Contenido

1. Alcances del estudio 4
2. Reporte de factibilidad técnica 6
2.1. Evaluación de requerimientos de ancho de banda. 6
2.2. Análisis de alternativas de conectividad. 17
2.2.1. Enlaces dedicados 18
2.2.2. Accesos a través de Internet 21
2.2.3. Opción mixta 21
2.2.4. Comparación de servicios vía MPLS e Internet 21
2.2.5. Resumen 23
2.3. Estudio de la topología de red necesaria. 23
2.4. Disponibilidad de operadores de servicios de telecomunicaciones para lograr la interconexión. 26
2.5. Identificación de puntos críticos y propuesta de soluciones. 28
3. Conclusiones 31

Confidencialidad

El presente documento y/o anexos se proporcionan en respuesta a una solicitud de la parte que la recibe y ésta entiende y acuerda que:

a) Proteger el carácter y propiedad confidencial de lo proporcionado.
b) El presente documento y/o anexos solamente es para uso interno del receptor.
c) Distribuir o comunicar el presente documento y/o anexos solo a los funcionarios que tienen la directa relación con este, informándoles el carácter confidencial del mismo.

De forma análoga a lo anterior, los consultores de AIRTEL y ZAGREB se comprometen a que toda la información que se reciba de parte del cliente será tratada en forma confidencial.

1. Alcances del estudio

La Subsecretaría de Prevención del Delito del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, en adelante la Subsecretaría o SPD indistintamente, contrató el servicio denominado "Estudio de Factibilidad Técnica de Integración, Estudio y Diseño de Telecomunicaciones" según lo señalado en las bases de Licitación ID: 654478-2-LE24, la que fue adjudicada mediante Resolución Exenta N° 580 del 12 de marzo de 2024.

De acuerdo con lo establecido en las bases técnicas de la licitación el presente estudio considerará:

a) Evaluación de las infraestructuras tecnológicas existentes en 14 comunas de la RM (Santiago, Estación Central, Quinta Normal, Independencia, Recoleta, Cerro Navia, Lo Prado, Renca, Conchalí, Quilicura, Huechuraba, Colina, Lampa y Til Til.)
b) Evaluación de las infraestructuras tecnológicas existentes en:
   - Delegación Presidencial Regional Metropolitana de Santiago. Gobierno Regional Metropolitano de Santiago.
   - Concesión Acceso Nororiente a Santiago.
   - Concesión Américo Vespucio Oriente: Tramo El Salto - Príncipe de Gales.
   - Concesión Sistema Américo Vespucio Norponiente: Tramo Avenida El Salto - Ruta 78. Autopista Central: Concesión Sistema Norte - Sur.
   - Costanera Norte: Concesión Sistema Oriente - Poniente.
   - Túnel San Cristóbal: Concesión variante Vespucio El Salto - Kennedy. Mall Arauco Quilicura.
   - Mall Plaza Norte. Estadio Santa Laura
   - Supermercados (por definir) y estacionamientos (por definir)
c) Realizar visitas a terreno para levantamiento.
d) Identificación de requerimientos técnicos para la integración e interconexión de los sistemas de cámaras de vigilancia a CENCO u otra dependencia que permita la coordinación de la televigilancia en Santiago centro, desde las instituciones anteriormente descritas.
e) Análisis de las opciones de conectividad y transmisión de datos.
f) Estimación de costos de implementación y operación.
g) Identificación de riesgos y mitigaciones.
h) Análisis de la normativa legal y de seguridad aplicable.

Como resultado del estudio encomendado, se entregarán varios informes que resumirán los hallazgos, conclusiones, recomendaciones y cualquier otro aspecto relevante para proporcionar una comprensión completa de los resultados del estudio obtenidas durante el proceso de investigación. Estos informes corresponden a los siguientes entregables:

Producto 1: Informe "Reporte de situación actual"

- Recopilación de información técnica existente (Cantidad - Software - hardware).
- Análisis de la infraestructura de telecomunicaciones actual.
- Evaluación de la capacidad y condiciones de los equipos de transmisión y recepción de datos.

Producto 2: Informe "Reporte de factibilidad técnica"

- Evaluación de requerimientos de ancho de banda.
- Análisis de alternativas de conectividad (fibra óptica, inalámbrico, satelital, etc.).
- Estudio de la topología de red necesaria.
- Disponibilidad de operadores de servicios de telecomunicaciones para lograr la interconexión.
- Identificación de puntos críticos y propuesta de soluciones.

Producto 3: Informe "Documentación de diseño preliminar"

- Diseño de interconexión e integración.
- Especificaciones técnicas del diseño de interconexión.
- Plan de integración con los sistemas de televigilancia existentes.
- Propuesta de equipamiento y software necesarios.

Producto 4: Informe "Presentación ejecutiva para la toma de decisiones".
Resumen ejecutivo de los contenidos incorporados en los productos 1, 2 y 3, además de un archivo de presentación (PowerPoint o similar) de los resultados informados en los reportes de los productos 1, 2 y 3.

Producto 5: Informe "Propuesta de roadmap para la implementación del proyecto".
Propuesta de implementación del proyecto considerando:

- Actividades de habilitación de espacios y equipamiento para el desarrollo del proyecto
- Plazos de ejecución
- Costos de ejecución
- Ruta crítica para la ejecución de las actividades
- Carta Gantt de la propuesta de roadmap para la iniciativa.

Este informe corresponde al entregable número dos de la consultoría, consistente en el Informe "Reporte de factibilidad técnica" en su versión número 2, en la que se agrega información que a la fecha de entrega de ese informe no estaba disponible.

Para un mejor entendimiento de este informe se recomienda que este sea revisado considerando los otros documentos entregados, por su carácter complementario y a que mucha de la información contenida en ellos está directamente relacionada entre sí.

2. Reporte de factibilidad técnica

En este capítulo se desarrolla todo lo correspondiente al producto 2, en particular el informe de factibilidad técnica para el proyecto SITIA, de acuerdo con el siguiente detalle:

2.1. Evaluación de requerimientos de ancho de banda.

El ancho de banda de un sistema de señales digitales (BW por su abreviatura en inglés) también llamado capacidad o caudal binario, se mide en múltiplos de bits por segundo, y se expresa por lo tanto en unidades como kbps., Mbps., o Gbps., que equivalen respectivamente a múltiplos de mil, un millón o mil millones de bits por segundo[1].

Para efectos de definir algunos escenarios se ha preparado una tabla que contiene por un lado la cantidad de cámaras de cada organización y por otro lado algunos requerimientos típicos de anchos de banda necesarios para lo cual se considera el empleo de códecs H.264, que se encuentran en operación con mayor frecuencia que los H.265. Estos escenarios se han separado en dos grandes categorías, la primera corresponde a un ancho de banda mínimo por cámara para visualizarla en modalidad mosaico con una resolución mediana, por ejemplo, VGA 640 x480 pixeles y 14 FPS, (es decir múltiples imágenes en un monitor), que se ha estimado en 1 Mbps. La segunda categoría corresponde a imágenes de alta resolución Full HD o 1080p y entre 20 a 30 FPS que se visualizan en forma simultánea para lo cual se ha estimado un ancho de banda de 4 Mbps. por cámara que asegura obtener esa calidad en la mayoría de las situaciones que corresponden a iluminación estándar y con nivel de detalle y grado de movimiento moderados.

Con esos parámetros es posible obtener una primera estimación de los anchos de banda desde cada centro de monitoreo o concentración de imágenes al sistema central, que en un principio sería el CENCO.

Esta tabla también contiene información del levantamiento realizado en el producto 1, como la cantidad de cámaras por organización municipal o privada, existencia de Internet y MPLS, factibilidad de conectarse a CENCO, señalando también las restricciones que limitan esta factibilidad en algunos casos.

[1] Este ancho de banda no se debe confundir con el correspondiente a una señal de radiofrecuencia (RF) que se mide en múltiplos de ciclos por segundo (o Hertz), y que emplea unidades de kHz, MHz., o GHz.

N°	Comuna u Organización	Cantidad de cámaras	ANCHO DE BANDA (BW) EN Mbps REQUERIDO PARA VISUALIZACIÓN SIMULTÁNEA					FACTIBILIDAD Y MEDIO CONECTAR A CENCO	
			BW min. para el 100% cámaras con resolución VGA 640 x480	BW para el 100% de cámaras con Full HD	BW para el 75% de cámaras con Full HD	BW para el 50% de cámaras con Full HD	BW para el 25% de cámaras con Full HD	Existencia de Internet/MPLS	Factibilidad de conectar a CENCO
1	Santiago	689	689	2.756	2.067	1.378	689	Internet municipal y MPLS con CENCO.	Positiva mediante: FO existente, MPLS a configurar, Internet "Empresarial".
2	Renca	58	58	232	174	116	58	Internet 100 Mbps simétrico de Claro para toda la Municipalidad.	Positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar o Internet Existente con limitaciones
3	Independencia	45	45	180	135	90	45	Internet 100 Mbps simétrico de Telefónica, respaldo Entel para toda la Municipalidad.	Requiere solucionar limitación de Ancho de Banda de enlace MMOO. Luego conectar con: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar o Internet Existente con limitaciones
4	Quinta Normal	99	99	396	297	198	99	Internet 100 Mbps de Telefónica para toda la Municipalidad.	Positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar o Internet Existente con limitaciones
5	Tiltil	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6	Lo Prado	95	95	380	285	190	95	Internet dedicado.	Positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar o Internet Existente con limitaciones.

N°	Comuna u Organización	Cantidad de cámaras	ANCHO DE BANDA (BW) EN Mbps REQUERIDO PARA VISUALIZACIÓN SIMULTÁNEA					FACTIBILIDAD Y MEDIO CONECTAR A CENCO	
			BW min. para el 100% cámaras con resolución VGA 640 x480	BW para el 100% de cámaras con Full HD	BW para el 75% de cámaras con Full HD	BW para el 50% de cámaras con Full HD	BW para el 25% de cámaras con Full HD	Existencia de Internet/MPLS	Factibilidad de conectar a CENCO
7	Recoleta	32	32	128	96	64	32	Internet municipal sin mayores datos.	Negativa. •Requiere solucionar equipos desenergizados. •Se desconoce calidad de distribución inalámbrica.
8	Lampa	35	35	140	105	70	35	Internet municipal 1 Gbps y MPLS.	Positiva mediante: MPLS a configurar, Internet "Empresarial".
9	Estación Central	83	83	332	249	166	83	Internet municipal sin mayores datos.	Positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar.
10	Huechuraba	82	82	328	246	164	82	Internet municipal sin mayores datos	Positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar.
11	Cerro Navia	17	17	68	51	34	17	Internet municipal con Mundo vía FO, sin mayores datos	Parcial •Cámaras propias No funcionan. •Cámaras Calle Segura factibilidad positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar o Internet Existente con limitaciones.
12	Quilicura	92	92	368	276	184	92	Internet municipal sin mayores datos. Hoy acceden a cámaras de vecinos.	Parcial mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar desde la comisaría (no hay enlace a la municipalidad) o

N°	Comuna u Organización	Cantidad de cámaras	ANCHO DE BANDA (BW) EN Mbps REQUERIDO PARA VISUALIZACIÓN SIMULTÁNEA					FACTIBILIDAD Y MEDIO CONECTAR A CENCO	
			BW min. para el 100% cámaras con resolución VGA 640 x480	BW para el 100% de cámaras con Full HD	BW para el 75% de cámaras con Full HD	BW para el 50% de cámaras con Full HD	BW para el 25% de cámaras con Full HD	Existencia de Internet/MPLS	Factibilidad de conectar a CENCO
									en su defecto habilitar enlace a municipalidad.
13	Conchalí	88	88	352	264	176	88	Internet municipal sin mayores datos	Positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar
14	Colina	172	172	688	516	344	172	Internet municipal de 1GBps y MPLS	Positiva mediante: MPLS a configurar, Internet "Empresarial".
15	COPSA	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información
16	Concesión Acceso Nororiente a Santiago.	30	30	120	90	60	30	No entrega Información	No entrega Información
17	Concesión Américo Vespucio Oriente: Tramo El Salto - Príncipe de Gales.	30	30	120	90	60	30	No entrega Información	No entrega Información
18	Autopista Vespucio Norte	30	30	120	90	60	30	No entrega Información	No entrega Información
19	Autopista Central	30	30	120	90	60	30	No entrega Información	No entrega Información
20	Costanera Norte: Concesión	30	30	120	90	60	30	No entrega Información	No entrega Información

N°	Comuna u Organización	Cantidad de cámaras	ANCHO DE BANDA (BW) EN Mbps REQUERIDO PARA VISUALIZACIÓN SIMULTÁNEA					FACTIBILIDAD Y MEDIO CONECTAR A CENCO	
			BW min. para el 100% cámaras con resolución VGA 640 x480	BW para el 100% de cámaras con Full HD	BW para el 75% de cámaras con Full HD	BW para el 50% de cámaras con Full HD	BW para el 25% de cámaras con Full HD	Existencia de Internet/MPLS	Factibilidad de conectar a CENCO
	Sistema Oriente - Poniente.								
21	Túnel San Cristóbal: Concesión variante Vespucio El Salto - Kennedy.	30	30	120	90	60	30	No entrega Información	No entrega Información
22	Cámara de Centros Comerciales	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información
23	Mall Arauco Quilicura	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
24	Mall Arauco Estación	30	30	120	90	60	30	Internet Corporativo, No proporciona mayor información.	Positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar o Internet Existente con limitaciones y probablemente vía su actual internet con eventuales posibles limitaciones
25	Mall Arauco Buenaventura	30	30	120	90	60	30	Internet Corporativo, No proporciona mayor información.	Positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar o Internet Existente con limitaciones y probablemente vía su actual internet con

N°	Comuna u Organización	Cantidad de cámaras	ANCHO DE BANDA (BW) EN Mbps REQUERIDO PARA VISUALIZACIÓN SIMULTÁNEA					FACTIBILIDAD Y MEDIO CONECTAR A CENCO	
			BW min. para el 100% cámaras con resolución VGA 640 x480	BW para el 100% de cámaras con Full HD	BW para el 75% de cámaras con Full HD	BW para el 50% de cámaras con Full HD	BW para el 25% de cámaras con Full HD	Existencia de Internet/MPLS	Factibilidad de conectar a CENCO
									eventuales posibles limitaciones
26	Mall Plaza Norte	30	30	120	90	60	30	Internet Corporativo, No proporciona mayor información.	Positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar o Internet Existente con limitaciones y probablemente vía su actual internet con eventuales posibles limitaciones
27	CENCOSUD-Costanera Center	30	30	120	90	60	30	Internet Corporativo, No proporciona mayor información.	Positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar o Internet Existente con limitaciones y probablemente vía su actual internet con eventuales posibles limitaciones
28	Delegación Presidencial Regional Metropolitana de Santiago.	4	4	16	12	8	4	Existe Internet, No proporciona mayor información.	Positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar o Internet Existente con limitaciones y probablemente vía su actual internet con eventuales posibles limitaciones

N°	Comuna u Organización	Cantidad de cámaras	ANCHO DE BANDA (BW) EN Mbps REQUERIDO PARA VISUALIZACIÓN SIMULTÁNEA					FACTIBILIDAD Y MEDIO CONECTAR A CENCO	
			BW min. para el 100% cámaras con resolución VGA 640 x480	BW para el 100% de cámaras con Full HD	BW para el 75% de cámaras con Full HD	BW para el 50% de cámaras con Full HD	BW para el 25% de cámaras con Full HD	Existencia de Internet/MPLS	Factibilidad de conectar a CENCO
29	Gobierno Regional Metropolitano de Santiago.	1106 (no sumadas)	No entrega Información	No entrega Información.	No entrega Información.	No entrega Información.	No entrega Información.	Existe Internet, No proporciona mayor información.	Positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar o Internet Existente con limitaciones y probablemente vía su actual internet con eventuales posibles limitaciones.
30	Gremio-Supermercados (ASACH)	No entrega Información.	No entrega Información.	No entrega Información.	No entrega Información.	No entrega Información.	No entrega Información.	No entrega Información.	No entrega Información.
31	Cencosud (Jumbo, Santa Isabel)	30	30	120	90	60	30	No entrega Información	No entrega Información
32	SMU (Unimarc, Alvi, Mayorista 10 y Super10)	30	30	120	90	60	30	No entrega Información	No entrega Información
33	Tottus	30	30	120	90	60	30	No entrega Información	No entrega Información
34	Walmart (Líder, Express de Líder, Lider.cl, SuperBodega Acuenta y Central Mayorista)	30	30	120	90	60	30	No entrega Información	No entrega Información

N°	Comuna u Organización	Cantidad de cámaras	ANCHO DE BANDA (BW) EN Mbps REQUERIDO PARA VISUALIZACIÓN SIMULTÁNEA					FACTIBILIDAD Y MEDIO CONECTAR A CENCO	
			BW min. para el 100% cámaras con resolución VGA 640 x480	BW para el 100% de cámaras con Full HD	BW para el 75% de cámaras con Full HD	BW para el 50% de cámaras con Full HD	BW para el 25% de cámaras con Full HD	Existencia de Internet/MPLS	Factibilidad de conectar a CENCO
35	Estadio Santa Laura	30	30	120	90	60	30	Internet de 500 Mbps simétrico de Mundo	Positiva mediante: MPLS a instalar, Internet "Empresarial" a instalar o Internet Existente con limitaciones
36	SABA	No entrega Información.	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información	No entrega Información.	No entrega Información.
37	Carabineros CENCO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	No entrega Información.	No entrega Información.
	Totales	**2.041**	**2.041**	**8.164**	**6.123**	**4.082**	**2.041**		

Tabla 1 Cantidad de cámaras por organización, anchos de banda estimados y factibilidad interconexión

Notas:

1.- De común acuerdo con la SPD se ha considerado 30 cámaras para fines de Ancho de Banda en las organizaciones privadas, ya que en el caso de Malls y Supermercados están interesados en integrar solo las de exterior y acceso, que son del orden de 15 a 20 cámaras. En las autopistas, las cámaras de seguridad pública son del mismo orden de magnitud.

2.- Dado que existen instituciones que no han proporcionado información por negarse a ello y otros por desconocimiento, la integración de estas ha sido modelada considerando una organización equivalente.

3.- En el caso del Gobierno Regional Metropolitano, no existen cámaras propias y por ello no se contabilizan en el total de cámaras, aunque allí se integran más de mil cámaras, la mayoría de las cuales están en las municipalidades de Santiago y Estación Central que son parte de este proyecto y UOCT.

4.- En todas las municipalidades se han contabilizado en el total de cámaras las correspondientes al plan Calle Segura, aunque en muchas de ellas estas cámaras no han sido recibidas por las Municipalidades.

5.- No se han descontado las cámaras defectuosas o desconectadas (223), en el supuesto que pueden ser reparadas o reemplazadas. El detalle de esas cámaras aparece en el Informe 1.

De la información mostrada en esta tabla con respecto a la conectividad actual y posibilidades de integrarse con CENCO, se aprecia que existe un grupo de tres municipalidades (Santiago, Lampa y Colina) con una infraestructura robusta de comunicaciones con accesos en fibra óptica a MPLS e Internet de alta velocidad; un segundo grupo (Renca, Independencia, Lo Prado y Quinta Normal), con municipalidades que disponen de planes de Internet dedicados y simétricos (destinados eso sí para todos sus servicios, y no exclusivos para las cámaras), y un tercer grupo (Recoleta, Estación Central, Huechuraba, Cerro Navia, Quilicura, Conchalí), que no entregaron esa información por desconocerla, además de Til til que no cuenta con sistema de video vigilancia. También se detectaron restricciones de distinta magnitud que limitan esa factibilidad en cuatro casos (Independencia, Recoleta, Cerro Navia y Quilicura).

Con respecto a las organizaciones restantes, si bien la mayoría no ha entregado esa información, cuentan con Internet corporativo por lo que se estima que no debiera haber inconvenientes técnicos para ocupar esta vía como interconexión provisoria, adoptando las medidas de seguridad pertinentes.

En cuanto a los anchos de banda requeridos, si tomamos como ejemplo el caso de la Municipalidad de Huechuraba podemos observar que el ancho de banda fluctuaría, de acuerdo con estimaciones basadas en los datos obtenidos en el levantamiento, entre un mínimo de 82 Mbps (en modalidad mosaico con una resolución mediana) a unos 328 Mbps para visualizar simultáneamente el 100% de las cámaras con una imagen de alta resolución.

A manera de ejemplo, después de aproximar los totales obtenidos a múltiplos de 100 Mbps, si se elige el escenario de visualizar en forma simultánea el 50% de las cámaras existentes (y para el caso de los privados el total de las cámaras exteriores)[2], habría 9 sitios que requerirían anchos de banda de 100 Mbps., 21 de 200 Mbps y 1 de 300 Mbps. No se contabiliza aquí la Municipalidad de Santiago que ya dispone de conexión con CENCO vía fibra óptica.

[2] En el informe del producto 3 se entrega una planilla Excel con ese detalle como anexo.

Hay que notar que lo más probable es que no se requiera visualizar en CENCO el 100% de las cámaras, debido a la capacidad humana limitada tanto en número de operadores, fatiga visual y mental, además que disponer de la infraestructura necesaria para mostrar todas estas fuentes de video en tiempo real sería costosa y compleja.

Los sistemas de videovigilancia suelen dividir las cámaras en grupos y mostrar solo una selección en pantalla en cualquier momento y/o rotar entre diferentes cámaras. Esto no significa que se tengan acceso solo a algunas cámaras, sino que se puede acceder a cualquiera de ellas y mostrarla a requerimiento.

Es por ello por lo que se debe decidir cuántas cámaras serán visualizadas en forma simultánea, y de la misma forma hay que definir cuántas y a cuáles cámaras se les realizará analítica. Esto último se debe a que no todas las cámaras son aptas para realizar esa función con buenos resultados debido a diferentes razones: cámaras defectuosas, baja calidad de la cámara, altura inadecuada, ángulo inadecuado, cámaras con movimiento y no estáticas (PTZ por ejemplo) entre las principales; también para algunas analíticas como reconocimiento de patentes es necesario contar con equipamiento de cámaras especialmente diseñado para esas funciones.

Como complemento a la determinación de los valores mínimos y máximos para el ancho de banda por cámara, ellos dependen de una serie de factores por lo cual es importante realizar un análisis detallado para dimensionar adecuadamente la infraestructura de red y garantizar un rendimiento óptimo del sistema. Lo habitual es estimar estos valores usando parámetros relativamente representativos que permiten obtener los anchos de banda señalados.

Algunos de estos factores son:

- Cantidad de cámaras que tenga el sistema. Cada cámara añade una carga adicional al ancho de banda total requerido y también al almacenamiento necesario para guardar la información de video.

- Resolución de video: La resolución de las cámaras influye directamente en la cantidad de datos que deben ser transmitidos. Cuanto mayor sea la resolución con que se trabaje (4K, 1080 pixeles, etc.) mayor será la necesidad de ancho de banda entre las cámaras y el lugar de concentración o acopio.

- Velocidad de fotogramas: La velocidad de fotogramas, medida en Frame por Segundos (FPS), determina cuántas imágenes por segundo se capturan y se transmiten. Cuanto más altos sean los FPS la calidad de la imagen o video mejora, pero también aumentan los requisitos de ancho de banda.

- Compresión de video: Con objeto de minimizar el uso de ancho de banda, habitualmente estos sistemas suelen utilizar compresión de video reduciendo así el tamaño de los archivos y minimizar el uso del canal. Típicamente para esto se emplea los estándares de compresión de video H.264 o H.265, siendo el primero de ellos el más usado a la fecha, al menos en las municipalidades. El estándar H.265 agrega aproximadamente del orden de un 30% a un 40% de compresión adicional (es decir requiere menos ancho de banda) para una calidad equivalente, y debiera ser el estándar para emplear en el futuro en las nuevas cámaras que se adquieran, pero por el momento debe considerase la existencia de cámaras con H.264.

- Tipo de imagen y condiciones de movimiento. Una imagen que cambia más rápido, como las de deportes o de vehículos en movimiento o personas corriendo, requiere más ancho de banda que una imagen casi fija o que varía lentamente, como las de paisajes.

- Condiciones de iluminación, luz día o noche, infrarrojos, etc. Estas condiciones impactan en realidad en la resolución que se puede obtener en una misma cámara en distintas condiciones ambientales, y se relacionan con el ancho de banda en el sentido que, si la resolución es baja por esas condiciones, no se deben comprimir en exceso para mantener una calidad mínima.

- Número de operadores simultáneos: La existencia de varios operadores manipulando distintas cámaras producen una carga en el requerimiento de ancho de banda ya que en general, cada requerimiento de un operador por acceder a una cámara aumenta la necesidad de ancho de banda en el sistema. De esta forma, dado un ancho de banda disponible en el sistema, si éste no es suficiente se producirá una limitación en la cantidad de visualización simultaneas o en su calidad.

- Existencia de video wall, arquitectura de analítica y acceso remoto: El empleo de estas producen un mayor o menor carga en el requerimiento de ancho de banda del sistema.

- Tipo de conexión de red: El tipo de conexión de red (fibra óptica, cableado Ethernet, inalámbrico, satelital, Wi-Fi, etc.) permite ciertos anchos de banda máximos como se analiza con más detalle en el punto siguiente Análisis de alternativas de conectividad. De esta forma, dependiendo de la tecnología que se emplee para la red de acceso, podrían existir limitaciones a la cantidad de visualización simultaneas y/o a su calidad lo cual podría ir en desmedro de desarrollar una buena analítica de las imágenes disponibles.

Ancho de banda y analítica

El ancho de banda necesario también puede variar significativamente según la arquitectura utilizada y las necesidades específicas de la implementación de analíticas de video.

Para aprovechar la infraestructura existente, la recomendación es efectuar la analítica lo más cerca posible de donde se obtenga la imagen disminuyendo así el requerimiento de ancho de banda. Es decir, si es factible hacer la analítica en la cámara existente (con las limitaciones de procesamiento que ésta pueda tener), se recomienda hacerla allí; en caso contrario se debería realizar en el servidor, y solo en caso de que no sea posible en ninguno de ellos, efectuarlo en la nube o en el sitio central. En estos dos últimos casos, los requerimientos de ancho de banda serán mayores.

Para la implementación de analíticas de video se emplean típicamente alguna de estas tres arquitecturas: borde, servidor y/o nube o bien o una combinación de ellas.

- Arquitectura de Borde (Edge): En esta arquitectura, el procesamiento y análisis de video se realizan en dispositivos cercanos al lugar donde se genera el video, como ser cámaras de seguridad o en los sensores. Esto permite un procesamiento más rápido y una menor dependencia de la calidad de la conectividad disminuyendo sustantivamente el ancho de banda que debe tener la red para hacer un procesamiento en otro parte, a costa de tener una potencia

de procesamiento limitada ya que las cámaras con analíticas integradas normalmente sólo pueden ejecutar un tipo de ellas a la vez. También hay un impacto en el costo de las cámaras para que dispongan de esa funcionalidad en forma adecuada.

Estas mejoras podrían ser importantes en algunas aplicaciones en tiempo real o en entornos donde la latencia pudiese ser crítica.

- Arquitectura de Servidor: En esta arquitectura, el procesamiento y análisis de video se realiza en uno o más servidores dedicados en las instalaciones donde se concentran las imágenes. Este enfoque puede permitir una mayor capacidad de procesamiento y análisis más complejos en caso de que el VMS existente no sea capaz de realizar ese tipo de procesamiento.

- Arquitectura de Nube (Cloud): En esta arquitectura, el procesamiento y análisis de video se realizan en recursos de computación en la nube, lo que proporciona mayor escalabilidad y capacidad de acceder a recursos de alta gama según sea necesario y según sea el proveedor de los servicios. Este escenario debería eliminar las limitaciones de recursos de las cámaras, grabadoras o servidores y proporcionar análisis de alta precisión, sin embargo, el procesamiento en una nube pública puede representar un costo importante.

En la Arquitectura de Borde (Edge) el ancho de banda requerido puede ser relativamente bajo si es que el procesamiento y análisis de video se realizan localmente en las cámaras, en la medida que ellas posean esa capacidad; de lo contrario se deberá emplear una arquitectura de Servidor.

En las arquitecturas de borde y de servidor, el ancho de banda desde el punto de concentración de las imágenes hacia el sitio central (CENCO u otro) será mucho menor, ya que en la práctica se transmiten fotogramas y no videos. En esos casos los requerimientos por cada cámara o servidor que procese analítica, es del orden de unos cientos de kbps. por cámara en vez de megas.

También se requiere un nivel mínimo de calidad de las imágenes y cuanto mayor sea la resolución, más ancho de banda se necesitará para transferir video de las cámaras o VMS o del storage a los servidores, ya sea en la arquitectura de Servidores o en la Nube.

Por lo tanto, debe buscarse un justo equilibrio entre resolución, FPS, calidad de imagen (densidad de pixeles) y ancho de banda necesario para cumplir con los requerimientos mínimos que permitan obtener resultados confiables y estables de la analítica que se esté realizando.

A ello, debe agregarse un porcentaje del total de cámaras que se desea visualizar simultáneamente en alta resolución, lo que dependerá de la cantidad de operadores, y del sistema de despliegue y visualización; en principio se han estimado porcentajes del 100%, 75%, 50%, y 25% del total de cámaras, pero finalmente habrá que usar la cantidad real de cámaras que se desee visualizar simultáneamente en esa modalidad.

2.2. Análisis de alternativas de conectividad.

En este punto se analizarán las distintas opciones tecnológicas para interconectar los diferentes sitios de concentración de los sistemas de video vigilancia, con el sitio central, que en primera instancia sería el CENCO. Se considerarán solamente las opciones que permitan entregar las

capacidades binarias o ancho de banda requeridos ya señalados en el punto anterior concluyendo el punto con la recomendación de cual emplear en el punto denominado Resumen.

Las principales alternativas técnicamente factibles son las siguientes:

2.2.1. Enlaces dedicados

Dentro de los enlaces dedicados se consideran a su vez las siguientes opciones tecnológicas de acceso:

- Accesos de Fibra Óptica

Los cables de fibra óptica se basan en la tecnología de transmisión de datos a través de cables compuestos por filamentos delgados de vidrio a través de los cuales se transmiten pulsos de luz que representan datos digitales que viajan con muy baja atenuación y prácticamente están libres de interferencias de otras señales o ruido, lo que permite obtener tasas binarias o anchos de banda muy altos, de hasta cientos de Gbps., si se emplea el equipamiento adecuado, lo que supera varias veces los requerimientos de este proyecto.

Esta característica los hace muy adecuados para los requerimientos de conectividad del proyecto y en principio son la alternativa preferida, salvo que existan dificultades de acceso a determinadas ubicaciones. Al respecto, todas las comunas tienen factibilidad preliminar de fibra óptica, pero en algunas direcciones específicas como el caso de Colina, puede ser más complejo contar con rutas con distinto recorrido de un mismo proveedor. Todo esto se analiza en detalle en los informes posteriores junto a las estimaciones de costos.

En general, esto cables ofrecen velocidades de transmisión de datos significativamente más altas en comparación con otros medios de transmisión, como el cable de cobre, enlace de microondas y otros.

Algunas de las desventajas son que el proceso de tendido de fibra óptica en terreno puede requerir la excavación de zanjas para enterrar los cables subterráneos o la instalación o uso de postes para soportar los cables aéreos. Esta situación hace que el costo de implementación puede ser más alto y el plazo mayor que el de los enlaces de microondas, y también causa que estos cables sean más vulnerables ante los efectos de la naturaleza (como sismos, inundaciones), o causados por la acción humana, (choques en los postes, atentados, actos vandálicos, robos). De hecho, el robo de cables es una preocupación constante de los operadores de telecomunicaciones.

Estas desventajas hacen necesario adoptar medidas de mitigación como el disponer de rutas alternativas ya sea con un mismo operador o con terceros. En general lo habitual es que estos servicios sean contratados a operadores de telecomunicaciones en la modalidad de arriendo, quienes entregan el servicio y se preocupan del mantenimiento y operación de las redes y nodos involucrados en la conectividad entre los distintos puntos.

- Accesos de Enlaces Inalámbricos

Los enlaces inalámbricos o también denominados microondas, son sistemas de comunicación que utilizan ondas electromagnéticas de frecuencias conocidas como microondas, tales como 2,4 y 5 GHz. entre otras, para transmitir datos a través del aire. Estas señales se propagan a través de antenas típicamente direccionales que se ubican en torres de transmisión u otros soportes de antena, creando enlaces de comunicación punto a punto, o punto a multipunto.

Estas ondas electromagnéticas requieren para su propagación por el espacio la inexistencia de obstáculos físicos tales como edificios, árboles u otros, (lo que se conoce como propagación en visibilidad o despeje radioeléctrico), por lo cual no siempre es factible llegar directamente de un extremo al otro y se requiere en ocasiones de puntos intermedios de repetición. Estos enlaces también pueden verse afectados por variaciones en las condiciones atmosféricas o climáticas, sobre todo para los enlaces más largos de algunas decenas de kilómetros de longitud.

Este tipo de enlaces tienen una capacidad de transporte de datos inferiores en comparación con las redes de fibra óptica, con capacidades máximas de algunos cientos de Mbps., lo que puede ser un obstáculo para satisfacer las demandas de conectividad con muy altos volúmenes de tráfico de datos. Existen también equipos de microondas de mayor capacidad, que emplean mecanismos más sofisticados, pero a mayor costo de inversión y con limitaciones de enlaces de baja longitud (pocos kilómetros).

De todas maneras, dentro de los rangos de ancho de banda típicos requeridos para este proyecto, estos enlaces inalámbricos pueden satisfacer esos requerimientos, siempre que las distancias no sean muy grandes, y que exista la visibilidad radioeléctrica. Los únicos casos en que el uso de estos enlaces no sería factible, serían para la Municipalidad de Santiago, por su gran cantidad de cámaras y ancho de banda requerido, y el CENCO por su carácter de centro de todo el sistema, también con mayores requerimientos de ancho de banda. En estos dos casos, puede ser incluso conveniente disponer de varios accesos de fibra óptica para poder balancear parte de la carga.

Los enlaces de microondas requieren un permiso de la Subsecretaría de Telecomunicaciones y están sujetos a la existencia de interferencias de terceros o incluso propias. En general lo usual es que el cliente adquiera estos equipos por lo que se debe considerar un monto de inversión por ellos, y además no debe olvidarse considerar un costo de operación y mantenimiento.

En principio, la recomendación es preferir enlaces de fibra óptica y considerar los enlaces de microondas solo como alternativa donde no exista factibilidad de tendido de cables.

- Acceso Satelitales

Las redes satelitales se basan en la transmisión de señales electromagnéticas para transmitir datos a través de satélites en órbita alrededor de la tierra los que actúan como repetidores de señal, recibiendo y retransmitiendo datos entre diferentes puntos de la Tierra.

En general los sistemas satelitales punto a punto son económicamente competitivos con los sistemas de MMOO terrestres y de fibra óptica para distancias grandes entre los extremos del enlace (mayor que 500 km) y el tráfico no sea demasiado alto (de algunas decenas de Mbps.).
Un sistema satelital puede ser especialmente adecuado en caso de que se requiera comunicar entre sí a un gran número de pequeñas localidades aisladas con obstáculos geográficos entre ellas. Las estaciones terrenas pueden ser instaladas rápidamente y el servicio satelital puede ser contratado

a corto plazo o en forma ocasional, lo que hace que los satélites sean adecuados para proveer comunicaciones sin mayor aviso previo o para períodos limitados de tiempo (p.ej., en caso de eventos especiales o luego de desastres).

En este tipo de enlaces podemos distinguir dos constelaciones de satélites que son usualmente empleados:

a) Constelación Satelital VSAT

El sistema VSAT utiliza satélites en órbita geoestacionaria (GEO) como puntos de acceso centralizados y también permiten la conectividad global. Estos satélites actúan como enlaces de comunicación entre las terminales VSAT localizados en ubicaciones remotas y la red terrestre, proporcionando conectividad a áreas donde la infraestructura terrestre es limitada.

Las velocidades de descarga en conexiones VSAT típicamente son del orden de algunos Mbps., con valores máximos de unos 50 Mbps, pero a un costo muy alto, del orden de los US$ 50.000 mensuales, lo que los hace prohibitivos para este proyecto.

La latencia típica en conexiones VSAT puede variar desde 500 milisegundos (ms) hasta 800 ms o algo más.

b) Constelación Satelital Starlink

Sin embargo, hace unos años se han introducido servicios de comunicaciones satelitales de baja órbita (LEO) que experimentan menor latencia (del orden de 30 mseg.) y que ofrecen capacidades de algunos cientos de Mbps, orientados a servicios de acceso a Internet.

El ejemplo más representativo es el servicio Starlink Business recientemente liberado, que ofrece un servicio para empresas cuyas características publicadas son: “velocidades de descarga de hasta 350 Mbps y una latencia de entre 20 y 40 ms”. Este servicio está orientado para empresas que requieran acceso a Internet, sin que se garantice calidad de servicio, y ofrece una disponibilidad de 99%.

La experiencia internacional conocida de los usuarios residenciales es buena, aunque se ha documentado que en la medida que ha ido aumentando la cantidad de usuarios a nivel mundial, las velocidades reales han experimentado algunas disminuciones, y además se ha reportado que suelen presentarse pequeñas interrupciones en el servicio.

De hecho, Starlink advierte que las velocidades indicadas y el uso ininterrumpido de los servicios no están garantizados, y que los usuarios pueden experimentar latencias más altas en regiones que están lejos de las estaciones terrestres de Starlink o durante períodos de alta carga en su terminal de usuario. También se indica que es probable que las velocidades reales sean más bajas que las velocidades máximas durante los momentos de alto uso, y que Starlink puede reducir temporalmente las velocidades si la red está congestionada.

En el mediano plazo se introducirán otros servicios similares como el de Amazon a través de su producto Kuiper, el cual debiera estar disponible para Chile el próximo año.

Como conclusión, los enlaces satelitales debieran considerarse solo si no existiera factibilidad de fibra óptica ni de enlaces de microondas terrestres.

2.2.2. Accesos a través de Internet

Una alternativa adicional la constituye el no utilizar enlaces dedicados de datos (fibra óptica, microondas, o satelital), sino que contar con un acceso dedicado a Internet a través de un proveedor de servicios de Internet (ISP). En este caso, el ISP define el acceso físico para cada punto de concentración, respetando los requisitos de capacidad y otros que se mencionan más adelante.

Estos accesos en cada punto de concentración deben ser de la capacidad requerida, simétricos (es decir capacidad de subida y de bajada iguales), con anchos de banda garantizados y no compartidos (es decir lo que se denomina capacidades 1:1), con calidad de servicio (QoS) a través de parámetros bien definidos, aspectos de ciberseguridad (VPN y otros), y sobre todo garantizar el acceso al sistema cloud del proveedor que resulte adjudicado en la componente VMS del sistema, ya que en general estos servicios se ofrecen en esa modalidad y están en clouds de proveedores internacionales como AWS, Azure, u otros similares. Por lo tanto, en caso de elegirse esta opción, debe seleccionarse un ISP que garantice el ancho de banda desde cada punto de concentración hasta el servicio cloud de la plataforma del integrador adjudicado, y considerar los costos asociados por ese concepto que pueden ser mayores que los del tráfico nacional.

2.2.3. Opción mixta

No debe descartarse una opción mixta, dependiendo de las facilidades de acceso en cada punto de concentración, tomando en consideración la disponibilidad requerida que a su vez determina la necesidad de contar con accesos diferenciados o no, tiempos de implementación, y los costos asociados tanto de la implementación como del servicio.

En ese caso lo ideal es que el proveedor de la red de acceso sea único, para mantener un responsable único, evitando ambigüedades ante problemas operacionales.

2.2.4. Comparación de servicios vía MPLS e Internet

La tabla siguiente resume las principales características de los servicios de la red MPLS comparados con la modalidad vía Internet:

Aspecto	MPLS	Internet
Proveedor	Proveedor único que se hace responsable por la calidad extremo a extremo de todas las conexiones.	Puede ser un proveedor único a futuro, pero si se emplean las conexiones existentes serán varios proveedores sin un responsable único, donde cada proveedor se hace responsable de su conexión

Aspecto	MPLS	Internet
		solo desde el cliente hasta el punto de intercambio de tráfico (PIT).
Entrega de paquetes y priorización	Priorización de entrega de paquetes según tipos de servicio incluyendo compromisos de valores de retardo o latencia extremo a extremo, garantizados por el proveedor MPLS	Sin garantías de entrega de paquetes ni priorización por tipos de tráfico. Internet es una tecnología de “mejor esfuerzo”.
Throughput	Valores de throughput simétricos y extremo a extremo, comprometidos por cada aplicación (voz, video, datos).	Valores de throughput agregados y con tasas de compartición, sin separar por tipo de servicio. En planes empresariales pueden ser simétricos y sin compartición, pero comprometidos solo hasta el PIT (no extremo a extremo).
Servicios de voz y video	MPLS entrega prioridad a las aplicaciones de voz y video que son sensibles al retardo. Existen parámetros de calidad de servicio QoS.	Entrega de paquetes en modalidad mejor esfuerzo, sin garantías de QoS para asegurar bajos retardos (latencia).
Niveles de servicio (SLAs)	Existen SLAs bien definidos con opciones de alta disponibilidad.	Menores compromisos de SLAs y en general menor disponibilidad.
Costos	El costo del servicio MPLS suele ser mayor que el de Internet residencial o sin seguridad adicional, pero si se agregan requerimientos de seguridad a Internet, el costo de Internet dedicado es más alto que MPLS. Además, en Internet puede aumentar con el tráfico internacional.	
Seguridad y cifrado	No se requiere cifrado, aunque puede agregarse opcionalmente, ya que el tráfico se cursa por circuitos privados dentro de la red del proveedor MPLS. En general la comunicación es bastante segura.	La comunicación sobre Internet no es segura, se requiere agregar VPN y equipos firewall u otros adicionales, lo que encarece el costo.
Desempeño y velocidad	El desempeño y los compromisos de velocidad son altamente confiables y estables.	Desempeño y velocidades con comportamiento variable.
Resumen de ventajas y desventajas	**Ventajas:** Opción mucho más segura, de mayor confiabilidad y resiliencia y baja latencia. Proveedor único que garantiza extremo a extremo. **Desventajas:** Requiere contratos a mayor plazo para obtener precios razonables	**Ventajas:** Permite mayor flexibilidad de implementación y aprovechar cierta infraestructura existente, con las limitaciones ya expuestas. **Desventajas:** Insegura frente a las amenazas en Internet que requiere resguardos importantes. Calidad y desempeño variables.

Tabla 2 Comparación entre MPLS e Internet

Nota: algunos de los parámetros como latencia, pérdida de paquetes y disponibilidad se definen en el informe 3.

Se debe destacar que al comparar MPLS con Internet hay que considerar que dentro de esta última existen diversidad de planes, algunos orientados al mercado residencial que ofrecen tasas compartidas y velocidades asimétricas, mientras que otros están orientados a empresas y entregan mejores prestaciones como velocidades simétricas y sin compartición y solo en algunos casos se agregan, a mayor costo, medidas de seguridad adicionales.

2.2.5. Resumen

En resumen, se recomienda emplear accesos de fibra óptica con una red IP / MPLS como opción preferente, o bien mediante accesos a Internet, los cuales deberán garantizar ciertos anchos de banda y otras características por sí solos o por configuraciones redundantes con balanceo de carga y funcionalidades de failover.

Si se requiere implementar este proyecto con mayor celeridad, podrían aprovecharse los accesos dedicados a Internet que disponen algunas municipalidades y que se detallan en la tabla 1, con las limitaciones de seguridad y calidad ya mencionadas en el punto anterior, que aconsejan adoptar esta opción solo en carácter temporal mientras se implementa una conectividad permanente. En ese escenario, se debería al menos aumentar la capacidad de esos accesos, (para no afectar las aplicaciones existentes del resto de los usuarios), y establecer VLANs separadas al interior de cada red.

En todo caso, esta opción no es la recomendada por los consultores, al menos como solución definitiva. La decisión final se debe adoptar tomando en consideración como principales factores los costos del servicio, plazos de implementación, además de los niveles de confiabilidad y resiliencia comprometidos.

Las especificaciones para ambos tipos de conectividad tales como disponibilidad, latencia y otros aspectos se entregan en el Informe 3 por estar incluido ese aspecto en el alcance de dicho informe.

2.3. Estudio de la topología de red necesaria.

Una posible topología consiste en establecer una red en estrella desde un punto central que sería el CENCO, hacia y desde cada uno de los puntos de concentración de equipos de cada institución (municipalidades y otros organismos). Para los casos en que una municipalidad tenga más de un punto de concentración, esa topología se mantendría y la conexión sería en forma directa sin pasar necesariamente a un nodo intermedio de la municipalidad.

Esta configuración es posible lograrla de diversas formas, una de ellas, menos redundante, sería disponer de enlaces dedicados (por ejemplo, de fibra oscura), desde cada centro de concentración

al CENCO. El inconveniente de esta configuración es su menor resiliencia ya que para obtener rutas alternativas, se requeriría contratar más de un acceso desde cada punto remoto.

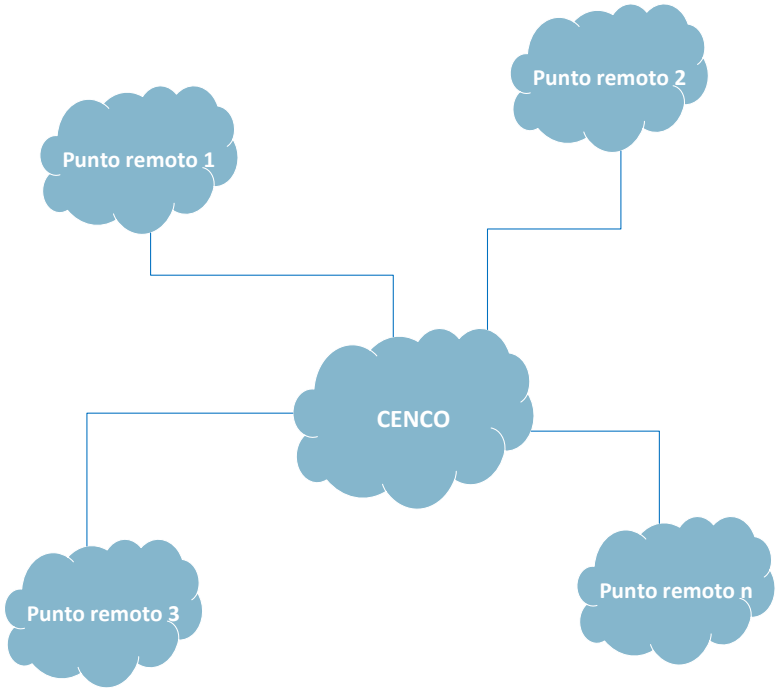

Figura 1 Topología en estrella con enlaces dedicados individuales

Una opción más resiliente es contratar servicios MPLS desde cada punto remoto de concentración de equipos al nodo central CENCO, que también estaría conectado a la red MPLS del operador adjudicado, pero con un acceso de mayor capacidad. Esta configuración tiene la ventaja de que entrega mayor resiliencia y disponibilidad al aprovechar las redundancias internas de la red MPLS del operador, que normalmente tiene rutas internas alternativas entre sus nodos, lo que permite caminos variados en caso de falla, y además posee funcionalidades de gestión y monitoreo que no están comúnmente disponibles en los sistemas con rutas dedicadas.

La figura siguiente muestra esta configuración en que la nube grande representa la red IP / MPLS del operador con sus nodos internos en los que se aprecia que existen generalmente varios caminos para llegar desde un origen a un destino, lo que le otorga mayor redundancia a la red. Cada punto de concentración de equipos está representado por una nube pequeña que puede corresponder a una Municipalidad o a un organismo privado, y uno de ellos representa al nodo central CENCO como otro cliente más conectado a la red MPLS, pero con un acceso de mayor capacidad, ya que debe ser capaz de soportar el tráfico agregado de todos los puntos remotos. Todos los usuarios se conectan a los routers de borde de la red que cumplen esa función de conectar usuarios y además enrutan el tráfico al interior de la red para llegar a su destino a través de otro router de borde.

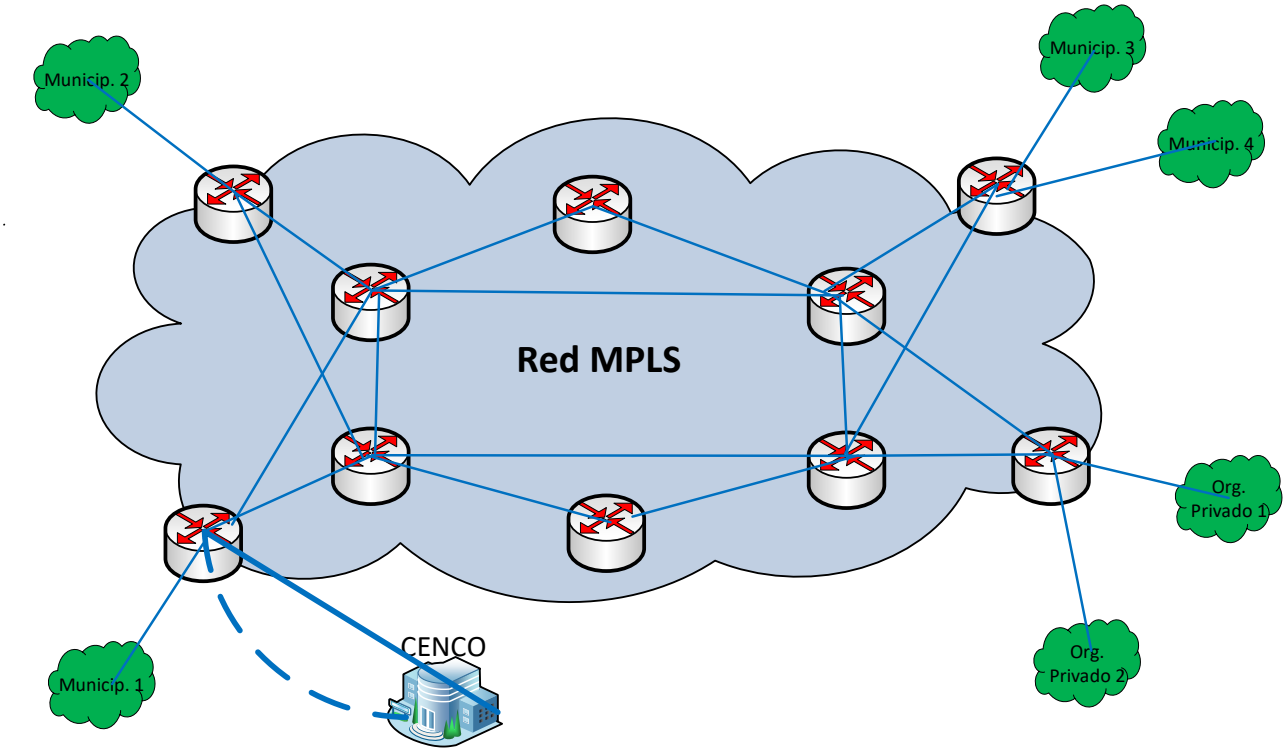

Figura 2 Topología en malla usando la red IP / MPLS

En este caso, además, para otorgarle mayor redundancia se deberá evaluar con los proveedores el disponer de accesos duplicados e idealmente por rutas diferenciadas en todos o algunos (los más vulnerables) de los puntos remotos a la red MPLS. Esto dependerá de la disponibilidad ofrecida por cada operador, en las opciones con acceso único y duplicado, y por supuesto, de los costos de esas opciones. La opción con acceso redundante se muestra a manera de ejemplo en la figura 2, en el acceso al CENCO.

A futuro, y en la medida que la red crezca con más puntos remotos, puede ser necesario introducir un esquema más jerárquico agregando puntos intermedios de concentración entre el CENCO y los puntos remotos.

En forma opcional o complementaria, podrían realizarse los accesos a través de Internet en vez de la red IP / MPLS señalada anteriormente, como se ha señalado anteriormente en el punto 2.1 a continuación de la tabla 1, donde se agrupan las facilidades de acceso de cada municipalidad y otros organismos. En este caso la representación de la topología sería como la que aparece en la figura siguiente, teniendo en cuenta que la forma en que el proveedor ISP interconecta sus nodos de acceso en cada ubicación dependerá de su diseño de red interno:

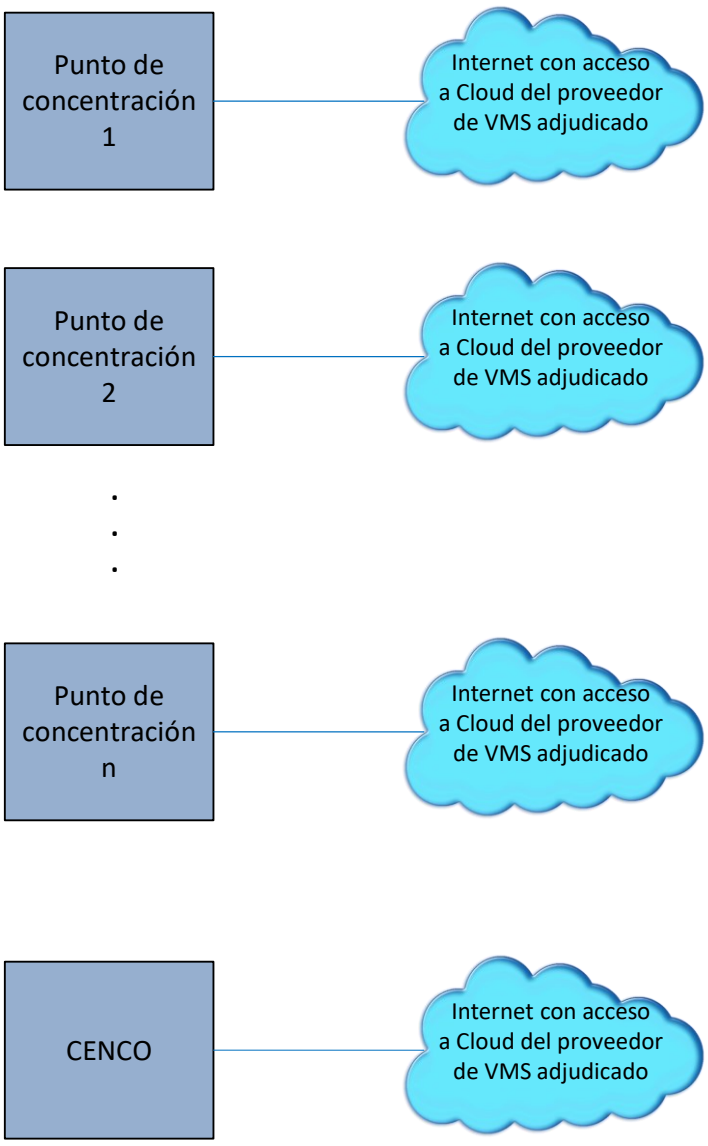

Figura 3 Topología usando accesos a Internet

2.4. Disponibilidad de operadores de servicios de telecomunicaciones para lograr la interconexión.

En general la oferta de operadores de telecomunicaciones en la región metropolitana es amplia, existiendo cerca de una decena de estas empresas que ofrecen servicios de banda ancha. Entre ellas se pueden mencionar a Telefónica (Movistar), Entel, ClaroVTR (las empresas Claro y VTR se fusionaron hace poco más de un año), Mundo (ex Mundo Pacífico), GTD, WOM, y otras de menor

participación y cobertura pero que igualmente pueden ser consideradas como Cirion (ex Lumen), y DirecTV que ingresó recientemente al mercado de la fibra óptica.

Al momento de seleccionar un proveedor de acceso, se deben considerar diferentes aspectos como la tecnología de acceso (preferentemente fibra óptica), grado de redundancia de sus redes, condiciones de soporte, niveles de servicio ofrecidos, especificaciones técnicas, condiciones comerciales, y también la cobertura.

Este último factor es importante, ya que lo ideal es contar con un proveedor único para los sistemas de acceso que pueda entregar el servicio en todos los puntos de la región metropolitana donde éste se requiera. El disponer de un proveedor único es favorable para simplificar la gestión de los servicios y contar con un interlocutor único que se haga responsable por el servicio global de acceso, evitando el tener que interactuar con múltiples actores, lo que hace más compleja la operación y gestión, sobre todo al momento de determinar las causas de posibles fallas o deterioros de los servicios. En caso de que un operador no pueda proporcionar cobertura en un punto especifico por sí mismo, es usual que entre ellos se soliciten servicios donde no cuenten con cobertura propia, por lo cual las futuras bases de licitación deberían permitir esta figura, pero haciendo hincapié que a pesar de existir un acuerdo entre ellos de brindarse servicios faltantes, el responsable total ante la SPD sea único.

Se establecieron contactos con tres de los proveedores más representativos en términos de participación de mercado y cobertura (Telefónica, Entel y GTD) para efectos de averiguar sobre la factibilidad de estos accesos con diferentes opciones tecnológicas y estimar los costos asociados de cada solución. De esta forma, a cada uno de ellos se le solicitó factibilidad y costos por soluciones de conectividad desde cada punto de concentración de cámaras de video seguridad de las municipalidades, al sitio central CENCO de calle Catedral 1337, edifico Centenario de Carabineros.

Se pidió considerar anchos de banda garantizados mínimos de 100 Mbps simétricos como una primera estimación y con opciones de aumentar hasta 1 Gbps con valores intermedios, si es factible. Para lo anterior se solicitaron las siguientes alternativas:

- alternativa a) acceso en FO a red MPLS detallando valores de disponibilidad mensual a comprometer y opciones de redundancia, es decir si hay rutas alternativas; pueden ser dos modalidades, una con mayor redundancia que otra, indicar capacidades de auto reparación (self healing).

- alternativa b) accesos a Internet simétricos desde 100 Mbps en cada punto de concentración, también hasta 1 Gbps con valores intermedios, y aspectos de QoS, y ciberseguridad.

- alternativa c) si algún punto tuviera factibilidad negativa para a) y b), considerar accesos inalámbricos.

En cada caso, se solicitó detallar costos estimados mensuales, valores de instalación si los hay, principales parámetros técnicos comprometidos, plazos típicos de instalación.

Las respuestas a lo indicado anteriormente se analizarán en el informe final. Se puede anticipar que existe factibilidad técnica en todas las comunas con la única excepción de una de las direcciones

de Colina, donde no hay accesos diferenciados, es decir rutas alternativas en caso de que se opte por requerir alta disponibilidad.

2.5. Identificación de puntos críticos y propuesta de soluciones.

Entre los distintos puntos críticos a abordar se pueden indicar los siguientes:

- Plataforma integrada y compatibilidad entre distintos VMS.

En cada municipalidad existen distintos VMS y sus correspondientes servidores, e incluso en una misma municipalidad existen en algunos casos, dos o tres VMS distintos. Los fabricantes de esos VMS tienen distintas estrategias y políticas de integración con otras marcas; algunos de ellos declaran que son capaces de integrarse con cualquier marca de VMS, mientras que otros indican que pueden hacerlo con la mayoría, pero excluyendo a algunos, en especial a los de procedencia china.

El nuevo sistema debe consistir en una plataforma única que permita manejar diversas aplicaciones de analítica, como búsqueda de personas, vehículos, interactuar con la metadata proporcionada por las cámaras actuales, efectuar reconocimiento de patentes y facial. Esto requerirá probablemente una nueva plataforma con un nuevo VMS que se integre con los ya existentes, e idealmente sin que sea necesario reemplazarlos.

La forma de integrarse también es variable, algunos lo hacen en forma nativa mientras otros requieren agregar algún tipo de hardware adicional. Algunos fabricantes distinguen la *integración* que sería manejar en una plataforma varias tecnologías y sistemas con distintas aplicaciones e interfaces según su procedencia (fabricante); de la *unificación*, que sería una plataforma única, con interfaz de usuario también única, y herramientas de gestión y alarmas totalmente unificadas.

El grado o nivel de integración que sea factible lograr dependerá de las soluciones que se ofrezcan por los distintos proveedores, existiendo múltiples opciones. Por ejemplo, solo a nivel de VMS, los proveedores en general declaran su factibilidad para integrarse con los sistemas equivalentes de su misma marca sin ningún problema, y con los de otras marcas, generalmente agregando algún tipo de hardware adicional.

Sin embargo, por razones prácticas pudiera resultar conveniente que al momento de integrar un nuevo VMS, sea recomendable separar lo ya existente incluso de los VMS de la misma marca, agregando equipamiento adicional, pero por fuera de los sistemas en operación y así delimitar las responsabilidades y no intervenir en sistemas que están siendo administrados por otros proveedores. De esta forma se evitaría la ocurrencia de posibles indefiniciones en las responsabilidades ante futuros inconvenientes entre los sistemas existentes, a cargo de un proveedor ya establecido, y la nueva plataforma integrada.

La forma de realizar esta integración dependerá de los proveedores de estas plataformas. La figura siguiente muestra a nivel conceptual cómo podría realizarse esta integración:

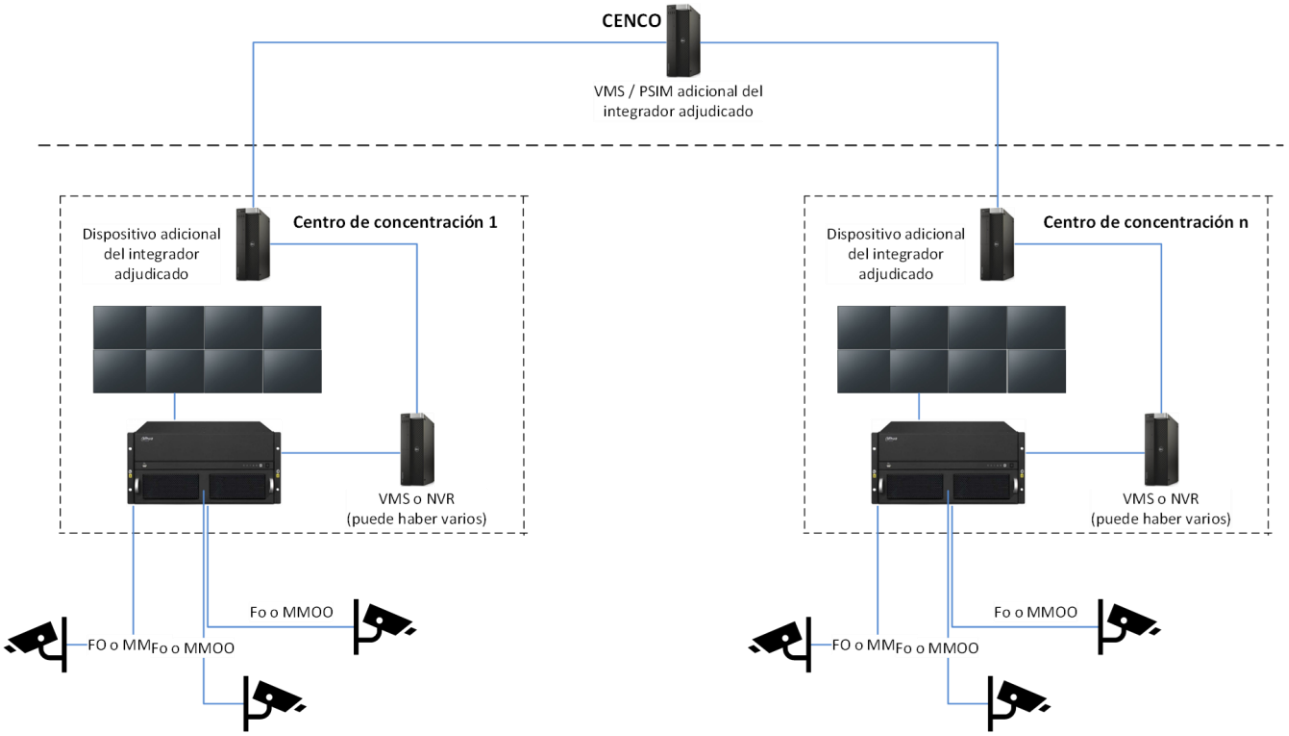

Figura 4 diagrama conceptual de la integración

En esa figura aparecen los puntos de concentración de dos municipalidades u organismos privados, pero ello debe extenderse a todas sus similares; luego en una capa intermedia se indica un nuevo dispositivo, que puede ser indispensable o no dependiendo del nivel de integración entre la plataforma adjudicada y los VMS existentes en cada caso, pero igualmente podría ser conveniente agregarlo; y finalmente a nivel central el mismo VMS que podría combinarse con las funcionalidades de un software de gestión de información de seguridad física, denominado PSIM. Este último software tiene funcionalidades adicionales a las del VMS, ya que es una plataforma que integra todos los sistemas de seguridad relacionados con un edificio corporativo y las áreas de múltiples sitios, en una interfaz intuitiva. Algunos fabricantes resuelven sus problemas de integración a través de este tipo de aplicaciones que no pueden ser abordadas a nivel de los VMS.

En resumen, la forma de resolver esta integración debe ser abordada por cada representante de plataformas ya que no existe una solución única y depende de la filosofía y tecnología de cada integrador. Para ello, lo recomendable es elaborar una descripción funcional de los requerimientos de esta plataforma, los que se abordan en el informe del producto 3.

- Definición de cámaras que realizarán analítica

Tal como se indicó anteriormente, es necesario definir por parte de la SPD cuántas cámaras realizarán analítica, qué tipo de analítica, y cuáles serán esas cámaras. Lo anterior impacta en los requerimientos de ancho de banda, y en la necesidad de reemplazar o no algunas de esas cámaras. Se debe recordar que, para cada tipo de analítica, se requieren cámaras distintas.

- Definición de cuántas cámaras monitorear en el sitio central ubicado en CENCO

Este requerimiento también debe ser respondido por la SPD ya que impacta directamente en los anchos de banda y también se relaciona con la cantidad de operadores y puestos de monitoreo que habrá en el sitio central o núcleo (“core”) del sistema que estará ubicado en CENCO.

- Definición de niveles de servicio

Estas definiciones se relacionan con la calidad de las redes de transporte y se proponen algunas opciones en el informe siguiente, las que deben ser definidas una vez que se conozcan los costos asociados a ellas. Estas especificaciones se incluyen en el punto correspondiente del informe 3.

- Seguridad

En el informe 3 se ha desarrollado un punto específico con recomendaciones de seguridad y aquí se entregan solamente algunos conceptos básicos.

El eventual uso de accesos a Internet presenta un mayor riesgo de seguridad, por posibles vulnerabilidades de los softwares que podrían facilitar el acceso no autorizado al sistema, lo que a su vez comprometería no solo a esta nueva plataforma, sino dejar abiertos otras vías a los sistemas propios de las municipalidades y organismos privados que formen parte de la red. El uso de la red IP / MPLS al ser una red privada es de menor riesgo, aunque no está exenta totalmente de ello.

El uso de plataformas en la nube, como las de los proveedores de VMS o de aplicaciones de analítica, hace que los datos salgan del país, con lo cual se pierde el control sobre ellos.

Por lo anterior se deben tomar todas las precauciones para evitar posibles ataques de seguridad, que se enumeran en el informe 3.

- Enlaces de MMOO sin permisos de Subtel

De acuerdo con el levantamiento realizado, varios de los enlaces de MMOO no cuentan con el respectivo permiso de servicio limitado de Subtel, y en muchos casos desconocen la situación. Muchos de los entrevistados creen erróneamente que este permiso no se requiere.

Esta situación debe ser subsanada ya que expone a los enlaces a estar sujetos a interferencias propias o de terceros, sin derecho a intervención de la Subtel. También se expone a que un tercero reclame contra el dueño del equipamiento (municipalidad o privado) por causarle interferencias.

La solución consiste en regularizar esta situación solicitando los permisos de acuerdo con la normativa vigente. Esto requiere presentar una solicitud reuniendo todos los antecedentes técnicos del sistema, como ubicación de los equipos de radio, marca y modelo, y otras características técnicas, además de los antecedentes legales del permisionario.

3. Conclusiones

En este reporte de factibilidad técnica se analizan en detalle en primer lugar los requerimientos de ancho de banda y los factores que influyen en él, los que dependerán finalmente de la cantidad de cámaras a visualizar para lo cual se entrega una tabla guía que, dependiendo de las cantidades que se definan, permite estimar esos requerimientos con un grado de precisión razonable. Se analizan igualmente las facilidades de acceso existentes en los distintos organismos.

A continuación, se presentan distintas opciones de conectividad como accesos en fibra óptica directa o a través de una red IP / MPLS, accesos inalámbricos mediante enlaces de MMOO terrestres o satelitales, y por último, accesos a Internet.

Para cada una de esas opciones se analizan las principales características de cada una de ellas con sus ventajas y desventajas. Al respecto, la recomendación es elegir la alternativa de red IP / MPLS como opción preferente.

Luego se presentan las diferentes topologías posibles, recomendándose también la que se relaciona con el uso de una red IP / MPLS.

Se indican los distintos operadores de servicios de telecomunicaciones que pueden entregar estos servicios en la región metropolitana para lograr la interconexión, y se tomó contacto con tres de ellos para solicitarles información de la factibilidad técnica de distintas opciones en las direcciones requeridas y los costos estimados de las soluciones que ellos pueden ofrecer, lo que será incluido en los próximos informes.

Por último, se indican una serie de aspectos críticos para la factibilidad del proyecto, varios de los cuales corresponden a definiciones que deben ser tomadas en el corto o mediano plazo, como cantidad de cámaras a visualizar, cantidad de aplicaciones de analítica, cantidad de operadores en el CENCO, y los niveles de servicio de la conectividad.

Otros aspectos críticos tienen que ver con la solución de integración, lo que se aborda a nivel conceptual y se entrega una propuesta en el siguiente informe; en forma similar se adelantan los aspectos de ciberseguridad que también se desarrollan en el siguiente informe. Por último, se menciona el incumplimiento en la obtención de permisos para los enlaces de MMOO y la forma de regularizarlo.

Se puede concluir que este es un proyecto factible, pero que presenta cierta complejidad por la diversidad de equipos y sistemas en operación, que involucra a múltiples actores y roles, que requerirá diversas adecuaciones y mejoramientos en parte de la infraestructura existente, en especial en el sector municipal. Se estima que será necesario un esfuerzo de coordinación importante durante la etapa de implementación del proyecto.

Los principales desafíos para enfrentar estarán probablemente en la integración de plataformas diversas, mientras que la interconexión es un aspecto estandarizado y de tecnologías consolidadas, con oferta de variados proveedores con fuerte presencia local y similares entre ellos.

Es necesario considerar además de los presupuestos de inversión, lo concerniente a los gastos para la operación y mantenimiento, incluyendo los costos de los servicios de la red de transporte, renovación de licencias[3], upgrades, actividades de soporte y gestión a lo largo de la vida útil del proyecto. Esto debe hacerse extensivo no solamente a los nuevos sistemas que se implementen, sino que debería incluir a todo el equipamiento existente, al menos del sector público.

[3] Algunos proveedores consideran licencias perpetuas, pero otras no.