibility/matrix/compatibility-matrix.html#pgfld-344191>

Elegiremos los siguientes modelos:

- Cisco Aironet 1552 (AIR-CAP1552EU-A-K9)

Los puntos de acceso para exteriores Cisco Aironet 1552E / 1552EU son los modelos estándar, sistemas de radio dual con puertos de antena externos que cumplen con los estándares IEEE 802.11b/g/n (2.4 GHz) y 802.11a/n (5 GHz). El 1552E tiene tres conexiones de antena externa para antenas omnidireccionales o direccionales de doble banda. El 1552EU tiene seis conexiones de antena externa, tres para antenas de 2.4 GHz y tres para 5 GHz, que admiten antenas omnidireccionales o direccionales como se observa en la Figura 4.17. Tienen opciones de conexiones de backhaul de enlace de factor de forma pequeño (SFP) de Ethernet y fibra, junto con la opción de una batería de respaldo. Estos modelos también tienen un puerto PoE-out que puede alimentar una cámara de video vigilancia u otros dispositivos. Modelos altamente flexibles, los Cisco Aironet 1552E / 1552EU están bien equipados para implementaciones municipales y de campus, aplicaciones de video vigilancia, entornos de minería y descarga de datos.



Figura 4.17. Cisco Aironet 1550 Series Outdoor Access Point
Fuente: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/aironet-1550-series/index.html>



- Cisco Aironet 1532 (AIR-CAP1532E-A-K9)

El innovador punto de acceso Cisco Aironet 1530E para exterior está diseñado con una antena de tecnología Cisco Flexible Antena Port, que puede admitir antenas de banda doble o banda única en la misma plataforma y se puede configurar mediante software. Cuando está configurado para puertos de doble banda, el Aironet 1530E utiliza los dos puertos de antena inferiores para conectarse a antenas omnidireccionales o direccionales de doble banda. Alternativamente, y para una mayor flexibilidad de cobertura de radio, el Aironet 1530E puede configurarse por software, permitiendo dos puertos de antena separados de 2.4 GHz y dos de 5 GHz (Figura 2). Esta flexibilidad permite a los clientes utilizar antenas direccionales de alta ganancia para backhaul a 5 GHz al desplegar antenas omnidireccionales para acceso a 2.4 GHz. En la figura 4.18. se ilustra la imagen de este modelo de access point.



Figura 4.18. Cisco Aironet 1530 Series Outdoor Access Point

Fuente: https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1530-series/data_sheet_c78-728356.html

- Cisco Aironet 1524 (AIR-LAP1524SB-A-K9)

El punto de acceso Cisco Aironet 1524PS exterior en malla ha sido diseñado específicamente para público, aplicaciones de seguridad, proporcionando una LAN inalámbrica al aire libre flexible y segura que se adapta para satisfacer las demandas de seguridad pública y servicios de movilidad. El punto de acceso Cisco Aironet 1524PS es un punto de acceso de malla múltiple de radio, preconfigurado con tres radios que cumplen con los estándares de seguridad pública IEEE 802.11a, 802.11b/g y 4.9-GHz.

Al dedicar múltiples radios separadas para el acceso, crea una infraestructura de malla robusta y segura capaz de soportar aplicaciones públicas y privadas simultáneamente. En la Figura 4.19 se ilustra una imagen de este modelo.



Figura 4.19. Cisco Aironet 1520 Series Lightweight Outdoor Access Point
Fuente: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/wireless/aironet-1520-series/tsd-products-support-series-home.html>

- Cisco Aironet (AIR-AP1572EAC-A-K9)

El punto de acceso exterior Cisco Aironet serie 1570 es ideal para operadores de redes empresariales y de clase operadora que buscan extender la cobertura de Wi-Fi al aire libre. Es el AP para exteriores de mayor rendimiento de la industria y es compatible con el último estándar WiFi, 802.11ac, con una velocidad de conexión de datos de hasta 1.3 Gbps. Este AP de nivel industrial es compatible con la tecnología de antena inteligente 4x4 de entradas múltiples y múltiples salidas (MIMO) y tres flujos espaciales para un rendimiento óptimo.



Figura 4.20. Cisco Aironet 1570 Series Outdoor Access Point
Fuente: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/wireless/aironet-1572eac-outdoor-access-point/model.html>

Cada access point tiene dos radios (tarjetas inalámbricas), una radio en 2.4GHz para dar cobertura a los clientes y otra radio en 5GHz para conectar entre access points en topología malla (mesh), en la Figura 4.20 se ilustra una imagen de este modelo.

Ahora que conocemos los modelos de access points a usar para nuestra topología en malla, necesitamos distinguir según su función.

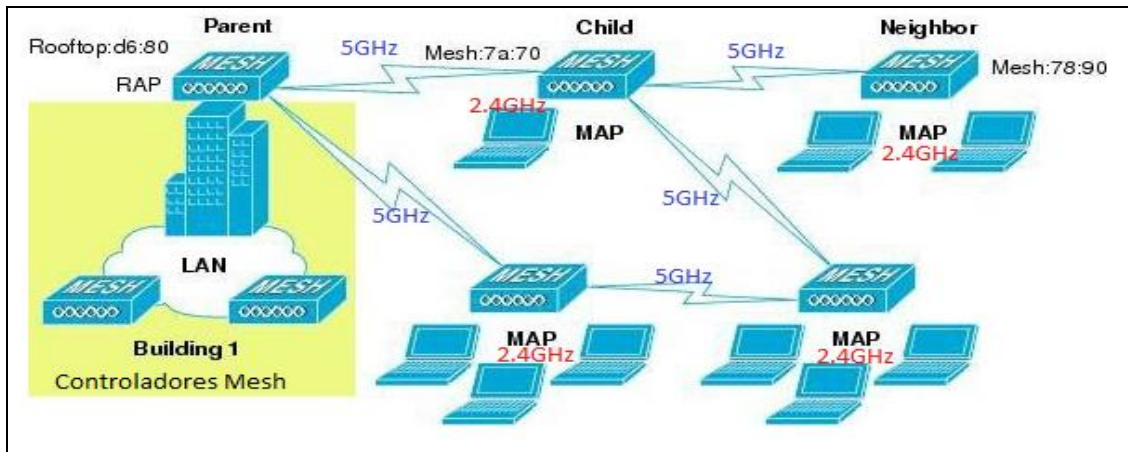


Figura 4.21. Ejemplo de uso de radios de los access points. Conexión de 5GHz entre access points y 2.4GHz para dar cobertura a los clientes.

Fuente: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/controller/8-5/Enterprise-Mobility-8-5-Design-Guide/Enterprise_Mobility_8-5_Deployment_Guide/Chapter-8.html

Entonces necesitamos definir dos funciones de los Access points:

- RAP: Son los que están conectados a la red cableada en cada ubicación conectados directamente al switch de acceso y están ubicados en las zonas altas con gran visión. En la Figura 4.21. se observan 03 RAPs conectados directamente a la red LAN
- MAP: Son los access points que se conectan de manera inalámbrica a los RAPs y por lo tanto no tienen conexión directa por cable al switch de acceso. En la Figura 4.21. se observan 04 MAPs conectados al RAP inalámbricamente, estos a su vez están dando cobertura a los clientes (que son las laptops en la imagen).

En la Figura 4.21. también se observa que se usa la banda de 5GHz para los enlaces entre RAPs y MAPs y la banda de 2.4GHz para dar cobertura a los clientes.

Ambos MAP y RAP pueden proporcionar acceso de cliente WLAN; sin embargo, la ubicación de RAP a menudo no es adecuada para proporcionar acceso de cliente. Los puntos de acceso

están ubicados en los techos de los edificios y funcionan como RAP. Estos RAP están conectados a la red en cada ubicación.

En resumen, tenemos dos tipos de equipos para la infraestructura como se muestra en la Figura 4.22.

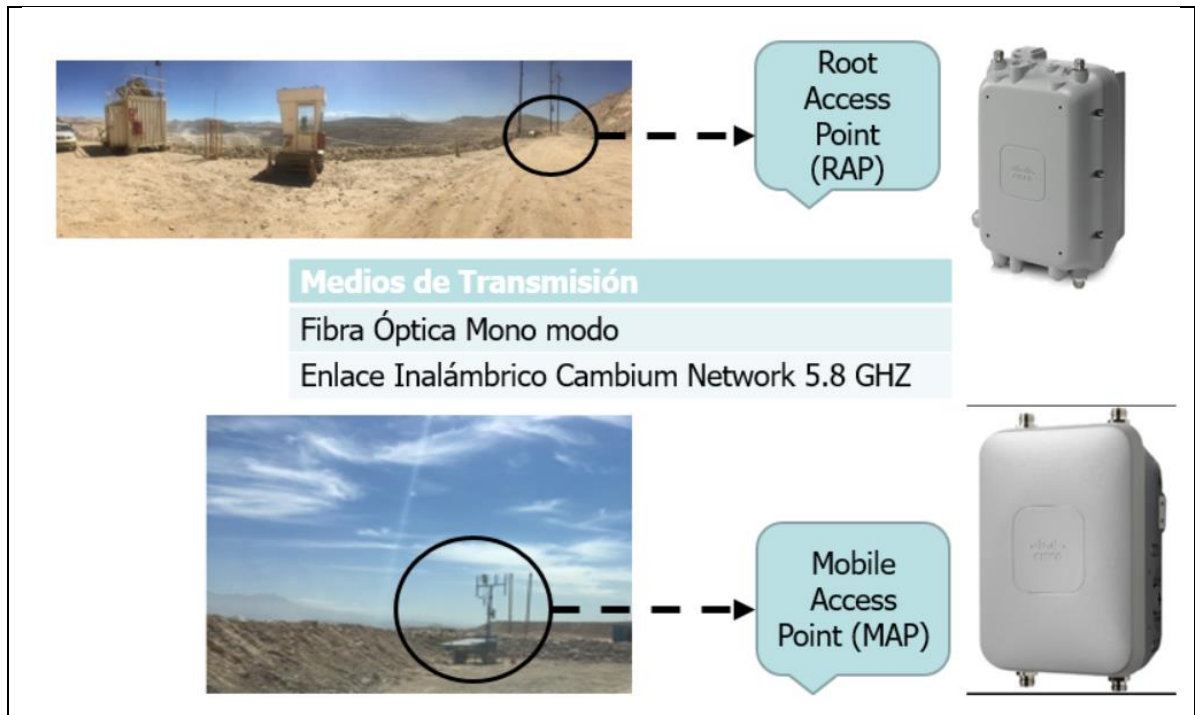


Figura 4.22. Resumen de RAP y MAP
Fuente: Propia

4.6. Infraestructura virtual

En esta sección detallaremos cómo diseñar e implementar una infraestructura de red para nuestros servidores donde se instalarán y ejecutarán todos los sistemas de tecnología minera.

Al igual que los diseños ya realizados, tenemos que diseñar una infraestructura de red altamente confiable y redundante. Tener en cuenta que todos los servidores y equipos que proporcionen servicios se conectarán a nuestro switch de distribución de servicios. La tecnología para virtualización de servidores que utilizaremos será Dell – Nutanix. (donde se instalarán todas las aplicaciones de los sistemas de tecnología minera ya descritos anteriormente).

A continuación, en la Figura 4.23., el diagrama a utilizar:

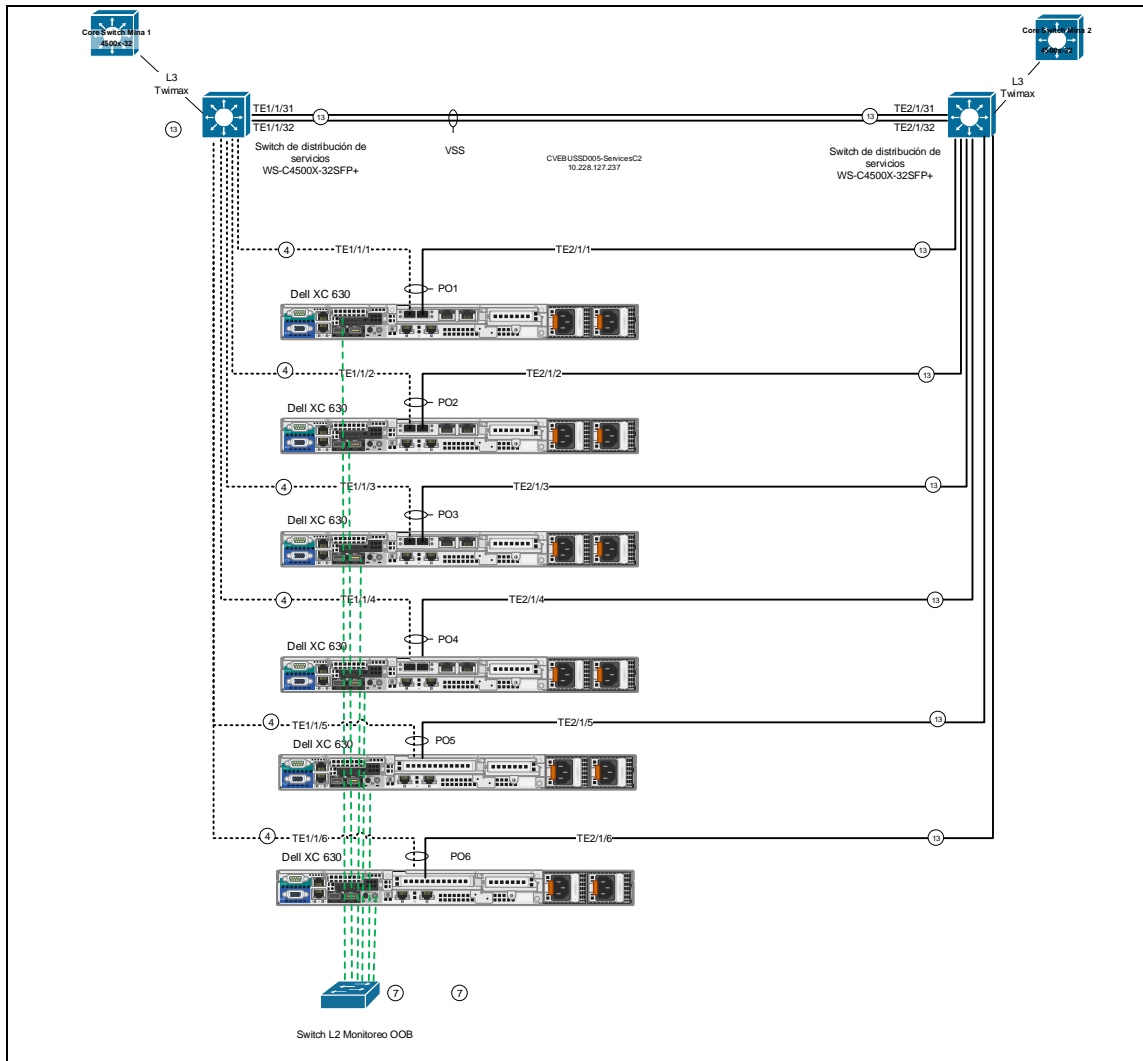


Figura 4.23. Topología de red infraestructura virtual de servidores
Fuente: Propia

Los Dell XC630 usarán doble conexión hacia el switch de distribución de servicios que consta de dos switches Cisco 4500X en configuración VSS.

4.7. Clientes inalámbricos

Si bien tenemos toda la infraestructura de red tanto inalámbrica como cableada y todos los equipos conectados, en esta sección analizaremos el access point a utilizar que será un cliente de nuestra infraestructura inalámbrica y conectará todo el hardware instalado en la flota minera (camiones, palas, perforadoras, etc.).

A continuación, en la Figura 4.24. se muestra la topología que utilizaremos en cada equipo de la flota minera (pala, camión, perforadora, etc.), es decir cada camión, para o

perforadora tiene una pequeña red LAN donde se conectan todo el hardware de los sistemas ya explicados a un switch y este switch a un access point para conectar a la nube WiFi (red Cisco Mesh).

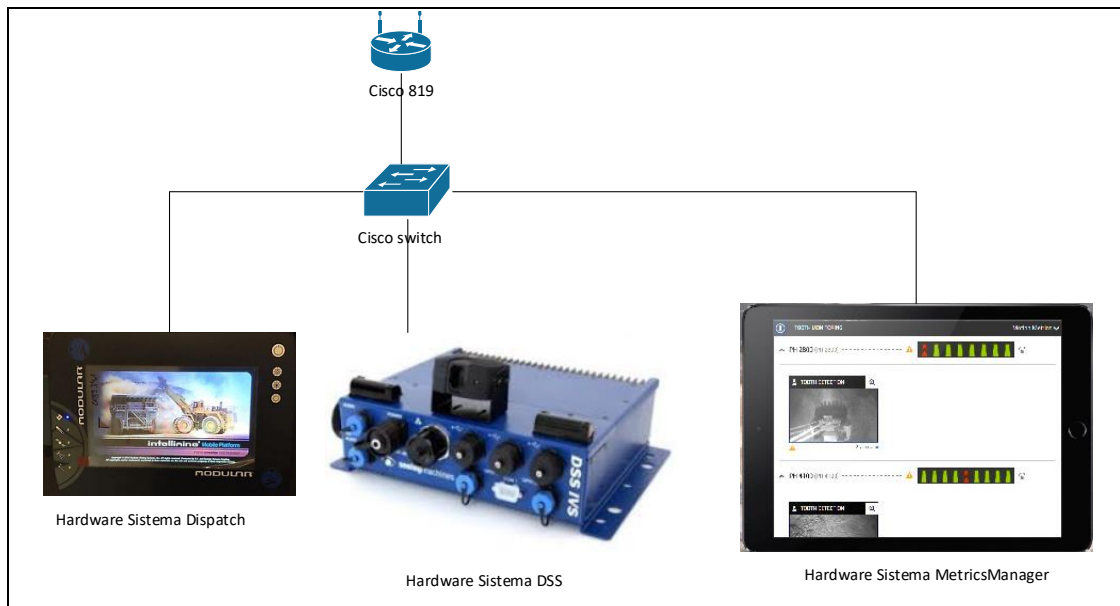


Figura 4.24. Topología que se instalará en cada equipo de la flota minera
Fuente: Propia

De acuerdo con la imagen 4.24. utilizaremos un access point modelo Cisco 819 y un switch modelo Cisco IE3000 que se detallan a continuación:

4.7.1. Access Point: Cisco 819 Router

Los routers de servicios integrados 819, diseñados en factores de forma compactos endurecidos y no endurecidos, es el enrutador de software Cisco IOS más pequeño con soporte para red inalámbrica de tercera generación (3G) integrada backhaul de banda ancha y capacidades WLAN, en la Figura 4.25. se muestra la imagen de este modelo. La puerta de enlace ISR Cisco 819 proporciona una implementación rápida, altamente confiable y segura diseñada específicamente para aplicaciones de host a host (M2M). Los mercados que se benefician de estas aplicaciones incluyen automatización industrial, transporte, finanzas, atención médica, servicios públicos, etc. Totalmente integrado con el software Cisco IOS, la familia Cisco 819 ofrece características de clase empresarial, que incluyen comunicaciones de datos, voz y video altamente seguras a nodos de redes estacionarias y móviles a través de redes cableadas y enlaces inalámbricos.

Una red de área local inalámbrica (WLAN) implementa un sistema de comunicación de datos flexible que aumenta con frecuencia en lugar de reemplazar una LAN alámbrica dentro de un edificio o campus. Las WLAN utilizan la frecuencia de radio para transmitir y recibir datos por aire, lo que minimiza la necesidad de conexiones por cable.

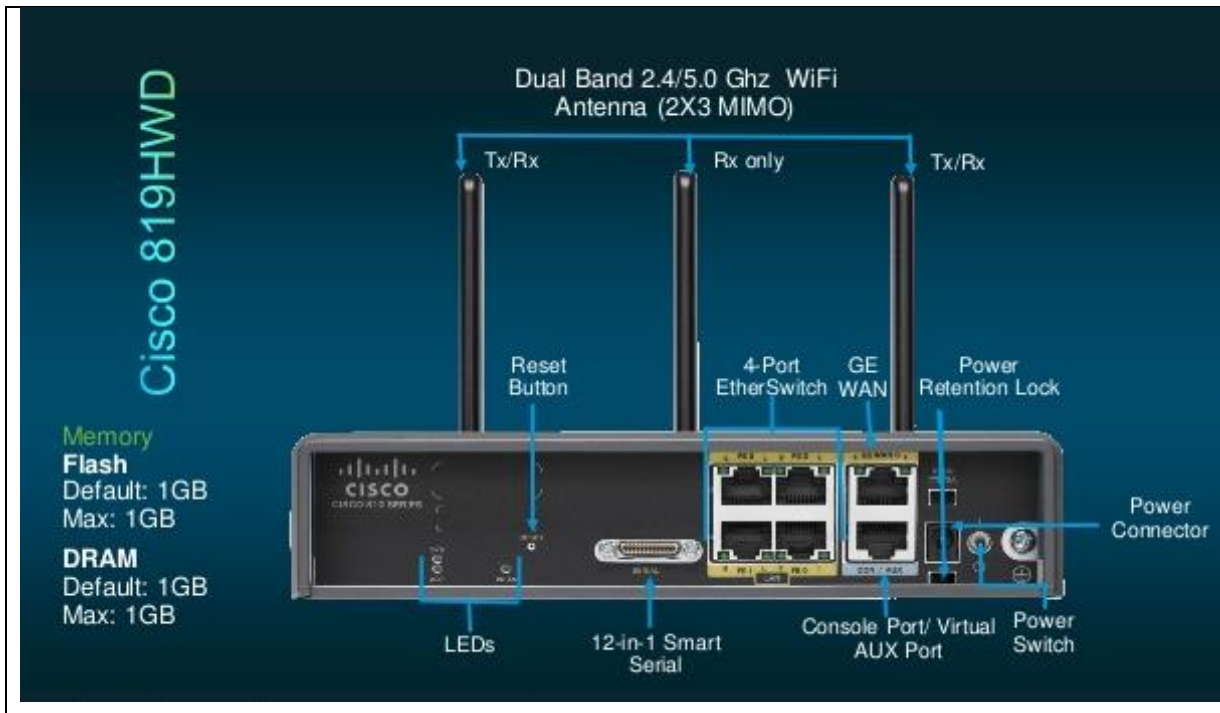


Figura 4.25. Imagen del router/access point Cisco 819

Fuente: <https://www.slideshare.net/CiscoPublicSector/cisco-internet-of-things-iot>

4.7.2. Switch: Cisco IE3000 Switch

La serie Cisco Industrial Ethernet 3000 (serie IE 3000) es una familia de conmutadores de Capa 2 y Capa 3 que llevan al liderazgo de Cisco a cambiar a aplicaciones de Industrial Ethernet con características innovadoras, seguridad robusta y facilidad de uso superior. Las características de la serie Cisco IE 3000 son:

- Diseño industrial y cumplimiento.
- Herramientas para una fácil implementación, administración y reemplazo.
- Seguridad de la red basada en estándares abiertos.
- Integración de redes informáticas y de automatización industrial.

El switch Cisco IE 3000 Series es un producto ideal para aplicaciones de Ethernet industrial, incluida la automatización de fábricas, control de procesos y energía y sistemas de transporte inteligente (ITS). Se muestra una imagen de este modelo en la Figura 4.26.

El switch Cisco IE 3000 ofrece:

- Diseño para aplicaciones de Ethernet industrial, que incluye clasificaciones ambientales, de choque/vibración y sobretensiones extendidas; un conjunto completo de opciones de entrada de potencia; enfriamiento por convección; y montaje en riel DIN.
- Soporte para Power over Ethernet (PoE) de hasta 15.4W por puerto.
- Compatibilidad con Power over Ethernet Plus (PoE +) para dispositivos con capacidad PoE + de hasta 30 W por puerto.
- Configuración y administración sencillas utilizando el software Cisco DNATM Center y la interfaz web de Cisco Device Manager y las herramientas de soporte, incluyendo Cisco Network Assistant (CNA) y Cisco Prime LMS 4.2
- Reemplazo fácil del switch usando memoria extraíble, lo que permite al usuario reemplazar un interruptor sin tener que reconfigurar.
- Alta disponibilidad, determinismo garantizado y seguridad confiable con el software Cisco IOS.
- Configuraciones de software recomendadas para aplicaciones industriales que se pueden aplicar con solo tocar un botón.
- Cumplimiento de una amplia gama de especificaciones de Ethernet industrial que cubren la automatización industrial, ITS, subestaciones, ferrocarriles y otros mercados.
- Compatibilidad con IEEE1588v2, un protocolo de tiempo de precisión con una precisión de nanosegundos para aplicaciones de alto rendimiento.
- Mejora de la resistencia de los anillos con el soporte del Protocolo Ethernet resistente (REP).
- Integración transparente de TI con el soporte de los protocolos de enrutamiento de capa 3 (servicios IP).
- Certificación PROFINET v2, con conformidad de clase B de conformidad PROFINET.
- Certificación ABB Industrial IT.



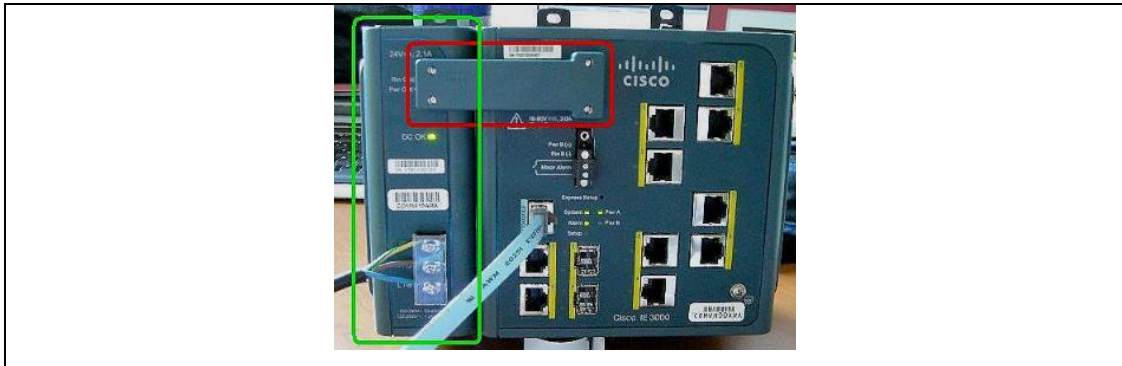


Figura 4.26. Imagen de switch Cisco IE3000 de 8 puertos
Fuente: Propia

Con estos equipos finalmente logramos la conexión desde los servidores y estaciones de despacho en la LAN hacia el hardware de los diferentes sistemas de tecnología minera. La Figura 4.27. muestra un diagrama resumido de cómo se conectan los clientes (hardware de la flota minera) y la infraestructura de servidores.

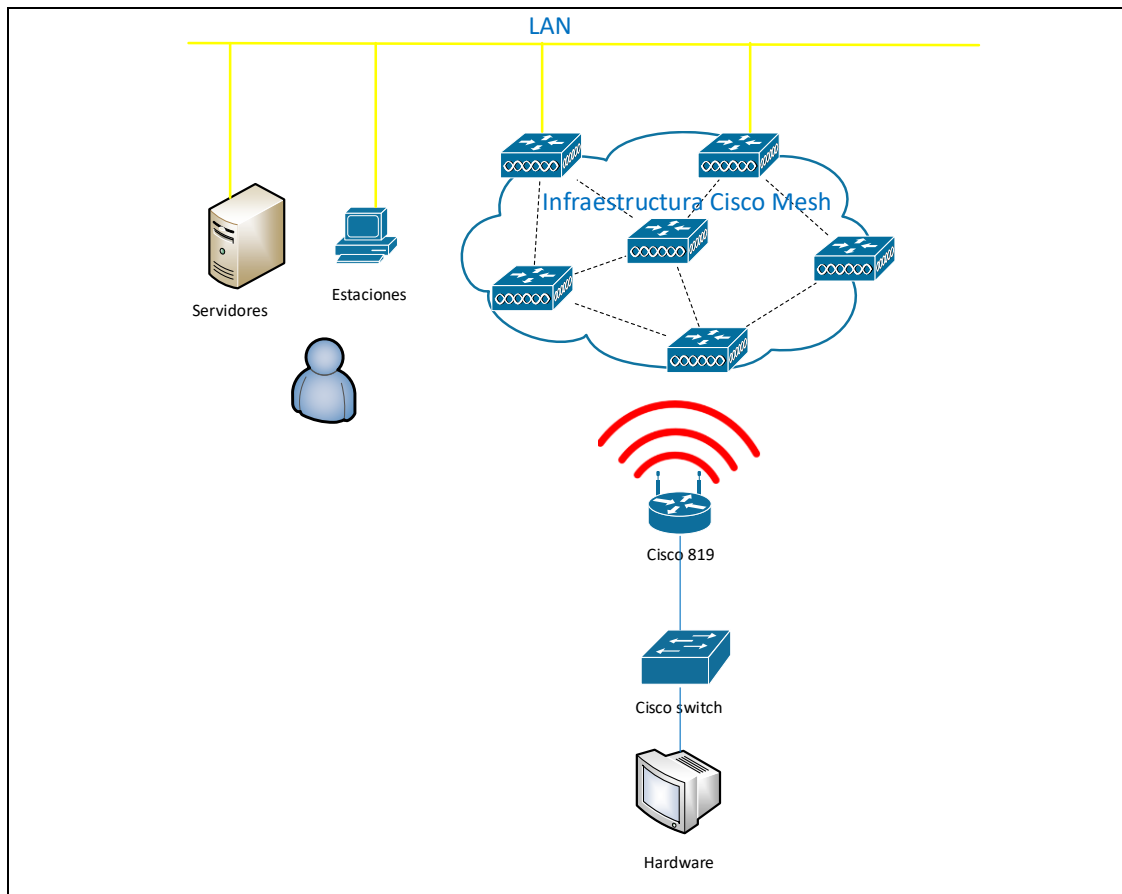


Figura 4.27. Conexión desde los servidores
Fuente: Propia

CAPÍTULO V: ENERGÍA AUTÓNOMA, EL GRAN DESAFÍO

En esta sección discutiremos sobre cómo energizar nuestros equipos que comprenden la infraestructura de la red Cisco Mesh (RAPs y MAPs).

Como bien sabemos, necesitamos instalar estaciones repetidoras transportables para poder brindar cobertura de manera temporal en ciertas zonas del tajo.

Tenemos que considerar que la geografía del tajo no es constante debido al proceso de extracción del mineral.

En la Figura 5.1. se muestra cómo cambia la geografía por la extracción que realiza una pala en 02 semanas.



***Figura 5.1. Cambios de la geografía por extracción
Fuente: Propia***

Entonces no podemos realizar una instalación fija (en un poste) y llevar energía eléctrica a través de líneas de baja tensión para energizar nuestros equipos que conforman nuestra infraestructura inalámbrica.

Es por eso que se diseñó un sistema fotovoltaico que proveerá de energía eléctrica a nuestro equipo de comunicación.

El diseño trabajaría de la siguiente manera:

Durante el día: Los paneles solares proveerán de energía al equipo de comunicaciones.



Durante la noche: Un arreglo de baterías proveerá de energía al equipo de comunicaciones (estas baterías se cargarán durante el día con los paneles solares).

Para esto necesitamos lo siguiente (ver Figura 5.2.):

- Paneles solares
- Baterías
- Controlador de carga
- Interruptores

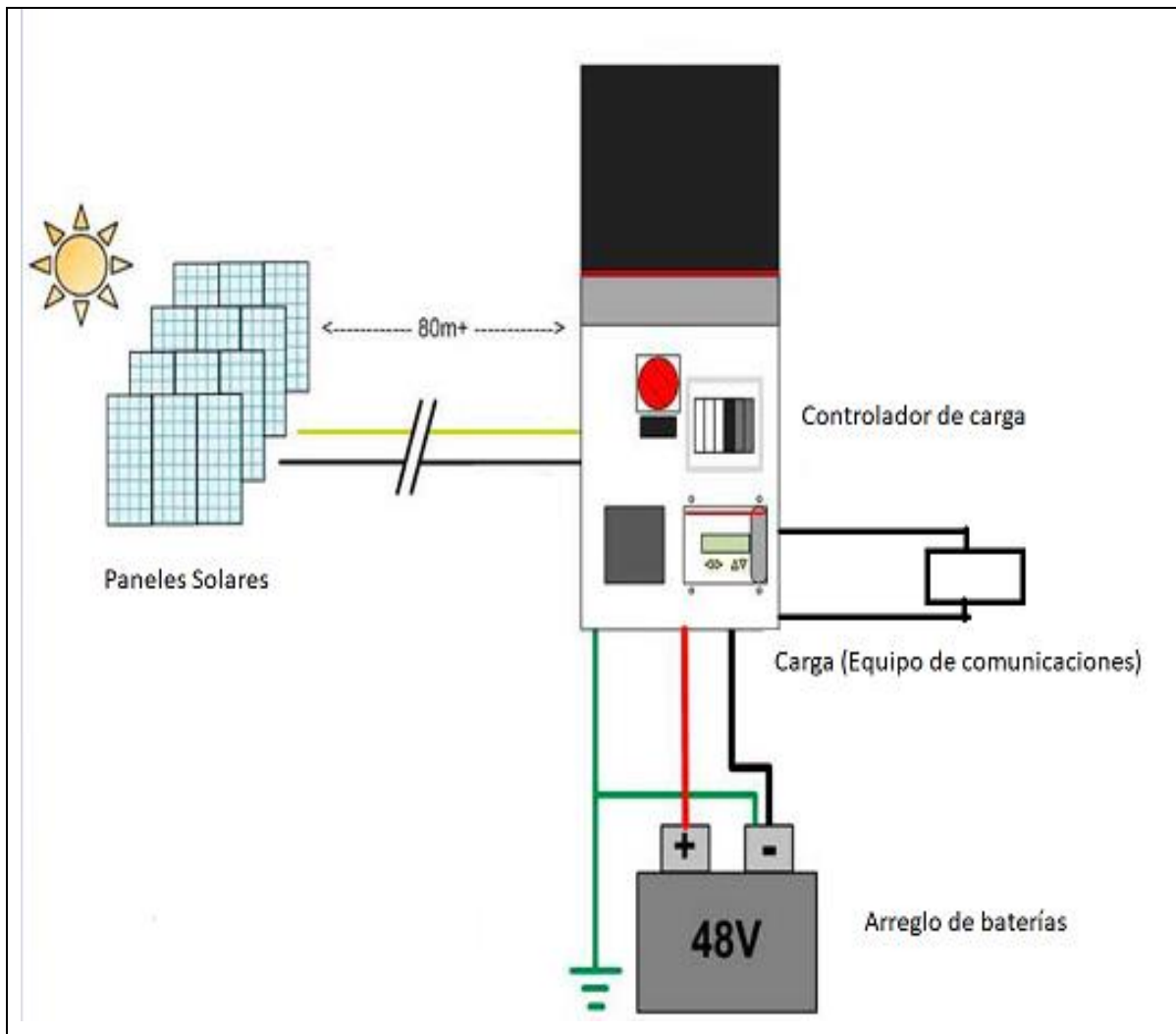


Figura 5.2. Diagrama simplificado de sistema fotovoltaico

Fuente: <https://www.bluepacificsolar.com/charge-controller/morningstar-ts-mppt-60-600v-48-db.html>

Entonces, el controlador de carga contiene el circuito que recibirá el voltaje de los paneles para alimentar el arreglo de baterías recargable y energizar nuestro equipo de comunicaciones.

Para este propósito utilizaremos el controlador de carga Morningstar modelo “TRISTAR MPPT 60 CONTROLADOR DE PANELES SOLARES CON DETECCIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA”.



Figura 5.3. Controlador de carga Morningstar MPPT60

Fuente: <https://beyondoilsolar.com/product/morningstar-tristar-mppt-60-charge-controller/>

El controlador de paneles solares TriStar MPPT de Morningstar, con tecnología TrakStar Technology™, es un avanzado controlador de carga de baterías con capacidad de detección del punto de máxima potencia (MPPT) para paneles fotovoltaicos independientes de la red eléctrica, de hasta 3 KW de potencia. Este controlador tiene un incomparable rendimiento pico del 99% y mucho menos pérdidas de energía que otros controladores MPPT del mercado. El TriStar MPPT aplica un avanzado algoritmo de seguimiento de carga para extraer la máxima potencia del panel fotovoltaico. Hace un barrido extremadamente rápido de toda la curva I-V para determinar la ubicación del pico de potencia. Este producto es el primer controlador de paneles fotovoltaicos con conexión Ethernet integrada para acceder a la Internet. También ofrece hasta 200 días de registro de datos.

A continuación, en la Figura 5.4. se detalla el plano eléctrico de nuestro sistema fotovoltaico:



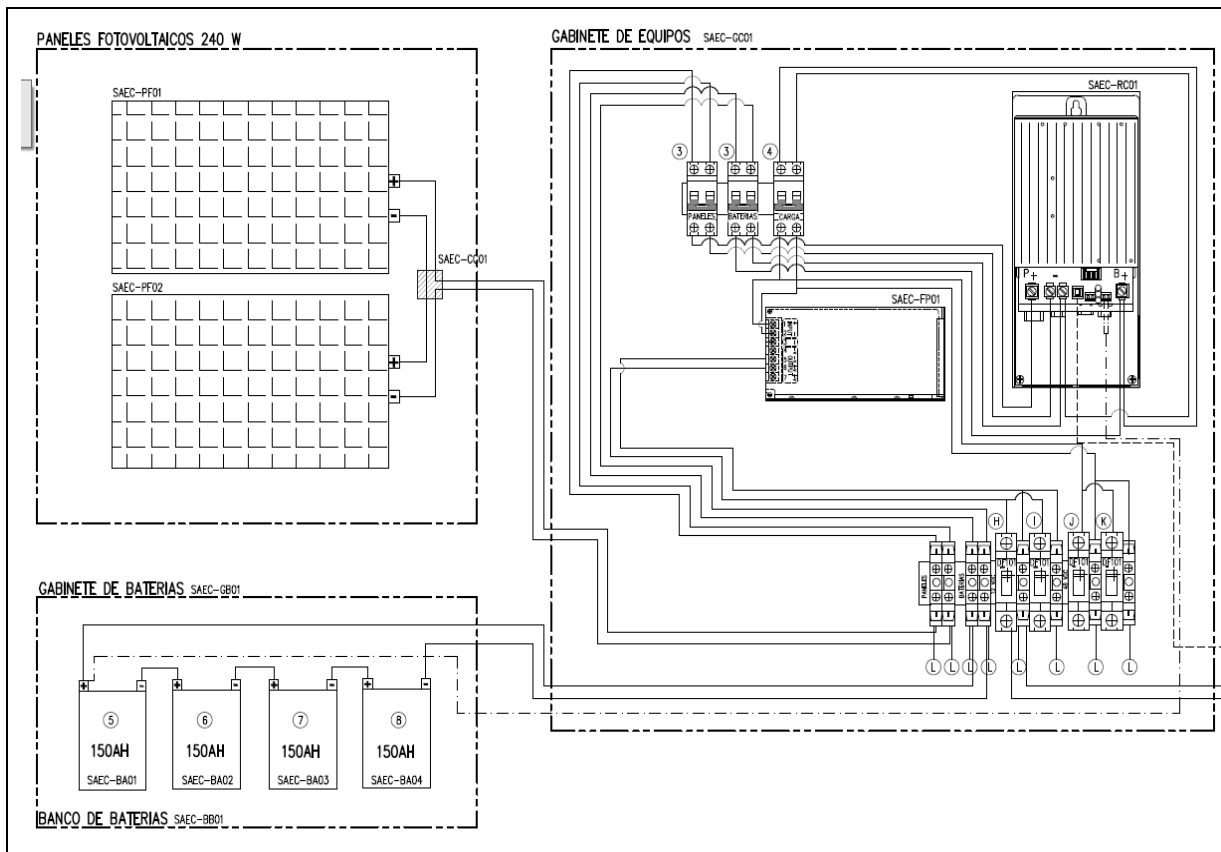


Figura 5.4. Diagrama del sistema fotovoltaico detallado
Fuente: Propia

Ahora que ya tenemos nuestro sistema de energía, diseñaremos la estructura donde se instalará el sistema de energía y el equipo de comunicaciones.

Nuestro remolque tiene que ser de un material resistente y con llantas para poder fijarlo en la camioneta y transportarlo. En este remolque se instalará el sistema de energía fotovoltaico y todo el sistema de comunicaciones conformado por el access point y las antenas.

A continuación, en la Figura 5.5. se muestra el diseño de la estructura del remolque (se pueden apreciar 02 cajas nemas Outdoor para el montaje del access points y controlador de carga, 02 llantas para su traslado, 01 mástil donde se instalarán las antenas en la parte superior y el panel solar inclinado para mejor captación de los rayos solares:

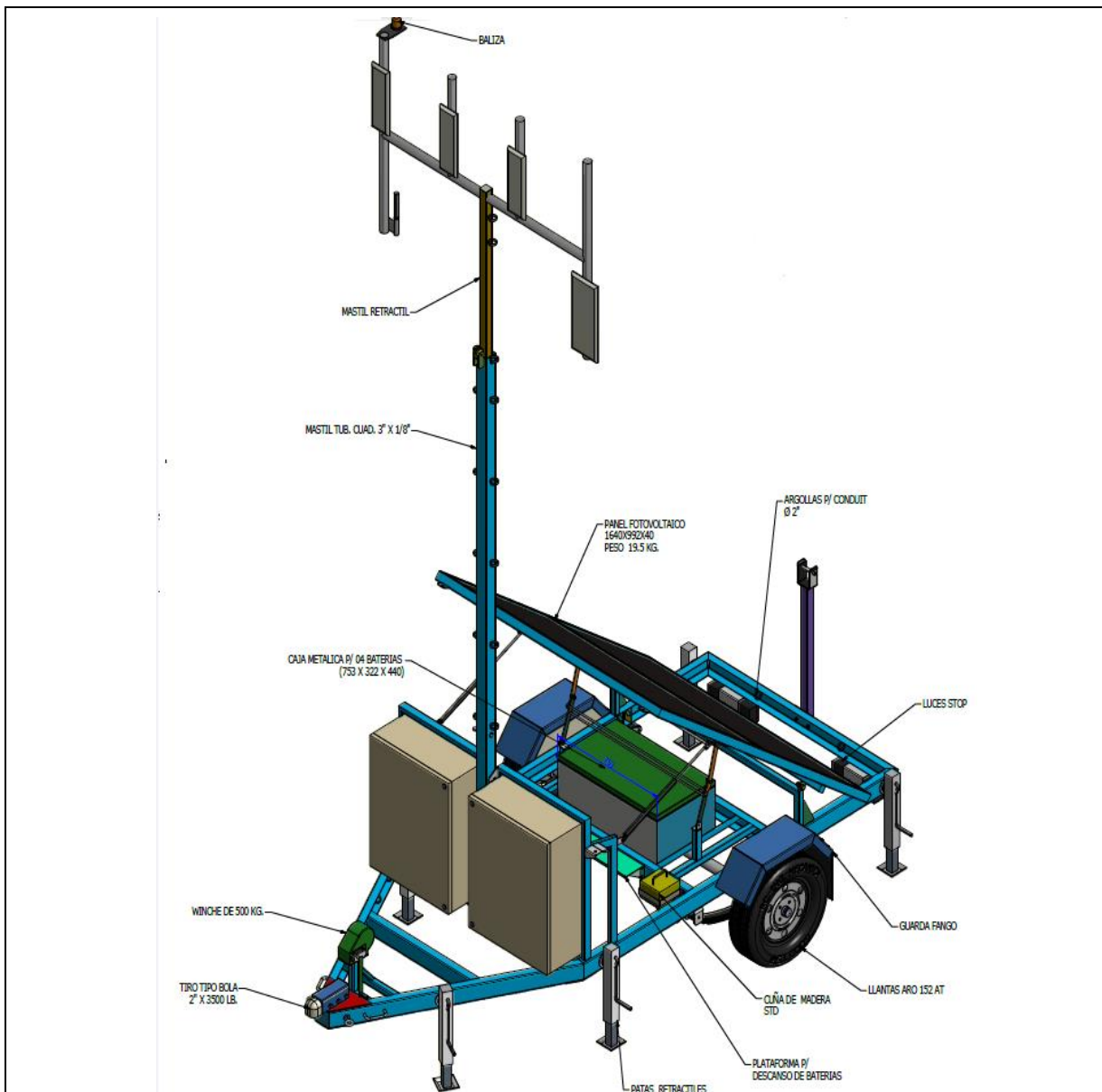


Figura 5.5. Remolque para nuestro equipo de comunicaciones
Fuente: Propia

Las partes por detallar son:

- Tiro tipo bola: esto para fijar a la camioneta y remolcarlo.
- Mástil de tubo cuadrado: Estructura que se levanta y adentro contiene el mástil retráctil.
- Mástil retráctil: Mástil que se eleva al izar (tenemos que ganar altura).
- Caja metálica de 04 baterías: Estructura donde se fijará el arreglo de baterías.
- Winche de 500Kg: es la polea que jala el cable para izar nuestro mástil.
- Soporte para antenas: en la parte superior se instalarán las antenas de 2.4Ghz y 5.8GHz.

CAPÍTULO VI: INSTALACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN

Ahora que se cuenta con la red LAN implementada, los remolques con el sistema solar y los equipos de comunicaciones inalámbricos, procederemos a realizar el despliegue e instalación de equipos en el tajo. El alcance de este informe será dar cobertura en dos tajos (1 y 2) y botaderos.

- Tajo 1: En la Figura 6.1. se muestra la instalación de 04 RAPs (color rojo) y 06 MAPs (color verde).

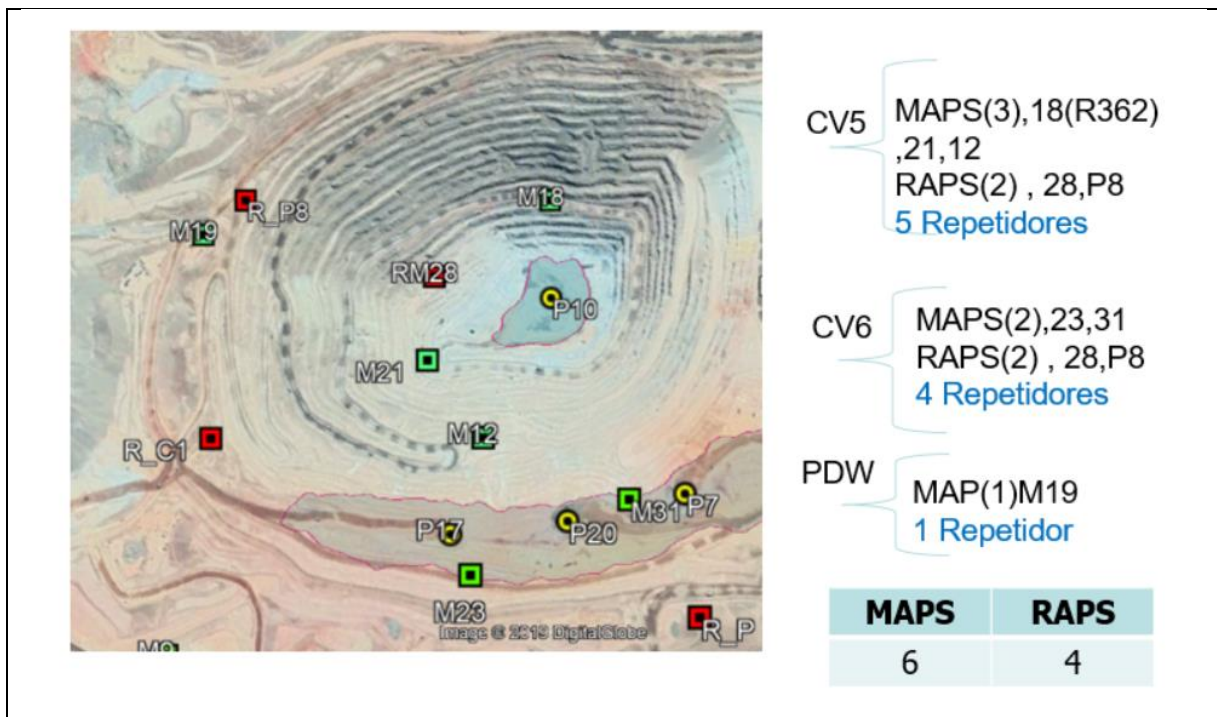


Figura 6.1. Cantidad de equipamiento para tajo 1
Fuente: Propia

- Tajo 2: En la Figura 6.2. se muestra la instalación de 04 RAPs (color rojo) y 06 MAPs (color verde).

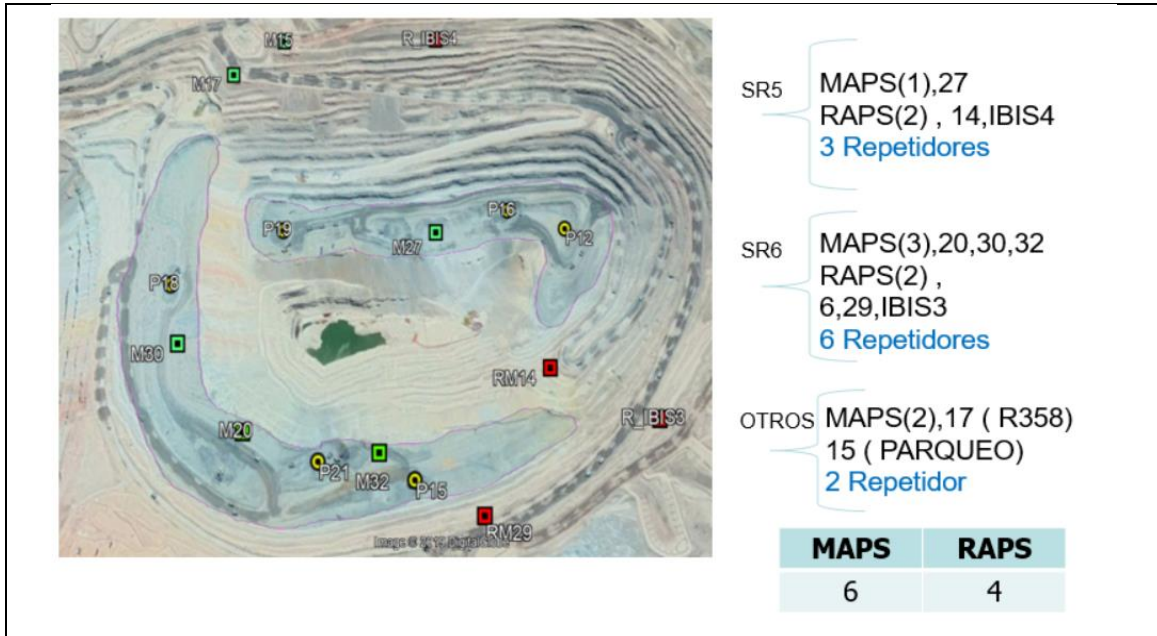


Figura 6.2. Cantidad de equipamiento para tajo 2
Fuente: Propia

- Tajo 2 (continuación): En la Figura 6.3. se agregan 03 RAPs y 02 MAPs adicionales para un frente de trabajo (palas 6 y 9).

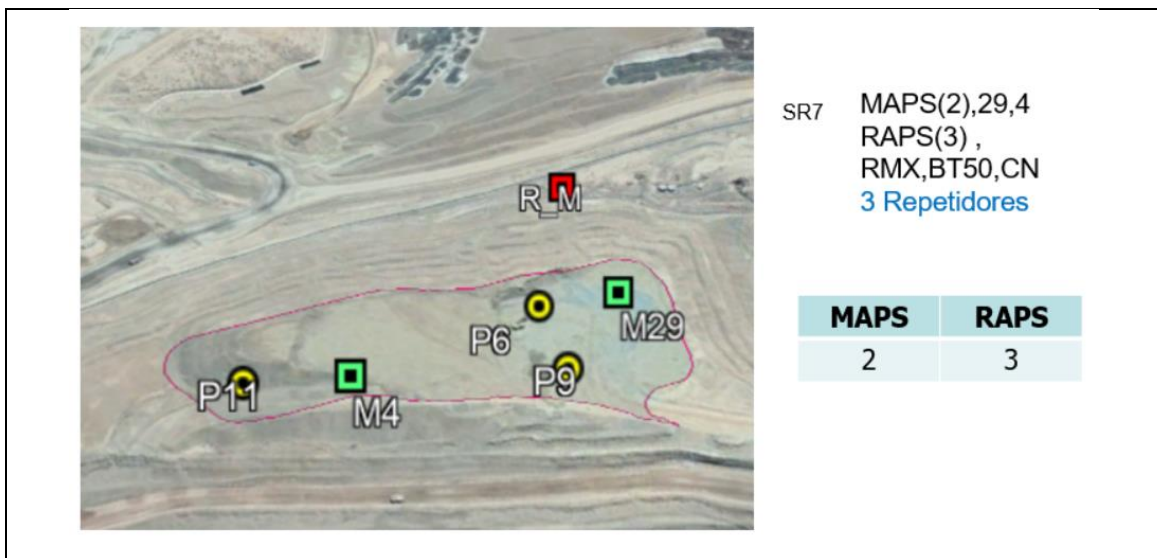


Figura 6.3. Cantidad de equipamiento para tajo 2 (continuación)
Fuente: Propia



- Botadero: Para la zona del botadero tenemos 02 RAPs y 03 MAPs.

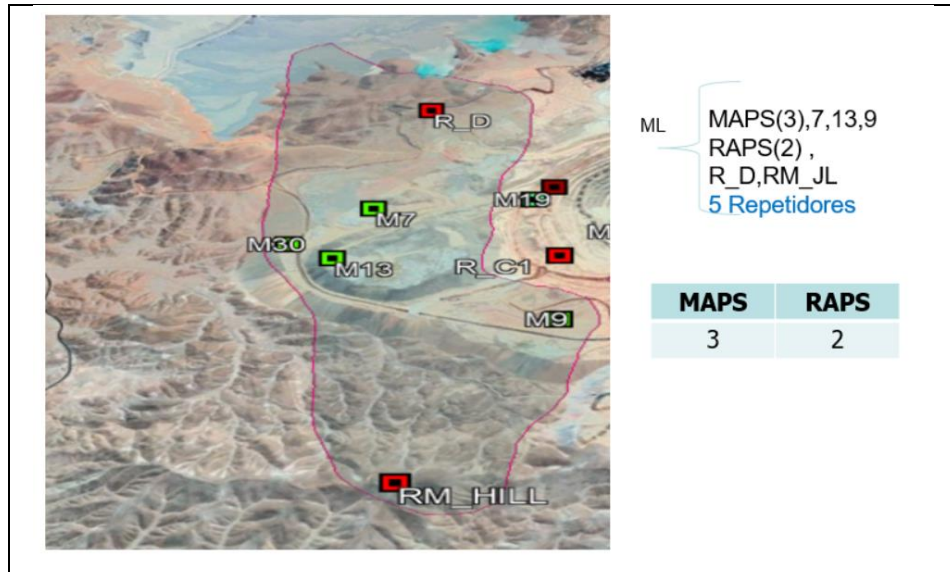


Figura 6.4. Cantidad de Equipos para botadero
Fuente: Propia

Ahora que ya hemos definido la Infraestructura, realizamos el despliegue dentro de las zonas definida (tajo 1, tajo 2 y botadero):

A continuación, algunos ejemplos que se muestran en el campo: La Figura 6.5. muestra un MAP que está enlazado a un RAP al otro lado del tajo en la frecuencia de 5GHz. Tanto el MAP como el RAP pueden dar cobertura a las palas y camiones en la frecuencia de 2.4. GHz.

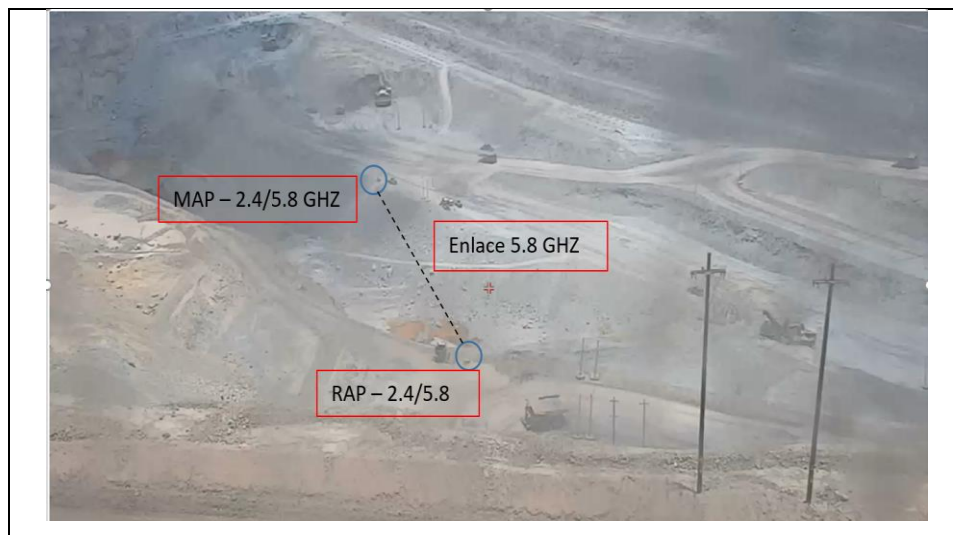


Figura 6.5. Ejemplo de enlace entre RAP y MAP
Fuente: Propia

En la Figura 6.6. se muestra el remolque 30 que hace la función de MAP para brindar cobertura a la pala, los camiones asignados a dicha pala y las perforadoras que se encuentran en la zona.



Figura 6.6. Ejemplo 1 de clientes: Palas, camiones y perforadora tienen cobertura que brinda remolque 30
Fuente: Propia

En la Figura 6.7. se muestra el remolque 20 que funciona como MAP y brinda cobertura a la pala 21 hasta que termine todo el frente de trabajo. Luego se procederá a retirar dicho remolque.



Figura 6.7. Ejemplo 2 de clientes: Palas, camiones y perforadora tienen cobertura que brinda remolque 30
Fuente: Propia

**CAPÍTULO VII:
PRESUPUESTO Y CARTA GANTT PARA PUESTA EN OPERACIÓN**

A continuación, se detalla la planificación del proyecto para la implementación de esta red.

7.1. Fases

El proyecto consta de 06 etapas desde el diseño hasta la instalación y verificación. En la tabla 7.1. se mencionan las fases de este proyecto.

Tabla 7.1. Fases del proyecto

Fases del Proyecto
Fase 1: Preingeniería
Fase 2: Ingeniería de detalle
Fase 3: Configuración y pruebas de equipos
Fase 4: Instalación y despliegue de infraestructura
Fase 5: Instalación y despliegue de clientes
Fase 6: Verificación y pruebas

Cada frase cuenta con actividades ya definidas y el conjunto de todas estas se denomina la estructura de desglose del trabajo el cual es nuestra línea base del alcance de este proyecto. La tabla 7.2. muestra las actividades por cada fase.

Tabla 7.2. Actividad del proyecto

Proyecto Implementación Red Inalámbrica para Tajo
Fase 1: Preingeniería
1.1. Análisis del requerimiento de la red
1.2. Comparación con las tecnologías del mercado
1.3. Análisis en tajo de obras civiles necesarias
Fase 2: Ingeniería de detalle



2.1. Diseño y arquitectura de red
2.2. Aprobación de la arquitectura
2.3. Compra de equipamiento
2.4. Compra de remolques
2.5. Orden de servicio para obras civiles
Fase 3: Configuración y pruebas de equipos
3.1. Configuración e instalación de switches capa 3
3.2. Configuración e instalación de switches capa 2
3.3. Configuración e instalación de Firewall
3.4. Configuración e instalación de controlador primario y secundario
3.5. Configuración de RAPs
3.6. Configuración de MAPs
3.7. Configuración de access points Cisco 819
3.8. Verificación de configuración y pruebas en laboratorio
Fase 4: Instalación y despliegue de infraestructura
4.1. Instalación de RAPs en torres y postes
4.2. Instalación de MAPs en remolques y alineación de antenas
Fase 5: Instalación y despliegue de clientes
5.1. Instalación de access points en palas, camiones y perforadoras
5.2. Instalación de antenas en palas, camiones y perforadoras
5.3. Instalación de sistemas de tecnología minera
5.4. Verificación de instalaciones y control de calidad
Fase 6: Verificación y pruebas
6.1. Configuración de Solarwinds NPM para monitoreo de equipos
6.2. Pruebas en campo para estudio de cobertura con Airmagnet
6.3. Revisión de diagramas de topología, planos de fibra óptica y distribución de hilos.

7.2. Costos

De acuerdo con la cantidad de equipos considerados en el diseño, se realiza la estimación de costos. En la tabla 7.3 se muestra que el costo de adquisición de equipamiento para este proyecto asciende a medio millón de dólares aproximadamente.



Tabla 7.3. Costos del equipamiento

Cantidad	Descripción	Número de parte	Precio unitario	Subtotal
1	Enlaces microondas	BridgeWave efa-110490-b07-r	\$15,000.00	\$15,000.00
4	Switches de núcleo	WS-C4500X-32SFP+	\$10,000.00	\$40,000.00
4	Switches de distribución	WS-C4500X-32SFP+	\$10,000.00	\$40,000.00
10	Switches de acceso	WS-C3650-48FS-L	\$7,500.00	\$75,000.00
16	UPS de 5KVA	SRT5KTF	\$1,500.00	\$24,000.00
16	Bancos de baterías	SRT192BP	\$800.00	\$12,800.00
40	Módulos de fibra óptica 1Gbps	GLC-LH-SMD	\$750.00	\$30,000.00
16	Módulos de fibra óptica 10Gbps	SFP-10G-LR	\$2,500.00	\$40,000.00
13	RAPs	AIR-AP1572EAC-B-K9	\$2,500.00	\$32,500.00
17	MAPs	AIR-CAP1532E-A-K9	\$2,500.00	\$42,500.00
17	Remolques solares	NA	\$10,000.00	\$170,000.00
30	Soportes de RAP/MAP	AIR-ACCPMK1570-1	\$400.00	\$12,000.00
30	Fuentes	AIR-PWRINJ1500-2=	\$350.00	\$10,500.00
30	Antenas 5.8GHz Mobile Mark	PS10-5500-120	\$230.00	\$6,900.00
60	Antenas 2.4GHz Mobile Mark	PS12-2400-90	\$200.00	\$12,000.00
180	Conectores tipo N	N-MALE	\$5.00	\$900.00
1	Rollo de cable LMR400	NA	\$400.00	\$400.00
			Total	\$564,500.00

A continuación, en la tabla 7.4. se detallan los costos de los servicios que necesitamos adquirir para la implementación de nuestro servicio.

Tabla 7.4. Costos de los servicios

Cantidad	Descripción	Tipo	Costo
2	Servicio de Internet 500Mbps	Mensual	\$ 1,500.00
1	Servicio de Instalación de equipos en data center	Único	\$ 25,000.00
1	Servicio de Instalación de equipos inalámbricos	Único	\$ 30,000.00

Con esto hemos detallado los costos involucrados al proyecto. A continuación, se detallará el cronograma de ejecución de las actividades.

7.3. Cronograma

De acuerdo con la planificación, juicio de expertos y los recursos que tenemos, se estima una duración del proyecto de un año. En la Figura 7.1. se muestra la línea base del cronograma y en la Figura 7.2. se muestra el diagrama Gantt.



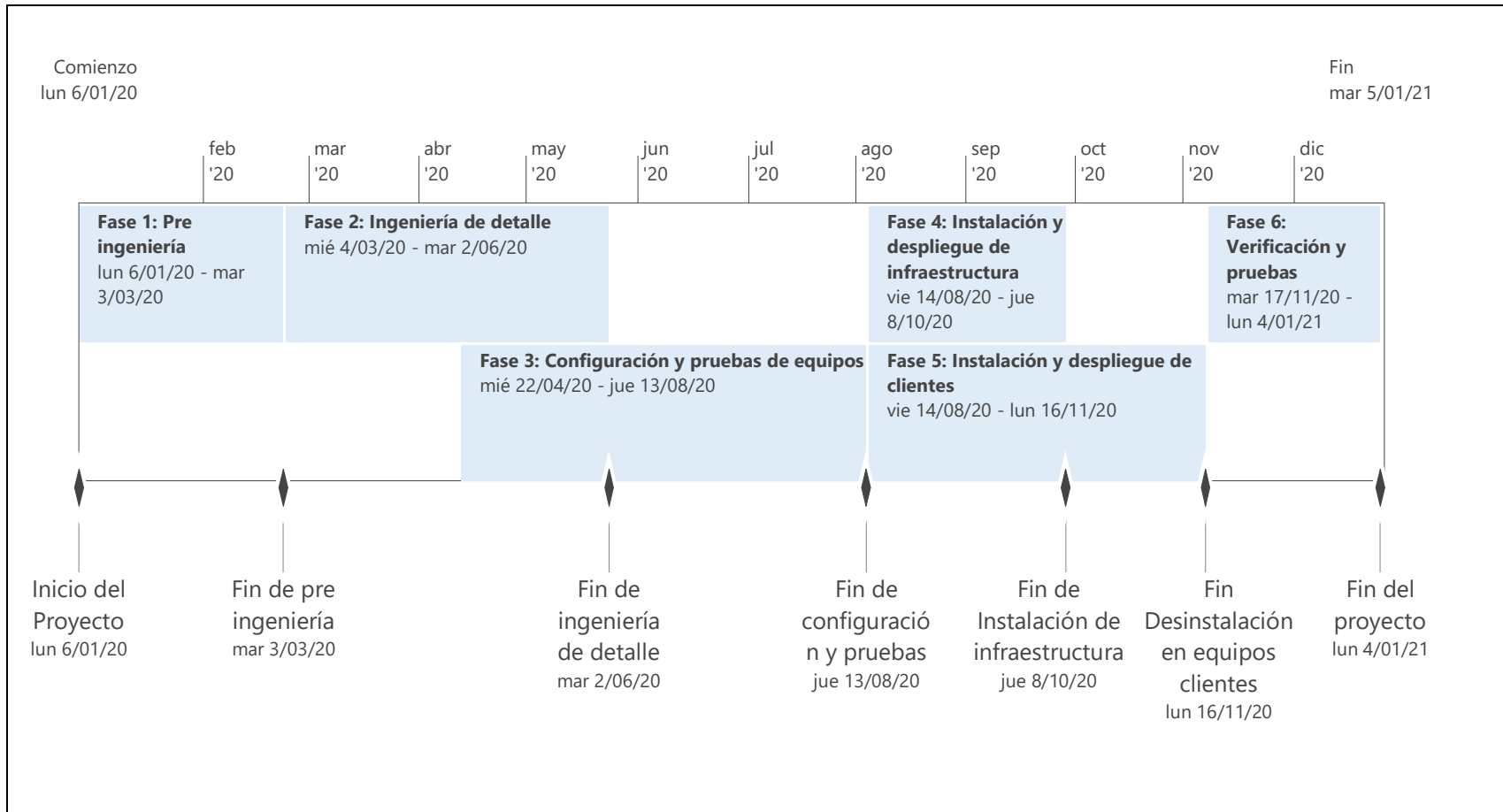


Figura 7.1. Línea de base
Fuente: Propia

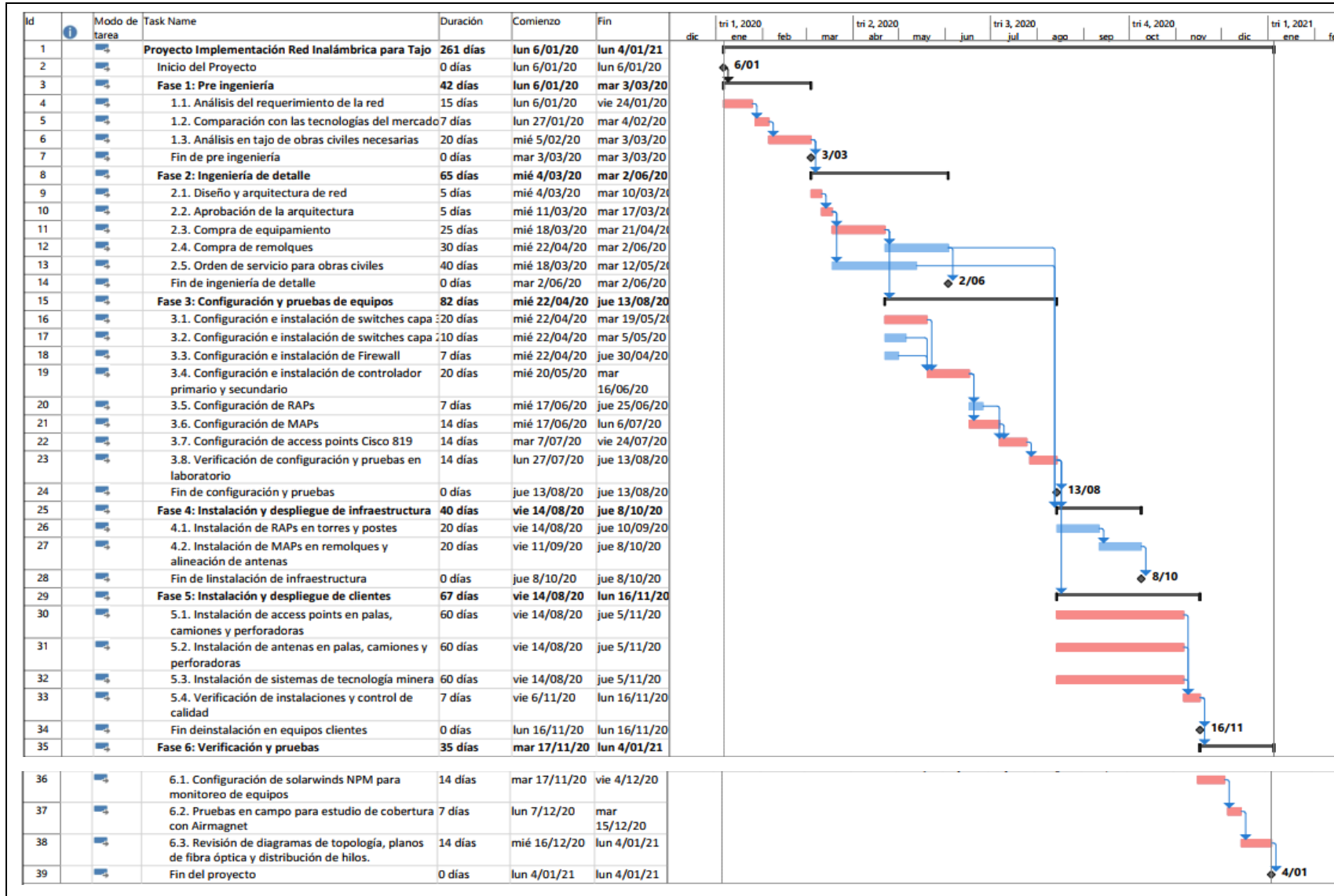


Figura 7.2. Diagrama Gantt del proyecto
Fuente: Propia

CAPÍTULO VIII: ESTUDIO Y ANÁLISIS DE COBERTURA

Para comprobar y verificar que el diseño esté funcionando correctamente, necesitamos de un software y hardware para realizar lo siguiente:

- Software de monitoreo de equipos.
- Sistema para el estudio de cobertura.

8.1. Software de monitoreo de equipos: Solarwinds Orion Network Performance

Monitor

Es un software de monitoreo de red diseñado para reducir las caídas de la red y mejorar el desempeño

Cuenta con las siguientes características que serán muy útiles para el soporte:

Monitoreo de fallas y administración del desempeño integrales para la red: Reducir las interrupciones de la red y detectar, diagnosticar y resolver rápidamente los problemas de desempeño de la red de múltiples proveedores con software de monitoreo de redes fácil de usar y económico. La Figura 8.1. muestra el dashboard del software de monitoreo donde se ven todos los nodos agregados que están siendo monitoreados. Esta aplicación se puede instalar en nuestra suite de servidores virtualizados Dell-Nutanix, todos los equipos de nuestra red LAN e inalámbrica deben ser configurados utilizando el protocolo SNMP para poder ser agregados a este sistema de monitoreo.

Se recomienda configurar la versión 3 de SNMP por de acuerdo a las buenas prácticas de seguridad de redes.

Tener en cuenta que para el tamaño de nuestra red, debemos adquirir este sistema de monitoreo con licencia para 1000 nodos (por lo menos).



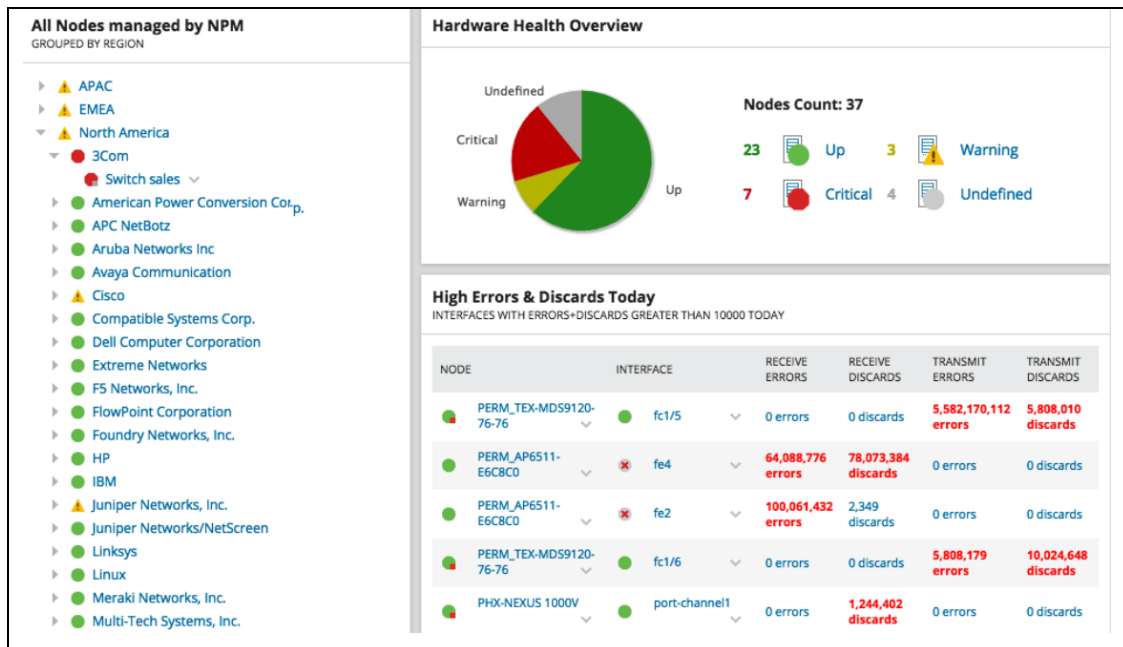


Figura 8.1. Software de monitoreo
Fuente: Propia

Reduce la cantidad de alertas de red innecesarias: Genera alertas basadas en condiciones de activadores anidados simples o complejos, dependencias primarias/secundarias definidas y topología de red. En la Figura 8.2. se aprecian las alertas que se pueden configurar.

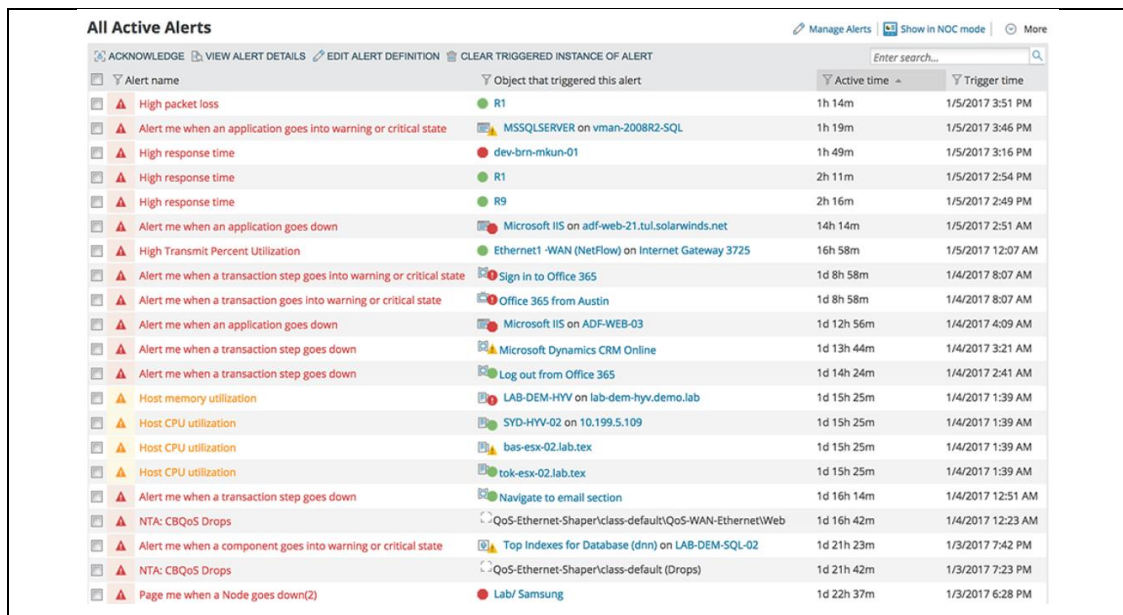


Figura 8.2. Alertas de Solarwinds
Fuente: Propia

Administración y monitoreo de redes inalámbricas: Con esta herramienta de monitoreo de red, se puede acceder a informes inalámbricos listos para usar, incluidos informes sobre disponibilidad inalámbrica y puntos de acceso dudosos o maliciosos. En la Figura 8.3. se visualiza el monitoreo de las redes WiFi.

Wireless Summary View SHOW: Access Points

GROUP BY: Location

- [Unknown] (1)
- 7171 Southwest Parkway (27)
- Cairo (6)
- Indianapolis, IN (12)
- L.30 (1)
- Seattle - 201 5th (14)
- Sydney (8)
- Texas (8)
- Tokyo (11)

Access Point	IP Address	Type	SSIDs	Channels	Clients																																																																						
OMSEAAP10	10.199.17.89	Thin	lab	6, 44	9																																																																						
OMSEAAP50	10.199.17.88	Thin	lab	6, 44	9																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Client Name</th> <th>SSID</th> <th>IP Address</th> <th>MAC Address</th> <th>RSSI</th> <th>Connected</th> <th>Data Rate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>wsmith</td> <td>lab</td> <td>10.199.17.69</td> <td>001B207F5216</td> <td></td> <td>12/28/2016 1:01:26 PM</td> <td>93 Mbps</td> </tr> <tr> <td>ymorris</td> <td>lab</td> <td>10.199.17.91</td> <td>001B6CAAE117</td> <td></td> <td>12/21/2016 5:26:16 PM</td> <td>66 Mbps</td> </tr> <tr> <td>xhenderson</td> <td>lab</td> <td>192.168.2.5</td> <td>C4108A126730</td> <td></td> <td>12/18/2016 7:42:14 AM</td> <td>51 Mbps</td> </tr> <tr> <td>oyoung</td> <td>lab</td> <td>10.199.17.68</td> <td>C4017C06B540</td> <td></td> <td>12/17/2016 1:34:13 PM</td> <td>96 Mbps</td> </tr> <tr> <td>scollins</td> <td>lab</td> <td>10.199.17.170</td> <td>001D9A8198DB</td> <td></td> <td>12/31/2016 11:11:30 PM</td> <td>68 Mbps</td> </tr> <tr> <td>llopez</td> <td>lab</td> <td>10.199.17.40</td> <td>001E377E421C</td> <td></td> <td>12/21/2016 4:16:08 AM</td> <td>4 Mbps</td> </tr> <tr> <td>qmorgan</td> <td>lab</td> <td>10.199.17.10</td> <td>C4017C057620</td> <td></td> <td>12/26/2016 9:04:34 PM</td> <td>29 Mbps</td> </tr> <tr> <td>lyoung</td> <td>lab</td> <td>10.199.17.117</td> <td>C4017C06B540</td> <td></td> <td>1/2/2017 1:38:41 PM</td> <td>84 Mbps</td> </tr> <tr> <td>rbutler</td> <td>lab</td> <td>10.199.17.161</td> <td>C4108A128460</td> <td></td> <td>1/3/2017 3:58:40 PM</td> <td>24 Mbps</td> </tr> </tbody> </table>						Client Name	SSID	IP Address	MAC Address	RSSI	Connected	Data Rate	wsmith	lab	10.199.17.69	001B207F5216		12/28/2016 1:01:26 PM	93 Mbps	ymorris	lab	10.199.17.91	001B6CAAE117		12/21/2016 5:26:16 PM	66 Mbps	xhenderson	lab	192.168.2.5	C4108A126730		12/18/2016 7:42:14 AM	51 Mbps	oyoung	lab	10.199.17.68	C4017C06B540		12/17/2016 1:34:13 PM	96 Mbps	scollins	lab	10.199.17.170	001D9A8198DB		12/31/2016 11:11:30 PM	68 Mbps	llopez	lab	10.199.17.40	001E377E421C		12/21/2016 4:16:08 AM	4 Mbps	qmorgan	lab	10.199.17.10	C4017C057620		12/26/2016 9:04:34 PM	29 Mbps	lyoung	lab	10.199.17.117	C4017C06B540		1/2/2017 1:38:41 PM	84 Mbps	rbutler	lab	10.199.17.161	C4108A128460		1/3/2017 3:58:40 PM	24 Mbps
Client Name	SSID	IP Address	MAC Address	RSSI	Connected	Data Rate																																																																					
wsmith	lab	10.199.17.69	001B207F5216		12/28/2016 1:01:26 PM	93 Mbps																																																																					
ymorris	lab	10.199.17.91	001B6CAAE117		12/21/2016 5:26:16 PM	66 Mbps																																																																					
xhenderson	lab	192.168.2.5	C4108A126730		12/18/2016 7:42:14 AM	51 Mbps																																																																					
oyoung	lab	10.199.17.68	C4017C06B540		12/17/2016 1:34:13 PM	96 Mbps																																																																					
scollins	lab	10.199.17.170	001D9A8198DB		12/31/2016 11:11:30 PM	68 Mbps																																																																					
llopez	lab	10.199.17.40	001E377E421C		12/21/2016 4:16:08 AM	4 Mbps																																																																					
qmorgan	lab	10.199.17.10	C4017C057620		12/26/2016 9:04:34 PM	29 Mbps																																																																					
lyoung	lab	10.199.17.117	C4017C06B540		1/2/2017 1:38:41 PM	84 Mbps																																																																					
rbutler	lab	10.199.17.161	C4108A128460		1/3/2017 3:58:40 PM	24 Mbps																																																																					
z7363 - 06C	10.199.17.90	Thin	lab	1, 132	1																																																																						

Figura 8.3. Herramienta de monitoreo Wireless
Fuente: Propia

Para poder monitorear la infraestructura y los clientes tenemos que agregar los siguientes equipos:

- Wireless LAN Controllers: Donde mostrará la información de RAPs MAPs y el propio controlador.
- Equipos clientes: Todos los Access points (Cisco 819) que se conectarán a esta infraestructura.

8.2. Sistema para el estudio de cobertura: Airmagnet

Airmagnet Survey de Netscout es un software Netscout para poder realizar "site survey" y te permite:

Diseñar e implementar la red LAN inalámbrica en interiores y exteriores (802.11n / a / b / g / ac) correctamente la primera vez con el software de inspección de sitio inalámbrico Airmagnet y evitar costosos reprocesos y quejas de TI.

Recopilar datos del mundo real realizando una experiencia única de usuario final real (rendimiento de LAN inalámbrica, tasas de datos, reintentos, pérdidas).

Minimizar el costoso impacto del rendimiento de la LAN inalámbrica 802.11n / a / b / g / ac debido a las fuentes de interferencia de RF al realizar un análisis de espectro de mapa de intensidad de señal al mismo tiempo en un solo recorrido.

Incluye la aplicación Survey Mobile para teléfonos inteligentes y tabletas con Android para diseñar y validar sus redes BYOD y realizar encuestas para dispositivos de gama baja. A continuación, se muestra un mapa elaborado con Airmagnet para el análisis de intensidad de señal:

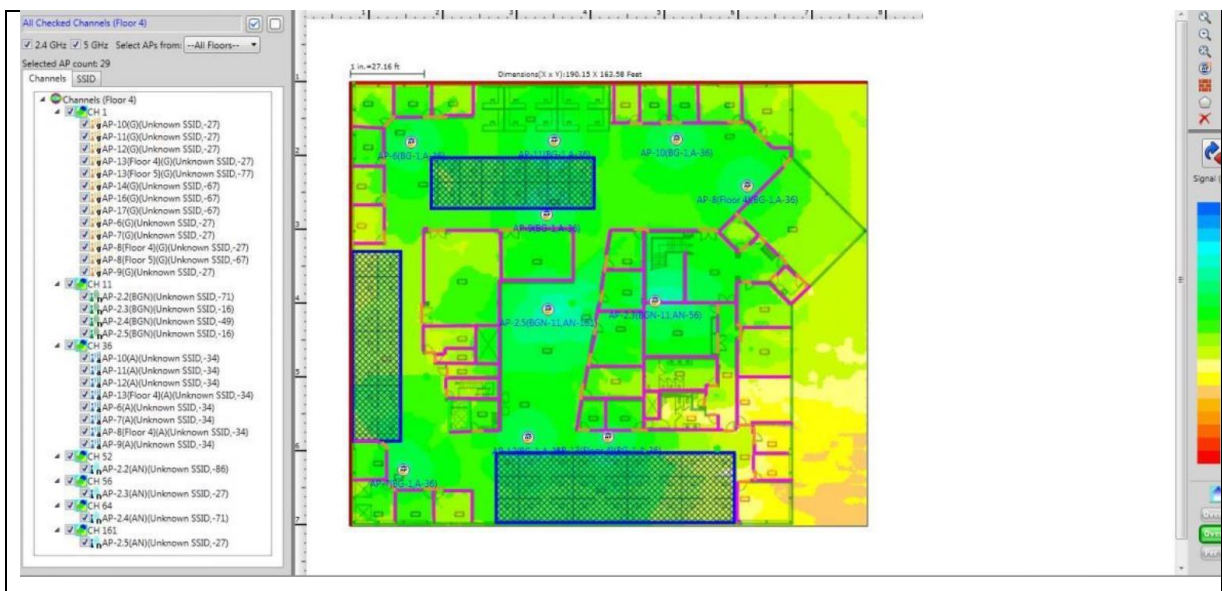


Figura 8.4. Ejemplo de análisis de cobertura Airmagnet
Fuente: Propia

Por ejemplo, la Figura 8.4. muestra un ejemplo de estudio de cobertura en un piso de un edificio, de la misma manera realizaremos este estudio en el tajo.

A continuación, en la Figura 8.5. se muestra el resultado del análisis de cobertura realizado con Airmagnet

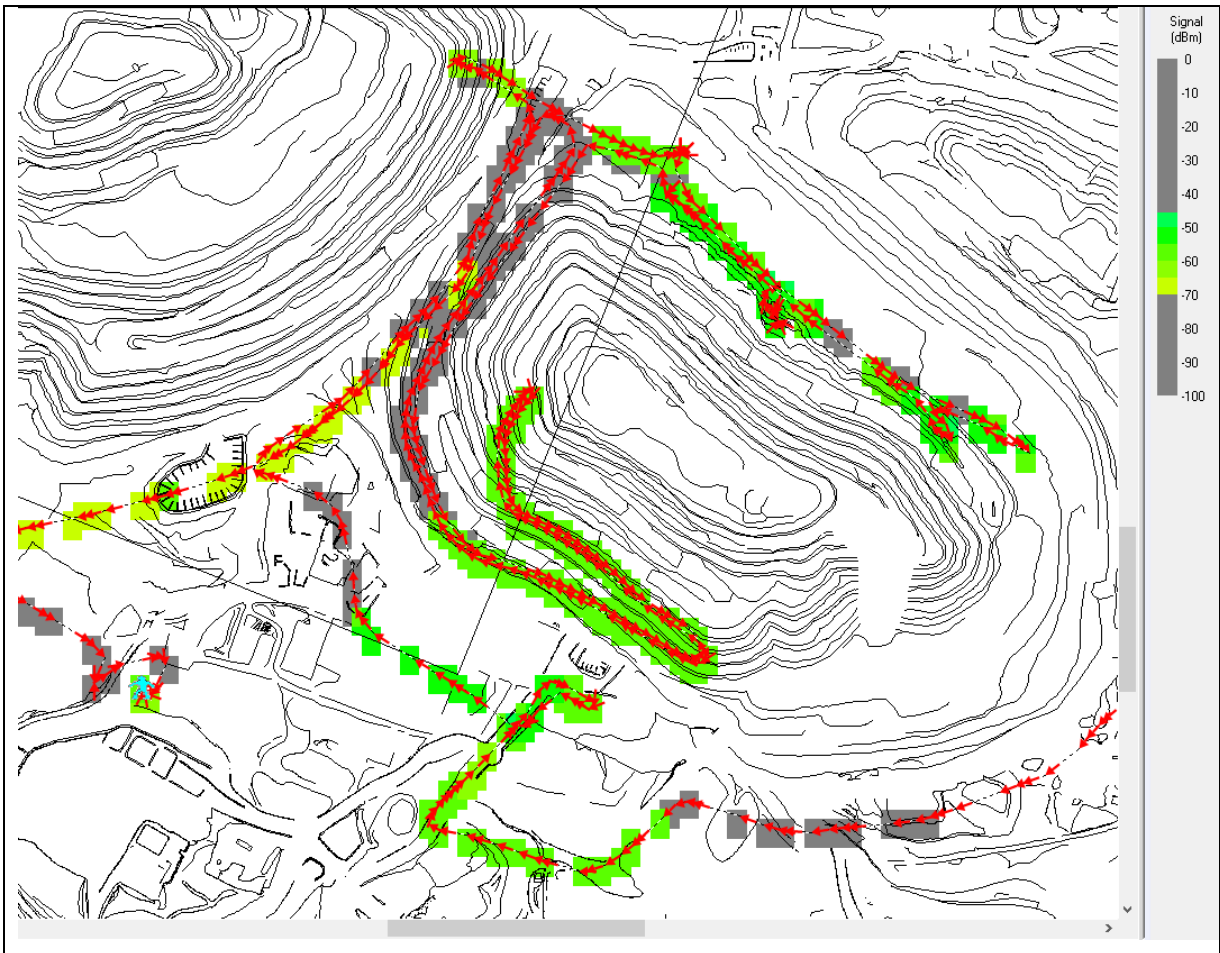


Figura 8.5. Intensidad de señal (dbm) De – 50 a – 70
Fuente: Propia

Aquí se explica las conclusiones del estudio de cobertura mostrado en la Figura 8.5:y
 Figura 8.6.

Zona de estudio: Tajo dos

Repetidores que brindan cobertura:

- CVEMAP32 - Canal 6
- CVEMAP31 - Canal 11
- CVEMAP36 - Canal 1

Consideraciones:

- Revisar cobertura por traslado de remolque (reubicación o voladura)
- No incrementar remolques Mesh para evitar causar interferencia
- También se puede analizar la interferencia o uso compartido de un canal de WiFi:

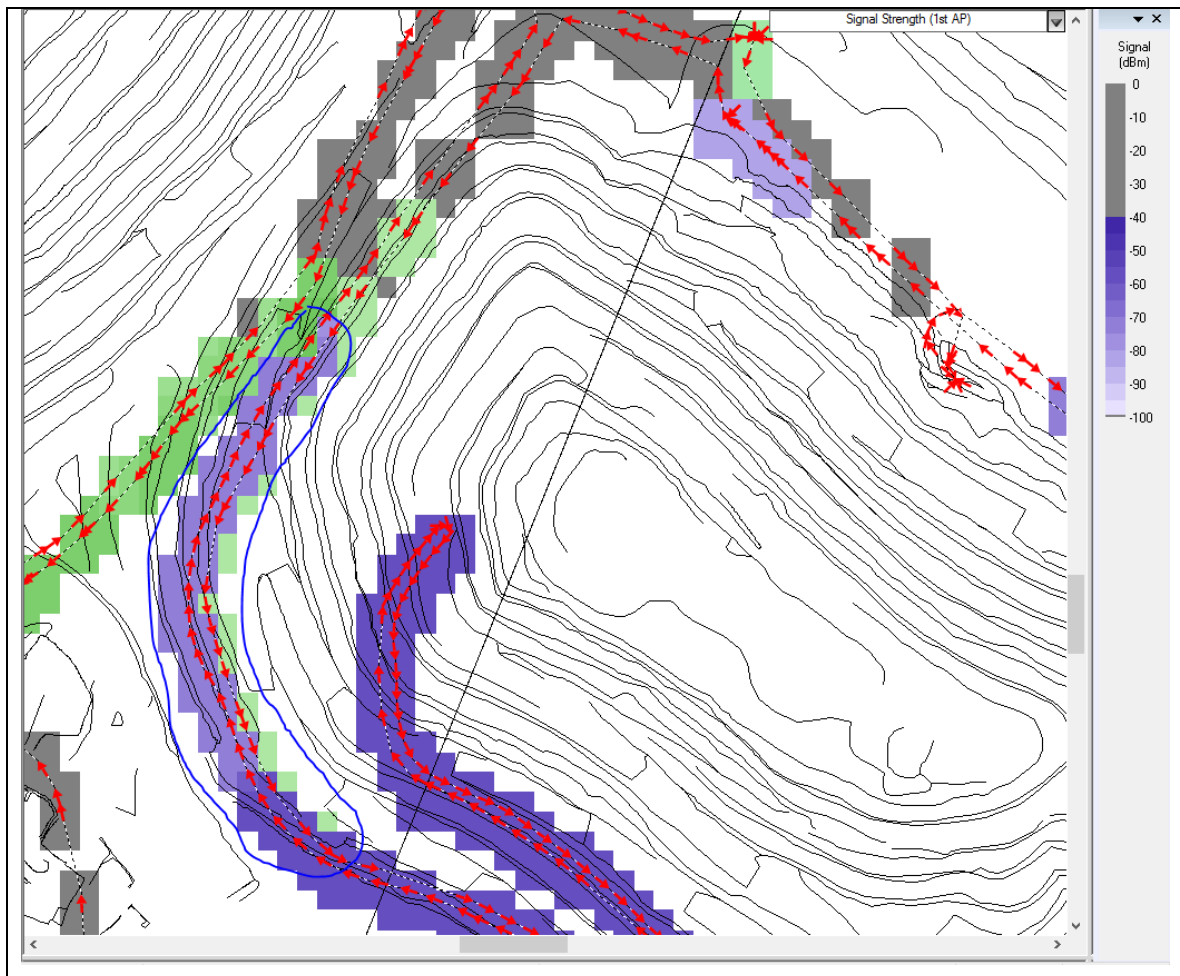


Figura 8.6. Uso de CH 1 – Intensidad de señal (dbm) – 40 to 100 dbm
Fuente: Propia

Zona de estudio: Tajo 2 (continuación).

Repetidores que brindan cobertura:

CVE_RAP38:

- Max: -65 dbm
- Min: - 85 dbm

CVEMAP36:

- Max: -59 dbm
- Min: -73 dbm

Consideraciones: el nivel de señal de los equipos no afecta la comunicación, pero se puede mejorar colocando reflectómetros.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados y el análisis del informe se concluye:

1. El rubro de gran minería, así como otros rubros tiene una necesidad operativa de poder implementar sistemas de automatización, control y monitoreo en sus procesos, razón por la cual necesitan implementar una red eficiente y confiable. En este caso es requisito que sea inalámbrica.
2. La implementación de una infraestructura WiFi en oficinas o edificios es bastante frecuente, sin embargo, al implementarla sobre tajos para la exploración y extracción en minería se vuelve más complejo debido a la geografía dinámica, gran cantidad de equipos de la flota minera en movimiento (camiones gigantes, por ejemplo) que necesitan cobertura constante.
3. Se resolvió la necesidad de tener repetidores (MAPs) totalmente transportables en los cuales no se puede instalar ningún tipo de cable ni para energía ni para red. En este informe se detalla como diseñar estos repetidores que se transportan fácilmente en cualquier tipo de geografía (remolcables) y funcionan con un sistema de energía fotovoltaico.
4. Las tasas de velocidad de transferencia de este diseño son confiables para poder usar los más modernos sistemas de tecnología minera (Dispatch, Ramp Mem, DSS, etc.). La tecnología WiFi de Cisco ofrece estas tasas de transferencia, razón por la cual se eligió esta marca.
5. Esta solución integral es aplicable a cualquier tajo de exploración minera y escalable en caso se requiera expandir el tajo (zona de cobertura).



Para un mejor desempeño se recomienda lo siguiente:

1. El estudio y análisis de cobertura periódico es necesario como plan de mantenimiento preventivo, se recomienda realizar este análisis en campo de manera trimestral (esto puede aumentar dependiendo del tamaño de la zona de geográfica de cobertura y cantidad de equipos).
2. Es importante realizar el mantenimiento periódico de los sistemas fotovoltaicos (limpieza de paneles solares) debido a la polución que podemos encontrar en el tajo.
3. Con esta infraestructura de red se pueden agregar más sistemas de tecnología minera como cámaras en palas, sensores de proximidad en camiones y palas, etc.
4. Se sugiere habilitar redundancia en la infraestructura virtual de servidores, lo cual implicará aumentar equipos de comunicaciones y extender la red.



BIBLIOGRAFÍA

[1] Designing and Deploying 802.11 Wireless Networks, Second Edition, Jim Geier, Cisco Systems Inc. Publicado el año 2015.

[2] CCNA Security 640-554 Official Cert Guide, Keith Barker and Scott Morris, Cisco Systems Inc. Publicado el año 2014.

[3] Solar Energy: The Physics and Engineering of Photovoltaic Conversion Technologies and Systems, UIT, Arno Smets, Klaus Jager, Olindo Isabella, René Van Swaaj, Miro Zeeman. Publicado el año 2018.

[4] CCNP Routing and Switching ROUTE 300-101 Official Cert Guide, Kevin Wallace. Publicado el año 2015.

[5] Fundamentos de comunicaciones ópticas, Universidad Privada de Valencia, España. Publicado el año 2015.

[6] <http://www.modularmining.com/product/dispatch/> Sistema de Gestión de Mina Dispatch.

[7] <https://www.morningstarcorp.com/es/products/tristar-mppt-2/> Controlador de Carga MorningStar

