CONTRATO INTERADMINISTRATIVO
N. º CTO INT 015 MT 2025

ENTIDAD CONTRATANTE:
MUNICIPIO DE TOCANCIPA – CUNDINAMARCA

INTERVENTORIA:
UNIÓN TEMPORAL INTERVENTORIA CCTV TOCANCIPÁ

CONTRATISTA:
DESARROLLO URBANO TRANSITO Y TECNOLOGICO
URBANITTECH S.A.S

INGENIERÍA DEL DETALLE CCTV
TOCANCIPA

VERSIÓN 2

TOCANCIPÁ - CUNDINAMARCA

AGOSTO 2026

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción. *7*
2. Antecedentes *8*
3. OBJETIVOS. *10*
3.1 Objetivo General 10
3.2. Objetivos Específicos 10
4. ALCANCE *12*
4.1. Componentes comprendidos 13
4.2. Resultado del alcance 14
5. Metodología *14*
5.1. Análisis de la línea base diagnóstica 15
5.2. Definición de la arquitectura del sistema 15
5.3. Diseño punto a punto 15
5.4. Diseño de la infraestructura de comunicaciones 16
5.5. Diseño del Centro de Monitoreo 16
5.6. Diseño de los sistemas eléctricos y de respaldo 16
5.7. Elaboración de especificaciones técnicas y cantidades de obra 16
5.8. Validación técnica de los diseños 16
5.9. Consolidación del Documento de Ingeniería de Detalle 17
6. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO *17*
7. INGENIERÍA DEL DETALLE. *17*
7.1. Puntos existentes. 18
7.2. Cámaras nuevas. 20
7.3. Justificación para la instalación de los nuevos puntos. 23
7.3.1. Cámara Milán Plaza. 23
7.3.2. Cámara olímpica. 23
7.3.3. Cámara Canavita Alta. 24
7.3.4. Cámara Glorieta Tibiflores. 24
7.3.5. Cámara Entrada Tibiflores. 24
7.3.6. Cámara Parque Tibiflores. 25
7.3.7. Cámara barrio Villa María. 25
7.3.8. Cámara Glorieta Base Militar. 26

7.3.9. Cámara Escuela La Esmeralda. 26
7.3.10. Cámara Tres esquinas Porvenir. 26
7.3.11. Cámaras LPR TEXACO (License Plate Recognition). 27
7.3.12. Cámaras LPR La Trampa (License Plate Recognition). 27
7.3.13. Cámaras LPR Autódromo (License Plate Recognition). 28
7.3.14. Cámaras LPR Salida Hospital (License Plate Recognition). 28
7.3.15. Cámaras LPR Salida Barandillas (License Plate Recognition). 29

7.4. Georreferenciación de cámaras nuevas. 30
7.4.1. Vereda La Fuente. 30
7.4.2. Zona norte y salida casco urbano 31
7.4.3. Vereda Verganzo 31
7.4.4. Vereda Canavita 32
7.4.5. Sector Autódromo 32

7.5. Especificaciones técnicas de los elementos 33
7.5.1. Gabinetes 33
7.5.2. Caja de Inspección Pie de Poste 34
7.5.3. Poste 36
7.5.3.1. Justificación de modificación de altura y reposición 37
7.5.4. Estructura Metálica Tipo Ménsula en L para cámaras (LPR) 38
7.5.5. Cámaras PTZ 51
7.5.5.1. Análisis Visual Comparativo 53
7.5.5.2. Análisis Comparativo Detallado 54
7.5.5.3. ¿Por qué una menor resolución nominal no implica menor calidad? 55
7.5.5.4. Referencia frente al Mercado Actual 57
7.5.5.5. Conclusión 58
7.5.5.6. Justificación técnica de la modificación 58
7.5.6. Cámaras LPR 59
7.5.6.1. Conclusión 65
7.5.6.2. Justificación técnica de la modificación 66
7.5.7. Tarjeta de memoria Micro SD 67
7.5.8. Brazo metálico fijo de 2 m soporte de cámaras. 67
7.5.9. Coraza Light Light en PVC ¾ pulgada. 67
7.5.10. Corona antiescalatoria de 18 puntas. 68
7.5.11. Cinta bandit 5/8". 68
7.5.12. Tubería IMC ½. 68
7.5.13. Varilla Cooper Well 2.4m Cu x 5/8". 68
7.5.14. Patch Cord UTP Categoría 6 69
7.5.15. UPS Interactivo 1 kVA 69
7.5.16. Switch Administrable 8 Puertos Gigabit + 2 Ranuras SFP 70
7.5.17. Patch Cord de Fibra Óptica 1 m 70
7.5.18. Caja de Terminación de Fibra Óptica (Mini ODF 4 Slots) 70
7.5.19. Transceptor Óptico SFP 71
7.5.20. Cable 2 x 6+6 71
7.5.21. Collarín 160-200 mm 72
7.5.22. Tuerca Ojo Alargado 5/8" 72
7.5.23. Concreto 4.000 PSI para Anclaje de Arcos 73

7.5.24. Elementos del Anexo 1 No Aplicables al Diseño Final 73
7.5.24.1. Abrazadera de Acero para Montaje en Postes de hasta 60 cm 73
7.5.24.2. Fuente de Alimentación PoE 12 V por Cable UTP 74
7.5.24.3. Poste Metálico 14 y 16 Metros 75
7.5.24.4. Canastilla para Poste Metálico 75
7.5.25. Justificación de Sustitución - Postes Metálicos y Canastilla por Estructuras LPR 76
7.5.26. Justificación de Instalación de Poste Adicional - Punto Existente sin Infraestructura 76
7.6. Consolidado de Cantidades y Componentes de Cámaras Nuevas 77
7.7. Matriz de Modificaciones - Cámaras, Postes y Estructuras 78
7.8. Diseño del Centro de Monitoreo 80
7.8.1. Sala de Rack 80
7.8.2. Sala de Crisis 82
7.8.3. Centro de Monitoreo 87
7.8.3.1. Monitores industriales 55” 88
7.8.3.3. Conclusión 90
7.8.3.4. Justificación 90
7.8.3.5. Cable HDMI 15m 91
7.8.3.6. Servidor de Video Vigilancia 91
7.8.3.7. Elementos No Aplicables 92
7.8.3.8. Sillas Ergonómicas 93
7.8.3.9. Escritorios 93
7.8.3.10. Extintor 94
7.8.4. Sala de Descanso 94
7.8.4.1. Mesa de Centro 94
7.8.4.2. Puerta en vidrio templado 10 mm 95
7.8.4.3. Mininevera 95
7.8.4.5. Microondas 96
7.8.4.6. Cafetera 97
7.8.4.7. Dispensador de agua 97
7.8.4.8. Elementos No Aplicables 98
7.8.4.9. Modificación: Sofá 3 puestos → Sillón en L 99
7.8.4.10. Conclusión 100
7.8.4.11. Justificación 101
7.8.5. Zona de Almacenamiento 101
7.8.5.2. Conclusión 103
7.8.5.3. Justificación 103
7.8.6. Instalaciones Eléctricas y Red, Voz y Datos 104
7.8.6.1. Bandeja portacable acero galvanizado 30x80 104
7.8.6.2. UPS Online 10 kVA 104
7.8.6.3. Cable UTP cat 6ª 106
7.8.6.4. Gabinete para Rack de Piso 19" (Altura 1.50 a 2.00 m) 106
7.8.6.5. Planta eléctrica de 30 kVA 107
7.8.6.6. Justificación 108
7.8.6.7. Modificación: Sistema de Videovigilancia Análogo → Sistema IP 109

7.8.6.8. Conclusión 114
7.8.6.9. Justificación 114
7.8.6.10. Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico 114
7.8.6.11. Nueva ubicación Centro de Monitoreo y Video Vigilancia 117
7.8.6.12. Área mínima necesaria para monitoreo 118
7.8.6.13. Área mínima necesaria para planta eléctrica 119
7.8.6.14. Área mínima necesaria para zona de descanso o espera 120
7.8.6.15. Área mínima necesaria para Sala de Crisis 120
7.8.6.16. Conclusión 121
7.8.7. Centro de Datos 122
7.8.7.1. Switch Gestionable Layer 2, 24 Puertos Gigabit + 4 Uplink 10G SFP+ 122
7.8.7.2. Conversor SFP Fibra Óptica Monomodo 123
7.8.7.3. Servidor de Red y Videovigilancia IP 124
7.8.7.4. Switch Gestionable 24 Puertos con PoE/PoE+ 126
7.8.7.5. NVR Profesional 64 Canales 127
7.8.7.6. Sistema de Almacenamiento (Storage) 16 Bahías 128
7.8.7.7. Disco Duro 16 TB 129
7.8.7.8. Elementos No Aplicables 130
7.8.7.9. Monitores de 24" para Personal 131
7.8.7.10. Modificación: Sistema de Radiocomunicaciones UHF (TETRA/P25) → Sistema de Radiocomunicaciones VHF Digital (DMR) 132
7.8.7.11. Conclusión 136
7.8.7.12. Justificación 137
7.8.7.13. Impresora Multifuncional a Color 138
7.8.8. Observatorio del Delito 140
7.8.8.1. Puesto de trabajo del analista 141
7.8.8.2. Computador portátil para análisis 142
7.8.8.3. Integración con el sistema 144
7.8.8.4. Modificación propuesta 145
7.8.8.5. Conclusión 146
7.8.8.6. Justificación 147

7.9. Matriz General de Modificaciones 148

7.10. Diseño de la Red de Transporte en Fibra Óptica 154
7.10.1. Objeto y alcance del diseño 155
7.10.2. Marco normativo y criterios de diseño 157
7.10.3. Requisitos de servicio de la red de conectividad 160
7.10.4. Dimensionamiento de la capacidad de transporte 161
7.10.5. Arquitectura general de la red 162
7.10.6. Medio de transmisión por punto 166
7.10.7. Infraestructura de soporte: postería del trazado 167
7.10.7.1. Censo de postes - Zona 2 172
7.10.7.2. Censo de postes - Tramo Mufla Los Patos a Mufla Zipatoca 204
7.10.7.3. Censo de postes - Tramo Mufla Autódromo a Mufla Entrada Tibiflores 209
7.10.7.4. Tramos sin nomenclatura registrada 210
7.10.7.5. Contrato de uso de infraestructura con el operador de red 212

7.10.8. Ficha técnica, Cable de fibra óptica monomodo ADSS 213
7.10.9. Diseño mecánico del tendido aéreo 217
7.10.10. Herrajes y accesorios de fijación 221
7.10.11. Reservas técnicas, identificación y señalización 224
7.10.12. Tramos canalizados y cruces especiales 226
7.10.13. Elementos pasivos de la red de fibra óptica 227
7.10.14. Plan de direccionamiento IP y segmentación lógica 230
7.10.15. Calidad de servicio 240
7.10.16. Presupuesto óptico y verificación de enlaces 246
7.10.17. Recorrido del tendido y nodos de distribución 250
7.10.18. Arquitectura lógica y plan de asignación de hilos 254
7.10.19. Plan de empalmes por nodo 258
7.10.20. Cierre de anillos y esquema de redundancia de la red de transporte 263
7.10.20.1. Criterio de redundancia adoptado 263
7.10.20.2. Tramos de cierre incorporados al trazado 264
7.10.20.3. Anillos físicos conformados 264
7.10.20.4. Cobertura de la protección sobre la planta externa 266
7.10.20.5. Agrupación en cadenas orientada al cierre 269
7.10.20.6. Anillos lógicos: emparejamiento de cadenas 272
7.10.20.7. Protocolo de protección 274
7.10.20.8. Verificación de capacidad de hilos tras el cierre 275
7.10.20.9. Presupuesto óptico de las rutas de cierre 277
7.10.20.10. Análisis de modos de falla 278
7.10.20.11. Cantidades derivadas del cierre 281
7.10.20.12. Conclusión 282
7.10.21. Consolidado de cantidades de la red de fibra óptica 282

1. Introducción.

El Municipio de Tocancipá suscribió con URBANITTECH S.A.S. el Contrato No. CTO INT 015 MT 2025-6/11/2025, cuyo alcance comprende, entre otras actividades, la ejecución del proceso de verificación, validación y diagnóstico técnico de la infraestructura tecnológica existente, como requisito previo para la formulación de la ingeniería de detalle y la posterior implementación de las soluciones contempladas dentro del objeto contractual.

El presente documento corresponde a la Ingeniería de Detalle del Sistema de Videovigilancia del municipio de Tocancipá, elaborada con fundamento en los resultados del Diagnóstico Técnico de Verificación y Validación previamente realizado. A diferencia de dicha etapa diagnóstica, esta fase no evalúa el estado de la infraestructura existente, sino que define el diseño definitivo, las especificaciones técnicas detalladas y la arquitectura integral de la solución que permitirá la recuperación, modernización, ampliación y puesta en operación del sistema.

En desarrollo de este alcance, se elaboró el diseño técnico integral del proyecto, que comprendió: la definición de la arquitectura general del sistema; el diseño punto a punto de los puntos de videovigilancia nuevos y a modernizar; la reingeniería del Centro de Monitoreo ubicado en la Estación de Policía; el diseño de la infraestructura de comunicaciones en fibra óptica y radioenlaces de última milla; y el dimensionamiento del sistema eléctrico, de respaldo energético y del sistema de almacenamiento, visualización y gestión de video (VMS). Como parte complementaria, se desarrollaron las especificaciones técnicas particulares, las memorias de cálculo, los planos de detalle, los diagramas unifilares, los esquemas de conectividad y las cantidades de obra correspondientes.

Los documentos que integran esta Ingeniería de Detalle constituyen el referente técnico oficial y vinculante sobre el cual se soportará la ejecución, supervisión,

control y recibo de las actividades de implementación, modernización y fortalecimiento previstas para las siguientes fases del proyecto.

2. Antecedentes

El Municipio de Tocancipá, a través de la Secretaría de Seguridad y Convivencia, adelantó los estudios previos tendientes a la contratación del proyecto denominado "Implementación, ampliación, mantenimiento, modernización y operación permanente de la plataforma tecnológica, así como la operación, funcionamiento y fortalecimiento del Observatorio o Centro de Información del Delito y de las Conductas Contrarias a la Convivencia, en articulación con la Secretaría de Seguridad y Convivencia del Municipio de Tocancipá", cuyo objeto busca fortalecer las capacidades institucionales para la prevención del delito, la seguridad ciudadana y la convivencia mediante la modernización integral del sistema municipal de videovigilancia.

Como soporte de la necesidad contractual, durante la etapa precontractual la Secretaría de Seguridad y Convivencia Ciudadana elaboró el Diagnóstico Inicial del Sistema Actual de Videovigilancia, incorporado como Anexo No. 1 del Estudio Previo. Dicho estudio partió de un inventario preliminar de cuarenta y nueve (49) cámaras registradas en la documentación existente del sistema; sin embargo, la inspección de verificación en campo permitió constatar la existencia física real de cuarenta y tres (43) puntos de videovigilancia, evidenciando adicionalmente un alto nivel de obsolescencia tecnológica y múltiples equipos fuera de servicio. Esta verificación in situ constituyó el insumo real que soportó la estructuración del proyecto y la definición de las necesidades de modernización, ampliación y fortalecimiento tecnológico.

Con fundamento en dichos estudios, el Municipio suscribió el Contrato Interadministrativo CTO INT 015 MT 2025-6/11/2025 con URBANITTECH S.A.S., cuyo alcance contempla la formulación de la ingeniería de detalle como requisito técnico previo y vinculante para la implementación de la infraestructura tecnológica, la recuperación y modernización de cuarenta (40) puntos de videovigilancia existentes, la instalación de veinte (20) nuevos puntos, la adecuación del Centro de Monitoreo, la integración de la plataforma tecnológica, y la posterior operación y mantenimiento del sistema.

Una vez surtida la fase de verificación, validación y diagnóstico técnico del sistema existente, se estableció la línea base real de la infraestructura en cuanto a su condición física, funcional, eléctrica y de comunicaciones, haciéndose exigible contractualmente la formulación de la ingeniería de detalle, con el fin de transformar dicha línea base en una solución de ingeniería definitiva, estandarizada y ejecutable. En consecuencia, el presente documento constituye la Ingeniería de Detalle del Sistema de Videovigilancia, elaborada por URBANITTECH S.A.S. como producto de esta fase, y se constituye en el instrumento técnico rector que regirá la etapa de implementación, instalación, integración y puesta en operación integral del sistema.

3. OBJETIVOS.

3.1 Objetivo General

Elaborar la Ingeniería de Detalle del sistema de videovigilancia del Municipio de Tocancipá, con el fin de definir la arquitectura integral, los diseños técnicos definitivos, las especificaciones particulares y las condiciones de implementación para la modernización de cuarenta (40) puntos existentes y la instalación de veinte (20) nuevos puntos, la adecuación del Centro de Monitoreo, la red de comunicaciones, el sistema de alimentación eléctrica y respaldo energético, y la plataforma de gestión de video. Todo ello tomando como línea base los resultados del Diagnóstico Técnico de Verificación y Validación, como soporte para la ejecución de la etapa de implementación, integración y puesta en operación integral prevista dentro del Contrato No. CTO INT 015 MT 2025-6/11/2025

3.2. Objetivos Específicos

3.2.1. Definir la arquitectura integral del sistema de videovigilancia, estableciendo la topología lógica y física, los criterios de diseño, los estándares de interoperabilidad, escalabilidad y ciberseguridad, y el modelo de integración entre los puntos de campo, la red de comunicaciones, el Centro de Monitoreo y la plataforma de gestión de video (VMS), con fundamento en la línea base establecida en el Diagnóstico Técnico de Verificación y Validación.

3.2.2. Elaborar el diseño técnico detallado punto a punto para la modernización de los cuarenta (40) puntos de videovigilancia existentes y para la instalación de los veinte (20) nuevos puntos, determinando la ubicación definitiva, altura de montaje, tipología de poste y gabinete, selección de cámaras, accesorios, acometida eléctrica, puesta a tierra y demás elementos, garantizando condiciones óptimas de cobertura, visualización y operatividad.

3.2.3. Realizar el diseño detallado de la infraestructura de comunicaciones, incluyendo el dimensionamiento de la red de transporte en fibra óptica, el

diseño de los radioenlaces de última milla, el cálculo de enlaces, el plan de direccionamiento IP, la definición de equipos activos y pasivos, y la estrategia de integración y migración de la infraestructura existente aprovechable hacia la nueva plataforma tecnológica.

3.2.4. Elaborar el diseño técnico del Centro de Monitoreo ubicado en la Estación de Policía del municipio de Tocancipá, definiendo la arquitectura del subsistema de visualización, gestión y almacenamiento de video - VMS, el dimensionamiento de servidores, almacenamiento, estaciones de trabajo, videowall, red LAN, licenciamiento, y las adecuaciones físicas y eléctricas requeridas para garantizar la operación centralizada, redundante y continua del sistema.

3.2.5. Diseñar el sistema de alimentación eléctrica y respaldo energético para todos los componentes del sistema, incluyendo acometidas, protecciones eléctricas, sistemas de puesta a tierra, sistemas de alimentación ininterrumpida - UPS, autonomía y memorias de cálculo eléctrico, con el fin de asegurar la continuidad, protección y estabilidad operativa de los puntos de videovigilancia y del Centro de Monitoreo.

3.2.6. Consolidar el Documento de Ingeniería de Detalle, incorporando las memorias de cálculo, especificaciones técnicas particulares de equipos y materiales, planos de detalle, diagramas unifilares, esquemas de conectividad, detalles constructivos, listados de cantidades de obra y presupuesto, cronograma de implementación y demás entregables técnicos que servirán como documento rector y vinculante para la ejecución de las actividades de implementación, modernización, ampliación, integración y puesta en operación integral del sistema de videovigilancia previstas en el Contrato No. CTO INT 015 MT 2025-6/11/2025.

4. ALCANCE

El presente Documento de Ingeniería de Detalle comprende la definición técnica definitiva del sistema de videovigilancia del Municipio de Tocancipá, con el propósito de establecer el diseño integral, las especificaciones técnicas particulares, los criterios de implementación y los documentos de ingeniería que regirán la etapa de modernización, ampliación e integración tecnológica.

El alcance incluye el diseño detallado de los cuarenta (40) puntos de videovigilancia existentes a modernizar y de los veinte (20) nuevos puntos a implementar, el diseño del Centro de Monitoreo ubicado en la Estación de Policía, el diseño de la infraestructura de comunicaciones, el diseño de los sistemas de alimentación y respaldo eléctrico, así como el dimensionamiento de los equipos, plataformas, licenciamiento y demás componentes tecnológicos requeridos para el funcionamiento integral del sistema.

La ingeniería está orientada a definir las condiciones técnicas, físicas, operativas, funcionales y tecnológicas de la solución proyectada, incluyendo su arquitectura, topologías, nivel de disponibilidad, redundancia, interoperabilidad, escalabilidad, compatibilidad, seguridad de la información y criterios de integración de la infraestructura existente aprovechable dentro de la nueva solución, con fundamento en la línea base establecida en el Diagnóstico Técnico de Verificación y Validación.

De manera complementaria, el alcance comprende el diseño de la infraestructura y de los sistemas de información asociados al Observatorio del Delito o Centro de Información del Delito y de las Conductas Contrarias a la Convivencia, con el fin de definir las condiciones técnicas para la consolidación, consulta, análisis, visualización e interoperabilidad de la información.

El presente documento define las soluciones definitivas de diseño, las especificaciones técnicas de los nuevos equipos, las memorias de cálculo, los planos de detalle y las cantidades finales a implementar, a diferencia de la etapa de

diagnóstico, que se limitó a evaluar el estado de la infraestructura existente. Su finalidad consiste en consolidar el referente técnico vinculante y ejecutable que permitirá adelantar las actividades de implementación, modernización, ampliación, integración y puesta en operación integral del sistema de videovigilancia.

4.1. Componentes comprendidos

El alcance comprende, de manera general, los siguientes componentes:

- Puntos de videovigilancia existentes a modernizar: Diseño detallado de la solución de modernización, incluyendo definición de cámara, óptica, altura, brazo, gabinete, acometida y criterio de reutilización de poste y obra civil.
- Puntos de videovigilancia nuevos: Diseño punto a punto, incluyendo localización definitiva, georreferenciación, estudio de cobertura visual, diseño de poste, cimentación, gabinete, acometida eléctrica y solución de comunicaciones.
- Cámaras e infraestructura de soporte: Especificación técnica definitiva de cámaras fijas y PTZ, soportes, gabinetes, herrajes, cableado estructurado y demás elementos físicos.
- Sistemas eléctricos y de respaldo: Diseño de acometidas eléctricas, tableros, protecciones DPS, sistema de puesta a tierra, unidades de alimentación ininterrumpida -UPS-, cálculo de carga y autonomía.
- Infraestructura de comunicaciones: Diseño de la red de transporte en fibra óptica, diseño de radioenlaces de última milla, cálculo de enlaces, plan de direccionamiento IP, VLAN, definición de switches, conversores de medios, ODF y demás equipos de conectividad.
- Centro de Monitoreo: Diseño físico, eléctrico y tecnológico del Centro de Monitoreo, incluyendo distribución en planta, mobiliario técnico, videowall, red LAN, climatización y seguridad.

- Servidores, almacenamiento y software: Dimensionamiento del subsistema de grabación, almacenamiento, plataforma de gestión de video - VMS, licenciamiento, retención, throughput y arquitectura de servidores.
- Observatorio del Delito: Diseño de la plataforma tecnológica para la consolidación y análisis de datos, definición de arquitectura de software, interoperabilidad, tableros de control y herramientas de analítica.

4.2. Resultado del alcance

Como resultado, el presente documento consolida la Ingeniería de Detalle del sistema de videovigilancia y de sus componentes asociados, incluyendo la arquitectura definitiva, los diseños punto a punto, las memorias de cálculo, las especificaciones técnicas particulares, los planos de detalle, diagramas unifilares, esquemas de conectividad, cantidades de obra y presupuesto. Este documento constituye el documento rector para la ejecución de las actividades de modernización, reposición, ampliación, integración y puesta en operación integral del sistema.

5. Metodología

La elaboración de la Ingeniería de Detalle del sistema de videovigilancia del Municipio de Tocancipá siguió una metodología de diseño técnico estructurada en nueve fases secuenciales, desarrollada con fundamento en los resultados del Diagnóstico Técnico de Verificación y Validación previamente ejecutado, el cual constituyó la línea base real de la infraestructura instalada. Esta trazabilidad, desde el levantamiento diagnóstico hasta la consolidación del documento final, garantiza que cada decisión de diseño responde a las condiciones reales del sistema existente y a los requerimientos técnicos del contrato.

Para el desarrollo del presente documento se ejecutaron las siguientes actividades:

5.1. Análisis de la línea base diagnóstica

Se revisaron y consolidaron los resultados del Diagnóstico Técnico de Verificación y Validación, incluyendo el inventario técnico, el registro fotográfico y la georreferenciación de los puntos existentes, como insumo determinante para la definición de los criterios de diseño de las fases subsiguientes.

5.2. Definición de la arquitectura del sistema

Se estableció la topología lógica y física del sistema de videovigilancia, los criterios de interoperabilidad, escalabilidad y ciberseguridad, y el modelo de integración entre los puntos de campo, la red de comunicaciones, el Centro de Monitoreo y la plataforma de gestión de video (VMS).

5.3. Diseño punto a punto

Se definió la ubicación definitiva, la altura de montaje, la tipología de poste y gabinete, y la selección de cámaras para los cuarenta (40) puntos existentes a modernizar y los veinte (20) puntos nuevos, verificando en cada caso su conformidad con las condiciones reales de sitio.

5.4. Diseño de la infraestructura de comunicaciones

Se dimensionó la red de transporte en fibra óptica y los radioenlaces de última milla, se realizó el cálculo de enlaces ópticos y se definió el plan de direccionamiento IP para la totalidad de los puntos del sistema.

5.5. Diseño del Centro de Monitoreo

Se definió la arquitectura del subsistema de visualización, gestión y almacenamiento de video (VMS), el dimensionamiento de servidores y almacenamiento, y las adecuaciones físicas requeridas para la Sala de Rack, la Sala de Crisis y el Centro de Monitoreo.

5.6. Diseño de los sistemas eléctricos y de respaldo

Se elaboraron las memorias de cálculo eléctrico y se dimensionaron los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) y las cargas eléctricas de los equipos tecnológicos, tanto para los puntos de videovigilancia como para el Centro de Monitoreo.

5.7. Elaboración de especificaciones técnicas y cantidades de obra

Se consolidaron las fichas técnicas de equipos y materiales, los planos de detalle, los diagramas de conectividad y el listado de cantidades de obra requerido para la ejecución del proyecto.

5.8. Validación técnica de los diseños

Los diseños desarrollados fueron sometidos a revisión interna de coherencia técnica y normativa, verificando su conformidad con las especificaciones contractuales y con la línea base establecida en el Diagnóstico Técnico de Verificación y Validación.

5.9. Consolidación del Documento de Ingeniería de Detalle

Se integraron las memorias de cálculo, especificaciones técnicas, planos de detalle, diagramas de conectividad y cantidades de obra en el presente documento, como instrumento técnico rector para la ejecución de las siguientes fases del proyecto.

6. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se desarrolla en el municipio de Tocancipá (Cundinamarca), con intervenciones tanto en la zona urbana como en la zona rural del municipio.

Tocancipá se ubica a 49 km al norte de Bogotá, en el piedemonte de la cordillera Oriental, a una altitud promedio de 2.587 m.s.n.m. y con una temperatura promedio anual de 14 °C. Los cuarenta (40) puntos objeto de intervención se encuentran distribuidos en distintas veredas del municipio.

Ilustración 6a Localización General del proyecto

Fuente: Google Maps. 2026

7. INGENIERÍA DEL DETALLE.

El presente numeral desarrolla la Ingeniería de Detalle del Sistema de Videovigilancia del Municipio de Tocancipá, correspondiente a la fase de diseño técnico ejecutivo descrita en la metodología del numeral 5 del presente documento. Su contenido traduce la línea base establecida en el Diagnóstico

Técnico de Verificación y Validación en especificaciones técnicas definitivas, cantidades de obra y diseños de detalle para la totalidad de los componentes del sistema: los cuarenta (40) puntos de videovigilancia existentes objeto de modernización, los veinte (20) puntos nuevos a instalar, y el Centro de Monitoreo del Municipio.

7.1. Puntos existentes.

Dentro de la necesidad de instalar cámaras en los cuarenta (40) puntos existentes, se identificó que, para garantizar un óptimo funcionamiento del sistema, se deben cumplir los requerimientos establecidos a nivel nacional por el Ministerio del Interior y la Unidad de Telemática de la Policía de Cundinamarca.

Asimismo, la instalación se ejecutará bajo los lineamientos establecidos en la normatividad RETIE, asegurando el cumplimiento de las condiciones técnicas exigidas para este tipo de infraestructura.

De igual forma, el proyecto se ajusta a los pliegos establecidos por el municipio en el marco del Contrato Interadministrativo No. CTO INT 015 MT 2025-6/11/2025. Adicionalmente, se contemplan las recomendaciones de actualización de la ficha técnica de la cámara PTZ, orientadas al cumplimiento del contrato y a las modificaciones técnicas necesarias para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema.

A continuación, se presenta la tabla de ubicación de cada cámara y de cómo debe realizarse su conexión a la red del CCTV.

N.º	Nombre del punto	Ubicación	Latitud	Longitud	Tipo de conexión
1	CÁMARA CANAVITA SECTOR GLORIETA ESQUINAS	CANAVITA SECTOR BUENOS AIRES	4°56'01.11"N	73°56'03.94"W	FIBRA ÓPTICA
2	CÁMARA CANAVITA BIBLIOTECA	CANAVITA SALON COMUNAL ARISMENDI	4°57'03.62"N	73°55'24.60"W	FIBRA ÓPTICA
3	CÁMARA SECTOR ARISMENDI	CANAVITA SECTOR ARISMENDI	4°56'49.05"N	73°55'18.74"W	FIBRA Y RADIO ENLACE

N.º	Nombre del punto	Ubicación	Latitud	Longitud	Tipo de conexión
4	CÁMARA POLÍGONO	SECTOR EL POLÍGONO	4°57'14.73"N	73°55'13.75"W	RADIO ENLACE
5	CÁMARA SAN MIGUEL	SECTOR SAN MIGUEL	4°57'55.90"N	73°54'21.03"W	FIBRA ÓPTICA
6	CÁMARA TINJACA	SECTOR SAN MIGUEL - TINJACÁ	4°57'49.83"N	73°54'26.37"W	FIBRA ÓPTICA
7	CÁMARA LOS ALISOS	SAN MIGUEL LOS ALISOS	4°57'37.18"N	73°54'33.38"W	FIBRA ÓPTICA
8	CÁMARA TRES ESQUINAS	ENTRE SAN MIGUEL Y LA ESMERALDA	4°57'56.74"N	73°54'04.19"W	FIBRA ÓPTICA
9	CÁMARA LA TRAMPA	ENTRADA CASCO URBANO NORTE LA TRAMPA	4°58'04.92"N	73°54'15.35"W	FIBRA ÓPTICA
10	CÁMARA SAN CARLOS CARRILERA	SAN CARLOS	4°58'06.99"N	73°54'29.45"W	FIBRA ÓPTICA
11	CÁMARA SAN CARLOS AUTOLAVADO	SAN CARLOS TV 7 CALLE 16 ESQUINA	4°58'04.50"N	73°54'32.76"W	FIBRA ÓPTICA
12	CÁMARA BIBLIOTECA MUNICIPAL	CASCO URBANO	4°58'05.47"N	73°54'48.05"W	FIBRA ÓPTICA
13	CÁMARA LOS TILOS	CASCO URBANO CLL 12 CRA 9	4°58'02.90"N	73°54'52.84"W	FIBRA ÓPTICA
14	CÁMARA CEMENTERIO	CASCO URBANO CLL 7 CRA 9	4°57'51.82"N	73°55'00.98"W	FIBRA ÓPTICA
15	CÁMARA TUNEL	CASCO URBANO CRA 7 ZONA WIFI	4°57'46.55"N	73°55'00.79"W	FIBRA Y RADIO ENLACE
16	CÁMARA CRA 7 CLL 8	CASCO URBANO CRA 7 CLL 8	4°57'52.52"N	73°54'55.07"W	FIBRA ÓPTICA
17	CÁMARA BANCO DE BOGOTÁ	CASCO URBANO CLL 11 CRA 7	4°57'59.20"N	73°54'49.28"W	FIBRA ÓPTICA
18	CÁMARA DAVIVIENDA	CASCO URBANO CLL 10 CRA 6	4°57'54.92"N	73°54'49.14"W	FIBRA ÓPTICA
19	CÁMARA FARMA SALUD	CASCO URBANO CRA 4 CLL 9	4°57'50.73"N	73°54'49.68"W	FIBRA ÓPTICA
20	CÁMARA TOCARINDA	CASCO URBANO CLL 13 CRA 5	4°57'59.15"N	73°54'41.83"W	FIBRA ÓPTICA
21	CÁMARA HOSPITAL	CASCO URBANO CRA 4 ESQUINA HOSPITAL	4°57'53.40"N	73°54'41.35"W	FIBRA ÓPTICA
22	CÁMARA LOS ALPES	CASCO URBANO BARRIO LOS ALPES	4°57'46.44"N	73°54'50.17"W	FIBRA ÓPTICA
23	CÁMARA LA SELVA	SECTOR LA SELVA	4°57'30.97"N	73°54'52.97"W	FIBRA ÓPTICA
24	CÁMARA LAS QUINTAS	LAS QUINTAS DE BRICEÑO TOCANCIPÁ	4°56'40.29"N	73°57'50.49"W	RADIO ENLACE A ARISMENDI
25	CÁMARA AUTODROMO	GLORIETA AUTODROMO	4°57'52.41"N	73°57'05.61"W	FIBRA ÓPTICA

N.º	Nombre del punto	Ubicación	Latitud	Longitud	Tipo de conexión
26	CÁMARA TEXACO	VÍA DEPARTAMENTAL 5501 KM 2.4 TOCANCIPA	4°57'14.90"N	73°56'12.44"W	FIBRA ÓPTICA
27	CÁMARA LA ESTACIÓN	SECTOR LA ESTACIÓN	4°57'20.50"N	73°56'09.92"W	FIBRA ÓPTICA
28	CÁMARA SECTOR GOMEZ	SECTOR GOMEZ VERGANZO	4°57'30.65"N	73°56'14.67"W	FIBRA ÓPTICA
29	CÁMARA CONCREBLOCK	VERGANZO	4°57'28.14"N	73°55'54.27"W	FIBRA ÓPTICA
30	CÁMARA BOMBEROS	ANILLO VIAL VERGANZO CARRILERA	4°57'39.73"N	73°55'29.86"W	FIBRA ÓPTICA
31	CÁMARA COLEGIO INDUSTRIAL	ANILLO VIAL VERGANZO GLORIETA COLEGIO INDUSTRIAL	4°57'47.04"N	73°55'39.22"W	FIBRA ÓPTICA
32	CÁMARA TORRES DE SAN JUAN	ANILLO VIAL VERGANZO	4°57'47.71"N	73°55'55.95"W	FIBRA ÓPTICA
33	CÁMARA SECTOR TOLIMA	VERGANZO SECTOR TOLIMA	4°57'50.00"N	73°56'02.14"W	FIBRA ÓPTICA
34	CÁMARA MILENIUM BIBLIOTECA	VERGANZO MILENIUM	4°57'55.22"N	73°56'09.41"W	FIBRA ÓPTICA
35	CÁMARA JUANCHO POLA	ANILLO VIAL VERGANZO CARRILERA	4°57'46.09"N	73°55'13.52"W	FIBRA ÓPTICA
36	CÁMARA LIMITE BARANDILLAS	LA FUENTE SECTOR LIMITE BARANDILLAS	5°00'40.64"N	73°56'36.91"W	FIBRA ÓPTICA
37	CÁMARA COLEGIO LA FUENTE	LA FUENTE COLEGIO LA FUENTE	5°00'13.00"N	73°56'19.80"W	FIBRA ÓPTICA
38	CÁMARA LOS PATOS	KM 0,5 VIA LA FUENTE	4°58'11.80"N	73°54'51.72"W	FIBRA ÓPTICA
39	CÁMARA ZIPATOCA	SECTOR LA FUENTE ZIPA TOCANCIPA	4°59'55.09"N	73°56'09.17"W	FIBRA ÓPTICA
40	CÁMARA ALCALDÍA	CASCO URBANO CRA 6 CLL 11	4°57'57.55"N	73°54'47.17"W	FIBRA ÓPTICA

Tabla 7.1a. Consolidado de ubicación y tipo de conexión.

7.2. Cámaras nuevas.

Para la instalación de las cámaras nuevas, se realizó una visita técnica de campo con el fin de determinar la mejor alternativa de conexión para cada ubicación fibra óptica o radioenlace, considerando la distancia al nodo de fibra más cercano, la disponibilidad de línea de vista para radioenlace y la infraestructura de postería aprovechable en cada sector.

Durante esta visita se definió el punto exacto de instalación de cada poste, así como su cimentación y sistema de puesta a tierra, y la infraestructura eléctrica existente disponible para la conexión de cada punto. De igual manera, se estableció la configuración más adecuada para la instalación de los brazos de soporte de las cámaras, con el propósito de optimizar los ángulos de visión y la cobertura.

Esta actividad se llevó a cabo conforme a los requerimientos planteados por la Secretaría de Seguridad y Convivencia del municipio de Tocancipá.

Tabla 7.2a. Consolidado de ubicación y tipo de conexión.

N.º	ID / Nombre del punto	Dirección / Referencia	Coordenadas (Lat, Lon)	Tipo de conexión	Dist. a NAP / Radioenlace	Dist. a punto eléctrico	N.º de cámaras
1	MILAN PLAZA	C.C. MILAN PLAZA/VERGANZO	4°57'46.49"N 73°55'44.32"W	Fibra óptica	125 metros	30 metros	1
2	OLIMPICA	VERGANZO FRENTE A OLIMPICA	4°57'49.89"N 73°55'46.90"W	Fibra óptica	155 metros	10 metros	1
3	CANAVITA ALTA	VRDA CANAVITA	4°55'51.94"N 73°55'39.23"W	Radioenlace	Radio Enlace	20 metros	1
4	GLORIETA TIBIFLORES	VERGANZO	4°57'44.74"N 73°56'09.97"W	Fibra óptica	425 Metros	40 metros	1
5	ENTRADA TIBIFLORES	VERGANZO	4°57'42.43"N 73°56'19.28"W	Fibra óptica	900 Metros	40 metros	1
6	PARQUE TIBIFLORES	VERGANZO	4°57'49.77"N 73°56'11.89"W	Fibra óptica	653 Metros	20 metros	1
7	BARRIO VILLA MARIA	LA FUENTE	5°00'21.55"N 73°56'05.60"W	Fibra óptica	770 Metros	30 metros	1
8	GLORIETA BASE MILITAR	ECOPETROL	4°58'53.90"N 73°54'12.52"W	Radioenlace	Radio Enlace	82 metros	1
9	ESCUELA LA ESMERALDA	SECTOR LA ESMERALDA	4°58'06.27"N 73°53'59.21"W	Fibra óptica	565 metros	20 metros	1
10	TRES ESQUINAS PORVENIR	SECTOR GACHA LA FUENTE	4°59'42.43"N 73°55'32.39"W	Fibra óptica	3800 metros	20 metros	1
11	LPR TEXACO	ENTRADA VIA PRINCIPAL	4°57'14.62"N 73°56'14.72"W	Fibra óptica	105	105 metros	2
12	LPR LA TRAMPA	SECTOR LA TRAMPA	4°58'05.10"N 73°54'14.91"W	Fibra óptica	572 metros	80 metros	2
13	LPR AUTODROMO	SALIDA ZIPAQUIRA GLORIETA	4°57'53.09"N 73°57'10.88"W	Fibra óptica	1800 metros	245 metros	2
14	LPR SALIDA HOSPITAL	HOSPITAL	4°57'48.62"N 73°54'36.42"W	Fibra óptica	30	178 metros	2

N.º	ID / Nombre del punto	Dirección / Referencia	Coordenadas (Lat, Lon)	Tipo de conexión	Dist. a NAP / Radioenlace	Dist. a punto eléctrico	N.º de cámaras
15	LPR SALIDA BARANDILLAS	LA FUENTE	5°00'51.11"N 73°56'42.40"W	Fibra óptica	385 metros	385 metros	2
TOTAL PUNTOS CÁMARAS		**20**					

Tabla 7.2b. Consolidado de cantidades y componentes de cámaras nuevas

Para el funcionamiento adecuado de los puntos nuevos de videovigilancia del municipio de Tocancipá, se hace necesaria la adquisición de los elementos y cantidades referenciados en la siguiente tabla

N.º	Cámara	Tipo	POSTE	ESTRUCTURA METÁLICA /TIPO MÉNSULA	GABINETE	BRAZO	SENSOR	CÁMARA	UPS	SWITCH	ADAPTADOR DE FIBRA	PATCH CORD FIBRA	BANDEJA FIBRA	BREAKER	TOMA DE CORRIENTE	MULTITOMA	PROTECTOR NEUTRO	SENSOR TEMPERATURA	SISTEMA DE TIERRA
1	MILAN PLAZA	**Estándar**	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	OLIMPICA	**Estándar**	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	CANAVITA ALTA	**Estándar**	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	GLORIETA TIBIFLORES	**Estándar**	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	ENTRADA TIBIFLORES	**Estándar**	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	PARQUE TIBIFLORES	**Estándar**	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	BARRIO VILLA MARIA	**Estándar**	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	GLORIETA BASE MILITAR	**Estándar**	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	ESCUELA LA ESMERALDA	**Estándar**	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	TRES ESQUINAS PORVENIR	**Estándar**	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	LPR TEXACO	**LPR**	0	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

N.º	Cámara	Tipo	POSTE	ESTRUCTURA METÁLICA /TIPO MÉNSULA	GABINETE	BRAZO	SENSOR	CÁMARA	UPS	SWITCH	ADAPTADOR DE FIBRA	PATCH CORD FIBRA	BANDEJA FIBRA	BREAKER	TOMA DE CORRIENTE	MULTITOMA	PROTECTOR NEUTRO	SENSOR TEMPERATURA	SISTEMA DE TIERRA
12	LPR LA TRAMPA	**LPR**	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	LPR AUTODROMO	**LPR**	0	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	LPR SALIDA HOSPITAL	**LPR**	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	LPR SALIDA BARANDILLAS	**LPR**	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTALES			10	5	15	15	15	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

7.3. Justificación para la instalación de los nuevos puntos.

7.3.1. Cámara Milán Plaza.

Se hace necesaria la instalación de una cámara PTZ con capacidad panorámica 360°, debido a la alta afluencia de personas que requieren hacer uso de los servicios y comercios que se prestan en el centro comercial Milán Plaza. Este punto se considera de alta vulnerabilidad, ya que la vía que pasa al frente, por ser el principal acceso al casco urbano del municipio de Tocancipá, presenta alto tráfico vehicular.

Asimismo, por tratarse de una zona donde se estaciona un gran número de vehículos, se requiere contar con apoyo visual para prevenir hechos delictivos y actos contrarios a la convivencia ciudadana. Este tipo de cámaras sirve como apoyo a las unidades de Policía y a las zonas seguras, permitiendo una rápida reacción ante cualquier alteración del orden público.

7.3.2. Cámara olímpica.

Se contempla la instalación de una cámara PTZ tipo domo en la zona donde se encuentra el supermercado Olímpica, por tratarse de un punto de entrada y salida

hacia diferentes conjuntos residenciales. Adicionalmente, el alto volumen de comercios en los alrededores genera una alta afluencia de personas, sumada a la cercanía con zonas de cajeros automáticos.

Esta cámara servirá como apoyo a las autoridades para la prevención de hechos delictivos y actos contrarios a la convivencia ciudadana, permitiendo una rápida reacción ante cualquier alteración del orden público.

7.3.3. Cámara Canavita Alta.

En la zona de Canavita Alta se hace necesaria la instalación de una cámara PTZ tipo domo, con el fin de reforzar la vigilancia en las zonas altas del municipio y controlar la posible salida de vehículos o personas que hayan cometido algún hecho delictivo.

Adicionalmente, en esta zona pueden presentarse hechos de abigeato, por lo que este punto se considera estratégico para proteger a la comunidad que transita por el sector alto del municipio y que se dirige hacia el sector de Colpapel y empresas cercanas. Esta cámara servirá como apoyo a las autoridades para la prevención de estos hechos y la protección de la comunidad del sector.

7.3.4. Cámara Glorieta Tibiflores.

La instalación de la cámara PTZ tipo domo en la glorieta Tibiflores permitirá controlar el flujo vehicular del sector, que se proyecta con alta afluencia de tránsito. Además, en horas pico se moviliza a pie un número considerable de habitantes del sector, lo que incrementa la posibilidad de ocurrencia de hechos delictivos o eventos contrarios a la sana convivencia ciudadana.

7.3.5. Cámara Entrada Tibiflores.

Se contempla la instalación de una cámara PTZ tipo domo en este punto, indispensable dado que corresponde al acceso de aproximadamente siete conjuntos residenciales que albergan a más de 3.000 habitantes en la zona de Tibiflores. A esto se suma que la vía principal del anillo vial Verganzo conduce hacia

el Autódromo de Tocancipá, constituyéndose en una de las principales rutas de acceso al sector.

La necesidad de vigilar esta zona, debido al alto flujo comercial y peatonal, constituye un motivo adicional para la instalación de esta cámara. Este apoyo tecnológico permitirá mitigar las situaciones que puedan alterar el orden público, consolidándose como un recurso vital para la Policía Nacional. Asimismo, servirá de apoyo en eventos como incendios o emergencias de salud de los peatones y visitantes del sector.

7.3.6. Cámara Parque Tibiflores.

Se contempla la instalación de una cámara PTZ tipo domo, debido al alto flujo de personas que visitan el parque de Tibiflores, con el fin de contribuir a un ambiente sano y libre de consumo de sustancias psicoactivas, así como prevenir los hechos delictivos que se puedan presentar.

Además, al contar con escenarios deportivos, es necesario realizar vigilancia y monitoreo constante de los ciudadanos que practican deporte, con el fin de evitar que se deriven situaciones como riñas.

De igual forma, al ser una zona donde los habitantes acuden con sus mascotas, es un punto propenso al manejo inadecuado de los residuos generados por estas, por lo que el monitoreo contribuye al control y a la convivencia ciudadana.

7.3.7. Cámara barrio Villa María.

El nuevo y creciente barrio Villa María, ubicado en el sector La Fuente, requiere la instalación de una cámara PTZ tipo domo en la zona de ingreso, con el fin de prevenir la comisión de hechos delictivos o actividades contrarias a la sana convivencia ciudadana.

En este sector se presentan múltiples quejas por consumo de sustancias psicoactivas por parte de algunos ciudadanos cerca de la falda de la montaña, lo

cual constituye un factor de riesgo que puede propiciar la ocurrencia de hechos delictivos en la zona.

7.3.8. Cámara Glorieta Base Militar.

Se contempla la instalación de una cámara PTZ tipo domo en la glorieta de la Base Militar y la entrada a Ecopetrol, debido al alto grado de vulnerabilidad que presenta el sitio y a su relevancia estratégica.

Esta cámara permitirá monitorear la zona con el fin de identificar posibles riesgos para la seguridad del personal militar y civil que transita o permanece en el sector.

7.3.9. Cámara Escuela La Esmeralda.

Los entornos educativos son de alta importancia para el control y la vigilancia de los estudiantes, por lo que se requiere reforzar la seguridad en este sector. Adicionalmente, en este punto se encuentra una de las salidas del municipio, la cual permite el tránsito vehicular hacia los municipios de Guatavita y Sopó.

Por lo anterior, la instalación de una cámara PTZ tipo domo es fundamental para monitorear la entrada y salida vehicular en este sector, así como para brindar apoyo a la seguridad de la comunidad educativa.

7.3.10. Cámara Tres esquinas Porvenir.

Esta zona representa un punto estratégico debido a la alta carga vehicular y al flujo de personas que transitan por el sector, dada su cercanía al centro poblado de La Fuente y a los floricultivos de la zona.

Se contempla la instalación de una cámara PTZ tipo domo que permita monitorear las entradas y salidas hacia el casco urbano, la vereda La Fuente y la vía que conduce hacia el municipio de Gachancipá.

Esta cámara contribuirá al mejoramiento de la seguridad del sector y permitirá realizar seguimiento a vehículos y personas ante posibles hechos delictivos.

Las cámaras LPR son una necesidad real del municipio, debido a que permiten determinar la hora de entrada y salida de un vehículo, así como la zona por la que transitó dentro del territorio. Esto resulta indispensable para la implementación de planes candado-articulados con la Secretaría de Seguridad y la Policía Nacional.

Los cinco (5) puntos LPR nuevos se ubicaron en sitios donde ya existía un punto de cámara PTZ (numeral 7.1.1), de manera que ambas cámaras la PTZ existente y las LPR nuevas operan de forma complementaria en el mismo punto, garantizando un óptimo resultado en la implementación de las medidas de seguridad.

7.3.11. Cámaras LPR TEXACO (License Plate Recognition).

El punto Texaco se ubica sobre la vía departamental 5501, en la entrada principal de acceso al municipio de Tocancipá, lo que lo convierte en un corredor de alto flujo vehicular intermunicipal y en un punto estratégico de control de acceso al territorio. Al tratarse de una vía departamental, por este punto transita tanto el tráfico local como el vehicular proveniente de y hacia otros municipios, lo que hace indispensable contar con capacidad de reconocimiento de placas para el seguimiento de vehículos que ingresan o salen de la jurisdicción.

En este sector, las cámaras LPR cuentan con el apoyo y complemento de la cámara PTZ existente en el lugar (ítem 26, numeral 7.1.1), lo que permite combinar la identificación vehicular automatizada de las LPR con la visualización general del entorno que aporta la PTZ, garantizando un óptimo resultado en la implementación de las medidas de seguridad y en la articulación con los planes candado de la Policía Nacional.

7.3.12. Cámaras LPR La Trampa (License Plate Recognition).

El punto La Trampa se ubica en la entrada al casco urbano de Tocancipá proveniente del municipio de Gachancipá, constituyéndose en uno de los principales accesos intermunicipales al territorio. Por tratarse de un punto de entrada al casco urbano, es fundamental contar con capacidad de reconocimiento de placas para el

control y seguimiento de los vehículos que ingresan al municipio desde este corredor.

En este sector, las cámaras LPR cuentan con el apoyo y complemento de la cámara PTZ existente en el lugar (ítem 9, numeral 7.1.1), lo que permite combinar la identificación vehicular automatizada de las LPR con la visualización general del entorno que aporta la PTZ, garantizando un óptimo resultado en la implementación de las medidas de seguridad y en la articulación con los planes candado de la Policía Nacional.

7.3.13. Cámaras LPR Autódromo (License Plate Recognition).

El punto Autódromo se ubica en la glorieta de salida hacia Zipaquirá, uno de los principales nodos viales del municipio por confluir múltiples corredores de circulación en un mismo punto. Debido a su condición de glorieta con doble sentido de aproximación vehicular, este punto requiere dos (2) estructuras metálicas tipo ménsula en L (medio arco) para garantizar la cobertura de reconocimiento de placas en ambos sentidos de circulación, a diferencia de los demás puntos LPR que solo requieren una.

En este sector, las cámaras LPR cuentan con el apoyo y complemento de la cámara PTZ existente en el lugar (ítem 25, numeral 7.1.1), lo que permite combinar la identificación vehicular automatizada de las LPR con la visualización general del entorno que aporta la PTZ, garantizando un óptimo resultado en la implementación de las medidas de seguridad y en la articulación con los planes candado de la Policía Nacional.

7.3.14. Cámaras LPR Salida Hospital (License Plate Recognition).

El punto Salida Hospital se ubica sobre la vía que conecta el casco urbano con la autopista, constituyéndose en uno de los principales corredores de entrada y salida de vehículos del municipio. Adicionalmente, al encontrarse en inmediaciones del Hospital municipal, registra un flujo constante de vehículos particulares,

ambulancias y visitantes, lo que refuerza la necesidad de contar con control vehicular permanente en este sector.

El reconocimiento de placas en este punto permite hacer seguimiento a los vehículos que ingresan o salen del casco urbano hacia la autopista, así como identificar vehículos relacionados con posibles hechos de interés para la seguridad ciudadana en el entorno hospitalario.

En este sector, las cámaras LPR cuentan con el apoyo y complemento de la cámara PTZ existente en el lugar (ítem 21, numeral 7.1.1), lo que permite combinar la identificación vehicular automatizada de las LPR con la visualización general del entorno que aporta la PTZ, garantizando un óptimo resultado en la implementación de las medidas de seguridad y en la articulación con los planes candado de la Policía Nacional.

7.3.15. Cámaras LPR Salida Barandillas (License Plate Recognition).

El punto Límite Barandillas se ubica en el límite jurisdiccional entre los municipios de Tocancipá y Zipaquirá, dentro del sector La Fuente, constituyéndose en un punto de control estratégico para el ingreso y salida de vehículos del territorio municipal. Por su condición de frontera intermunicipal, el reconocimiento automático de placas en este punto resulta especialmente relevante para el seguimiento de vehículos que cruzan entre ambas jurisdicciones, en articulación con las autoridades de ambos municipios.

En este sector, las cámaras LPR cuentan con el apoyo y complemento de la cámara PTZ existente en el lugar (ítem 36, numeral 7.1.1), lo que permite combinar la identificación vehicular automatizada de las LPR con la visualización general del entorno que aporta la PTZ, garantizando un óptimo resultado en la implementación de las medidas de seguridad y en la articulación con los planes candado de la Policía Nacional.

7.4. Georreferenciación de cámaras nuevas.

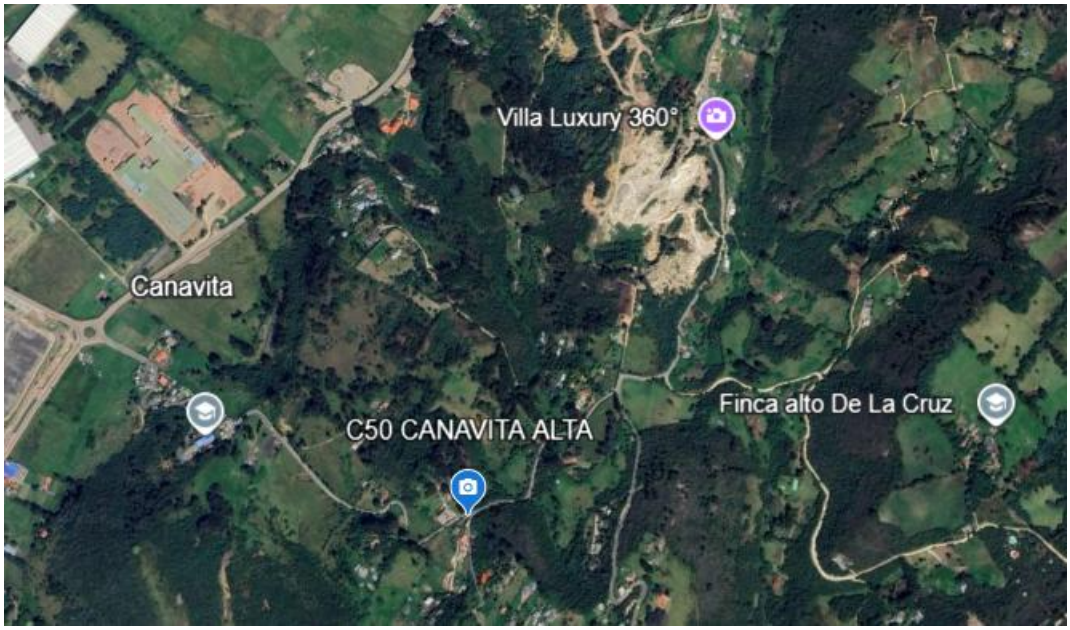
Con el fin de validar la ubicación real de los quince (15) puntos nuevos frente a la cartografía del municipio, se presenta a continuación la georreferenciación de las cámaras nuevas agrupadas por zona.

7.4.1. Vereda La Fuente.

7.4.2. Zona norte y salida casco urbano

7.4.3. Vereda Verganzo

7.4.4. Vereda Canavita



7.4.5. Sector Autódromo

7.5. Especificaciones técnicas de los elementos

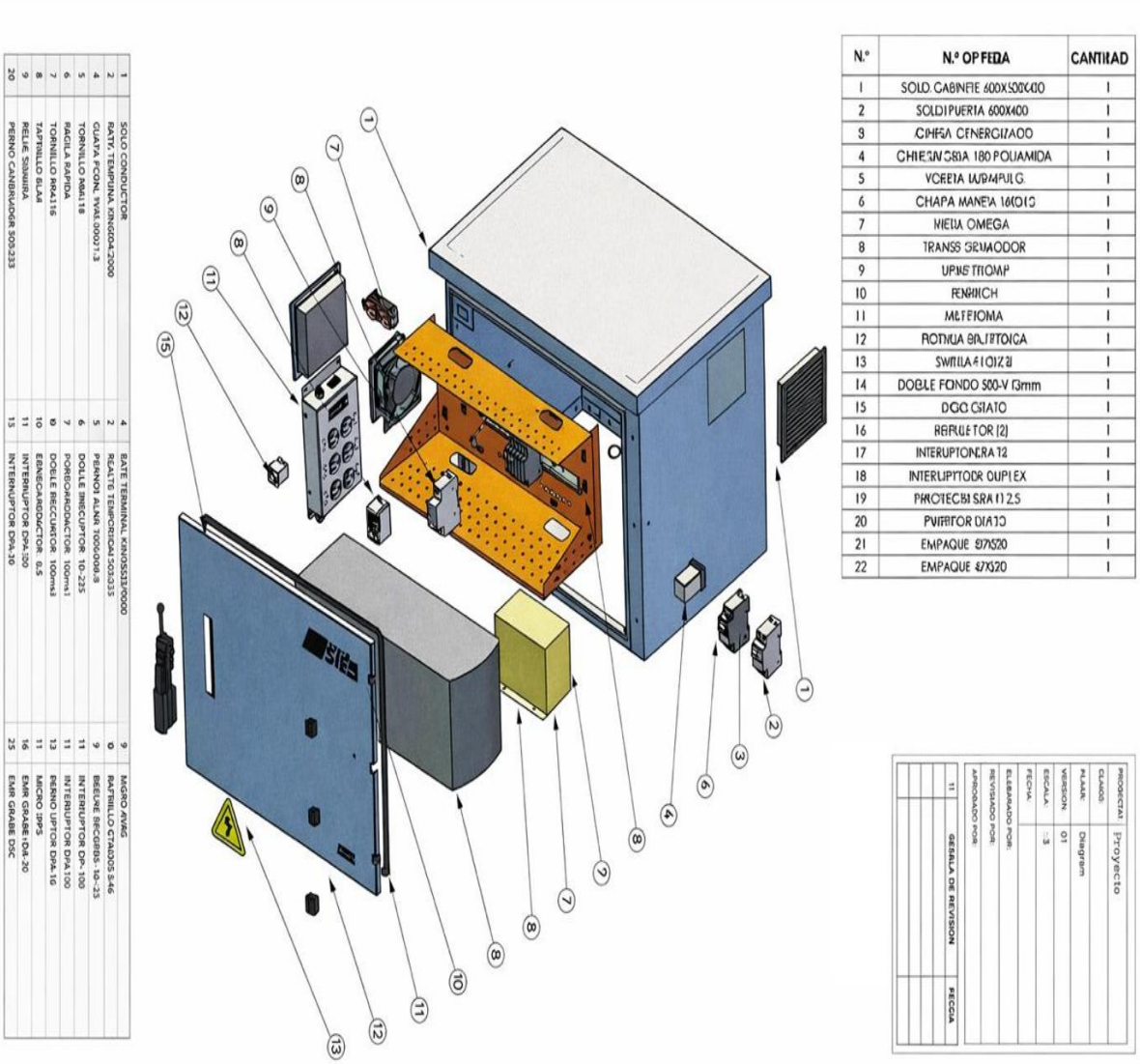
7.5.1. Gabinetes

La ficha técnica del gabinete eléctrico establecida en el Anexo 2 - Especificaciones Técnicas del contrato (dimensiones 60 × 50 × 20 cm) contempla el equipamiento eléctrico interno (breaker totalizador, bloque de distribución, DPS, breakers adicionales y tomas monofásicas), pero no dispone de espacio adicional para alojar, dentro del mismo gabinete, los equipos de red exigidos por punto (UPS, switch administrable, caja de terminación de fibra óptica y patch cords).

Debido a que el gabinete contemplado no resulta funcional en términos de profundidad y capacidad de tomas de corriente, se hace necesario ajustar la ficha técnica, adoptando especificaciones de gabinetes equivalentes a los actualmente instalados en el municipio. Se solicita el aval de la Interventoría para dicha modificación

Tabla 7.5.1a. Ficha Técnica Definitiva - Gabinete para Poste

Parámetro	Especificación
Dimensiones externas	57 cm Ancho × 45 cm Profundo × 54 cm Alto
Material	Lámina metálica galvanizada calibre 14 (2mm)
Pintura / Acabado	Pintura electrostática en polvo poliéster epoxi antiestática RAL 7035 gris, textura rugosa
Normativa	Cumple RETIE Art. 20.23, NTC 2050, IEC 61439-1/7, IEC 62208
Grado de protección	IP55 según IEC 60529 (protección contra polvo y chorros de agua)
Resistencia mecánica	IK10 (20J) según IEC 62262
Sistema interno	Doble fondo removible en lámina galvanizada calibre 14 (2mm) con perforaciones para riel DIN de 35mm, para montaje de protecciones eléctricas: breakers, DPS, borneras, UPS
Ventilación	Doble rejilla lateral, una a cada lado, con filtro antipolvo metálico + malla anti-insectos, para disipación de calor por convección natural
Puerta	Puerta frontal con empaque de neopreno perimetral, apertura 120°
Cierre	Chapa de seguridad con llave tipo triangular + cierre de 3 puntos
Alimentación interna	Toma de corriente regulada + multitoma de 6 tomas de corriente para conexión al sistema de respaldo de energía UPS



N.°	N.° OP FECHA	CANTIDAD
1	SOLD. GABINETE 600X500X400	1
2	SOLD PUERTA 600X400	1
3	CHAPA CENERGIZADO	1
4	CHUMACERA 180 POLIAMIDA	1
5	VOREIA 19MM PULG.	1
6	CHAPA MANEA 16010 G	1
7	MESA OMEGA	1
8	TRANSFORMADOR	1
9	UPS STTOMP	1
10	RENHICH	1
11	MULTIFOMA	1
12	ROTHUA BALASTOICA	1
13	SWITILA F1012 B	1
14	DOBLE FONDO 500-V 13mm	1
15	DGO CSTATO	1
16	REGULETOR [2]	1
17	INTERUPTONERA 12	1
18	INTERUPTTODR DUPLEX	1
19	PROTECBI SRA 11 2.5	1
20	PWRITOR DIA 10	1
21	EMPAQUE 975520	1
22	EMPAQUE 87X520	1

1	1	SOLO CONDUCTOR	
2	4	BATE TERMINAL KINDSS3/0000	
4	2	RATA TEMPUNA KINGSDA:2000	
5	5	REALTE TEMPORIZADA 503333	
6	9	MAGRO 4V4G	
7	6	GUATA PCON, TYAL0.00031.3	
8	9	BAFBILLO GTA0DS 846	
9	7	PERNOI ALMR 10000008-8	
10	9	BSELINE 86CGFBS- 10-23	
11	8	TORNILLO M8G118	
12	11	DOLLE RECUPTOR 10-235	
13	11	INTERUPTOR DPI-100	
14	6	RAGILA RAPIDA	
15	11	PORECORADOCTOR 100m1	
16	13	INTERUPTOR DPA100	
17	7	TORNILLO RR4116	
18	11	DOBLE RECCUPTOR 100m3	
19	13	INTERUPTOR DPA 1G	
20	8	TAPRILLO 8L44	
21	10	EENECARADOCTOR 0.5	
22	11	MICRO UPS	
23	9	RELAE 3SMARA	
24	11	INTERUPTOR DPA-320	
25	16	EMR GRABE IDA-30	
26	25	INTERUPTOR DPA-30	
27	25	EMR GRABE DSC	
28		PERNO CANBRIADOR 509333	

PROYECTA?	Proyecto	
CLIADS:		
PLAAR:	Diagram	
VERSION:	01	
ESCALA:	=3	
FECHA:		
ELEBARADO POR:		
REVISADO POR:		
APROBADO POR:		
11	GERALA DE REVISION	FECCIA

Diagrama 7.5.1a. Gabinete y componentes

7.5.2. Caja de Inspección Pie de Poste

Se construirá conforme a las especificaciones indicadas en el diagrama siguiente.

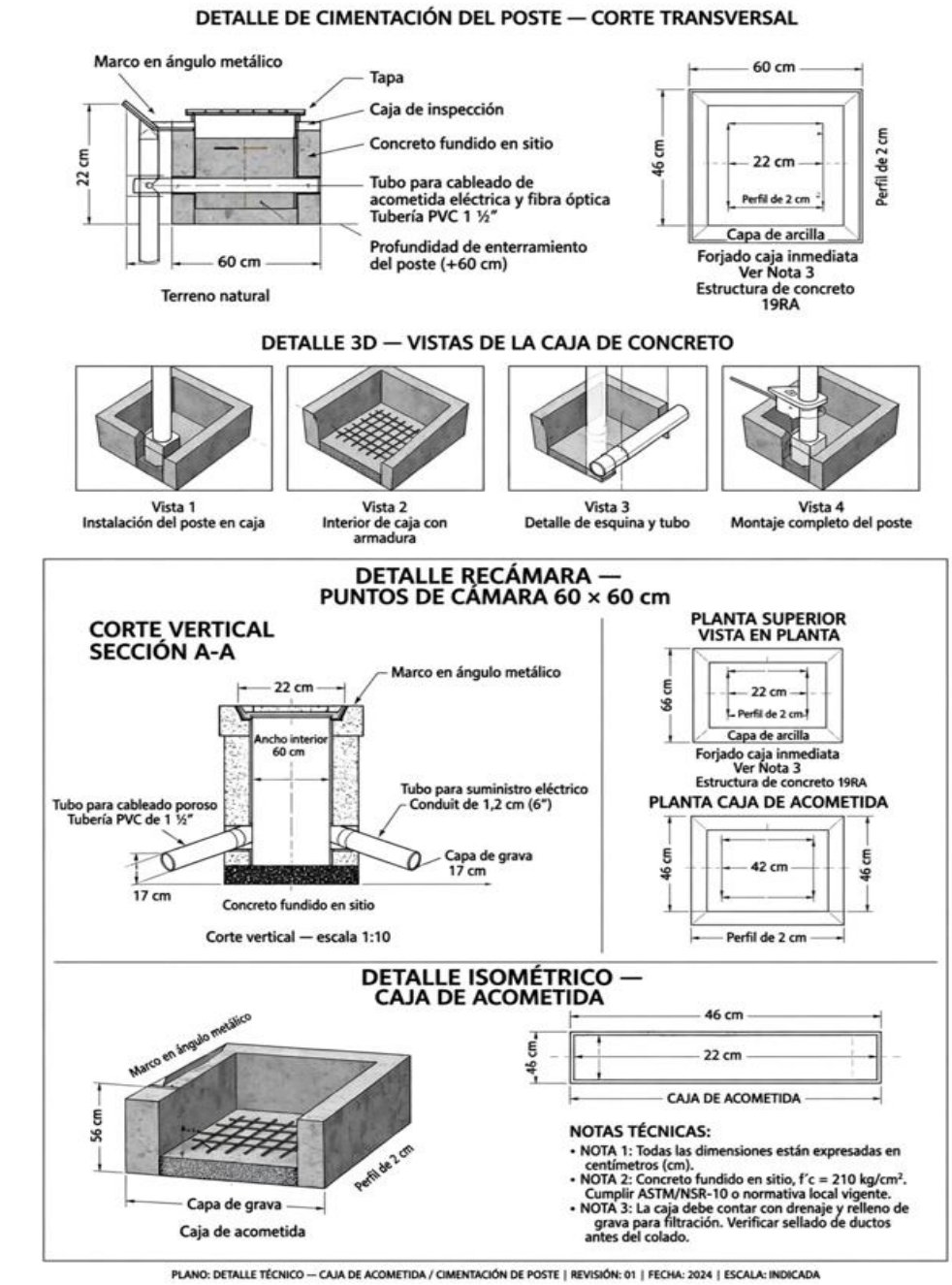
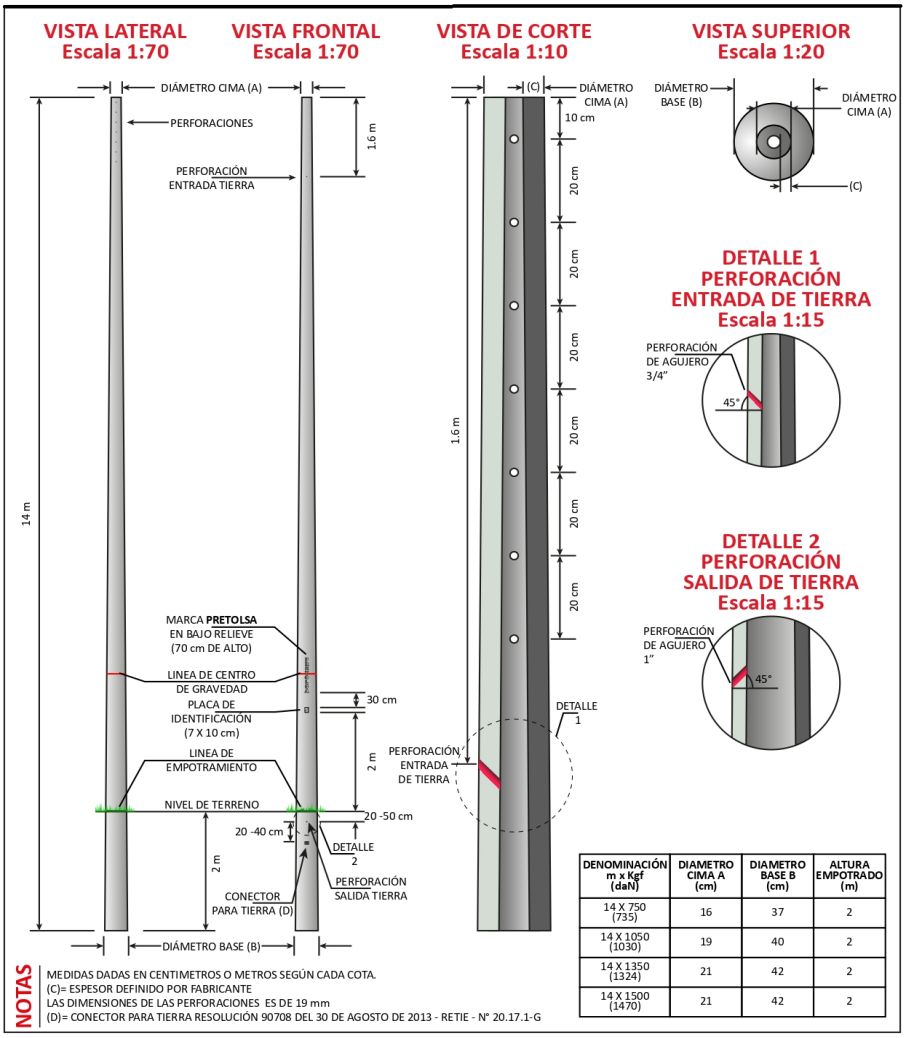


Diagrama 7.5.2a. Caja de inspección pie de poste

7.5.3. Poste



DENOMINACIÓN m x Kgf (daN)	DIAMETRO CIMA A (cm)	DIAMETRO BASE B (cm)	ALTURA EMPOTRADO (m)
14 X 750 (735)	16	37	2
14 X 1050 (1030)	19	40	2
14 X 1350 (1324)	21	42	2
14 X 1500 (1470)	21	42	2

Diagrama 7.5.3a. Poste

Parámetro	Especificación
Longitud total	14 metros
Longitud útil (después de instalado)	12 metros
Longitud de empotramiento	2 metros
Carga de rotura	750 kgf (735 daN)
Carga de trabajo	300 kgf
Material	Concreto pretensado
Certificaciones	RETIE y RETILAP

Tabla 7.5.3a. Ficha Técnica - Poste de Concreto Pretensado 14 Metros

MODIFICADO, De los veinte (20) postes de concreto contemplados en el Anexo 1, once (11) se instalan en la variante de 16 metros en lugar de 14 metros: diez (10) por condiciones de sitio (vías de mayor ancho y vegetación) y uno (1) adicional por reposición del punto existente Cámara La Trampa (ítem 9, numeral 7.1.1), el cual no cuenta con infraestructura de poste instalada, ver Matriz de Modificaciones, numeral 7.7.

Parámetro	Especificación
Longitud total	16 metros
Longitud útil (después de instalado)	14 metros
Longitud de empotramiento	2 metros
Carga de rotura	510 kgf – 750 kgf, dependiendo de las necesidades en campo aprobadas por la Interventoría y/o Supervisión
Carga de trabajo	300 kgf
Material	Concreto pretensado
Certificaciones	RETIE y RETILAP

Tabla 7.5.3b. Ficha Técnica - Poste de Concreto Pretensado 16 Metros

7.5.3.1. Justificación de modificación de altura y reposición

Adicionalmente, se identificó que el punto existente Cámara La Trampa (ítem 9, numeral 7.1.1) no cuenta actualmente con infraestructura física de soporte, quedando el punto sin cámara operativa. Cabe señalar que este mismo punto corresponde al sitio donde se ubica la cámara LPR La Trampa (numeral 7.3.12), la cual opera de manera complementaria con la cámara PTZ existente en dicha ubicación. Por tratarse de un punto de modernización previsto dentro del alcance contractual, se hace necesaria la instalación de un poste de concreto de 16 metros nuevo para restituir la operatividad de dicho punto.

Se solicita a la Supervisión y a la Interventoría del contrato la aprobación del ajuste presupuestal correspondiente, tanto por la diferencia de valor unitario entre las variantes de poste de 14 y 16 metros, como por la instalación adicional de infraestructura de soporte no contemplada originalmente para el punto afectado.

7.5.4. Estructura Metálica Tipo Ménsula en L para cámaras (LPR)

Estructura metálica en voladizo destinada al montaje de las cámaras de reconocimiento automático de placas (LPR) del sistema. La configuración en ménsula permite ubicar los equipos de captura sobre el eje de circulación, condición necesaria para que el ángulo de incidencia respecto de la placa vehicular se mantenga dentro del rango de lectura del algoritmo de reconocimiento, lo que no se consigue con un montaje sobre poste convencional en el costado de la vía.

El soporte se compone de una columna tubular anclada sobre dado de concreto reforzado y un brazo en voladizo de doble tubo tipo escalerilla. El brazo arranca con un tramo corto de 0,30 m soldado a la columna en fábrica y se completa con dos (2) módulos ensamblables e intercambiables de 1,85 m, unidos por bridas, de modo que la estructura se transporta y se monta por partes. La totalidad de los elementos se entrega galvanizada en caliente.

Los cinco (5) puntos de instalación LPR del proyecto requieren estructura metálica tipo ménsula en L (medio pórtico, una sola columna). Los puntos La Trampa, Salida Hospital y Salida Barandillas requieren una (1) estructura cada uno, dado que la vía no es de ancho considerable y un solo brazo en voladizo cubre ambos carriles. Los puntos Autódromo y Texaco, por tratarse de glorieta y vía de doble calzada respectivamente, ambos con doble sentido de aproximación, requieren dos (2) estructuras tipo ménsula en L cada uno, con longitudes de brazo diferenciadas según el ancho vial de cada costado, para un total de siete (7) estructuras.

7.5.4.1. Ficha técnica

Parámetro	Especificación
Tipo de elemento	Soporte metálico tipo ménsula (columna con brazo en voladizo)
Altura de la columna	6,00 m sobre nivel de piso terminado
Longitud del brazo	4,00 m en voladizo

Parámetro	Especificación
Columna	Tubo estructural circular Ø 6" (168,3 mm), espesor de pared 9,53 mm (3/8")
Brazo	Dos (2) tubos estructurales circulares Ø 3" (88,9 mm), espesor de pared 5,49 mm, dispuestos en configuración tipo escalerilla. Se compone de un tramo de arranque de 0,30 m soldado a la columna y dos (2) módulos ensamblables e intercambiables de 1,85 m
Separación entre tubos del brazo	20 cm entre ejes
Empalmes del brazo	Dos (2) empalmes bridados, situados a 0,30 m y a 2,15 m de la cara de la columna. Cada uno con brida rectangular de 360 × 180 × 16 mm por extremo y ocho (8) pernos M16 Grado 8.8 pretensados. La brida abarca los dos tubos y el separador, de modo que conserva la acción compuesta de la escalerilla a través del empalme
Peso por módulo de brazo	60 kg,módulos intercambiables, con brida en ambos extremos
Separadores del brazo	Tubo circular Ø 1" (33,4 mm), espesor de pared 3,38 mm, dispuestos cada 0,50 m; nueve (9) unidades por brazo ,una (1) en el tramo de arranque y cuatro (4) por módulo,, más placas de cierre en los extremos
Material de los tubos	Acero estructural ASTM A500 Grado C (Fy = 345 MPa) o ASTM A53 Grado B (Fy = 240 MPa)
Unión columna – brazo	Soldada en fábrica. Los dos tubos del tramo de arranque se acoplan a la columna mediante corte de silleta y filete continuo de 6 mm, con placa de refuerzo sobre la pared de la columna, conforme a AWS D1.1
Placa base	450 × 450 × 19 mm en acero ASTM A36, con cuatro (4) cartelas de rigidización de 10 mm de espesor y 180 mm de altura
Pernos de anclaje	Cuatro (4) de Ø 3/4" (M20), ASTM F1554 Grado 36, longitud total 800 mm, con gancho o placa de anclaje en el extremo embebido, círculo de pernos de 350 mm, instalados con plantilla metálica
Soldadura	Filete continuo de 6 mm en placa base, cartelas y bridas, conforme a AWS D1.1, ejecutada en su totalidad antes del proceso de galvanizado
Acabado	Galvanizado en caliente por inmersión conforme a ASTM A123, con recubrimiento mínimo de 85 µm. Tornillería y pernos galvanizados conforme a ASTM A153 / F2329
Cimentación	Dado en concreto reforzado de 0,80 × 0,80 m en planta, con profundidad asignada según el tipo de suelo verificado en cada sitio conforme al numeral 7.5.4.6. Concreto f'c = 21 MPa (3.000 psi), refuerzo longitudinal de 8 Ø 5/8" y estribos Ø 3/8" cada 15 cm, confinados cada 10 cm en los 60 cm superiores

Parámetro	Especificación
Accesorios de montaje	Herrajes de sujeción de cámara en el extremo del brazo, con ajuste de acimut y elevación; pasacables interno en columna y brazo, con boquillas de protección en los extremos
Puesta a tierra	Conductor de cobre desnudo N.º 2 AWG conectado a conector tipo pinza sobre la placa base, integrado a la malla del punto
Peso aproximado	431 kg por unidad: conjunto columna con tramo de arranque y placa base 275 kg, dos (2) módulos de brazo de 60 kg cada uno, y 36 kg de equipos de captura y herrajes

Tabla 7.5.4.1a. Ficha Técnica, Soporte tipo ménsula para cámaras LPR

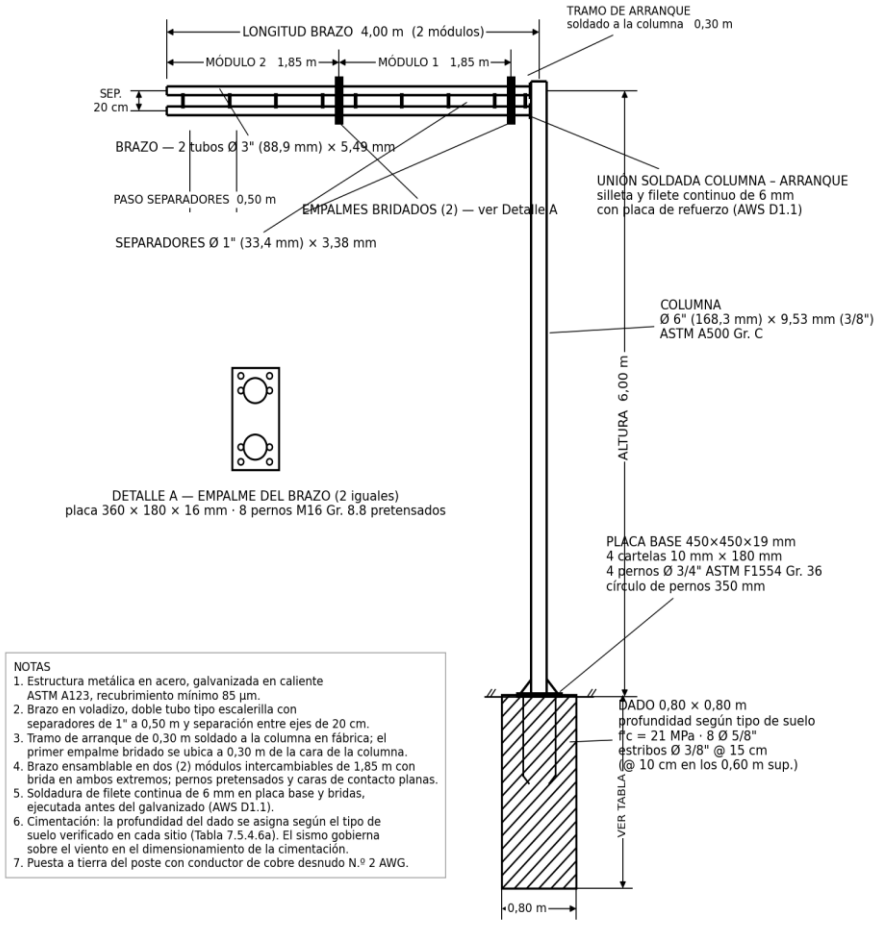


Figura 7.5.4a. Soporte tipo ménsula para cámaras LPR,alzado y despiece

7.5.4.2. Bases de diseño

El dimensionamiento se sustenta en las cargas de viento del Título B, Capítulo B.6, y en las fuerzas sísmicas del Título A del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, adoptando los parámetros correspondientes a la sabana de Bogotá.

Parámetro	Valor	Referencia
Velocidad básica del viento (V)	100 km/h (27,8 m/s)	NSR-10, Figura B.6.4-1
Coeficiente de exposición (Kz)	0,90, categoría C	NSR-10, Tabla B.6.5-3
Coeficiente topográfico (Kzt)	1,00	NSR-10, B.6.5.7
Coeficiente de dirección (Kd)	0,95	NSR-10, Tabla B.6.5-4
Coeficiente de importancia (I)	1,10, grupo de uso II	NSR-10, Tabla B.6.5-1
Presión dinámica (qz)	445 Pa	$q = 0{,}613 \cdot Kz \cdot Kzt \cdot Kd \cdot I \cdot V^2$
Factor de ráfaga (G)	0,85	NSR-10, B.6.5.8
Coeficiente de fuerza (Cf)	0,80, miembro circular	NSR-10, Tabla B.6.5-11
Presión efectiva de diseño	0,302 kN/m²	$q \cdot G \cdot Cf$
Carga de equipos en el brazo	0,35 kN y 0,30 m² de área proyectada	Dos cámaras LPR, iluminador infrarrojo y herrajes
Acero de los tubos	Fy = 345 MPa	ASTM A500 Gr. C
Combinación de carga por viento	1,2 D + 1,0 W	NSR-10, B.2.4
Zona de amenaza sísmica	Intermedia,Aa = 0,15 · Av = 0,20	NSR-10, Apéndice A-4
Coeficiente de importancia sísmica (I)	1,00, grupo de uso I	NSR-10, Tabla A.2.5-1

Parámetro	Valor	Referencia
Coeficiente de disipación de energía (R)	1,50, estructura tipo péndulo invertido	NSR-10, Título A.3
Aceleración espectral (Sa)	0,38 g a 0,77 g según el perfil de suelo	Sa = 2,5·Aa·Fa·I
Combinación de carga sísmica	1,2 D + 1,0 E	NSR-10, B.2.4

Tabla 7.5.4.2a. Bases de diseño - Parámetros adoptados para la verificación estructural

7.5.4.3. Verificación estructural

Verificación	Solicitación	Capacidad / límite	Uso
Flexión en la base,viento	Mu = 6,77 kN·m	φMn = 74,7 kN·m	9 %
Flexión en la base,sismo	Mu = 12,38 kN·m	φMn = 74,7 kN·m	17 %
Torsión en la columna	T = 0,83 kN·m	φTn = 68,4 kN·m	1 %
Tracción en perno de anclaje	T = 34,3 kN por perno	φRn = 55,1 kN	62 %
Tracción en perno del empalme a 0,30 m	T = 7,7 kN por perno	φRn = 70,7 kN	11 %
Tracción en perno del empalme a 2,15 m	T = 2,8 kN por perno	φRn = 70,7 kN	4 %
Desplazamiento horizontal en la punta	29 mm	H/200 = 30 mm	98 %
Flecha vertical del brazo	3,1 mm	L/200 = 20 mm	16 %
Giro angular en la cámara	0,44°	0,50° adoptado	88 %

Tabla 7.5.4.3a. Verificación, Resultados de la verificación del soporte

La verificación arroja una utilización máxima del sesenta y dos por ciento (62 %) en los pernos de anclaje bajo la combinación sísmica, y del diecisiete por ciento (17 %) en la sección de la columna. La resistencia de los elementos metálicos no constituye por tanto una restricción del diseño.

El criterio que gobierna el dimensionamiento de la estructura metálica no es la resistencia sino la estabilidad angular del punto de captura. Bajo viento de diseño, el giro combinado por flexión y torsión de la columna y por flexión del brazo alcanza 0,44°, equivalente a un desvío del punto de mira de quince (15) centímetros a veinte (20) metros de distancia, valor inferior al ancho de una placa vehicular y por tanto compatible con la operación del algoritmo de reconocimiento. Bajo condiciones de viento habituales del orden del cuarenta por ciento (40 %) de la velocidad de diseño, el desvío se reduce a menos de tres (3) centímetros, por cuanto la presión varía con el cuadrado de la velocidad.

La configuración de doble tubo con separación de veinte (20) centímetros entre ejes conforma una sección compuesta en el plano vertical, lo que reduce la flecha por peso propio y por carga de equipos a 3,1 milímetros, menos de la sexta parte del límite adoptado y elimina la necesidad de contraflecha de fabricación.

7.5.4.4. Configuración modular del brazo

El brazo se resuelve en tres (3) piezas: un tramo de arranque de 0,30 m soldado a la columna en fábrica, y dos (2) módulos ensamblables de 1,85 m unidos mediante bridas. Los empalmes bridados quedan situados a 0,30 m y a 2,15 m de la cara de la columna.

La ubicación del primer empalme a 0,30 m de la columna obedece a una razón de constructibilidad. Con el brazo acoplado directamente contra la cara de la columna, los pernos de esa primera unión quedan confinados entre el tubo de la columna y los tubos del brazo, condición que impide el acceso de la llave de torque y compromete el pretensado, precisamente en la conexión más solicitada del brazo. El tramo de arranque desplaza esa unión fuera de la sombra de la columna y deja las cuatro caras de la brida libres para el ajuste y para la verificación posterior del torque durante el mantenimiento.

La brida de empalme es una placa rectangular de 360 × 180 × 16 mm que abarca simultáneamente los dos tubos y el separador, de modo que el par de fuerzas que conforma la acción compuesta de la escalerilla se transmite a través del empalme sin interrupción. Se descarta la alternativa de bridar cada tubo por separado, por cuanto permitiría el giro relativo entre ambos y anularía la rigidez que aporta la separación de veinte (20) centímetros.

Los dos módulos se fabrican con brida en ambos extremos y son en consecuencia intercambiables entre sí: se reduce a una (1) la referencia de fabricación del brazo, se simplifica el suministro de repuestos y la brida del extremo libre sirve además de placa de anclaje del herraje de la cámara.

Empalme	Distancia a la columna	Momento de diseño	Tracción por perno	Uso
Empalme 1	0,30 m	3,46 kN·m	7,7 kN	11 %
Empalme 2	2,15 m	1,25 kN·m	2,8 kN	4 %
Referencia, base de la columna	0,00 m	12,38 kN·m	34,3 kN	62 %

Tabla 7.5.4.4a. Empalmes - Solicitación en los empalmes bridados del brazo

Ninguno de los dos empalmes está gobernado por resistencia: el más solicitado alcanza el once por ciento (11 %) de la capacidad de sus pernos. El criterio que rige su diseño es la rigidez y el comportamiento a fatiga, razón por la cual se exige el pretensado de la tornillería y el contacto pleno entre las caras de las bridas.

Aspecto	Efecto de la configuración modular
Ensamblaje	El primer empalme, situado a 0,30 m de la columna, deja libre el acceso de la llave de torque a las cuatro caras de la brida; el conjunto columna – arranque llega de fábrica soldado y verificado

Aspecto	Efecto de la configuración modular
Transporte	Ninguna pieza del brazo supera 1,85 m de longitud; se transporta en vehículo convencional sin permiso de carga extradimensionada
Galvanizado	Los módulos de 1,85 m entran en cualquier cuba de galvanizado del mercado nacional, lo que amplía la base de proveedores y reduce el plazo de entrega
Fabricación	Los dos módulos son intercambiables: una sola referencia de fabricación y un solo repuesto en almacén
Montaje	Cada módulo pesa 60 kg y lo manipulan dos (2) operarios desde plataforma; solo el conjunto de columna, de 275 kg, exige equipo de izaje
Mantenimiento	Un módulo averiado por colisión o vandalismo se reemplaza de forma independiente, sin desmontar la columna ni intervenir la cimentación

Tabla 7.5.4.4b. Modularidad - Ventajas de la configuración ensamblable

7.5.4.5. Cimentación

La cimentación se resuelve mediante dado de concreto reforzado que trabaja como pilote corto: la estabilidad no proviene del peso propio del bloque ni de la presión de contacto en su base, sino de la resistencia lateral que el suelo opone sobre el fuste enterrado. El dimensionamiento se ejecuta en consecuencia por el procedimiento para postes no restringidos en superficie, verificando el empotramiento necesario frente al cortante y al momento en la base.

La solicitación que gobierna es la sísmica y no la de viento, según se advirtió en el numeral 7.5.4.2. El cortante de servicio en la base pasa de 0,63 kN bajo viento a valores entre 0,95 kN y 2,16 kN bajo sismo, según el perfil de suelo, y es esta última magnitud la que determina la profundidad de empotramiento.

7.5.4.6. Tipos de cimentación según el suelo de cada sitio

Los siete (7) soportes se emplazan en sitios distintos del municipio, de modo que no procede una cimentación única. Se establecen tres (3) tipos para que se asigne a cada punto a partir del apique y la clasificación del suelo. El ancho en planta se mantiene en 0,80 m en todos los casos: dicha dimensión no la determina la capacidad del suelo sino la verificación de arrancamiento del concreto alrededor de los pernos de anclaje, que con un dado de 0,70 m no alcanza la distancia al borde requerida.

Tipo	Suelo	Criterio de identificación	Solución	Concreto
I	Arena media o arcilla firme	N60 ≥ 15 · qadm ≥ 150 kPa	Dado 0,80 × 0,80 × 1,50 m	0,96 m³
II	Arcilla firme o limo compacto	N60 entre 8 y 15	Dado 0,80 × 0,80 × 1,90 m	1,22 m³
III	Arcilla blanda lacustre	N60 < 8 · cu < 40 kPa	Caisson Ø 0,80 m × 3,00 m, o cuatro (4) micropilotes Ø 150 mm × 6,00 m con cabezal de 1,20 × 1,20 × 0,50 m	1,51 m³

Tabla 7.5.4.6a. Cimentación - Tipos de cimentación y criterio de asignación

Suelo	Presión lateral admisible	Empotramiento requerido	Tipo asignado
Arena media / arcilla firme	23,6 kPa por metro de profundidad	1,39 m	Tipo I,se adopta 1,50 m
Arcilla firme / limo compacto	15,7 kPa por metro de profundidad	1,75 m	Tipo II,se adopta 1,90 m
Arcilla blanda lacustre	7,9 kPa por metro de profundidad	2,54 m	Tipo III,cimentación profunda

Tabla 7.5.4.6b. Cimentación - Empotramiento requerido según la resistencia lateral del suelo

Parámetro	Especificación
Dimensión en planta	0,80 × 0,80 m, constante para ambos tipos
Profundidad	1,50 m (tipo I) o 1,90 m (tipo II), medida desde el nivel de piso terminado
Sobresaliente	0,20 m sobre el nivel de piso terminado, con chaflán perimetral de 20 mm, de modo que no se acumule agua sobre la placa base
Concreto	f'c = 21 MPa (3.000 psi). En presencia de sulfatos reportados por el estudio de suelos, cemento de moderada o alta resistencia a sulfatos (tipo MH o HS), o f'c = 28 MPa con relación agua-cemento no superior a 0,45
Refuerzo longitudinal	Ocho (8) barras Ø 5/8" en toda la altura del dado, con gancho estándar en el extremo inferior
Refuerzo transversal	Estribos cerrados Ø 3/8" cada 15 cm, con confinamiento cada 10 cm en los 60 cm superiores

Parámetro	Especificación
Función del confinamiento	Los estribos confinados de la zona superior actúan como refuerzo de anclaje conforme al Capítulo 17 del ACI 318, transfiriendo la tracción de los pernos al refuerzo longitudinal del dado. Sin este refuerzo, la verificación de arrancamiento del concreto resulta insuficiente bajo la combinación sísmica
Recubrimiento	75 mm en las caras vaciadas contra el suelo y 40 mm en la porción sobresaliente, conforme al numeral C.7.7 de la NSR-10
Pernos de anclaje	Longitud embebida de 600 mm, con placa de anclaje en el extremo inferior. Se instalan con plantilla metálica que garantice la posición del círculo de pernos de 350 mm y la verticalidad del conjunto
Ducto de acometida	Tubería PVC Ø 2" con curva de radio amplio, embebida en el dado, para el ingreso de la fibra óptica y la alimentación eléctrica
Puesta a tierra	Varilla de cobre-acero de 5/8" × 2,40 m adyacente al dado, conectada a la placa base con conductor de cobre desnudo N.º 2 AWG

Tabla 7.5.4.6c. Cimentación - Especificación del dado,tipos I y II

7.5.4.7. Condiciones de instalación

- Replanteo: La ubicación definitiva de cada soporte se replantea en campo verificando la ausencia de redes subterráneas y la distancia libre al borde de calzada exigida por la autoridad de tránsito.
- Cimentación: El tipo de cimentación de cada sitio se asigna conforme al numeral 7.5.4.6.
- Ensamble del brazo: Se recomienda preensamblar los dos módulos en tierra sobre caballetes, verificar la alineación de los tubos y el contacto pleno de

las bridas, y marcar la posición de los pernos antes del izaje. En altura se acopla primero el módulo 1 contra el tramo de arranque y luego el módulo 2, pretensando cada empalme antes de liberar el aparejo.

- Anclaje: Los pernos se instalan con plantilla metálica y se verifican nivel y verticalidad antes del vaciado. No se admite perforación posterior ni anclaje químico como reemplazo.
- Nivelación: La columna se instala con tuercas de nivelación y contratuerca, con relleno posterior de mortero de alta resistencia sin retracción bajo la placa base.
- Galvanizado: No se admite reparación con pintura rica en zinc salvo en retoques puntuales de área inferior al uno por ciento (1 %) de la superficie. Toda perforación y soldadura debe ejecutarse antes del galvanizado.
- Orientación: El brazo se orienta de modo que el eje óptico de la cámara forme con el eje de circulación un ángulo no superior a treinta grados (30°) en planta y quince grados (15°) en alzado, conforme a los requisitos de captura del sistema LPR.

7.5.4.8. Cantidades

Elemento	Unidad	Cant.	Observación
Tubo Ø 6" × 9,53 mm (columna)	m	6,10	Incluye 0,10 m de tapa superior
Tubo Ø 3" × 5,49 mm (brazo)	m	8,00	Dos tramos de 0,30 m en el arranque y cuatro de 1,85 m en los módulos
Tubo Ø 1" × 3,38 mm (separadores)	m	1,80	Nueve unidades de 0,20 m

Elemento	Unidad	Cant.	Observación
Placa 450 × 450 × 19 mm (base)	und	1	ASTM A36
Placa de refuerzo de la unión soldada	und	1	Sobre la pared de la columna, 10 mm de espesor
Placa 360 × 180 × 16 mm (brida de empalme)	und	5	Una en el arranque y dos por módulo
Cartela 10 mm × 180 mm	und	4	ASTM A36
Perno de anclaje Ø 3/4" × 800 mm	und	4	ASTM F1554 Gr. 36, con tuercas y arandelas
Perno M16 Grado 8.8	und	16	Ocho por cada uno de los dos empalmes bridados
Galvanizado en caliente	kg	395	Sobre el peso de la estructura metálica, sin equipos
Concreto f'c = 21 MPa	m^3	0,96 a 1,22	Dado de 0,80 × 0,80 m; el volumen depende del tipo de cimentación asignado
Acero de refuerzo	kg	62 a 78	8 Ø 5/8" + estribos Ø 3/8", según profundidad del dado
Conductor de cobre desnudo N.º 2 AWG	m	7	Puesta a tierra del soporte

Tabla 7.5.4.8a. Cantidades, Materiales por unidad de soporte

7.5.4.9. Conclusión

El soporte tipo ménsula especificado en el presente numeral cumple las condiciones de resistencia y de servicio exigidas para el montaje de las cámaras de

reconocimiento de placas, con una utilización máxima del sesenta y dos por ciento (62 %) en el elemento más solicitado y un giro angular en el punto de captura de 0,44° bajo viento de diseño. La configuración modular del brazo, tramo de arranque soldado de 0,30 m y dos (2) módulos intercambiables de 1,85 m, reduce el desempeño en apenas unas centésimas de grado respecto de un brazo continuo, diferencia que no compromete ninguno de los criterios adoptados, y aporta ventajas sustantivas de ensamblaje, transporte, galvanizado y mantenimiento. La estructura se entrega galvanizada en caliente, condición que garantiza la durabilidad requerida durante los ciento veinte (120) meses de operación previstos en el contrato.

7.5.5. Cámaras PTZ

Según el numeral 3 “Fichas Técnicas” del Anexo 2 – Especificaciones Técnicas del contrato, se establece la siguiente ficha técnica para las cámaras PTZ, la cual aplica a los cuarenta (40) puntos existentes y a los diez (10) puntos nuevos que requieren cámara PTZ tipo domo.

Parámetro	Especificación mínima
Tipo de cámara	PTZ IP para exteriores
Resolución	8 MP (3840 x 2160 pixeles) - 4K
Sensor de imagen	CMOS progresivo 1/1.8" o superior
Zoom óptico	25X
Lente	Motorizado de aprox. 5.9 mm a 147.5 mm, F1.5 o superior
Zoom digital	16x
Iluminación mínima	0.05 Lux color
Alcance IR	Mínimo 200 metros, IR adaptativo (Smart IR)
Movimientos PTZ	Pan: 360° continuo / Tilt: -15° a +90° con auto-flip
Compresión de video	H.265+, H.265, H.264 o superior
Rango dinámico (WDR)	Mínimo 120 dB
Alarmas audiovisuales	Luz estroboscópica y sirena incorporadas, activables por evento

Parámetro	Especificación mínima
Inteligencia artificial	Deep Learning básico, persona/vehículo, captura facial
Alimentación	24 VAC o PoE+ / Hi-PoE
Consumo máximo	≤ 45 W (con IR y calefactor)
Protección ambiental	IP66 o superior
Protección antivandálica	IK10 o superior
Rango de temperatura	-30 °C a +65 °C

Tabla 7.5.5a. Ficha Técnica Cámara PTZ,Contrato

Una vez realizado el análisis comparativo entre la ficha técnica vigente y las tecnologías disponibles actualmente en el mercado para sistemas de videovigilancia urbana, se propone la siguiente ficha técnica alternativa para la cámara PTZ, sujeta a aprobación de la Interventoría.

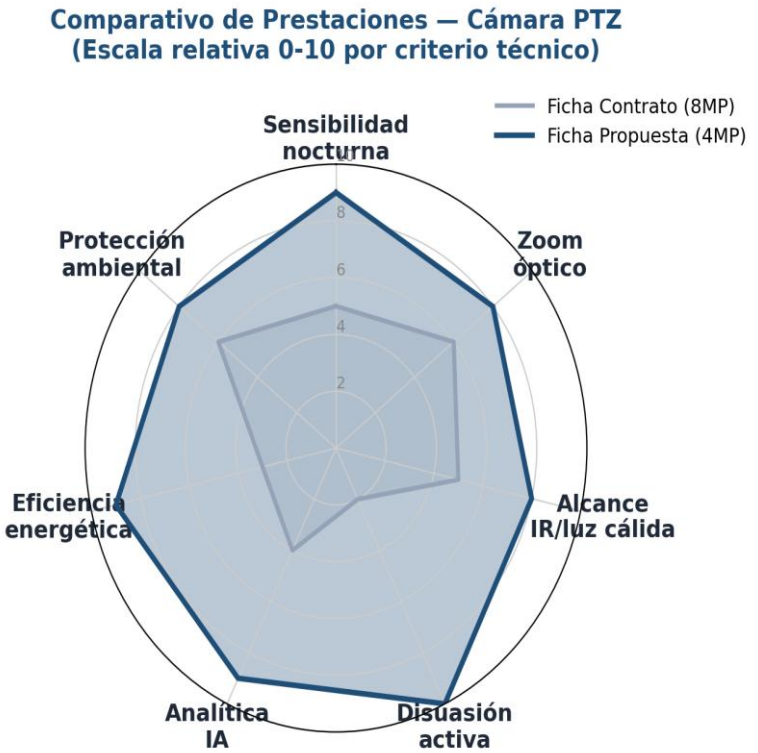
Parámetro	Especificación mínima
Resolución máxima	4 MP (2560 x 1440)
Sensor de imagen	CMOS 1/2.8" progresivo
Zoom óptico	32X
Zoom digital	16X
Iluminación mínima	Color: 0.005 Lux @F1.6, 0 Lux con iluminador
Iluminación infrarroja	Hasta 250 m (IR) + 100 m luz cálida, Dual Light Fusion, Smart IR
Movimientos PTZ	Pan: 0° a 360° continuo / Tilt: -20° a +90° con auto-flip 180°
Compresión de video	Smart H.265+, H.265, Smart H.264+, H.264, MJPEG
Tasa de cuadros	4M / 1080p @ 25/30 fps - 3 streams
Rango dinámico (WDR)	120 dB
Alarmas audiovisuales	Luz estroboscópica roja/azul + Sirena con parlante incorporado (11 audios + 10 personalizables)
Inteligencia artificial	IVS Perimetral, Detección facial (6 atributos), SMD 4.0, AcuPick, AutoTracking 3.0, Auto Patrol
Almacenamiento	Micro SD hasta 512GB, FTP/SFTP, NAS
Alimentación	24 VDC 2.5A / PoE+ (802.3at)

Parámetro	Especificación mínima
Consumo máximo	20 W (con WDR + IR + PTZ + Alarma)
Protección ambiental	IP67
Protección antivandálica	IK10 + Protección TVS 6000V
Rango de temperatura	-40 °C a +70 °C / Humedad ≤95%

Tabla 7.5.5b. Ficha Técnica Propuesta,Cámara PTZ Domo

7.5.5.1. Análisis Visual Comparativo

El siguiente gráfico ilustra, en una escala relativa de 0 a 10 por criterio técnico, el desempeño de la ficha propuesta frente a la ficha exigida en el contrato. Se evidencia que, si bien la resolución nominal es menor, la ficha propuesta iguala o supera a la contractual en la totalidad de los demás criterios técnicos evaluados, sensibilidad nocturna, alcance de iluminación, disuasión activa, analítica de inteligencia artificial, eficiencia energética y protección ambiental.



7.5.5.2. Análisis Comparativo Detallado

Parámetro	Exigido (Contrato)	Propuesto	Resultado	Por qué importa en campo
Resolución	8 MP (3840×2160)	**4 MP (2560×1440)**	**DIFERENTE**	Sensor con píxel más grande capta más luz y genera menos ruido nocturno; reduce 50% el ancho de banda y almacenamiento, duplicando la autonomía de grabación.
Sensor	1/1.8"	**1/2.8"**	**DIFERENTE**	Menor densidad de píxel mejora la sensibilidad; mantiene color por más tiempo en condiciones de poca luz.
Zoom óptico	25X	**32X**	**✓ SUPERA**	28% más alcance de acercamiento para identificación a mayor distancia.
Sensibilidad nocturna	0.05 Lux color	**0.005 Lux color**	**✓ SUPERA**	10 veces más sensible: mantiene imagen a color con solo luz de luna.
Alcance IR	200 m	**250 m IR + 100 m luz cálida**	**✓ SUPERA**	Dual Light Fusion cubre mejor parques y corredores viales extensos.
Disuasión activa	Sirena y luz genérica	**TiOC: luz roja/azul + 11 audios + parlante**	**✓ SUPERA**	Disuasión proactiva en sitio, no solo grabación pasiva.

Parámetro	Exigido (Contrato)	Propuesto	Resultado	Por qué importa en campo
Analítica IA	Deep Learning básico	**SMD 4.0, AcuPick, AutoTracking 3.0**	**✓ SUPERA**	Reduce hasta 95% las falsas alarmas por animales o vegetación.
Protección ambiental	IP66 / IK10	**IP67 / IK10 / TVS 6000V**	**✓ SUPERA**	Hermeticidad ante lluvias fuertes y protección contra descargas eléctricas.
Rango de temperatura	-30°C a +65°C	**-40°C a +70°C**	**✓ SUPERA**	Mayor margen térmico, mayor vida útil en exposición solar directa.
Consumo eléctrico	≤ 45 W	**≤ 20 W**	**✓ SUPERA**	Más del doble de eficiencia energética; permite más cámaras por circuito UPS.

Tabla 7.5.5c. Análisis Comparativo,Ficha Contractual vs. Ficha Propuesta

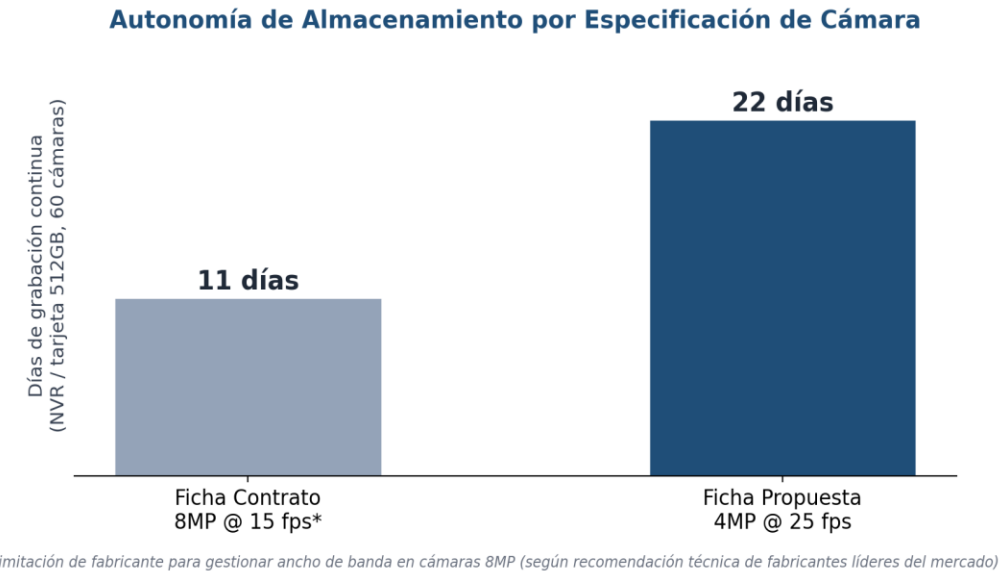
7.5.5.3. ¿Por qué una menor resolución nominal no implica menor calidad?

Es una percepción común asociar directamente “mayor número de megapíxeles” con “mayor calidad de imagen”. Sin embargo, en aplicaciones de videovigilancia urbana profesional, la resolución es solo uno de varios factores que determinan la utilidad real de una cámara para identificación de personas, vehículos e incidentes. La evidencia técnica es la siguiente:

Sensor más grande, mejor luz. A igual tamaño físico de sensor, un sensor de 4MP tiene píxeles individuales más grandes que uno de 8MP, lo que le permite captar más luz por píxel. Esto se traduce directamente en mejor sensibilidad nocturna (0.005 Lux frente a 0.05 Lux exigido) e imágenes con menos ruido digital en condiciones de baja iluminación, precisamente el escenario más crítico para seguridad urbana, que opera predominantemente en horario nocturno.

Mayor tasa de cuadros sostenida. Fabricantes líderes del mercado (Hikvision, entre otros) recomiendan limitar sus cámaras 8MP a 15 fps para gestionar el ancho de banda de la red, mientras que la ficha propuesta sostiene 25-30 fps de forma nativa. Una mayor tasa de cuadros es crítica para el seguimiento de vehículos en movimiento y evita los “saltos de cuadro” que pueden hacer perder el instante exacto de un incidente.

Duplica la autonomía de almacenamiento. El siguiente gráfico ilustra, a manera de estimación referencial, el efecto directo de la reducción de resolución sobre la autonomía de grabación del sistema de almacenamiento, manteniendo el mismo espacio en disco:



Cálculo ilustrativo basado en las tasas de bits típicas de cada especificación (H.265) para un sistema de 60 cámaras sobre un NVR de referencia; el cálculo exacto de dimensionamiento se documenta en el numeral correspondiente de diseño de almacenamiento del Centro de Monitoreo.

La disuasión activa cambia el paradigma de uso. La ficha propuesta incorpora un sistema de disuasión activa (luz estroboscópica bicolor + 11 audios de advertencia

+ parlante) del que carece la ficha contractual. Esta es una diferencia funcional, no solo de imagen: transforma la cámara de un dispositivo pasivo de registro a una herramienta activa de prevención del delito en el momento en que ocurre, no solo después.

7.5.5.4. Referencia frente al Mercado Actual

Con el fin de contextualizar la decisión técnica, se presenta a continuación una comparación de la ficha propuesta frente a las categorías típicas de cámaras PTZ disponibles actualmente en el mercado para proyectos de videovigilancia urbana en Colombia. Esta comparación no corresponde a una marca o modelo específico, sino a las prestaciones típicas de cada categoría de producto, con el fin de evitar direccionamiento hacia un fabricante particular.

Característica	Ficha Propuesta (4MP + disuasión)	PTZ 8MP	PTZ 4MP estándar del mercado*
Resolución	**4 MP**	8 MP	4 MP
Zoom óptico	**32X**	25X	25X
Disuasión activa integrada	**Sí (luz + audio + parlante)**	No,requiere módulo externo adicional	No,requiere módulo externo adicional
Consumo eléctrico	**≤ 20 W**	45-55 W típico	40-50 W típico
Protección ambiental	**IP67 + TVS 6000V**	IP66/IP67	IP66
Analítica IA avanzada (SMD/AutoTracking)	**Incluida**	Según modelo, con costo adicional	Básica

Tabla 7.5.5d. Comparación por Categoría de Producto en el Mercado

*Categorías de referencia elaboradas a partir de fichas técnicas públicas de fabricantes con presencia en el mercado, a la fecha de elaboración de este documento.

El hallazgo relevante de esta comparación es que las prestaciones combinadas de la ficha propuesta, resolución optimizada para bajo consumo y almacenamiento, zoom superior a 30X, disuasión activa integrada de fábrica, protección TVS contra descargas y analítica avanzada de IA en un mismo equipo, no es una combinación habitual en un único producto de PTZ 8MP del mercado: usualmente, alcanzar disuasión activa y analítica avanzada equivalente sobre una base de 8MP implica sumar módulos adicionales o acudir a líneas de producto de mayor costo, sin que ello represente, para el caso de uso específico de este proyecto (identificación en corredores viales y espacios públicos, no forense de alta resolución), una ventaja operativa proporcional a la inversión adicional que implicaría.

7.5.5.5. Conclusión

Una vez realizado el análisis comparativo visual, técnico y de mercado entre la ficha técnica vigente y las tecnologías disponibles actualmente para sistemas de videovigilancia urbana, se concluye que la ficha propuesta representa la alternativa técnicamente más conveniente para el Municipio de Tocancipá. La ficha contractual prioriza un único parámetro, la resolución de 8MP; mientras que la ficha propuesta ofrece un desempeño superior o equivalente en la totalidad de los demás criterios técnicos relevantes para la operación real del sistema: sensibilidad nocturna, alcance de detección, capacidad de disuasión, inteligencia artificial aplicada, eficiencia energética, protección ambiental y autonomía de almacenamiento.

7.5.5.6. Justificación técnica de la modificación

- Garantía de pluralidad de oferentes. La ficha actual, con resolución 8MP y zoom 25X, restringe la participación a un número reducido de fabricantes de gama alta con baja disponibilidad local. La ficha propuesta corresponde a un estándar más abierto de la industria que permite la concurrencia de más marcas con representación en Colombia, garantizando los principios de selección objetiva y libre concurrencia del Decreto 1082 de 2015.

- Mejor integración tecnológica. Al liberar el requisito de 8MP, se permite evaluar la mejor unión tecnológica del proyecto integral, el software de analítica en video, la integración con el sistema de cámaras LPR, el sistema de almacenamiento y la compatibilidad con el VMS existente y futuro, y no solo el parámetro aislado de resolución.
- Disponibilidad de repuestos y bajo riesgo de obsolescencia. Las tecnologías de 4MP con iluminación dual y disuasión activa son de fabricación masiva actual, con ciclo de vida estimado de 5 a 7 años y amplio stock de repuestos y accesorios en el país.
- Beneficio para la seguridad y convivencia. La ficha propuesta prioriza funciones operativas reales para la Policía y la Secretaría de Seguridad y Convivencia: disuasión proactiva en sitio, seguimiento automático de objetivos, búsqueda forense inteligente y operación a color 24/7,un sistema activo de prevención, no solo de grabación pasiva.

Por lo anteriormente expuesto, se solicita a la Supervisión y a la Interventoría del contrato la aprobación del cambio de ficha técnica de la cámara PTZ vigente por la ficha técnica propuesta, por considerar que garantiza mejores condiciones técnicas, operativas, de mantenimiento, de integración con el sistema CCTV existente y de sostenibilidad a largo plazo para el Municipio de Tocancipá.

7.5.6. Cámaras LPR

Según el numeral 3 “Fichas Técnicas” del Anexo 2 – Especificaciones Técnicas del contrato, se establece la siguiente ficha técnica para las cámaras Bullet IP con reconocimiento de matrículas (LPR), la cual aplica a los diez (10) puntos nuevos que requieren cámara LPR, distribuidos en los cinco (5) puntos LPR del proyecto (dos cámaras por punto), conforme al Consolidado de Cantidades (numeral 7.6).

Parámetro	Especificación
Tipo de cámara	Bullet IP con reconocimiento automático de matrículas (LPR/ANPR)
Resolución máxima	4 Megapíxeles (2688 x 1520)
Tasa de cuadros	Hasta 25 fps en resolución completa
Ángulo de visión (FOV)	H: 41.9°-15.1° / V: 22.9°-8.64° / D: 48.8°-17.3°
Iluminación mínima	Color: 0.0005 Lux @ (F1.2, AGC ON); B/N: 0 Lux con IR
Iluminación infrarroja	LEDs IR con alcance mínimo de 50 m
Shutter time	1/25 ~ 1/100,000 s
Modo Día/Noche	Filtro ICR mecánico removible
Mejoras de imagen	WDR 140 dB, BLC, 3D-DNR, AGC, AWB
Reconocimiento de matrículas (LPR)	Integrado, basado en Deep Learning
Precisión de reconocimiento	Captura >99%, Dirección >98.5%, LPR >98%
Rango de velocidad detectable	5 – 120 km/h
Número de carriles detectables	Hasta 3 carriles
Eventos de tráfico detectables	Flujo, velocidad media, colas, atascos, vehículo detenido, sentido contrario, exceso o baja velocidad
Clasificación de vehículos	Coche, Van, Bus, Camión, Camión ligero, SUV, Pickup, Motocicleta y Triciclo
Detección de color de vehículo	Hasta 10 colores reconocibles en condiciones diurnas
Base de marcas reconocidas	Hasta 84 fabricantes
Listas blancas/negras	Hasta 50,000 registros configurables
Posicionamiento	GPS integrado
Acceso remoto	Navegador Web, CMS profesional, aplicación móvil, NVR compatible
Alimentación	12-24 V DC / 1250 mA / 15 W máx., PoE+ (IEEE 802.3at)

Tabla 7.5.6a. Ficha Técnica Cámara LPR - Contrato

Una vez realizado el análisis comparativo entre la ficha técnica vigente y las tecnologías disponibles actualmente en el mercado para sistemas de control

vehicular y seguridad ciudadana, se propone la siguiente ficha técnica alternativa para la cámara LPR, sujeta a aprobación de la Interventoría.

Parámetro	Especificación
Tipo de cámara	Bullet IP LPR con ANPR integrado (Serie Traffic)
Sensor de imagen	CMOS 1/1.8"
Resolución máxima	4 Megapíxeles (2688 x 1520)
Tasa de cuadros	Hasta 25 fps @ 4M (2688x1520) / Sub stream 1600x1200@25fps
Lente	Motorizado varifocal 10mm - 40mm incorporado
Iluminación infrarroja	4 iluminadores IR 850nm, brillo ajustable
Shutter time	1/25 ~ 1/100,000 s (manual/auto)
Modo Día/Noche	Filtro ICR + control de iris Fijo/Manual/Auto/P-iris
Mejoras de imagen	WDR 90 dB, HLC, 2DNR/3DNR, White Balance, Edge Enhancement
Compresión	H.265/H.264M/H.264H/H.264B/MJPEG, Bitrate 32Kbps-32767Kbps
Reconocimiento de matrículas (LPR)	Integrado, algoritmo propio, reconoce números y letras
Rango de velocidad detectable	Hasta 120 km/h con radar externo (Trigger: Video detección / Radar)
Número de carriles detectables	Hasta 3 carriles
Eventos de tráfico detectables	Flujo, velocidad media, ocupación, longitud de cola, parqueo indebido, contrasentido, congestión, exceso/baja velocidad, cambio ilegal de carril
Clasificación de vehículos	Cabeza: Bus grande/mediano, SUV, MPV, pickup, camión pesado/mediano, carro, van, camión ligero / Cola: SUV, carro, van, bus, pickup, cargo, mini truck, cisterna, mixer
Detección de color de vehículo	12 colores: blanco, rosado, negro, rojo, amarillo, gris, azul, verde, ámbar, morado, café, gris plata
Detección adicional	Tipo de vehículo no motorizado (2/3 ruedas), color, casco, sobrecupo, corte de rostro de conductor y pasajero
Base de marcas reconocidas	Logo de vehículo incluido en metadata
Listas blancas/negras	Soporta bloqueo por placa, alarma por lista negra

Parámetro	Especificación
Posicionamiento	OSD con tiempo, ubicación, carril, placa, velocidad, color, marca, tipo
Acceso remoto	Navegador Web, FTP, TF card 256GB, ANR, plataforma
Alimentación	12V DC, 36V DC, PoE / Consumo ≤8W
Protección	IP67, IK10
Temperatura / Dimensiones	-40°C a +65°C / 466.4 x 135.8 x 134.1 mm / 2.8 Kg neto

Tabla 7.5.6b. Ficha Técnica Propuesta - Cámara Bullet IP LPR

Parámetro	Exigido (Contrato)	Propuesto	Cumplimiento	Justificación técnica
Resolución	4MP (2688×1520)	4MP (2688×1520), sensor 1/1.8"	Cumple	Mismo pixelaje pero sensor más grande: mejor captura nocturna de placa con menos ruido. Mantiene 25 fps reales incluso con analítica LPR activa (muchas bullets genéricas bajan a 15–20 fps al activarla).
Tasa de cuadros	Hasta 25 fps	25 fps @ 4M + sub-stream 1600×1200	Cumple	Sostiene 25 fps reales a 120 km/h sin salto de frame; el sub-stream permite visualización sin sobrecargar la red.
Lente	FOV fijo (H:41.9°–15.1°)	Motorizado varifocal 10–40mm, P-iris	Supera	Ajuste remoto del campo de visión desde el NVR, sin subir al poste. Cubre desde 1 carril cerrado (40mm) hasta 3 carriles abiertos (10mm) con la misma cámara.

Parámetro	Exigido (Contrato)	Propuesto	Cumplimiento	Justificación técnica
Shutter	1/25 a 1/100,000s	1/25 a 1/100,000s, manual/auto	Cumple	Congela placa a 120 km/h sin barrido; el modo auto con P-iris mantiene legibilidad de día y de noche sin sobreexposición por farolas.
Iluminación IR	Mínimo 50m	4 IR 850nm, brillo ajustable	Supera	850nm es invisible al ojo humano (no delata la cámara); el brillo ajustable evita el "quemado" de placas retroreflectivas, la falla más común de las LPR genéricas nocturnas.
WDR	140 dB	90 dB, con P-iris + HLC dedicado a tráfico	No cumple en valor, superior en aplicación real	140dB es una cifra de laboratorio para escena general; el WDR de esta cámara está optimizado específicamente para placa, evitando que las luces altas de los vehículos la saturen.
Reconocimiento LPR	Deep Learning, solo placa	Algoritmo propio + metadata de tipo, color, marca y logo	Supera	Entrega contexto completo del vehículo (no solo la placa), útil para investigación forense.
Precisión	Captura >99%, LPR >98%	Certificable en sitio, trigger dual video + radar	Cumple, con mejor validación	El radar reduce falsos positivos por sombra o lluvia, que afectan solo a la detección por video.
Velocidad detectable	5–120 km/h	Hasta 120 km/h con radar externo (RS-485/RS-232)	Supera	El contrato solo detecta por video (pierde placas a alta

Parámetro	Exigido (Contrato)	Propuesto	Cumplimiento	Justificación técnica
				velocidad); el radar permite foto-detección de exceso de velocidad con evidencia legal.
Carriles	Hasta 3	Hasta 3, con auto-dibujo de líneas	Cumple, con menor tiempo de puesta en marcha	Configuración automática de carriles en minutos, sin calibración manual.
Eventos de tráfico	7 eventos	10 eventos, incluye ocupación y cambio ilegal de carril	Supera	El cambio ilegal de carril y la ocupación de vía son claves para las intersecciones de Tocancipá; exporta estadísticas para la Secretaría de Movilidad.
Clasificación de vehículos	9 tipos	10 tipos (cabeza) + 9 (cola) + no motorizados	Supera	Diferencia bus mediano de grande y camión pesado de ligero; detecta motos, bicicletas y triciclos - permite censo real de movilidad.
Color / marca de vehículo	10 colores / 84 marcas	12 colores / detección de logo	Supera	Búsqueda forense tipo "camioneta negra Toyota" en segundos mediante AcuPick.
Listas blancas/negras	50,000 registros	50,000 registros + 3 entradas/2 salidas de alarma	Cumple	Integración directa con barreras y semáforos para apertura automática, sin servidor adicional.
Alimentación / consumo	12–24V DC / 15W PoE+	12V/36V DC, PoE / ≤8W	Supera	Consume casi la mitad; en un UPS de 1kVA permite conectar 2 LPR + 1

Parámetro	Exigido (Contrato)	Propuesto	Cumplimiento	Justificación técnica
				PTZ donde antes solo cabía una cámara. Compatible con gabinetes de semaforización de 36VDC existentes.
Protección / temperatura	No especificada en ficha contractual	IP67, IK10, -40°C a +65°C	Supera	Garantiza operación ante vandalismo y lluvia fuerte relevante por la instalación a baja altura en entradas del municipio.
Almacenamiento	No especificado	TF Card 256GB, FTP, ANR	Valor agregado	Grabación local de respaldo si se interrumpe el enlace de fibra.

Tabla 7.5.6c. Análisis Comparativo - Ficha Contractual vs. Ficha Propuesta

7.5.6.1. Conclusión

Una vez realizado el análisis comparativo entre la ficha técnica vigente de la cámara Bullet IP LPR 4MP y las tecnologías disponibles actualmente en el mercado para sistemas de control vehicular y seguridad ciudadana, se concluye técnicamente que es procedente y conveniente para el Municipio la actualización de la ficha técnica LPR.

La ficha vigente está estructurada como una cámara LPR genérica, con parámetros de imagen general (WDR 140dB) pero sin contemplar la operación real de tráfico, los eventos viales ni la integración como sistema unificado con las cámaras PTZ. La ficha propuesta se estructura sobre un concepto de captura efectiva de placa, analítica de tráfico y sostenibilidad del sistema integral, e integra de forma nativa con la especificación de la cámara PTZ definida en el numeral 7.5.4.

7.5.6.2. Justificación técnica de la modificación

- **Integración con la ficha técnica de la cámara PTZ.** La ficha propuesta se integra de forma nativa con la especificación de la cámara PTZ (numeral 7.5.2): comparten el mismo ecosistema de gestión (VMS, CMS, aplicación móvil y NVR), permitiendo que una detección LPR (placa en lista negra) active automáticamente el seguimiento y disuasión de la PTZ. Ambas operan con PoE+ y consumo ≤20W, aprovechando la misma infraestructura de postes, UPS y switches del proyecto, sin rediseño eléctrico.
- **Garantía de pluralidad de oferentes.** La ficha actual, con WDR de 140dB genérico, limita la oferta a cámaras de seguridad general adaptadas para LPR. La ficha propuesta, con WDR optimizado para tráfico y lente motorizado, corresponde a un estándar abierto de fabricantes especializados en sistemas de tráfico (ITS), permitiendo la concurrencia de más marcas con representación y soporte en Colombia.
- **Disponibilidad y mantenimiento.** Al tratarse de tecnología de tráfico de producción masiva y bajo consumo (8W), se garantiza disponibilidad de repuestos, compatibilidad con gabinetes de semaforización de 36VDC existentes y bajo riesgo de obsolescencia.

Por lo anteriormente expuesto, se solicita a la Supervisión y a la Interventoría del contrato la aprobación del cambio de ficha técnica de la cámara LPR vigente por la ficha técnica propuesta.

El ajuste realizado busca asegurar que los oferentes acrediten la posibilidad real de integrar ambos tipos de cámara como una solución única, homogénea y escalable, promoviendo condiciones de transparencia, pluralidad de oferentes y selección objetiva, sin comprometer los estándares de calidad, seguridad y operatividad requeridos por la Unidad de Telemática de la Policía de Cundinamarca. Esta ficha aplicará para el total de las diez (10) cámaras LPR previstas en el proyecto.

7.5.7. Tarjeta de memoria Micro SD

Parámetro	Especificación mínima
Tipo de tarjeta	microSD
Capacidad	64 GB
Velocidad de lectura	Hasta 100 MB/s
Velocidad de escritura	Hasta 70 MB/s
Compatibilidad	Equipos con ranura microSD (CCTV, cámaras, tablets, consolas, etc.)
Aplicaciones recomendadas	CCTV, grabación continua, gaming, tablets, cámaras, dispositivos móviles
Temperatura de operación	0 °C a +70 °C
Durabilidad estimada	Alta resistencia a ciclos de lectura/escritura intensivos
Funciones adicionales	Resistente a impactos, vibraciones y campos magnéticos (según fabricante)
Plug & Play	Instalación directa, sin necesidad de controladores adicionales

Tabla 7.5.7a. Ficha Técnica - Tarjeta de Memoria MicroSD 64 GB

7.5.8. Brazo metálico fijo de 2 m soporte de cámaras.

Parámetro	Especificación
Tipo	Brazo para cámara
Longitud de desarrollo	2 metros
Material	Metálico, acero galvanizado o acero electrogalvanizado, con sección hueca para paso de cables
Acabado	Pintura electrostática
Aplicación	Ante la intemperie
Capacidad	1 cámara
Compatibilidad	Cualquier cámara
Color	Blanco / negro

Tabla 7.5.8a. Ficha Técnica Brazo Metálico Fijo 2 m

7.5.9. Coraza Light Light en PVC ¾ pulgada.

Parámetro	Especificación
Diámetro	¾"
Grado de hermeticidad	IP68
Aplastamiento bajo carga	Resistente sin variaciones mayores al 10% en el diámetro exterior
Propiedades dieléctricas	Sin rotura dieléctrica y resistencia de aislamiento
Tipo de tubería	Acero galvanizado y recubierta con material Megalon
Color	Gris
Material	Acero galvanizado y PVC
Características	Tubería flexible de acero, recubierta de PVC

Tabla 7.5.9a. Ficha Técnica - Coraza Liquid Tight ¾"

7.5.10. Corona antiescalatoria de 18 puntas

Parámetro	Especificación
Número de puntas	18
Longitud de las puntas	50 cm
Dirección de las puntas	En una sola dirección (generalmente hacia abajo)
Material	Acero
Tratamiento anticorrosión	Protección contra óxido y corrosión
Herrajes incluidos	Tornillos de 5/8" x 3"
Propósito	Prevención de escalada en postes para proteger equipos y sistemas de vigilancia

Tabla 7.5.10a. Ficha Técnica - Corona Antiescalatoria

7.5.11. Cinta bandit 5/8”

Parámetro	Especificación
Material	Acero inoxidable
Ancho	5/8" (aproximadamente 15.88 mm)
Espesor	0.70 mm
Resistencia	Alta resistencia mecánica y a la corrosión
Acabado	Mate, que ofrece un aspecto profesional

Tabla 7.5.11a. Ficha Técnica - Cinta Bandit 5/8"

7.5.12. Tubería IMC ½.

Parámetro	Especificación
Material	Acero inoxidable
Ancho	5/8" (aproximadamente 15.88 mm)
Espesor	0.70 mm
Resistencia	Alta resistencia mecánica y a la corrosión
Acabado	Mate, que ofrece un aspecto profesional

Tabla 7.5.12a. Ficha Técnica - Tubería IMC ½.

7.5.13. Varilla Cooper Well 2.4m Cu x 5/8”.

Parámetro	Especificación
Material	Alma de acero con revestimiento externo de cobre electrolítico de alta pureza (aproximadamente 95%)
Diámetro	5/8 de pulgada
Longitud	2.4 metros
Grosor del recubrimiento de cobre	Mínimo 10 micras (micrones)
Peso neto	Aproximadamente 3.07 kg

Tabla 7.5.13a. Ficha Técnica - Varilla Cooper Well

7.5.14. Patch Cord UTP Categoría 6

Parámetro	Especificación mínima
Tipo de cable	Patch cord UTP (Unshielded Twisted Pair)
Categoría	Cat 6 según norma ANSI/TIA-568.2-D o superior
Longitud	Según requerimiento (1 m, 2 m, 3 m, 5 m o superior)
Estructura del conductor	Cobre puro (100% cobre, no CCA), multifilar
Calibre del conductor	24 AWG (mínimo)
Tipo de conector	RJ45 macho en ambos extremos, contactos dorados 50 µin mínimo
Estandarización del pinout	T568A o T568B (definido por instalación)
Tipo de cubierta	PVC o LSZH (Low Smoke Zero Halogen) de alta flexibilidad
Color del cable	Gris, azul o según código de red
Ancho de banda nominal	250 MHz mínimo
Velocidad de transmisión	Hasta 1 Gbps (Gigabit Ethernet)
Impedancia característica	100 ± 15 ohmios
Aislamiento entre pares	UTP con separación individual trenzada para evitar diafonía
Radio de curvatura	Mínimo 4 veces el diámetro exterior del cable
Temperatura de operación	-20 °C a +60 °C
Cumplimiento normativo	ANSI/TIA-568.2-D, ISO/IEC 11801, IEC 60603-7, RoHS
Compatibilidad	Con sistemas de cableado estructurado Cat 6 o superior, NVR, cámaras IP, switches y routers

Tabla 7.5.14a. Ficha Técnica - Patch Cord UTP

7.5.15. UPS Interactivo 1 kVA

Parámetro	Especificación mínima
Tipo de UPS	Interactivo o línea interactiva (Line-Interactive)
Potencia nominal	1 kVA / 600 W mínimo
Tipo de instalación	Ambiente cerrado / interior
Tecnología de control	Microprocesada, con regulación automática de voltaje (AVR)
Topología	Monofásico, entrada y salida a 120 V o 230 V según requerimiento
Rango de voltaje de entrada	165 V – 275 V (típico)
Voltaje de salida	120 V ± 10% o 230 V ± 10% nominal
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz (detección automática)
Tiempo de transferencia	≤ 10 ms
Eficiencia	≥ 95% en modo normal
Batería interna	Baterías selladas libres de mantenimiento (VRLA)
Protecciones eléctricas	Sobretensión, subtensión, sobrecarga, cortocircuito y sobrecalentamiento
Condiciones de operación	Temperatura: 0 °C a 40 °C / Humedad: 0-90% sin condensación

Tabla 7.5.15a. Ficha Técnica - UPS Interactivo 1 kVA

7.5.16. Switch Administrable 8 Puertos Gigabit + 2 Ranuras SFP

Parámetro	Especificación mínima
Cantidad de puertos RJ45	8 puertos 10/100/1000 Mbps (Gigabit Ethernet)
Ranuras SFP	2 ranuras SFP 1 Gbps para módulos de fibra óptica
Funciones de red avanzadas	VLAN (IEEE 802.1Q), QoS (IEEE 802.1p/DSCP), IGMP Snooping, DHCP Snooping, Link Aggregation (LAG), MAC Binding, Storm Control, Port Mirroring
Seguridad	Control de acceso por MAC, autenticación 802.1X, filtrado IP, aislamiento de puertos
Compatibilidad SFP	Módulos de fibra óptica monomodo o multimodo (1 Gbps)
Fuente de alimentación	100–240 V AC, 50/60 Hz
Consumo máximo	≤ 20 W
Material del chasis	Metálico con recubrimiento anticorrosivo
Montaje	En rack 19" o sobre superficie
Indicadores LED	Encendido, enlace, actividad y estado SFP
Temperatura de operación	0 °C a 50 °C
Humedad relativa	10% a 90% sin condensación

Tabla 7.5.16a. Ficha Técnica - Switch Administrable 8 Puertos

7.5.17. Patch Cord de Fibra Óptica 1 m

Parámetro	Especificación mínima
Tipo de cable	Patch cord de fibra óptica dúplex (dos hilos)
Diámetro del conector	2.0 mm a 3.0 mm
Longitud	Según necesidad del proyecto (1 m, 2 m, 3 m, 5 m o superior)
Atenuación de inserción (IL)	≤ 0.3 dB por conector
Pérdida de retorno (RL)	≥ 50 dB para UPC / ≥ 60 dB para APC
Radio mínimo de curvatura	≤ 10 × el diámetro del cable
Revestimiento exterior (jacket)	LSZH (Low Smoke Zero Halogen) o PVC ignífugo
Temperatura de operación	-20 °C a +70 °C

Tabla 7.5.17a. Ficha Técnica - Patch Cord de Fibra Óptica

7.5.18. Caja de Terminación de Fibra Óptica (Mini ODF 4 Slots)

Parámetro	Especificación mínima
Tipo de equipo	Caja de terminación / Mini ODF para fibra óptica
Capacidad	4 slots (adaptadores ópticos)
Tipo de fibra compatible	Monomodo (OS2) o Multimodo (OM3/OM4)
Tipos de conectores soportados	SC, LC, FC o ST (intercambiables según configuración)
Número de fibras	Hasta 8 fibras (en configuración dúplex)
Tipo de montaje	Mural o de superficie
Entradas de cable	Mínimo 2 puertos de entrada (superior e inferior) con prensaestopas

Parámetro	Especificación mínima
Radio mínimo de curvatura interno	≥ 30 mm
Protección de empalmes	Bandeja interna con capacidad para 4 empalmes (tubos termoencogibles o fusiones)
Material del cuerpo	Plástico ABS retardante a la llama o lámina metálica con recubrimiento anticorrosivo
Método de fijación	Tornillos o anclajes para pared
Identificación	Etiquetas o numeración para puertos
Temperatura de operación	-10 °C a +60 °C
Humedad relativa	≤ 90% sin condensación

Tabla 7.5.18a. Ficha Técnica - Caja de Terminación de Fibra Óptica

7.5.19. Transceptor Óptico SFP

Parámetro	Especificación mínima
Tipo de módulo	Transceptor óptico SFP (par transmisor/receptor)
Conector óptico	SC simplex
Velocidad de transmisión	1.25 Gbps (Gigabit Ethernet)
Compatibilidad	Puertos SFP estándar de 1000 Mbps (1G)
Longitud de onda (TX/RX)	TX: 1310 nm / 1550 nm – RX: 1550 nm / 1310 nm
Tipo de enlace	Bidireccional (BiDi), un solo hilo de fibra por módulo
Alimentación eléctrica	3.3 V DC
Consumo de energía	≤ 1 W
Formato físico	Hot-pluggable (intercambiable en caliente)
Temperatura de operación	0 °C a +70 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +80 °C
Humedad de operación	10% a 90% sin condensación
Humedad de almacenamiento	5% a 90% sin condensación
Tipo de montaje	En puerto SFP estándar de switch o router

Tabla 7.5.19a. Ficha Técnica -Transceptor Óptico SFP

7.5.20. Cable 2 x 6+6

Conecta la red de distribución eléctrica aérea hacia el punto nuevo instalado de CCTV, sirviendo como línea de suministro de energía.

Parámetro	Especificación
Tipo de cable	Concéntrico, de acometida aérea
Conductor	Cobre o aluminio de calibre 6 AWG (aproximadamente 13.3 mm²)
Tensión nominal	600 V
Capacidad de corriente	Aproximadamente 75 A

Parámetro	Especificación
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Cubierta	Polietileno negro, resistente a la intemperie y retardante a la llama
Certificaciones	RETIE

Tabla 7.5.20a. Ficha Técnica - Cable 2x6+6

7.5.21. Collarín 160-200 mm

Elemento de fijación para estructuras o elementos de red para conexión eléctrica de los puntos nuevos CCTV, a instalar en las redes de distribución aérea.

Parámetro	Especificación
Material	Acero
Cubrimiento	Galvanizado
Accesorios	Tornillos o pernos, tuercas y arandelas
Requisitos mínimos del cubrimiento	Platinas 381 g/m² - Elementos roscados 336 g/m²
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Dimensiones	Diámetro entre 160 y 200 mm
Certificaciones	RETIE

Tabla 7.5.21a. Ficha Técnica - Collarín 160-200 mm

7.5.22. Tuerca Ojo Alargado 5/8"

Parámetro	Especificación
Descripción general	Se usa para fijar y anclar las cargas de las redes eléctricas aéreas y de telecomunicaciones. Su diseño alargado ayuda a distribuir la fuerza y ofrece un punto de anclaje resistente y estable.
Material	Acero forjado, a menudo galvanizado en caliente para proteger contra la corrosión
Rosca	De 5/8 de pulgada
Dimensiones	El espesor del anillo es de aproximadamente 18.4 mm
Requisitos mínimos del cubrimiento	Platinas 381 g/m² - Elementos roscados 336 g/m²
Acabado	Suele ser liso y sin aristas cortantes para un montaje seguro
Resistencia	Diseñada para soportar cargas pesadas, con una alta estabilidad en el punto de anclaje

Tabla 7.5.22a. Ficha Técnica - Tuerca Ojo Alargado 5/8"

7.5.23. Concreto 4.000 PSI para Anclaje de Arcos

Este elemento, contemplado originalmente en el Anexo 1 del contrato como dado de concreto para soporte del poste metálico, se reutiliza para la cimentación de las estructuras metálicas tipo arco completo y tipo ménsula en L de los puntos LPR (numerales 7.5.4 y 7.5.6), en reemplazo de su aplicación original - ver Matriz de Modificaciones, numeral 7.7.

Parámetro	Especificación
Material	Concreto 4.000 PSI
Dimensiones	Altura 2 m como mínimo, ancho mínimo 8.5 cm
Resistencia	4.000 PSI, equivalente a 4.000 libras por pulgada cuadrada de resistencia a la compresión a los 28 días
Accesorios	Tuercas y arandelas de presión, todas galvanizadas en caliente
Uniones	Los pernos y flejes se unen mediante soldadura eléctrica
Carga de trabajo	300 kgf
Tipo y cantidad de pernos	8 pernos "J"
Longitud de los pernos	1.50 m
Fijación	Se asegura al poste mediante pernos
Especificaciones por aplicación	Siempre se deben revisar las especificaciones técnicas del fabricante o de la norma aplicable

Tabla 7.5.23a. Ficha Técnica - Concreto 4.000 PSI (dado)

7.5.24. Elementos del Anexo 1 No Aplicables al Diseño Final

A continuación, se relacionan los elementos contemplados en el Anexo 1 del contrato que, conforme al diseño técnico definitivo del proyecto, no resultan aplicables. Se presenta la ficha técnica original de cada elemento como sustento de la comparación, junto con la justificación puntual de su no aplicabilidad. El detalle consolidado de esta y las demás modificaciones al alcance contractual se presenta en la Matriz de Modificaciones (numeral 7.7).

7.5.24.1. Abrazadera de Acero para Montaje en Postes de hasta 60 cm

Elemento contratado: 40 unidades (Anexo 1, veinte puntos nuevos CCTV). No aplica: la sujeción de gabinetes y demás elementos al poste se resuelve mediante

cinta bandit de 5/8" (numeral 7.5.13), la cual garantiza la capacidad de sujeción y resistencia mecánica requerida, sin necesidad de un elemento adicional de fijación.

Parámetro	Especificación
Material	Acero (a menudo galvanizado para mayor resistencia a la corrosión)
Dimensiones	Para postes de hasta 60 cm de diámetro
Diseño	Compuesta típicamente por dos platinas semicirculares unidas por tornillos y tuercas, lo que permite un ajuste seguro
Tratamiento superficial	Frecuentemente galvanizada para protegerla del óxido y la corrosión, extendiendo su vida útil en exteriores
Resistencia	Debe ser lo suficientemente robusta para soportar cargas estables. Las especificaciones pueden incluir requisitos de carga mínima de rotura

Tabla 7.5.24.1a. Ficha Técnica - Abrazadera de Acero

7.5.24.2. Fuente de Alimentación PoE 12 V por Cable UTP

Elemento contratado: 20 unidades (Anexo 1, veinte puntos nuevos CCTV). No aplica: las cámaras PTZ y LPR definidas en el proyecto (numerales 7.5.7 y 7.5.8) requieren alimentación PoE+ (802.3at, 48-54V) o fuente independiente, conforme a la Nota técnica del numeral 7.5.21.1, no PoE pasivo de 12V por cable UTP.

Parámetro	Especificación mínima
Tipo de equipo	Fuente de alimentación PoE pasiva o activa, salida 12 V DC
Modo de transmisión	Energía suministrada por par trenzado UTP
Voltaje de salida	12 V DC ± 10%
Corriente de salida	Mínimo 1 A por puerto
Potencia total de salida	12 W por canal mínimo
Voltaje de entrada	100 – 240 V AC, 50/60 Hz
Compatibilidad de cableado	UTP categoría 5e o superior
Protecciones eléctricas	Sobretensión, sobrecorriente, cortocircuito y sobretemperatura
Indicadores	LED de encendido y estado de salida
Eficiencia	≥ 80%
Condiciones de operación	Temperatura: 0 °C – 40 °C / Humedad ≤ 90% sin condensación
Montaje	De superficie o mural, con conectores RJ45 estándar
Material del gabinete	Plástico o metálico con aislamiento dieléctrico

Tabla 7.5.24.2a. Ficha Técnica - Fuente de Alimentación PoE 12V

7.5.24.3. Poste Metálico 14 y 16 Metros

Elemento contratado: 1 unidad de 14m + 1 unidad de 16m (Anexo 1, veinte puntos nuevos CCTV). No aplica: el diseño final del proyecto no contempla la instalación de postes metálicos, dado que la totalidad de los puntos de videovigilancia existentes y nuevos se soporta sobre poste de concreto pretensado (numeral 7.5.3).

Parámetro	Especificación
Longitud total	14 metros o 16 metros
Material	Acero galvanizado
Base	Placa de anclaje robusta con refuerzos para soportar el peso de las cámaras y el cableado
Resistencia	Debe soportar peso y vientos de acuerdo con la normativa colombiana
Opciones de montaje	Incluye brazos, soportes o "canastas"
Instalación	Requiere una base de concreto para su fijación, asegurando que sea estable y segura

Tabla 7.5.24.3a. Ficha Técnica - Poste Metálico 14/16 m

7.5.24.4. Canastilla para Poste Metálico

Elemento contratado: 1 unidad (Anexo 1, veinte puntos nuevos CCTV). No aplica: es un accesorio exclusivo de anclaje del poste metálico (numeral 7.5.26.3), sin uso independiente; al no aplicar el poste metálico, tampoco aplica su canastilla.

Parámetro	Especificación
Descripción general	Su función es anclar y asegurar la cimentación del poste metálico cuando se requiera instalar, garantizando su alineación y estabilidad.
Material	Acero
Cubrimiento	Las láminas deben estar galvanizadas por inmersión en caliente
Accesorios	Tuercas y arandelas de presión, todas galvanizadas en caliente
Uniones	Los pernos y flejes se unen mediante soldadura eléctrica
Carga de trabajo	300 kgf
Tipo y cantidad de pernos	8 pernos "J"
Longitud de los pernos	1.50 m
Fijación	Se asegura al poste mediante pernos

Tabla 7.5.24.4a. Ficha Técnica - Canastilla para Poste Metálico

7.5.25. Justificación de Sustitución - Postes Metálicos y Canastilla por Estructuras LPR

El diseño de los cinco (5) puntos LPR del proyecto requiere la instalación de siete (7) estructuras metálicas tipo ménsula en L (numeral 7.5.4), La Trampa, Salida Hospital y Salida Barandillas con una (1) unidad cada uno, y Autódromo y Texaco con dos (2) unidades cada uno, elementos no contemplados originalmente en el Anexo 1 del contrato, pero indispensables para garantizar la cobertura de reconocimiento de placas en ambos sentidos de circulación.

Se solicita a la Supervisión y a la Interventoría del contrato evaluar la sustitución de las tres (3) partidas de poste metálico y canastilla (numerales 7.5.24.3 y 7.5.24.4) por las siete (7) estructuras LPR requeridas, realizando el ajuste presupuestal correspondiente conforme al valor unitario real de cada elemento, dado que se trata de un requerimiento técnico necesario para el cumplimiento del objeto contractual y no de una ampliación de alcance no justificada.

7.5.26. Justificación de Instalación de Poste Adicional - Punto Existente sin Infraestructura

Se identificó que el punto existente Cámara La Trampa (ítem 9, numeral 7.1.1) no cuenta actualmente con infraestructura física de soporte, quedando el punto sin cámara operativa. Cabe señalar que este mismo punto corresponde al sitio donde se ubica la cámara LPR La Trampa (numeral 7.5.7, subsección correspondiente), la cual opera de manera complementaria con la cámara PTZ existente en dicha ubicación. Por tratarse de un punto de modernización previsto dentro del alcance contractual, se hace necesaria la instalación de un poste de concreto de 14 metros nuevo para restituir la operatividad de dicho punto, elemento adicional no contemplado en el Anexo 1 del contrato para puntos existentes.

Se solicita a la Supervisión y a la Interventoría del contrato la aprobación del reconocimiento de este costo adicional, dado que corresponde a infraestructura de soporte no presupuestada originalmente para el punto afectado.

7.6. Consolidado de Cantidades y Componentes de Cámaras Nuevas

A partir de las especificaciones técnicas definidas en el numeral 7.5 para cada uno de los elementos del sistema, se presenta a continuación el consolidado de cantidades requeridas para la puesta en funcionamiento de los quince (15) puntos nuevos de videovigilancia del proyecto.

ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL
POSTE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	**10**
GABINETE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**
BRAZO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**
SENSOR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**
CÁMARA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	**20**
UPS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**
SWITCH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**
ADAPTADOR DE FIBRA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**
PATCH CORD FIBRA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**
BANDEJA FIBRA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**
BREAKER	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**
TOMA DE CORRIENTE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**
MULTITOMA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**
PROTECTOR NEUTRO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**
SENSOR TEMPERATURA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**

ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL
SISTEMA DE TIERRA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**15**
ESTRUCTURA tipo ménsula en L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	1	**7**

Tabla 7.6.1. Consolidado de Cantidades y Componentes de Cámaras Nuevas

N.º	Nombre del punto	Tipo	N.º	Nombre del punto	Tipo
1	MILAN PLAZA	Estándar	**9**	ESCUELA LA ESMERALDA	Estándar
2	OLIMPICA	Estándar	**10**	TRES ESQUINAS PORVENIR	Estándar
3	CANAVITA ALTA	Estándar	**11**	LPR TEXACO	LPR
4	GLORIETA TIBIFLORES	Estándar	**12**	LPR LA TRAMPA	LPR
5	ENTRADA TIBIFLORES	Estándar	**13**	LPR AUTODROMO	LPR
6	PARQUE TIBIFLORES	Estándar	**14**	LPR SALIDA HOSPITAL	LPR
7	BARRIO VILLA MARIA	Estándar	**15**	LPR SALIDA BARANDILLAS	LPR
8	GLORIETA BASE MILITAR	Estándar			

Tabla 7.6.2.

Nota: los puntos LPR utilizan estructura metálica tipo ménsula en L en lugar de poste, dado que la cámara de reconocimiento de placas debe cubrir el carril vehicular. Los puntos La Trampa, Salida Hospital y Salida Barandillas requieren una (1) estructura tipo ménsula en L cada uno; los puntos Autódromo y Texaco requieren dos (2) estructuras tipo ménsula en L cada uno, por tratarse de glorieta y vía de doble calzada respectivamente, ambas con doble sentido de aproximación vehicular.

7.7. Matriz de Modificaciones - Cámaras, Postes y Estructuras

La presente matriz consolida las modificaciones identificadas entre las especificaciones técnicas y cantidades definidas en el Anexo 1 y Anexo 2 del contrato, y el diseño técnico definitivo desarrollado en la presente Ingeniería de Detalle. Cada modificación se sustenta técnicamente en el numeral del documento donde se detalla su ficha comparativa, justificación y, cuando aplica, la solicitud de

ajuste presupuestal correspondiente. Se somete a consideración de la Supervisión y la Interventoría del contrato para su revisión y aprobación.

Esta matriz recoge únicamente las modificaciones del numeral 7.5 (cámaras, postes y estructuras); las demás modificaciones del documento se consolidan en la Matriz General de Modificaciones, al final del presente documento.

#	Ítem original (Anexo 1/2)	Modificación propuesta	Justificación resumida	Detalle en
1	Cámara PTZ - ficha 8MP (3840x2160), zoom 25X	Cámara PTZ 4MP (2560x1440), zoom 32X, con disuasión activa (TiOC)	Mayor pluralidad de oferentes, mejor rendimiento nocturno, menor consumo y bajo riesgo de obsolescencia	7.5.5
2	Cámara LPR - ficha genérica 4MP, WDR 140dB	Cámara LPR 4MP orientada a tráfico, lente motorizado 10-40mm, trigger por radar	Integración nativa con PTZ, mejor precisión en captura de placa, más eventos de tráfico detectables	7.5.7
3	Gabinete eléctrico - 60x50x20 cm	Gabinete - 57x45x54 cm, con toma regulada y multitoma para UPS	Dimensiones insuficientes para alojar equipos eléctricos y de red simultáneamente	7.5.1
4	Fuente de Alimentación PoE 12V - 20 unidades	No aplica	Cámaras PTZ/LPR usan PoE+ (48-54V) o fuente propia, no PoE pasivo de 12V	7.5.24.2
5	Abrazadera de Acero - 40 unidades	No aplica	Sujeción de gabinetes se resuelve con cinta bandit 5/8" (numeral 7.5.12)	7.5.24.1
6	Poste Metálico 14m/16m + Canastilla - 3 unidades	Sustituir por estructuras metálicas tipo ménsula en L	Puntos LPR requieren estructura vial tipo ménsula en L, no poste; reasignación de valor unitario	7.5.24.3 / 7.5.24.4 / 7.5.24.5
7	Poste de Concreto 14m - 20 unidades contratadas (puntos nuevos)	Se utilizan 10 unidades; 9 unidades quedan sin instalar como poste	Los 5 puntos LPR no requieren poste (usan estructura tipo ménsula en L); valor de las 9 unidades sobrantes se reasigna para el financiamiento de dichas estructuras	7.5.3
8	Sin partida presupuestal previa (punto existente, Anexo 1 no incluye postes para los 40 puntos existentes)	Poste de Concreto 14m adicional - Cámara La Trampa (ítem 9, numeral 7.1.1)	Punto existente sin infraestructura física de soporte; costo adicional no presupuestado originalmente	7.5.3.1
9	Concreto 4.000 PSI (dado) - 0.29 m³, originalmente para soporte de poste metálico	Reutilizado para cimentación de estructuras tipo ménsula en L	Poste metálico no aplica; estructuras LPR requieren cimentación en concreto equivalente	7.5.23

7.8. Diseño del Centro de Monitoreo

7.8.1. Sala de Rack

A continuación, se presenta la distribución de equipos en el rack de comunicaciones del Centro de Monitoreo, correspondiente a un gabinete de 43 unidades de rack (43U), y el cuadro de cargas eléctricas asociado a la totalidad de los sistemas del cuarto de monitoreo.

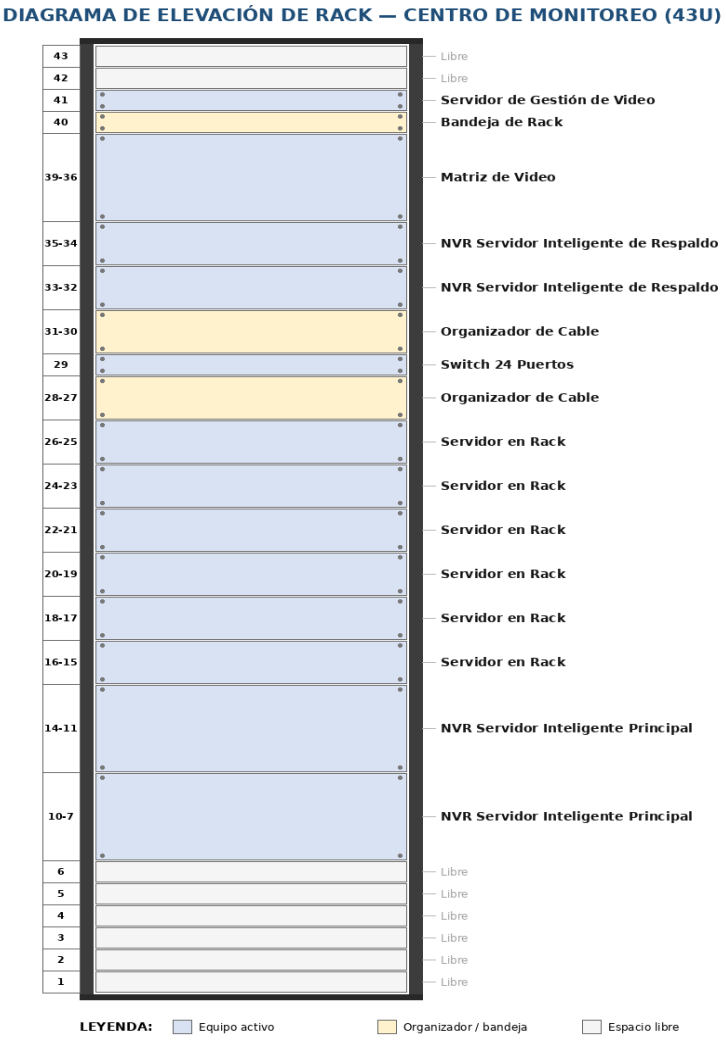


Diagrama 7.8.1a. Distribución de Equipos en Rack - Central de Monitoreo (43U)

Rack de Comunicaciones			
Equipo	**Cant.**	**Carga Unit. (W)**	**Carga Total (W)**
DSS	1	120	120
Matriz de Video	1	600	600
Servidor de Analíticas	2	200	400
Switch Core	1	33	33
Server de Gestión MAIN	2	245	490
Sub-Server de Gestión	4	245	980
Sistema de Almacenamiento	2	500	1000
TOTAL CARGA EN RACK (W)			3623
Sistema de Visualización Videowall			
Equipo	**Cant.**	**Carga Unit. (W)**	**Carga Total (W)**
Pantallas Videowall	10	180	1800
TOTAL, CARGA VIDEOWALL (W)			1800
Workstation			
Equipo	**Cant.**	**Carga Unit. (W)**	**Carga Total (W)**
Monitores Workstation	18	48	864
Estaciones de Trabajo	9	-	0
TOTAL, CARGA WORKSTATION (W)			864
Pantalla Interactiva			
Equipo	**Cant.**	**Carga Unit. (W)**	**Carga Total (W)**
Pantalla 86"	1	550	550
OPS	1	60	60
TOTAL, CARGA PANTALLA INTERACTIVA (W)			610
Sistema de Control de Acceso			
Equipo	**Cant.**	**Carga Unit. (W)**	**Carga Total (W)**
Controlador de Acceso	1	12	12
Retenedor magnético	1	6	6
Botón de Salida	1	1	1
Controlador de Acceso	1	30	30
TOTAL, CARGA CONTROL DE ACCESO (W)			49
Sistema para Detección de Incendios			
Equipo	**Cant.**	**Carga Unit. (W)**	**Carga Total (W)**
Panel de Incendio	1	120	120
TOTAL CARGA DETECCIÓN DE INCENDIOS (W)			120
CARGA TOTAL DEL CUARTO (W)			**7066**

Tabla 7.8.1a. Cuadro de Cargas Eléctricas rack

7.8.2. Sala de Crisis

La Sala de Crisis hace parte del Sistema Integrado de Emergencias y Seguridad (SIES) del Centro de Monitoreo, y está destinada al análisis de la gestión de emergencias que se presenten en el municipio, permitiendo la toma de decisiones ágiles ante situaciones críticas.

Elemento	Unidad	Cantidad
Mesa Redonda para sala de juntas de madera 8 puestos	Und	1
Dispositivo Inteligente de Colaboración de 86"	Und	1
Sillas de oficina ergonómicas	Und	8
Access Point con soporte de 6 GHz	Und	1
Iluminación para techo circular (diámetro 2 m)	Und	1
División de vidrio templado e=10mm, incluye sandbasting	m²	96,22
Soporte de TV fijo de pared	Und	1

Tabla 7.8.2a. Elementos Contemplados en el Anexo 1 -Sala de Crisis

Parámetro	Especificación
Dimensiones mínimas	140 cm ancho × 100 cm fondo × 73 cm espesor
Base	Continua con niveladores
Material	Madera

Tabla 7.8.2b. Ficha Técnica - Mesa Redonda para Sala de Juntas

Parámetro	Especificación
Tipo de equipo	Dispositivo inteligente de colaboración / Pizarra interactiva 4K
Tamaño de pantalla	86" (D-LED retroiluminado)
Resolución nativa	3840 × 2160 píxeles (4K UHD)
Tipo de panel	D-LED con superficie antirreflejo
Tiempo de respuesta	≤ 16 ms
Brillo	≥ 350 nits
Tecnología táctil	Infrarroja o capacitiva proyectada

Parámetro	Especificación
Puntos de toque simultáneo	Hasta 20 puntos táctiles
Distancia de detección táctil	≤ 1.5 mm
Memoria RAM	8 GB mínimo
Almacenamiento interno	64 GB Flash mínimo
Micrófonos integrados	Matriz con alcance de captura hasta 12 m, cobertura 180°
Funciones de IA	Auto encuadre (auto-framing), seguimiento de voz, cancelación acústica
Conectividad inalámbrica	Wi-Fi 6 (2.4 GHz y 5 GHz)
Conectividad de red	Puerto RJ45 (Ethernet LAN 10/100/1000 Mbps)
Puertos de entrada/salida	HDMI In/Out, 3.5mm audio, 3×USB-A 3.0, 1×USB Type-C, RS232 opcional
Fuente de alimentación	100–240 V AC, 50/60 Hz
Temperatura de operación	0 °C a +40 °C

Tabla 7.8.2c. Ficha Técnica - Dispositivo Inteligente de Colaboración 86" (Pizarra Digital 4K)

Parámetro	Especificación
Tipo de silla	Semi ejecutiva o operativa con respaldo
Estilo	Moderno, profesional, con acabados que armonicen la sala de crisis
Materiales	Respaldo en malla o cuero; Asiento en espuma de poliuretano de alta densidad; Base en aluminio fundido
Respaldo ajustable	Regulación en altura y ángulo
Soporte lumbar	Regulable en altura y profundidad

Tabla 7.8.2d. Ficha Técnica - Sillas de Oficina Ergonómicas

Parámetro	Especificación
Tipo de equipo	Punto de acceso inalámbrico de interior con soporte de 6 GHz (Wi-Fi 6E o superior)
Bandas de frecuencia	2.4 GHz / 5 GHz / 6 GHz
Seguridad inalámbrica	WPA3-Enterprise, WPA2-Enterprise, 802.1X, autenticación RADIUS
Gestión y configuración	Interfaz Web, aplicación móvil o controlador en la nube / on-premise

Parámetro	Especificación
Alimentación	PoE+ (IEEE 802.3at) o adaptador 12 V DC
Consumo máximo	≤ 18 W
Puertos de red	1 × Ethernet Gigabit (10/100/1000 Mbps) o superior
Indicadores LED	Estado, alimentación y actividad inalámbrica
Montaje	Techo o pared (soportes incluidos)
Temperatura de operación	0 °C – 50 °C
Humedad relativa	10 % – 90 % sin condensación

Tabla 7.8.2e. Ficha Técnica - Punto de Acceso Inalámbrico Wi-Fi 6E Tabla

Descripción de la situación actual: el Anexo 1 del contrato contempla una lámpara de techo circular de 2 metros de diámetro y 18W como solución de iluminación para la Sala de Crisis. Sin embargo, dado que el diseño interior definitivo de dicho espacio (acabados, mobiliario, distribución) corresponde a una fase de diseño arquitectónico que aún no se ha desarrollado, no es posible en esta etapa definir una ficha técnica de iluminación que responda a dicho diseño.

Recomendación: se recomienda que la solución de iluminación de la Sala de Crisis sea definida por un arquitecto o diseñador de interiores, como parte del desarrollo del diseño interior del Centro de Monitoreo, garantizando la coherencia entre la iluminación, los acabados y la funcionalidad del espacio. La ficha técnica del elemento de iluminación contemplado en el Anexo 1 se mantiene como referencia mínima de partida (18W, techo circular), sujeta a ajuste una vez se desarrolle dicho diseño.

Parámetro	Especificación
Vidrio	Templado de seguridad
Espesor	10 mm
Cantos	Pulidos y bisel
Cuerpo	Aluminio con acabado
Sellos	Siliconas neutras o juntas de goma

Parámetro	Especificación
Resistencia al impacto	Hasta 5 veces más fuerte que el vidrio crudo

Tabla 7.8.2g. Ficha Técnica - División de Vidrio Templado

Parámetro	Especificación
Tipo de fijación	Fijo, para montaje directo a pared
Compatibilidad	Pantallas de 75" a 98", patrón VESA hasta 800×600 mm
Capacidad de carga	Mínimo 100 kg
Material	Acero laminado en frío, con tratamiento anticorrosivo
Acabado	Pintura electrostática negra
Nivelación	Sistema de nivelación horizontal integrado
Accesorios incluidos	Tornillería y anclajes para mampostería/concreto

Tabla 7.8.2h. Base Móvil de Piso (Modificación - antes: Soporte de TV Fijo de Pared)

7.8.2h-1. Ficha Técnica - Contrato (Soporte de TV Fijo de Pared)

Parámetro	Especificación
Tipo de estructura	Base móvil de piso, diseño modular, con ruedas
Compatibilidad	Pantallas / dispositivos interactivos de 86" a 98"
Capacidad de carga máxima	200 kg
Dimensiones del producto ensamblado (L×An×Al)	1610 mm × 750 mm × 1711 mm
Peso neto	28.4 kg
Acabado	Color plata titanio
Temperatura de operación	-5°C a +45°C
Humedad relativa	40% – 95%

Tabla 7.8.2h-2. Ficha Técnica - Propuesta (Base Móvil de Piso)

Parámetro	Exigido (Contrato)	Propuesto	Cumplimiento	Justificación técnica
Tipo de fijación	Fijo a pared (no verificable - ficha con error)	Base móvil de piso con ruedas	Supera	Permite reubicar el dispositivo según la disposición operativa de cada sesión de la Sala

Parámetro	Exigido (Contrato)	Propuesto	Cumplimiento	Justificación técnica
				de Crisis, sin depender de un punto fijo en el muro
Compatibilidad declarada	No especificada (ficha inválida)	86" a 98"	Supera	Coincide exactamente con el Dispositivo Inteligente de Colaboración de 86" (Tabla 7.8.2c), garantizando compatibilidad física verificada
Capacidad de carga	No especificada (ficha inválida)	200 kg	Supera	Ficha técnica con capacidad de carga certificada, ausente en la especificación original
Instalación	Requiere anclaje estructural al muro	Autónoma, no requiere intervención en muros	Supera	Reduce el impacto en la obra civil de la Sala de Crisis y facilita reconfiguraciones futuras del espacio

Tabla 7.8.2h-3. Análisis Comparativo - Ficha Contractual vs. Ficha Propuesta

7.8.2h.1. Conclusión

Una vez verificado que la ficha técnica original del Soporte de TV Fijo de Pared, contenida en el Anexo 2 del contrato, presenta un error de transcripción que impide validar sus características técnicas reales, se concluye técnicamente que es procedente sustituir dicho elemento por una base móvil de piso, la cual además de subsanar la falta de especificación verificable, aporta ventajas operativas para la Sala de Crisis.

7.8.2h.2. Justificación técnica de la modificación

- Corrección de error documental. La ficha técnica original no es utilizable como referencia de compra, al contener datos correspondientes a un elemento distinto (vidrio templado).
- Flexibilidad operativa. Una base móvil permite reubicar el dispositivo de colaboración según la disposición de cada sesión de crisis (mesa redonda, presentación frontal, trabajo en subgrupos), sin las limitaciones de un punto fijo de anclaje.
- Compatibilidad verificada. La ficha propuesta certifica compatibilidad directa con el rango de tamaño (86"-98") del Dispositivo Inteligente de Colaboración ya definido en el numeral 7.8.2c.

Se solicita a la Supervisión y a la Interventoría del contrato la aprobación de esta sustitución

7.8.3. Centro de Monitoreo

El Centro de Monitoreo corresponde a la sala de operación donde se ubican el video Wall, las estaciones de trabajo de los operadores y el servidor de video vigilancia, permitiendo la visualización en tiempo real de las cámaras del sistema para la supervisión y detección de incidentes.

Elemento	Unidad	Cantidad
Monitores industriales 55" marco de 3,5 mm	Und	10
Soportes Push para monitores de 55"	Und	10
Estructura en perfil metálico negro 70x70x3mm para video Wall	kg	520,45
Cable HDMI 15m 1080P	Und	10
Servidor de video vigilancia CPU 64 bits	Und	1
Piso falso (módulos 60,9x60,9cm)	m²	87,95
Ventosa de una posición para piso	Und	1
Sillas ergonómicas	Und	6

Elemento	Unidad	Cantidad
Escritorios	Und	6
Extintor 3700g + señal + gancho + manguera + pedestal	Und	3

Tabla 7.8.3a. Elementos Contemplados en el Anexo 1 - Centro de Monitoreo

7.8.3.1. Monitores industriales 55”

Parámetro	Especificación
Tipo de pantalla	LCD industrial para videowall
Tamaño	55 pulgadas (diagonal)
Resolución	Full HD
Bisel ultraestrecho	3.5 mm total
Brillo típico	500–700 cd
Tiempo de respuesta	8 ms
Entradas	HDMI (1–2 puertos), DVI-D, VGA (D-Sub), DisplayPort, CVBS (BNC), USB

Tabla 7.8.3.2. Modificación - Estructura Metálica para Video Wall

Elemento modificado - ver Matriz General de Modificaciones. La estructura adosada a muro con soportes Push contratada se reemplaza por una estructura autoportante tipo pedestal/bastidor, independiente del muro.

Parámetro	Especificación
Material	Acero estructural
Dimensiones	Sección de cada perfil de 70x70x3 mm
Esfuerzo de fluencia mínimo, Fy	340 MPa
Resistencia a tensión mínima, Fu	450 MPa
Acabado	Recubierto con anticorrosivo
Color	Negro

Tabla 7.8.3.2a. Ficha Contrato,Estructura Metálica tipo push

Parámetro	Especificación
Tipo de estructura	Autoportante tipo pedestal o bastidor independiente, no adosada al muro
Separación respecto al muro	80 cm (pasillo técnico posterior)
Material	Acero estructural

Parámetro	Especificación
Dimensiones	Sección de perfil según diseño de carga, estándar mínimo 70x70x3 mm
Esfuerzo de fluencia mínimo, Fy	≥ 340 MPa
Resistencia a tensión mínima, Fu	≥ 450 MPa
Acabado	Recubierto con anticorrosivo
Color	Negro
Sistema de fijación de monitores	Rieles o soportes VESA integrados al bastidor, con acceso de servicio desde la parte posterior
Fijación al piso	Anclaje mediante base/pedestal, con nivelación y arriostramiento independiente del muro
Acceso para mantenimiento	Posterior, por pasillo técnico, sin desplazar ni desmontar los monitores, sin des energizar el Video Wall
Ventilación y refrigeración	Espacio técnico posterior habilitado para sistemas de ventilación forzada y extracción de aire caliente
Normativas y buenas prácticas	Diseño conforme a mejores prácticas internacionales de Centros de Control y Monitoreo de operación 24/7

Tabla 7.8.3.2b. Ficha Propuesta - Estructura Autoportante tipo Pedestal/Bastidor

Parámetro	Ficha Contrato, Estructura + Soportes Push	Ficha Propuesta, Estructura Autoportante tipo Pedestal
Tipo de estructura	Adosada a muro, fija	Autoportante tipo pedestal/bastidor, independiente
Separación del muro	0 cm	80 cm (pasillo técnico)
Sistema de fijación de monitores	Soportes Push (anclaje directo a la estructura de muro)	Rieles/soportes VESA integrados al bastidor
Material y perfil	Acero estructural, 70x70x3 mm, Fy 340 MPa / Fu 450 MPa	Acero estructural, mismo estándar o superior (Fy ≥340 / Fu ≥450 MPa)
Acceso para mantenimiento	Frontal, con desplazamiento o desmontaje de monitores	Posterior, por pasillo técnico, sin desmontaje

Parámetro	Ficha Contrato, Estructura + Soportes Push	Ficha Propuesta, Estructura Autoportante tipo Pedestal
Continuidad del monitoreo durante mantenimiento	Se interrumpe,genera puntos ciegos	No se interrumpe,visualización continua 24/7
Ventilación y refrigeración	No contempla espacio técnico dedicado	Espacio técnico dedicado para ventilación forzada y extracción de aire caliente

Tabla 7.8.3.2c. Tabla Comparativa - Estructura adosada + Soportes Push vs. Estructura Autoportante

7.8.3.3. Conclusión

El reemplazo del sistema de soporte tipo Push adosado a muro por una estructura autoportante tipo pedestal, separada 80 cm del muro, garantiza la continuidad de la operación de videovigilancia 24/7 durante las labores de mantenimiento preventivo y correctivo, al permitir el acceso posterior sin desplazar ni desmontar los monitores. Adicionalmente, habilita el espacio técnico necesario para la ventilación y disipación de calor de los monitores profesionales, contribuyendo a su vida útil y a la confiabilidad del sistema.

7.8.3.4. Justificación

Desde el punto de vista técnico y operativo, se establece que para el montaje del Video Wall no se debe contemplar un sistema de soporte tipo Push (adosado directamente a muro), toda vez que esta configuración impide la visualización y operación continua de las cámaras durante la ejecución de las labores de mantenimiento preventivo y correctivo, al requerir el desplazamiento o desmontaje de los monitores hacia el frente, generando puntos ciegos, interrupción del monitoreo y afectación directa al servicio de videovigilancia 24/7.

Por lo anterior, y conforme a las mejores prácticas de diseño de Centros de Control y Monitoreo establecidas en normas internacionales, se define como mejor opción

la implementación de una estructura de soporte autoportante tipo pedestal o bastidor independiente, separada 80 cm de la pared. Esta configuración permite el acceso posterior por pasillo técnico para la realización de mantenimientos preventivos y correctivos sin afectar la operación del sistema, sin desenergizar el Video Wall y sin interrumpir la visualización de las cámaras en tiempo real.

Adicionalmente, esta separación de 80 cm garantiza el espacio técnico necesario para la instalación de sistemas de refrigeración, ventilación forzada y extracción de aire caliente, lo cual es indispensable para mantener las temperaturas de operación adecuadas de los monitores profesionales en funcionamiento continuo las 24 horas, los 7 días de la semana, prolongando su vida útil, evitando fallas por sobrecalentamiento y asegurando la disponibilidad y confiabilidad del sistema.

7.8.3.5. Cable HDMI 15m

Parámetro	Especificación
Tipo de conector	HDMI macho a HDMI macho
Versión HDMI	1.4 o superior
Longitud	15 metros
Resolución soportada	Full HD 1080p a 60 Hz, compatible con 3D, algunos modelos admiten hasta 4K
Conductor	CCS (acero revestido de cobre) o cobre puro (según modelo)
Calibre del cable	28 AWG o 30 AWG
Velocidad de transferencia	Hasta 10.2 Gbps (estándar HDMI 1.4)

Tabla 7.8.3.5a. Ficha Técnica - Cable HDMI 15m

7.8.3.6. Servidor de Video Vigilancia

Parámetro	Especificación
Arquitectura	CPU de 64 bits, 4 núcleos físicos o superiores
Sistema operativo	Linux embebido o Windows Server (versión actual compatible)

Parámetro	Especificación
Memoria RAM	≥ 8 GB, expandible a 64 GB o más
Almacenamiento interno	≥ 1 TB HDD para sistema operativo
Almacenamiento ampliable	Capacidad para instalar mínimo 2 discos adicionales SATA/SAS de hasta 22 TB cada uno
Capacidad de gestión de video	Soporte para ≥ 512 canales de video IP y ≥ 64 canales ONVIF
Compatibilidad VMS	Compatible con software de gestión de video del fabricante (DSS/iVMS/HikCentral) y ONVIF
Gestión remota	Interfaz de administración remota segura (Web, SSH, SNMP, o iDRAC/BMC equivalente)
Seguridad	Soporte para arranque seguro, firmware firmado criptográficamente y bloqueo de sistema
Accesorios incluidos	Cables de alimentación, tornillería y soportes de montaje para rack

Tabla 7.8.3.6a. Ficha Técnica - Servidor de Video Vigilancia

7.8.3.7. Elementos No Aplicables

Elementos no aplicables - ver Matriz General de Modificaciones. El piso falso y la ventosa para piso, contratados originalmente para el Centro de Monitoreo, no se instalarán.

Elemento	Cantidad contratada	Justificación de no aplicación
Piso falso (módulos 60,9x60,9 cm)	87,95 m²	Se determina no instalar el piso técnico elevado y optar por un piso de alto tráfico de acabado más elegante, acorde con el estándar de imagen institucional requerido para el Centro de Monitoreo. La gestión y protección del cableado, que originalmente se resolvía mediante el piso técnico, se garantiza con tubería subterránea de capacidad suficiente para cualquier eventualidad, instalada bajo el piso definitivo.

Elemento	Cantidad contratada	Justificación de no aplicación
Ventosa de una posición para piso	1 und	Accesorio exclusivo para el levantamiento de paneles del piso falso; al no aplicar el piso falso, esta herramienta tampoco aplica.

Tabla 7.8.3.7a. Elementos no aplicables – Piso Falso y Ventosa para Piso

7.8.3.8. Sillas Ergonómicas

Parámetro	Especificación
Tipo de silla	Semi ejecutiva u operativa con respaldo
Estilo	Moderno, profesional, con acabados que armonicen el Centro de Monitoreo
Materiales	Respaldo en malla o cuero; Asiento en espuma de poliuretano de alta densidad; Base en aluminio fundido
Respaldo ajustable	Regulación en altura y ángulo
Soporte lumbar	Regulable en altura y profundidad

Tabla 7.8.3.8a. Ficha Técnica - Sillas Ergonómicas

7.8.3.9. Escritorios

Parámetro	Especificación
Material principal	Estructura en acero laminado en frío, calibre 18, con acabado en pintura electrostática color gris o negro
Dimensiones estándar	Largo: 160 cm, Ancho: 70 cm, Altura: 75 cm (ajustables según requerimiento)
Soporte para monitores	Capacidad para instalar hasta 3 monitores de 24" a 40"
Almacenamiento	1 cajón superior con cerradura para objetos personales; 2 cajones inferiores; sistema de rieles metálicos de extensión completa
Ergonomía	Área libre debajo para movilidad; bordes redondeados; compatible con sillas ergonómicas
Opcionales	Ruedas con freno para facilitar reubicación

Tabla 7.8.3.9ª. Ficha Técnica - Escritorios

7.8.3.10. Extintor

Parámetro	Especificación
Tipo de agente extintor	Polvo químico seco (ABC multipropósito)
Capacidad	3.7 kg
Material del cilindro	Acero al carbono con pintura epóxica roja resistente a la corrosión
Presión de operación	195 psi
Sistema de descarga	Válvula de latón con palanca metálica y manómetro
Alcance efectivo	3 a 5 metros
Tiempo de descarga	12 15 segundos

Tabla 7.8.3.10ª. Ficha Técnica - Extintor

7.8.4. Sala de Descanso

Corresponde a la dotación de la sala de descanso del Sistema Integrado de Emergencias y Seguridad (SIES), destinada a los operadores del centro de monitoreo durante sus turnos y pausas. El área asignada a este espacio es de 24 m².

7.8.4.1. Mesa de Centro

Parámetro	Especificación
Dimensiones aproximadas	Largo: 60 – 100 cm Altura máximo: 80 cm
Estructura sugerida	Superficie: MDF de alta calidad Base: patas metálicas en acero Acabado anti-rayones
Diseño funcional sugerido	Estilo moderno y minimalista, con bordes redondeados
Seguridad y ergonomía	Bordes redondeados; superficie estable y resistente a cargas
Colores sugeridos	Madera, caoba, blanco mate, roble claro, gris ceniza, beige natural, arena suave

Parámetro	Especificación
Normativas y calidad	Fabricación bajo estándares ISO 9001

Tabla 7.8.4.1a. Ficha Técnica - Mesa de centro

7.8.4.2. Puerta en vidrio templado 10 mm

Parámetro	Especificación
Material del vidrio	Vidrio templado, espesor 10 mm
Acabado decorativo	Incluye película de seguridad o sandblasting
Herrajes y accesorios incluidos	Bisagra de piso Manijas en acero inoxidable tipo H o tubular Cerradura de seguridad doble cilindro Esquinero superior e inferior Porta cerradura cuadrada o redonda
Instalación	Anclaje directo a estructura o marco Compatible con muros en drywall o mampostería
Seguridad y normativas	Vidrio conforme a la norma ANSI Z97.1
Mantenimiento	Limpieza con paños suaves y productos no abrasivos

Tabla 7.8.4.3a. Ficha Técnica - Puerta en vidrio templado 10 mm

7.8.4.3. Mini nevera

Parámetro	Especificación
Dimensiones aproximadas	Alto: 85 cm Ancho: 48 cm Capacidad: 90 a 120 l
Tipo de enfriamiento	Sistema de enfriamiento Control de temperatura

Parámetro	Especificación
Distribución interna sugerida	2 estantes ajustables de vidrio templado Compartimiento inferior para botellas Bandeja para frutas o snacks
Consumo energético	Clasificación energética A Voltaje: 110 V – 60 Hz
Colores sugeridos	Blanco, gris claro, plata, beige suave
Funciones adicionales sugeridas (opcionales)	Interior luz LED Sistema de descongelamiento automático Cerradura opcional para seguridad Patas niveladoras

Tabla 7.8.4.4a. Ficha Técnica – Mini nevera

7.8.4.5. Microondas

Parámetro	Especificación
Dimensiones aproximadas	Ancho: 45 cm Alto: 26 cm
Potencia y rendimiento	700 W Función de descongelamiento por peso Temporizador digital hasta 30 minutos
Materiales y acabados	Exterior: acero inoxidable o pintura epóxica resistente al calor Interior: cavidad esmaltada o acero inoxidable, fácil de limpiar Plato giratorio de vidrio templado (diámetro aprox. 25 cm)
Panel de control	Tipo: digital o mecánico; botones o perilla de fácil uso
Seguridad	Sistema de bloqueo Protección contra sobrecalentamiento Certificación eléctrica RETIE (Colombia)
Consumo energético	Voltaje: 110 V – 60 Hz Clasificación energética A o superior

Parámetro	Especificación
	Consumo promedio: 0,9 kWh por uso

Tabla 7.8.4.5a. Ficha Técnica – Microondas

7.8.4.6. Cafetera

Parámetro	Especificación
Capacidad y rendimiento	Depósito de agua Contenedor de café
Funciones sugeridas y opcionales	Molinillo integrado con múltiples niveles de molienda Sistema de leche automático (espumador) Pantalla táctil o panel digital
Eficiencia energética	Clasificación energética A o superior Modo ahorro de energía y apagado automático
Materiales y acabados	Exterior: acero inoxidable o plástico Interior: componentes desmontables
Seguridad y mantenimiento	Indicadores de mantenimiento y limpieza Manual en español incluido Soporte
Colores sugeridos	Plata, blanco, gris claro, negro mate

Tabla 7.8.4.6a. Ficha Técnica - Cafetera

7.8.4.7. Dispensador de agua

Parámetro	Especificación
Tipo de dispensador sugerido	Conectado a la red (sin botellón), con sistema de filtración integrado Modelo con garrafón oculto para espacios sin conexión directa a red

Parámetro	Especificación
Dimensiones aproximadas	Alto: 100 – 120 cm Ancho: 30 – 40 cm Profundidad: 35 cm
Funciones de temperatura	Agua fría: 5 – 10 °C Agua caliente: 85 – 95 °C
Sistema de enfriamiento y calentamiento	Compresor silencioso Resistencia eléctrica para calentamiento rápido Termostatos independientes
Filtración y purificación	Filtro de carbón activo Protección
Materiales y acabados	Gabinete en acero inoxidable o polietileno de alta densidad

Tabla 7.8.4.7a. Ficha Técnica - Dispensador de agua

7.8.4.8. Elementos No Aplicables

Elementos no aplicables - ver Matriz General de Modificaciones. El sillón reclinable y la lámpara de piso regulable, contratados originalmente para la sala de descanso, no se instalarán.

Elemento	Cantidad contratada	Justificación de no aplicación
Sillón reclinable	2 und	Se retira del alcance de la sala de descanso; su función de descanso individual queda cubierta por el sillón en L propuesto (7.8.4.9), que ofrece mayor capacidad de uso simultáneo en la misma área.
Lámpara de piso regulable	2 und	Se retira del alcance; la iluminación general de la sala de descanso se cubre con la iluminación de techo prevista para el espacio, sin requerir lámparas de piso adicionales.

Tabla 7.8.4.8a. Elementos No Aplicables - Sillón reclinable y Lámpara de piso regulable

7.8.4.9. Modificación: Sofá 3 puestos Sillón en L

Elemento modificado - ver Matriz General de Modificaciones. El sofá de 3 puestos contratado se reemplaza por un sillón modular en L, manteniendo el mismo estándar de confort y tapizado.

Parámetro	Especificación
Dimensiones aproximadas	Largo: 210 cm Altura: 90 cm
Estructura	Base: patas de acero inoxidable con niveladores
Acolchado y confort	Espuma de alta densidad Cojines de asiento y respaldo independientes, removibles y lavables
Tapizado	Material tipo lino premium o microfibra de alto tráfico
Colores sugeridos	Beige claro, gris perla, arena, hueso blanco, azul cielo suave

Tabla 7.8.4.8a. Elementos No Aplicables - Sillón reclinable y Lámpara de piso regulable

Parámetro	Especificación
Configuración	Modular tipo esquinero (chaise longue + módulo recto), en L, orientación reversible (izquierda o derecha)
Dimensiones aproximadas	Lado largo: 260 cm Lado corto (chaise): 155 cm Profundidad del asiento: 95 cm Altura total: 88 cm Altura del asiento: 42 cm
Capacidad	4 a 5 puestos de uso simultáneo
Estructura	Base en madera de pino inmunizada o estructura metálica tubular; patas de acero inoxidable o madera, con niveladores
Acolchado y confort	Espuma de alta densidad (D30–D35) en asiento Espuma de media densidad en respaldo

Parámetro	Especificación
	Apoyabrazos acolchados
Tapizado	Cojines de asiento y respaldo independientes, removibles, desenfundables y lavables Tela tipo lino premium o microfibra de alto tráfico
Colores sugeridos	Beige claro, gris perla, arena, hueso blanco, azul cielo suave
Normativas y calidad	Cumple con normas de ergonomía laboral Fabricación bajo estándares ISO 9001

Tabla 7.8.4.9b. Ficha Propuesta - Sillón en L

Parámetro	Ficha Contrato - Sofá 3 puestos	Ficha Propuesta - Sillón en L
Configuración	Sofá recto, 3 puestos	Modular esquinero en L, orientación reversible
Dimensiones	Largo: 210 cm / Altura: 90 cm	Lado largo: 260 cm / Chaise: 155 cm / Altura: 88 cm
Capacidad	3 puestos	4 a 5 puestos
Estructura y base	Acero inoxidable con niveladores	Madera inmunizada o metálica tubular, con niveladores
Acolchado	Espuma de alta densidad	Espuma de alta densidad (asiento) y media densidad (respaldo)
Tapizado	Lino premium o microfibra de alto tráfico	Igual - lino premium o microfibra de alto tráfico
Colores sugeridos	Beige claro, gris perla, arena, hueso blanco, azul cielo suave	Igual - misma paleta

Tabla 7.8.4.9c. Tabla Comparativa - Sofá 3 puestos vs. Sillón en L

7.8.4.10. Conclusión

El reemplazo del sofá recto de 3 puestos por un sillón modular en L incrementa la capacidad de descanso simultáneo (de 3 a 4-5 puestos) y aprovecha mejor la

geometría del área disponible en la sala de descanso (24 m²), sin modificar el estándar de tapizado, acolchado ni la paleta de colores ya definida para el espacio.

7.8.4.11. Justificación

Se sustituye el sofá de 3 puestos por un sillón en L para optimizar el aprovechamiento del área de la sala de descanso y ofrecer una configuración más versátil y cómoda para los operadores durante los turnos, absorbiendo además la función de descanso individual que cubría el sillón reclinable retirado del alcance.

7.8.5. Zona de Almacenamiento

7.8.5.1. Modificación: Estantería metálica → Mueble organizador de madera a medida

Elemento modificado - ver Matriz General de Modificaciones. La estantería metálica contratada se reemplaza por un mueble organizador de madera fabricado a medida para la zona de almacenamiento.

Parámetro	Especificación
Tipo de estantería	Estantería metálica modular tipo industrial o de oficina Montaje sin tornillos (sistema de encaje rápido) o con tornillos (mayor rigidez estructural)
Dimensiones estándar (sugeridas)	Ancho: 1200 mm – 1500 mm Fondo: 400 mm u 800 mm Altura: 2000 mm – 2100 mm
Capacidad de carga	Carga máxima por estante: 200–250 kg Carga total por módulo: hasta 1200 kg
Seguridad y estabilidad	Soportes: placas niveladoras para suelos irregulares Opcional: fijación al suelo con base metálica
Accesorios opcionales	Etiquetadores Archivadores definitivos (115 x 390 x 275 mm) Puertas metálicas o de policarbonato (según modelo)

Parámetro	Especificación
	Ruedas industriales (para estanterías móviles)
Normativas y calidad	Fabricación bajo normas ISO 9001

Tabla 7.8.5.1a. Ficha Contrato - Estantería metálica

Parámetro	Especificación
Tipo de mueble	Organizador modular fabricado a medida, en madera, para documentos y expedientes
Material principal	MDF de alta densidad o madera aglomerada Enchape en melamínico o laminado de alta resistencia
Dimensiones estándar (sugeridas)	Ancho: 1200 mm – 1500 mm (ajustable a la medida del espacio) Fondo: 400 mm – 450 mm Altura: 2000 mm – 2100 mm
Distribución interna sugerida	Combinación de entrepaños fijos y ajustables Puertas batientes o corredizas en los módulos inferiores Cajones para archivo en los módulos intermedios
Capacidad de carga	Diseñado para carga liviana a media (documentos, expedientes e insumos de oficina)
Acabado	Enchape en madera o laminado de alta resistencia a la humedad y a los rayones
Seguridad y estabilidad	Anclaje a muro Patas o niveladoras de apoyo
Accesorios incluidos	Cerraduras en puertas Tiradores Organizadores internos (bandejas o separadores)
Normativas y calidad	Fabricación a medida bajo especificaciones de diseño interior del espacio

Tabla 7.8.5.1b. Ficha Propuesta - Mueble organizador de madera a medida

Parámetro	Ficha Contrato - Estantería metálica	Ficha Propuesta - Mueble organizador de madera a medida
Material	Estructura metálica modular	MDF de alta densidad o madera aglomerada, con enchape
Dimensiones	Ancho: 1200–1500 mm / Fondo: 400–800 mm / Altura: 2000–2100 mm	Ancho: 1200–1500 mm (a medida) / Fondo: 400–450 mm / Altura: 2000–2100 mm
Capacidad de carga	200–250 kg por estante / hasta 1200 kg por módulo	Carga liviana a media (documentos y expedientes)
Cerramiento	Puertas metálicas o de policarbonato (opcional)	Puertas batientes o corredizas, con cerradura
Acabado	Estructura metálica vista, tipo industrial	Enchape en madera o laminado, integrado al diseño interior del espacio
Fabricación	Modular estándar, bajo normas ISO 9001	A medida, según diseño interior del espacio

Tabla 7.8.5.1c. Tabla Comparativa - Estantería metálica vs. Mueble organizador de madera a medida

7.8.5.2. Conclusión

El reemplazo de la estantería metálica por un mueble organizador de madera fabricado a medida permite integrar la zona de almacenamiento al acabado interior del espacio, manteniendo una capacidad de almacenamiento adecuada para documentos y expedientes livianos, que es el uso real previsto para esta zona.

7.8.5.3. Justificación

Se sustituye la estantería metálica por un mueble organizador de madera a medida para armonizar el acabado de la zona de almacenamiento con el diseño interior del espacio, dado que la carga a almacenar corresponde a documentos y expedientes livianos y no requiere la capacidad de carga industrial de una estantería metálica.

7.8.6. Instalaciones Eléctricas y Red, Voz y Datos

Corresponde a la infraestructura eléctrica, de respaldo de energía y de red de voz y datos requerida para el funcionamiento del centro de monitoreo, e incorporan además la planta eléctrica indicada a continuación.

7.8.6.1. Bandeja portacable acero galvanizado 30x80

Su función es organizar, soportar y proteger cables eléctricos y de datos. Su diseño en acero galvanizado otorga resistencia a la corrosión. Esta bandeja tiene dimensiones específicas de 30 cm de ancho y 80 cm de alto, con el fin de soportar una cantidad considerable de cableado y ofrecer una buena capacidad de carga.

Parámetro	Especificación
Dimensiones estándar	Ancho: 30 cm Alto: 80 cm Espesor de lámina: calibre 22 (mínimo)
Material	Acero laminado en frío con recubrimiento galvanizado por inmersión en caliente
Capacidad de carga	Hasta 74–149 kg/m según referencia
Acabado superficial	Galvanizado en caliente conforme a la norma ISO 9227
Accesorios compatibles	Tapas, curvas horizontales y verticales, derivaciones
Normativas	RETIE Colombia

Tabla 7.8.6.1a. Ficha Técnica - Bandeja porta cable acero galvanizado 30x80

7.8.6.2. UPS Online 10 kVA

Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) tipo Online de doble conversión (VFI) con capacidad nominal de 10 kVA / 10 kW, diseñado para proteger y mantener el suministro continuo de energía en sistemas críticos como centros de datos, equipos de red, videovigilancia o sistemas de control.

Parámetro	Especificación
Capacidad nominal	10 kVA / 10 kW
Tipo de tecnología	Online de doble conversión (VFI-SS-111)
Tecnología del inversor	PWM de alta frecuencia con IGBT
Control	Microprocesador DSP
Topología de entrada	Monofásica o bifásica (según diseño de instalación)
Voltaje nominal de entrada	220/230/240 VAC ± 25 %
Frecuencia de entrada	40 – 70 Hz (autoajustable)
Voltaje nominal de salida	208/220/230/240 VAC (configurable)
Bypass automático	Electrónico (estado sólido), con retransferencia automática
Tipo de baterías	VRLA selladas, libres de mantenimiento (tecnología AGM)
Temperatura de operación	0 °C – 40 °C
Humedad relativa	0 – 95 % sin condensación
Pantalla LCD	Información de tensión, frecuencia, carga, batería, temperatura y eventos
Indicadores LED	Normal, batería, bypass, falla
Bypass manual	Incluido, para mantenimiento sin desconexión de carga
Gabinete	Tipo torre, uso interior (NEMA 2 / IP20)
Protecciones	EPO (apagado de emergencia), breakers, protección térmica y de sobretensión

Tabla 7.8.6.2a. Ficha Técnica - UPS Online 10 kVA

7.8.6.3. Cable UTP cat 6ª

Su función corresponde a la necesidad de conectar dispositivos en la red de datos, permitiendo la transmisión de voz y datos, y la conexión de computadoras, impresoras, routers, switches y demás equipos de red requeridos para el funcionamiento.

Parámetro	Especificación
Tipo de cable	U/UTP (par trenzado sin blindaje)
Rendimiento eléctrico	Frecuencia de operación: hasta 500 MHz Velocidad de transmisión: hasta 10 Gbps (10GBASE-T) Impedancia característica: 100 ± 15 Ω Resistencia de bucle: ≤ 9,38 Ω / 100 m Velocidad de propagación (NVP): 69 % Retardo de propagación: ≤ 545 ns / 100 m
Construcción física	Calibre del conductor: 23 AWG (cobre sólido) Aislamiento: HDPE (polietileno de alta densidad) Diámetro externo: 6,8 ± 0,3 mm Radio mínimo de curvatura: 55 mm Chaqueta externa: PVC o LSZH (baja emisión de humo y halógenos) Color estándar: gris RAL 7035 o azul
Condiciones ambientales	Temperatura de operación: -20 °C a +60 °C Resistencia al fuego: IEC/EN 60332-1-2
Normativas	RETIE Colombia

Tabla 7.8.6.3a. Ficha Técnica - Cable UTP cat 6ª

7.8.6.4. Gabinete para Rack de Piso 19" (Altura 1.50 a 2.00 m)

Gabinete metálico tipo rack cerrado de piso, estándar EIA-310D de 19 pulgadas, con altura comprendida entre 1.50 m y 2.00 m, diseñado para el montaje y protección de equipos de red, energía, telecomunicaciones o CCTV.

Parámetro	Especificación
Tipo de gabinete	Rack cerrado de piso para equipos de 19"
Altura nominal	Entre 1.50 m y 2.00 m (≈ 32U a 42U)
Ancho estándar	600 mm (± 10 mm)
Profundidad mínima	600 – 800 mm (según configuración interna)
Estructura	Acero laminado en frío, calibre 16 o superior
Base	Metálica con soporte nivelador o ruedas con freno (según diseño)
Gestión de cableado	Pasacables superior e inferior con gomas o cepillos de sellado
Ventilación	Ventiladores superiores (mínimo 2) o espacio para instalación de ventilación forzada
Capacidad de carga	≥ 800 kg (distribuidos)
Número de bastidores internos	2 o 4 perfiles verticales ajustables, norma EIA-310D
Compatibilidad	Equipos de red, UPS, PDU, DVR/NVR, servidores, switches y accesorios de 19"
Tomas de tierra	Sistema de puesta a tierra interna con cable de unión entre estructura, puertas y bastidores
Puerta frontal perforada (opcional)	≥ 60 % de área abierta para ventilación

Tabla 7.8.6.4a. Ficha Técnica - Gabinete para Rack de Piso 19"

7.8.6.5. Planta eléctrica de 30 kVA

Elemento adicional - no contemplado en el Anexo 1 del contrato. Se incorpora para garantizar el respaldo de energía del centro de monitoreo ante cortes prolongados del suministro eléctrico, complementando la autonomía del UPS. Ver Matriz General de Modificaciones.

Parámetro	Especificación
Tipo de equipo	Planta eléctrica de emergencia (grupo electrógeno), motor diésel, con tablero de control automático
Potencia stand by	30 kVA / 24 kW
Potencia prime	27,5 kVA / 22 kW
Motor	Diésel de 4 cilindros, refrigerado por agua Velocidad: 1800 RPM Aspiración: natural Regulación: electrónica Consumo de combustible: 1,71 gal/hora al 75 % de carga
Alternador	Trifásico, tipo brushless (sin escobillas), autoexcitado Voltaje: 220/127 V Corriente: 74 A
Tablero de control	Automático, microprocesado, con transferencia automática (ATS) y parada de emergencia
Tanque de combustible	Tipo sub-base, integrado a la estructura del equipo
Nivel de ruido	75 dB a 7 metros
Peso	845 kg
Dimensiones	Largo: 1950 mm Ancho: 870 mm Alto: 1060 mm
Normativas	RETIE Colombia; cumplimiento de emisiones ambientales vigentes

Tabla 7.8.6.5a. Ficha Técnica - Planta eléctrica de 30 kVA

7.8.6.6. Justificación

La planta eléctrica de 30 kVA presenta un tiempo de arranque automático de 10 a 15 segundos ante un corte del suministro de la red principal - retardo intencional

para evitar arranques innecesarios ante micro cortes o fluctuaciones momentáneas y requiere aproximadamente 15 segundos adicionales para estabilizar sus revoluciones y entregar energía apta para equipos electrónicos sensibles. En conjunto, esto genera una ventana de 25 a 30 segundos sin suministro eléctrico entre el corte de la red y la estabilización total de la planta, lapso en el cual el Centro de Monitoreo compuesto por servidores de gestión de video y almacenamiento, switches de core, NVR y puestos de visualización quedaría expuesto a un apagado súbito, con riesgo de pérdida de grabación y visualización en tiempo real, corrupción de bases de datos y sistemas operativos, daño prematuro de los discos duros y demoras en el restablecimiento de la operación.

Por tal motivo, la planta eléctrica trabaja de la mano del UPS Online de doble conversión ya mencionado (numeral 7.8.6.2), dimensionado según el estudio de cargas, que cubre esa ventana de transición y garantiza la operación constante, estable y sin interrupciones del Centro de Monitoreo, además de brindar protección contra bajones de tensión, picos y ruido eléctrico.

7.8.6.7. Modificación: Sistema de Videovigilancia Análogo → Sistema IP

Elemento modificado, ver Matriz General de Modificaciones. El DVR 4 canales y las cámaras turbo contratadas se reemplazan por un sistema de videovigilancia nativo IP (NVR + cámaras IP).

Parámetro	Especificación
Tipo de dispositivo	Grabador digital de video (DVR) híbrido multiformato
Canales analógicos	4 canales BNC (HD-TVI / AHD / CVI / CVBS)
Canales IP adicionales	1 canal IP adicional (máx. 6 canales totales)

Parámetro	Especificación
Resolución máxima de grabación	Hasta 5 MP Lite o 4 MP@12 fps
Resolución de salida de video	HDMI y VGA Full HD (1920×1080)
Compresión de video	H.265 Pro+ / H.265 / H.264+ / H.264
Tasa de bits de video	32 Kbps – 8 Mbps por canal
Protocolo de red	TCP/IP, DHCP, DDNS, NTP, PPPoE, ONVIF
Visualización en tiempo real	1 / 4 canales simultáneos
Reproducción simultánea	4 canales
Búsqueda de grabaciones	Por fecha, hora, evento o detección inteligente
Modo de grabación	Continua, por evento, detección de movimiento o alarma
Conectividad remota	Aplicación móvil (iOS/Android), software cliente y navegador web

Tabla 7.8.6.7a. Ficha Contrato - DVR 4 Canales Multiformato con Análisis Inteligente

Parámetro	Especificación
Resolución máxima	4 MP (2688 × 1520 píxeles)
Velocidad de cuadros	25 fps @ 4 MP, 1080p y 720p
Lente	Varifocal motorizada 2,8 – 12 mm, autofoco
Ángulo de visión	Horizontal 105° – 34° (aprox.)

Parámetro	Especificación
Alcance IR	≥ 60 m (LED infrarrojos automáticos)
Iluminación mínima	0,001 Lux @ F1.0 (AGC ON) / 0 Lux con IR encendido
Modo Día/Noche	Filtro mecánico ICR automático
Rango dinámico (WDR)	≥ 120 dB
Mejoras de imagen	BLC, HLC, 3D-DNR, AGC, AWB, ROI, máscara de privacidad, función espejo
Interfaz de red	Ethernet 10/100 Base-T (PoE IEEE 802.3at)
Interoperabilidad	ONVIF / RTSP / SDK abierto
Alimentación eléctrica	12 V DC ± 10 % / PoE+ (IEEE 802.3at)

Tabla 7.8.6.7b. Ficha Contrato - Cámara turbo 1080p mini bala 0.001 lux f1.0 híbrida b/n – 24/7

Parámetro	Especificación
Tipo de dispositivo	Grabador de video en red (NVR), IP nativo
Canales IP	8 canales IP (con margen de expansión sobre las 4 cámaras actuales)
Ancho de banda de entrada	≥ 80 Mbps
Resolución máxima de grabación	Hasta 8 MP (4K) por canal
Resolución de salida de video	HDMI y VGA, hasta 4K (3840 × 2160)
Compresión de video	H.265+ / H.265 / H.264+ / H.264
Puertos PoE integrados	8 puertos PoE (IEEE 802.3af/at), hasta 150 W total
Almacenamiento	≥ 2 bahías SATA, hasta 10 TB por disco

Parámetro	Especificación
Protocolo de red	TCP/IP, DHCP, DDNS, NTP, PPPoE, ONVIF, RTSP
Análisis inteligente	Detección de movimiento por Deep Learning, cruce de línea, intrusión perimetral
Visualización en tiempo real	Hasta 8 canales simultáneos, en múltiples resoluciones
Modo de grabación	Continua, por evento, detección de movimiento o alarma, programada
Conectividad remota	Aplicación móvil (iOS/Android), software cliente (CMS) y navegador web

Tabla 7.8.6.7c. Ficha Propuesta - NVR (grabador de video en red)

Parámetro	Especificación
Tipo de cámara	Cámara IP tipo bala o domo, para uso interior/exterior
Resolución	4 MP o superior (2688 × 1520 o superior), sensor CMOS
Compresión de video	H.265+ / H.265 / H.264+ / H.264
Lente	Varifocal 2.8 – 12 mm, autofoco
Ángulo de visión	Horizontal 105° – 34° (aprox.)
Alcance IR	≥ 60 m (LED infrarrojos automáticos)
Iluminación mínima	0,001 Lux (color) / 0 Lux con IR encendido
Modo Día/Noche	Filtro mecánico ICR automático
Rango dinámico (WDR)	≥ 120 dB (WDR real)
Mejoras de imagen	BLC, HLC, 3D-DNR, AGC, AWB, ROI, máscara de privacidad
Análisis en cámara (edge)	Detección de movimiento inteligente, cruce de línea, intrusión perimetral

Parámetro	Especificación
Interfaz de red	Ethernet 10/100 Base-T, PoE (IEEE 802.3af/at)
Interoperabilidad	ONVIF (Perfil S/T), RTSP, SDK abierto
Protección ambiental	IP67 (exterior) / IK10 (antivandálico), según ubicación de montaje
Alimentación	12 V DC o PoE+ (IEEE 802.3at)

Tabla 7.8.6.7d. Ficha Propuesta - Cámara IP tipo bala o domo

Parámetro	Ficha Contrato - DVR + Cámara turbo	Ficha Propuesta - NVR + Cámara IP
Tipo de transmisión	Híbrida (coaxial BNC + 1 canal IP adicional)	Nativa IP (Ethernet / PoE)
Cableado	Coaxial + alimentación 12 V DC independiente por cámara	Un solo cable UTP con PoE (datos y alimentación)
Canales de grabación	4 analógicos + 1 IP (5-6 totales)	8 canales IP
Resolución máxima	4 MP (grabador) / 4 MP (cámara)	8 MP (4K) por canal (grabador) / 4 MP o superior (cámara)
Análisis inteligente	Detección de movimiento por Deep Learning en el DVR	Análisis por Deep Learning en el NVR y en el borde (cámara)
Escalabilidad	Limitada por los puertos BNC disponibles	Alta - se amplía agregando cámaras IP a la red existente
Alimentación de cámaras	12 V DC dedicada o PoE+ según modelo	PoE+ centralizado desde el NVR o switch PoE

Tabla 7.8.6.7e. Tabla Comparativa - Sistema Análogo/Híbrido vs. Sistema IP

7.8.6.8. Conclusión

El cambio de un sistema híbrido (DVR + cámaras turbo) a un sistema nativo IP (NVR + cámaras IP) moderniza la infraestructura de videovigilancia del Centro de Monitoreo: aumenta la resolución máxima de grabación, amplía la capacidad de análisis inteligente al procesarse tanto en el NVR como en el borde de cada cámara, y simplifica el cableado al transmitir video, datos y alimentación por un único cable UTP con PoE, en lugar de coaxial más alimentación independiente.

7.8.6.9. Justificación

Se sustituye el sistema análogo/híbrido por un sistema de videovigilancia nativo IP para alinear la infraestructura de cámaras con la red de datos ya contemplada en este numeral (switch gestionable, cableado UTP cat 6A y rack de piso 19"), aprovechando PoE para transmitir video y alimentación por un solo cable, mejorando la resolución y las capacidades de análisis inteligente, y facilitando la escalabilidad futura del sistema de videovigilancia del Centro de Monitoreo.

7.8.6.10. Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico

A continuación, se presenta el diagrama unifilar del sistema eléctrico del Centro de Monitoreo, que integra el tablero de red normal y el tablero de red regulada (respaldados por la planta eléctrica y el UPS descritos en este numeral), así como los circuitos de iluminación, tomas normales y reguladas, y las cargas asociadas a los equipos del centro de monitoreo (rack, videowall, workstations, aire acondicionado, control de acceso, detección de incendio, entre otros).

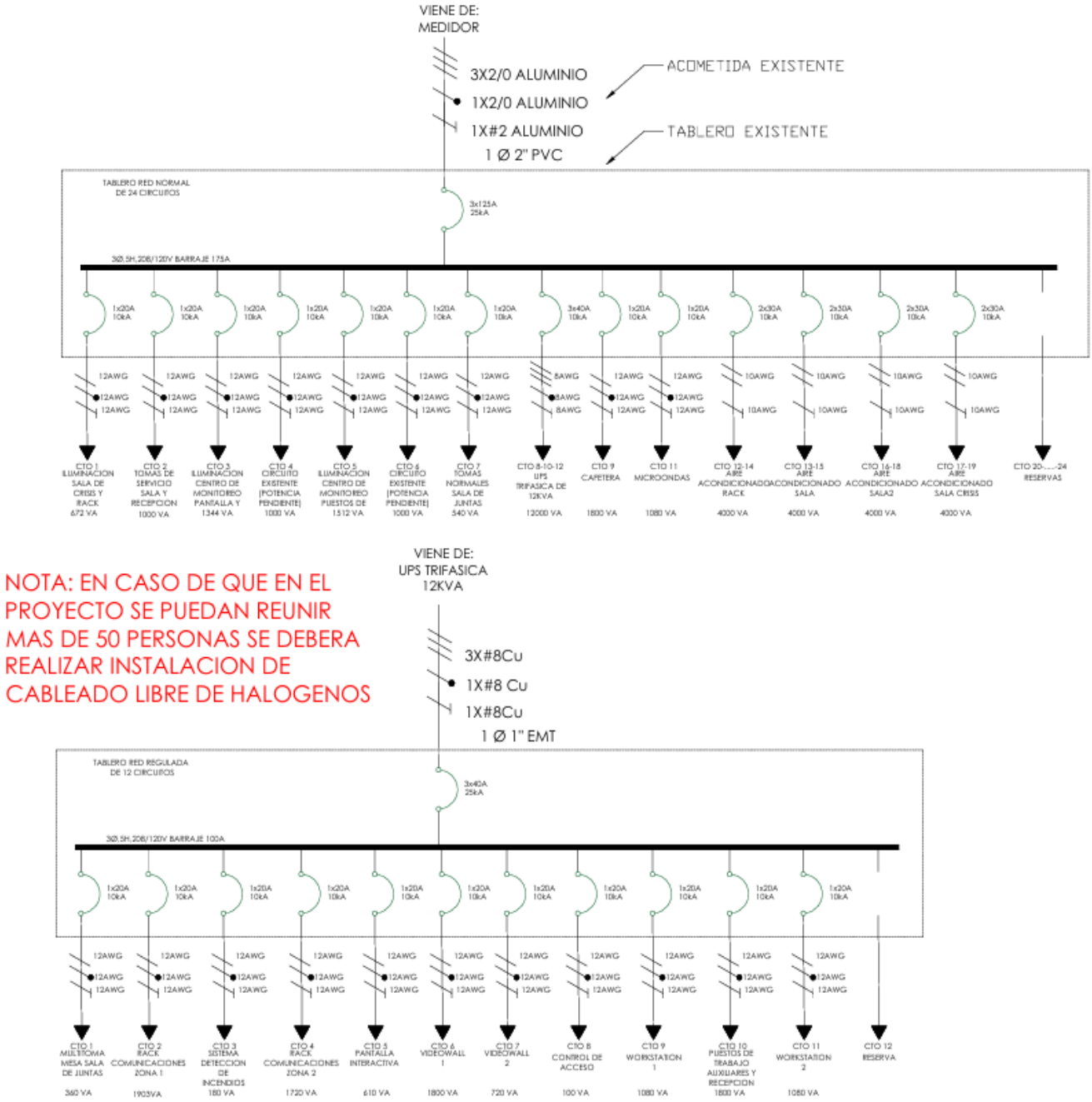


Diagrama 7.8.6.10a. Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico - Central de Monitoreo Tocancipá

	SALIDA ILUMINACION BODEGA HIGH BAY 200W GC015DL SYLVANIA
	SALIDA ILUMINACION BODEGA HIGH BAY 150W GC015DL SYLVANIA
	EMERGENCIA KIT DE EMERGENCIA HB 25W 200WDIM SYLVANIA PARA LUMINARIA
	AVISO SALIDA EMERGENCIA P33718 SYLVANIA
	Salida para Luminaria de Emergencia R1 2X1.6W P23342 SYLVANIA
	LED HERMÉTICA MÓDULO ANTI POLVO 50W P23950 SYLVANIA
	LED HERMÉTICA 36W DL EMERGENCIA P23456 SYLVANIA
	interruptor triple
	interruptor doble
	interruptor sencillo
	SENSOR INFRARROJO 180° DE PARED
	SENSOR INFRARROJO 180° DE TECHO
	DUCTERÍA POR TECHO
	DUCTERÍA POR PISO
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	TABLERO GENERAL
	EMPALME
	Salida de tv
	Salida de HDMI
	Salida de ACCES POINT
	Salida PARA DATOS
	Toma corriente MONOFASICA tipo Regulado
	Toma corriente monofasica gfci
	Toma corriente TIPO PISO
	Toma corriente bifásico
	Toma corriente trifasico
	Toma corriente monofasica
	CONDUCTORES DE FASE
	CONDUCTORES DE NEUTRO
	CONDUCTORES DE TIERRA
	CONTACTO DE CORTE
	CONTACTO CON DISPARO AUTOMATICO
	DISPOSITIVO DE PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES DPS
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
	TIERRA

Diagrama 7.8.6.10b. Convenciones Diagrama Unifilar Eléctrico

7.8.6.11. Nueva ubicación Centro de Monitoreo y Video Vigilancia

De acuerdo con el diagnóstico técnico previo realizado en sitio, se establece que la ubicación del Centro de Monitoreo y Control CCTV debe contemplarse en un emplazamiento diferente al actual, por las siguientes consideraciones técnicas y operativas:

La infraestructura física actualmente destinada para el funcionamiento del Centro de Monitoreo se encuentra ocupada como oficinas operativas de la Estación de Policía de Tocancipá, que alberga personal uniformado con funciones permanentes de servicio policial, vigilancia y control. Esta condición impide su reubicación inmediata sin afectar la operatividad, la seguridad y la continuidad del servicio de policía en el municipio, al no contarse con espacios alternos disponibles dentro de la estación.

Adicionalmente, la evaluación de la infraestructura existente evidenció deficiencias técnicas significativas en área útil, altura libre, condiciones de climatización, capacidad eléctrica, acondicionamiento para centro de datos, ergonomía y espacio para la implementación del Video Wall requerido para la visualización, gestión y operación del sistema. El recinto actual no cumple con los requerimientos mínimos dimensionales y técnicos establecidos en las normas ANSI/BICSI 002, NTC 2050 y RETIE para salas de monitoreo, ni permite garantizar las condiciones adecuadas para las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, el acceso al rack de comunicaciones, la gestión del cableado estructurado, la ventilación de los equipos activos y la circulación del personal técnico y operativo.

Por lo anterior, y conforme a lo identificado en la fase de diagnóstico, se determina técnica y funcionalmente inviable mantener el Centro de Monitoreo en su ubicación actual, siendo necesario proyectar su traslado a un espacio que garantice condiciones óptimas de habitabilidad, operatividad 24/7, seguridad, escalabilidad,

disponibilidad y cumplimiento normativo para la operación integral del sistema de videovigilancia del municipio de Tocancipá.

7.8.6.12. Área mínima necesaria para monitoreo

Para la operación adecuada del Centro de Monitoreo se establece como requisito mínimo un área de cincuenta metros cuadrados (50 m²) para la zona de monitoreo. Esta área es la mínima requerida para garantizar el funcionamiento adecuado, tanto para el personal operativo como para los equipos tecnológicos que conforman el sistema de videovigilancia.

Esta dimensión garantiza la distribución necesaria para la operación continua 24/7 y el mantenimiento preventivo y correctivo del sistema, cumpliendo con la normatividad vigente aplicable, de la siguiente manera:

1. Distribución operativa: el área de 50 m² permite la instalación de diez (10) puestos de trabajo para operadores con criterios de ergonomía según NTC 5655, garantizando una distancia mínima de 1,5 m entre puestos, campo visual sin obstrucción hacia la matriz de video (Video Wall) y circulación perimetral para supervisión. Se garantiza además una zona para el jefe de centro y una zona de visualización para autoridades.

2. Distribución técnica y de equipos: el área contempla la ubicación del rack principal de 42 RU con los equipos de cabecera ,servidor de gestión de video, matriz de video, cuatro (4) NVR servidores inteligentes (2 principales y 2 de respaldo), seis (6) servidores en rack, switch de 24 puertos administrable y organizadores de cableado, sin invadir la zona operativa. Se deja un área de servicio frontal y posterior de mínimo 1,0 m para mantenimiento, según el RETIE y la NTC 2050.

3. Cumplimiento normativo: la distribución propuesta cumple con el RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) y con la normatividad de Seguridad y Salud en el Trabajo, en cuanto a iluminación (300 a 500 lux), nivel de

ruido inferior a 75 dB y climatización de precisión para mantener entre 20 °C y 24 °C, tanto para la operación de los servidores como para el bienestar de los operadores.

En conclusión, el área de monitoreo definida no corresponde a un área disponible cualquiera, sino al área mínima funcional que garantiza la operación, la mantenibilidad y la escalabilidad del sistema ante futuras cámaras, así como la integridad del personal, asegurando la continuidad del servicio de seguridad y convivencia del municipio de Tocancipá.

7.8.6.13. Área mínima necesaria para planta eléctrica

Para la ubicación de la planta eléctrica de respaldo del Centro de Monitoreo se debe garantizar un espacio independiente, aislado de ruido y vibración, de mínimo seis punto setenta metros cuadrados (6,70 m²), que permita el área de mantenimiento correctivo y preventivo adecuado del equipo.

Este espacio mínimo independiente es requerido técnicamente por las siguientes condiciones:

1. Aislamiento y mantenimiento: el área de 6,70 m² permite aislar acústicamente la planta del área de monitoreo de 50 m², garantizando que el nivel de ruido en la zona de operadores se mantenga por debajo de 75 dB, según la normatividad de Seguridad y Salud en el Trabajo. Así mismo, garantiza un perímetro de servicio mínimo de 0,80 m en tres lados del equipo para las labores de mantenimiento preventivo y correctivo, cambio de filtros y aceite, y revisión de batería, cumpliendo con el manual del fabricante y el RETIE.

2. Combustión y refrigeración: el área debe garantizar la adecuada toma de aire limpio y fresco del exterior para la combustión del motor diésel, y la salida de aire caliente del radiador que garantiza la adecuada refrigeración del equipo. Debe contarse con ventilación cruzada natural o forzada, con rejillas de admisión y

extracción calculadas según el caudal del equipo, evitando la recirculación de aire caliente y garantizando la operación continua a plena carga.

3. Extracción de gases: adicionalmente, el área debe permitir la instalación del ducto de extracción de gases de combustión, con ruta vertical u horizontal hacia el exterior, soporte antivibración, junta de expansión y sombrerete, cumpliendo con las normas NTC 2050, NFPA 37 y NSR-10 para instalaciones de plantas de emergencia.

7.8.6.14. Área mínima necesaria para zona de descanso o espera

Para garantizar condiciones adecuadas de permanencia en el Centro de Monitoreo, se requiere un área mínima de veinticuatro metros cuadrados (24 m²) destinada como área de descanso o espera.

Esta superficie garantiza la distribución mínima funcional para la instalación de un sofá y una mesa de centro, con áreas de circulación y separación de muros, permitiendo una operación ordenada y el cumplimiento de la normatividad vigente en ergonomía, accesibilidad y ocupación.

7.8.6.15. Área mínima necesaria para Sala de Crisis

Para el adecuado funcionamiento de la Sala de Crisis del Centro de Monitoreo se requiere un área mínima de doce metros cuadrados (12 m²).

Esta área garantiza la ubicación de una mesa rectangular para sala de juntas con capacidad para ocho (8) a diez (10) sillas, permitiendo la circulación perimetral y la distancia mínima de respaldo entre sillas y muros para operación y evacuación, conforme a la normatividad vigente.

Así mismo, el área de 12 m² garantiza el espacio necesario para la instalación de un monitor interactivo de ochenta y cinco pulgadas (85"), asegurando distancia visual adecuada, altura de montaje y área de servicio posterior para mantenimiento y conectividad, sin afectar la funcionalidad de la sala.

7.8.6.16. Conclusión

A partir del análisis de las evidencias fotográficas, se determina que las instalaciones actuales no reúnen las condiciones técnicas adecuadas para el montaje del nuevo sistema de CCTV. En consecuencia, se hace necesario reubicar el proyecto en un punto diferente del municipio que cumpla con criterios técnicos más apropiados para la instalación, la visualización y la correcta puesta en funcionamiento del sistema.

Adicionalmente, el sitio seleccionado deberá garantizar una proyección de arrendamiento mínima de ciento veinte (120) meses, tiempo mínimo en el que se desarrollará el proyecto, asegurando su estabilidad operativa. De igual forma, deberá contar con el espacio suficiente para la instalación de una planta eléctrica con capacidad mínima de 30 kVA, que permita respaldar la operación del sistema ante eventuales interrupciones del suministro eléctrico.

7.8.6.17. Condiciones Mínimas de las Instalaciones del Nuevo Centro de Monitoreo y Video Vigilancia

Características mínimas con las que debe contar el espacio destinado para el nuevo Centro de Monitoreo y Video Vigilancia:

- Disponibilidad mínima de 120 meses para su ocupación.
- Área mínima de 50 m² para la sala de monitoreo.
- Área mínima de 24 m² para la sala de descanso o espera.
- Área mínima de 6,70 m² para la instalación de la planta eléctrica de 30 kVA, garantizando la adecuada ventilación para su funcionamiento.
- Área mínima de 12 m² para la sala de crisis.
- Disponibilidad mínima de una batería sanitaria.
- Facilidad de acceso para personas con movilidad reducida o en condición de discapacidad.

- Ubicación dentro del municipio de Tocancipá.

7.8.7. Centro de Datos

Corresponde a los equipos de red, almacenamiento y dotación tecnológica contratados para el Centro de Datos del sistema SIES. Los elementos de este numeral corresponden a ítems contemplados en el Anexo 1 del contrato, agrupados en esta sección de forma independiente al numeral 7.8.6. Con excepción de los radios portátiles (numeral 7.8.7.10), estos elementos se documentan sin modificación respecto a lo contratado.

7.8.7.1. Switch Gestionable Layer 2, 24 Puertos Gigabit + 4 Uplink 10G SFP+

Switch administrable de capa 2 (Layer 2) con 24 puertos Gigabit Ethernet (10/100/1000 Mbps) y 4 puertos SFP+ 10G para uplink de alta velocidad. Diseñado para redes de mediana y gran escala que requieren gestión centralizada, segmentación mediante VLAN, alta disponibilidad y redundancia. Cuenta con interfaz de administración web intuitiva, soporte SNMP y protocolos de redundancia de enlace, lo que lo hace adecuado para entornos empresariales, de videovigilancia, campus o infraestructura de datos.

Parámetro	Especificación
Tipo de equipo	Switch administrable capa 2 (Layer 2 Managed Switch)
Puertos Ethernet	24 × RJ45 10/100/1000 Mbps (Base-T, autosensing)
Puertos SFP+	4 × 10 Gbps (Base-X, para uplink de fibra óptica)
Puerto de consola	1 × RJ45 o RS-232 para administración local
Capacidad de conmutación	≥ 128 Gbps
Tasa de reenvío de paquetes	≥ 95 Mpps

Parámetro	Especificación
VLAN	Soporte para VLAN estática, dinámica, por puerto y VLAN basada en protocolo (IEEE 802.1Q)
Agregación de enlaces (LACP)	IEEE 802.3ad (link aggregation, mínimo 8 grupos)
Protocolos de redundancia	STP / RSTP / MSTP / ERPS
QoS (Calidad de servicio)	Prioridad por puerto, VLAN, DSCP y 802.1p
Gestión y administración	Web GUI, CLI, SNMP v1/v2c/v3, Telnet, SSH
Actualización de firmware	Vía TFTP/HTTP/SNMP o USB
Seguridad de acceso	Listas de control ACL, autenticación 802.1X, MAC binding
Monitorización	SNMP traps, port mirroring, diagnóstico de cables, estadísticas de tráfico

Tabla 7.8.7.1a. Ficha Técnica,Switch Gestionable Layer 2, 24 Puertos Gigabit + 4 Uplink 10G SFP+

7.8.7.2. Conversor SFP Fibra Óptica Monomodo

Un conversor SFP monomodo actúa como puente entre diferentes tipos de redes, como la de cobre a fibra o la de fibra a fibra, para permitir la transmisión de datos a largas distancias. Incluye la conversión de señales eléctricas a ópticas y viceversa.

Parámetro	Especificación
Tipo de fibra	Utiliza fibra monomodo (SMF) de núcleo pequeño para una transmisión de larga distancia con mínima pérdida de señal
Velocidad de datos	Mínimo 1 Gbps
Longitud de onda	1310 nm

Parámetro	Especificación
Puertos	Puerto SFP y puerto de red para el medio de cobre (como RJ45)
Conectores	Conectores LC o SC

Tabla 7.8.7.2a. Ficha Técnica - Conversor SFP Fibra Óptica Monomodo

7.8.7.3. Servidor de Red y Videovigilancia IP

Equipo dedicado de propósito específico para la gestión, distribución y control de tráfico de red en sistemas de videovigilancia IP. Su función principal es administrar los flujos de datos entre cámaras, grabadores, usuarios y servicios de red, garantizando transmisión estable, acceso seguro y operación continua del sistema CCTV con conectividad a Internet o intranet local. Debe ofrecer alto rendimiento, almacenamiento sólido en estado (SSD) y capacidad de expansión, asegurando estabilidad, eficiencia y disponibilidad 24/7 en entornos de centro de datos o sala técnica.

Parámetro	Especificación
Tipo de equipo	Servidor dedicado para gestión de red y servicios de videovigilancia IP
Arquitectura	CPU de 64 bits, 4 núcleos físicos o superiores
Procesador (CPU)	Frecuencia base ≥ 2,5 GHz (Intel Xeon, Core i5/i7, o AMD EPYC/Ryzen equivalente)
Memoria RAM	16 GB DDR4 ECC o superior, expandible a ≥ 64 GB
Almacenamiento principal	SSD 1 TB NVMe o SATA, destinado al sistema y datos operativos
Almacenamiento adicional	Al menos 1 bahía libre o puerto M.2/2.5" para expansión futura

Parámetro	Especificación
Controladora de almacenamiento	Integrada, con soporte para RAID 0/1 mínimo
Sistema operativo	Linux Server o Windows Server (según compatibilidad del sistema CCTV)
Compatibilidad VMS	Compatible con software de gestión de video (HikCentral, DSS, Nx Witness, Milestone u otros)
Interfaz de red	Mínimo 2 × Ethernet Gigabit (10/100/1000 Mbps); recomendable 1 × 10GbE adicional o ranura de expansión PCIe
Puertos adicionales	Mínimo 2 × USB 3.0, 1 × VGA o HDMI, 1 × RS-232
Gestión remota	IPMI / iDRAC / iLO o interfaz web segura para monitoreo y configuración
Seguridad	Arranque seguro (Secure Boot), firmware firmado y soporte TPM opcional
Virtualización	Soporte para entornos virtualizados ligeros (Hyper-V, KVM, VMware ESXi)
Fuente de alimentación	100–240 VAC, 50/60 Hz; eficiencia ≥ 80 % (80 PLUS Bronze o superior)
Consumo máximo	≤ 200 W
Factor de forma	Rack 19" 1U o 2U, según disponibilidad
Dimensiones máximas	≤ 480 mm (ancho) × 45 mm (alto) × 600 mm (fondo)
Peso	≤ 15 kg
Condiciones de operación	Temperatura: 10 °C a 35 °C; Humedad: 10 % a 85 % (sin condensación)
Certificaciones	CE, FCC, RoHS o equivalentes
Garantía	Mínimo 1 año on-site o soporte técnico equivalente

Parámetro	Especificación
Accesorios incluidos	Cables de alimentación, kits de montaje para rack, manual de instalación y software base de gestión

Tabla 7.8.7.3a. Ficha Técnica,Servidor de Red y Videovigilancia IP (16 GB RAM, SSD 1 TB)

7.8.7.4. Switch Gestionable 24 Puertos con PoE/PoE+

Switch administrable de capa 2 (Layer 2) con 24 puertos Gigabit Ethernet RJ-45, soporte PoE/PoE+, y capacidad de administración completa mediante protocolos HTTP/HTTPS, SNMP v1/v2c/v3, Telnet y SSH. Diseñado para redes empresariales, sistemas de videovigilancia o control de acceso, donde se requiere alimentación eléctrica por el mismo cable de red, segmentación VLAN, priorización de tráfico y gestión remota segura.

Parámetro	Especificación
Tipo de equipo	Switch gestionable capa 2 con soporte PoE/PoE+
Puertos Ethernet	24 × RJ45 10/100/1000 Mbps (Base-T)
Puerto de consola	1 × RJ-45 (administración local o remota)
Capacidad de conmutación	≥ 56 Gbps
Tabla MAC	≥ 8.000 entradas
Capacidad de reenvío de paquetes	≥ 41,6 Mpps
Tamaño de buffer	≥ 4 Mb
Soporte PoE	IEEE 802.3af / 802.3at (PoE / PoE+) en los 24 puertos
Presupuesto total de potencia PoE	≥ 370 W (distribuidos automáticamente)
Administración	Web (HTTP/HTTPS), Telnet, CLI, SSH, SNMP v1/v2c/v3

Parámetro	Especificación
Funciones capa 2	VLAN 802.1Q, agregación de enlaces (LACP), STP/RSTP/MSTP
QoS (Calidad de servicio)	Priorización por puerto, VLAN o DSCP (IEEE 802.1p)
Seguridad de red	Control de tormentas, autenticación 802.1X, ACL, protección DoS
Monitorización	SNMP traps, Port Mirroring, Syslog, diagnóstico de cables
Actualización de firmware	HTTP / TFTP / SNMP / USB

Tabla 7.8.7.4a. Ficha Técnica - Switch Gestionable 24 Puertos con PoE/PoE+

7.8.7.5. NVR Profesional 64 Canales

Grabador de video en red (NVR) de hasta 64 canales IP, diseñado para sistemas de videovigilancia profesional de gran escala, correspondiente a la cabecera general del nuevo Centro de Monitoreo (distinto del NVR de 8 canales documentado en el numeral 7.8.6.7c para la modificación puntual del sistema DVR/cámaras turbo contratado).

Parámetro	Especificación
Tipo de equipo	Grabador de video en red (NVR) profesional
Número máximo de canales IP	64 canales IP
Ancho de banda de entrada	≥ 384 Mbps
Resolución máxima de cámara soportada	Hasta 32 MP por canal
Compatibilidad de protocolos	ONVIF (Profile S/G/T), RTSP, SDK abierto
Reproducción simultánea	Hasta 16 canales @ 1080p
Capacidad de decodificación	Mínimo 40 canales 1080p sin IA / 32 canales 1080p con IA

Parámetro	Especificación
Salidas de video	1 × HDMI (8K UHD), 1 × HDMI secundario, 1 × VGA (1080p)
Vista multipantalla	Hasta 64 divisiones simultáneas
Entradas de red	2 × RJ45 Gigabit (10/100/1000 Mbps)
Puertos PoE integrados	16 × RJ45 10/100/1000 Mbps (IEEE 802.3af/802.3at, largo alcance ePoE o similar)
Puertos de alarma	Mínimo 16 entradas / 6 salidas
Entradas/salidas de audio	1 entrada RCA / 1 salida RCA
Bahías para discos duros	Mínimo 16 × SATA (hot-swap)
Capacidad total de almacenamiento	Hasta 320 TB (20 TB por disco)
Soporte de almacenamiento externo	eSATA, NAS o NFS
Interfaz USB	2 × USB 3.0 + 2 × USB 2.0
Funciones de IA / análisis de video	Reconocimiento facial, conteo de personas, detección de movimiento inteligente, clasificación de humanos/vehículos, línea de cruce, intrusión, filtrado por atributos
Análisis de búsqueda (Smart Search)	Por rostro, eventos, tipo de objeto o región definida
Visualización remota	Navegador web, software cliente o aplicación móvil multiplataforma
Audio bidireccional	Soportado
Fuente de alimentación	100–240 VAC, 50/60 Hz

Tabla 7.8.7.5a. Ficha Técnica - NVR Profesional 64 Canales

7.8.7.6. Sistema de Almacenamiento (Storage) 16 Bahías

Servidor de almacenamiento profesional con 16 bahías para discos duros SATA intercambiables en caliente, diseñado para sistemas de videovigilancia IP, respaldo de grabación masiva, con procesador multinúcleo y sistema operativo Linux embebido, optimizado para almacenamiento en red con alta disponibilidad.

Parámetro	Especificación
Tipo de equipo	Servidor de almacenamiento en red (NAS / IPSAN híbrido)
Procesador	Multinúcleo de 64 bits, alto rendimiento
Entradas de cámara IP soportadas	Hasta 320 canales IP
Ancho de banda total	800 Mbps (entrada / grabación / reenvío)
Bahías de disco	16 × SATA 3.5" (hot-swap, intercambiables en caliente)
Capacidad máxima total	Hasta 320 TB (20 TB por bahía)
Modos de almacenamiento	Directo (video/imagen) y modo IPSAN
Diseño estructural	Modular, tipo cajón con ventiladores inteligentes
Fuente de alimentación	Redundante, intercambiable sin interrupción
Puertos de red	2 × RJ45 10/100/1000 Mbps autoadaptativos (Gigabit Ethernet)
Alimentación eléctrica	100 – 240 VAC, 50/60 Hz

Tabla 7.8.7.6a. Ficha Técnica - Sistema de Almacenamiento (Storage) 16 Bahías

7.8.7.7. Disco Duro 16 TB

Disco duro de alta capacidad (16 terabytes), formato 3,5 pulgadas, diseñado para aplicaciones de almacenamiento continuo, servidores, grabadores de video en red (NVR) y sistemas de seguridad, que ofrece una velocidad de rotación de 7.200 RPM, operación 24/7 sostenida y una vida útil prolongada gracias a la tecnología de bajo desgaste y tolerancia a vibraciones.

Parámetro	Especificación
Tipo de dispositivo	Disco duro interno de alto rendimiento

Parámetro	Especificación
Capacidad nominal	16 TB
Formato físico	3,5"
Velocidad de rotación	7.200 RPM
Memoria caché (buffer)	≥ 256 MB
Velocidad de transferencia sostenida	≥ 250 MB/s
Tasa de carga de trabajo	≥ 550 TB/año
MTBF (tiempo medio entre fallos)	≥ 2 millones de horas
Ciclos de arranque/parada	≥ 600.000
Compatibilidad	NVR, DVR, Storage NAS, servidores y PCs de alto rendimiento
Tecnología de operación	Funcionamiento 24/7 para sistemas de videovigilancia

Tabla 7.8.7.7a. Ficha Técnica - Disco Duro 16 TB, 7200 RPM, 3,5"

7.8.7.8. Elementos No Aplicables

Elemento no aplicable - ver Matriz General de Modificaciones. La UPS de 3 kVA para el Centro de Control, contratada originalmente para el nuevo Centro de Datos, no se instalará.

Elemento	Cantidad contratada	Justificación de no aplicación
UPS para Centro de Control, 3 kVA, tipo torre, monofásico online	Por confirmar	El UPS Online de 10 kVA ya documentado en el numeral 7.8.6.2 tiene capacidad suficiente para respaldar también los equipos de red, almacenamiento y videovigilancia del Centro de

Elemento	Cantidad contratada	Justificación de no aplicación
		Datos, por lo que una UPS dedicada de 3 kVA resulta redundante y no se instalará.

Tabla 7.8.7.8a. Elementos No Aplicables UPS para Centro de Control, 3 kVA

7.8.7.9. Monitores de 24" para Personal

Monitor profesional de 24 pulgadas, diseñado para estaciones de trabajo, entornos administrativos y puestos de supervisión, que ofrece alta resolución, rendimiento visual estable y operación continua. El equipo debe proporcionar imagen nítida y colores precisos, con resolución mínima Full HD, amplio ángulo de visión y bajo consumo energético, garantizando comodidad visual y confiabilidad para uso diario prolongado.

Tabla 7.8.7.9a. Ficha Técnica - Monitores de 24" para Personal

Parámetro	Especificación
Tipo de pantalla	LED / IPS / LCD profesional
Tamaño de pantalla	24 pulgadas (diagonal visible)
Resolución nativa	1920 × 1080 píxeles (Full HD) o superior
Relación de aspecto	16:9
Ángulo de visión	≥ 170° horizontal / 160° vertical
Tiempo de respuesta	≤ 5 ms
Frecuencia de refresco	≥ 60 Hz
Entradas de video	HDMI y VGA o DisplayPort (mínimo dos interfaces de video)

7.8.7.10. Modificación: Sistema de Radiocomunicaciones UHF (TETRA/P25) → Sistema de Radiocomunicaciones VHF Digital (DMR)

Elemento modificado - ver Matriz General de Modificaciones. El sistema de radiocomunicaciones portátil en banda UHF, bajo tecnología TETRA/P25, se reemplaza por un sistema de radiocomunicaciones en banda VHF con tecnología digital DMR, que incorpora repetidor, antenas, duplexer y radio base fija, para garantizar la interoperabilidad con los municipios vecinos.

Tabla 7.8.7.10a. Ficha Contrato,Radio Portátil UHF 380–475 MHz

Parámetro	Especificación
Tipo de equipo	Radio portátil digital profesional (UHF)
Rango de frecuencia	380–475 MHz (UHF)
Tecnología de comunicación	TETRA, P25 o estándar digital equivalente
Potencia de transmisión	1 W / 3 W (ajustable)
Ancho de canal	12,5 / 25 kHz (según configuración)
Modulación	Digital – 4FSK o equivalente
Voltaje de operación	7,7 V DC nominal
Batería	2.000 mAh Li-ion recargable
Autonomía operativa	≥ 22 horas (ciclo de trabajo 5/5/90)
Ciclo de trabajo (TMO)	5 % transmisión / 5 % recepción / 90 % espera
Bluetooth	Versión 5.2 o superior, para accesorios y programación inalámbrica
GPS/GNSS	Integrado o compatible (opcional)
Pantalla	LCD u OLED, legible a plena luz solar
Teclado y controles	Programables, con botón de emergencia (man-down o SOS)
Audio	Altavoz de alta potencia (≥ 1 W) con reducción de ruido

Parámetro	Especificación
Protección ambiental	IP65 o superior (resistente al polvo y al agua)
Temperatura de operación	-20 °C a +60 °C
Dimensiones	125 × 55 × 31 mm (aprox.)
Peso (con batería y antena)	≤ 285 g

Tabla 7.8.7.10b. Ficha Propuesta,Sistema de Radiocomunicaciones VHF Digital (DMR)

Sistema de radiocomunicaciones en banda VHF con tecnología digital DMR Tier II, compuesto por un repetidor, antenas de transmisión y recepción, duplexer, cableado y conectores certificados, protector de línea, radio base y su antena asociada, junto con fuente de poder regulada y sistema de respaldo energético con capacidad mínima de 150 Ah.

Parámetro	Especificación
Repetidor digital DMR (1 und)	Tecnología: DMR Tier II Rango de frecuencia: 136–174 MHz Potencia: 5–50 W continuos Modulación FM: 11KΦF3E @ 12,5 kHz / 14KΦF3E @ 20 kHz / 16KΦF3E @ 25 kHz Modulación digital 4FSK: solo datos 7K6ΦFXDD @ 12,5 kHz / datos + voz 7K6ΦFXW @ 12,5 kHz Potencia de salida de audio: 0,5 W Pantalla: LCD 220 × 176 píxeles, 262.000 colores
Antena del repetidor (1 und)	Tipo: 4 dipolos en aluminio Rango de frecuencia: 155–165 MHz Ganancia: 6 / 9 dB Ancho de banda: 10 MHz

Parámetro	Especificación
	Potencia: 500 W Conector: N macho Resistencia al viento: 129 km/h
Duplexer de paso y rechazo (1 und)	Tipo: 4 cavidades (4" diámetro), pasa banda–rechazo de banda Rango de frecuencia: 138–174 MHz Separación de frecuencias: 0,5 MHz Aislamiento mínimo: 70 dB Impedancia: 50 Ω Potencia máxima: 350 W Pérdida por inserción máxima: 1,5 dB Conectores: N hembra Dimensiones: 106 × 483 × 770 mm Peso: 12,7 kg Temperatura de operación: -40 °C a +60 °C
Cable de conexión antena–repetidor (50 m)	Tipo: cable coaxial Heliax de 1/2", cobre corrugado, blindado Impedancia: 50 Ω Diámetro exterior: 15,875 mm (0,0625 in) Diámetro del conductor interno: 4,826 mm Factor de velocidad: 88 % Aislamiento: dieléctrico espumado Blindaje: cobre corrugado sólido 100 % Atenuación (30 m, 450 MHz): 1,51 dB Atenuación (30 m, 800 MHz): 2,07 dB Peso: 0,22 kg/m Incluye: conectores tipo N macho, pigtail en RG-8 para conexión de duplexer y protector de línea, y pigtails para duplexer
Protector de línea (1 und)	Rango de frecuencia: 1,5–700 MHz Potencia admisible: 2 kW (1,5–50 MHz) / 375 W (50–220 MHz) / 125 W (220–700 MHz) Pérdida por inserción: ≤ 0,1 dB Flujo de energía: ≤ 10 mJ Conectores: N hembra
Radio base (1 und)	Tipo de equipo: radio base profesional VHF digital Canales: 512

Parámetro	Especificación
	Potencia: 45 W Modulación FM: 11K0F3E @ 12,5 kHz / 14K0F3E @ 20 kHz / 16K0F3E @ 25 kHz Modulación digital: solo datos 12,5 kHz 7K60FXD / datos y voz 12,5 kHz 7K60FXW Pantalla: LCD 1,45", 4 líneas
Antena de radio base (1 und)	Tipo: Yagi, 3 elementos, direccional Rango de frecuencia: 150–174 MHz Ganancia: 7,1 dB Ancho de banda: 0,7 MHz Potencia: 250 W Conector: UHF hembra Resistencia al viento: 161 km/h
Fuente de poder regulada	Fuente regulada para alimentación de repetidor y radio base, con protección contra sobretensión y filtrado de ruido eléctrico
Sistema de respaldo energético	Banco de baterías con capacidad mínima de 150 Ah, para autonomía del sistema de radiocomunicaciones ante corte del suministro eléctrico
Radioteléfonos portátiles	Radioteléfonos profesionales en VHF digital DMR, compatibles con las redes de los municipios vecinos y con los radioteléfonos tipo POC del municipio (mínimo 2 equipos de comunicaciones)

Tabla 7.8.7.10c. Tabla Comparativa,Sistema UHF (TETRA/P25) vs. Sistema VHF Digital (DMR)

Parámetro	Ficha Contrato,Radio Portátil UHF (TETRA/P25)	Ficha Propuesta,Sistema de Radiocomunicaciones VHF Digital (DMR)
Banda de frecuencia	UHF, 380–475 MHz	VHF, 136–174 MHz

Parámetro	Ficha Contrato,Radio Portátil UHF (TETRA/P25)	Ficha Propuesta,Sistema de Radiocomunicaciones VHF Digital (DMR)
Tecnología de comunicación	TETRA / P25 o equivalente digital	DMR Tier II digital
Arquitectura del sistema	Radios portátiles individuales, sin infraestructura de repetición dedicada	Repetidor, antenas, duplexer y radio base fija, con cobertura ampliada
Gestión de canales	Convencional, canal fijo por grupo	Pseudo trunking / XPT: aprovechamiento dinámico de los slots del canal DMR, sin canal de control dedicado
Interoperabilidad intermunicipal	Sin compatibilidad con las redes VHF de los municipios vecinos	Compatible con las Redes de Participación Ciudadana VHF de Sopó y Gachancipá, y con los radioteléfonos tipo POC del municipio
Alcance	Limitado a la comunicación directa entre radios	Ampliado mediante repetidor y antena de alta ganancia
Aplicación operativa	Comunicación interna del Centro de Monitoreo	Integración a planes candado y planes frontera de seguridad intermunicipal

7.8.7.11. Conclusión

El cambio de un sistema de radiocomunicaciones en banda UHF (TETRA/P25) a un sistema en banda VHF con tecnología digital DMR permite al municipio de Tocancipá integrarse con las Redes de Participación Ciudadana que operan en VHF en los municipios vecinos de Sopó y Gachancipá, ampliando la cobertura mediante

repetidor y radio base fija, y habilitando la participación en estrategias intermunicipales de seguridad como los planes candado y planes frontera, sin renunciar a la eficiencia en el uso del espectro que ofrece la gestión dinámica de canales.

7.8.7.12. Justificación

Los municipios cercanos a Tocancipá cuentan con Redes de Participación Ciudadana que operan en banda VHF, lo que hace necesario ajustar las especificaciones del sistema de comunicaciones del Centro de Monitoreo hacia tecnología VHF digital. Esta adecuación permite la integración en estrategias de seguridad intermunicipal como los planes candado y planes frontera, facilitando una comunicación inmediata y efectiva con los municipios de Sopó y Gachancipá, y es igualmente compatible con los radioteléfonos tipo POC ya existentes en el municipio.

Para la selección de la arquitectura del sistema se evaluaron las alternativas de radiocomunicaciones troncalizadas disponibles. El trunking, o sistema troncalizado tipo TETRA, gestiona de forma centralizada un conjunto de frecuencias que se asignan dinámicamente a cada usuario mediante un controlador de sistema, lo que optimiza el uso del espectro radioeléctrico en organizaciones con alta demanda de comunicaciones. Sin embargo, su implementación completa que requiere múltiples repetidores redundantes, controlador troncal, torre de antenas y licenciamiento de software implica costos de infraestructura que no resultan viables para una operación del tamaño del Centro de Monitoreo de Tocancipá, con un número reducido de equipos de comunicaciones.

Por esta razón, se adopta una arquitectura de pseudo trunking con capacidad de extensión XPT (Extended Pseudo Trunking), propia de la tecnología DMR. Esta arquitectura aprovecha dinámicamente los dos intervalos de tiempo (slots) disponibles en cada canal DMR: cuando el slot asignado se encuentra ocupado, el

sistema conmuta automáticamente al slot libre, evitando bloqueos de comunicación sin requerir un canal de control dedicado ni la inversión asociada a un sistema troncalizado completo. Esta solución ofrece mayor disponibilidad de canal y menor probabilidad de bloqueo que un sistema convencional, con un costo de infraestructura sensiblemente menor al del trunking real, y resulta especialmente adecuada para aplicaciones de seguridad, videovigilancia y gestión del riesgo como las del Centro de Monitoreo.

En consecuencia, se justifica que la administración municipal disponga del espectro de radiofrecuencia de transmisión y recepción utilizado para la gestión del riesgo y la seguridad ciudadana, de manera que el municipio sea garante de la información que se maneja por este medio.

7.8.7.13. Impresora Multifuncional a Color

Equipo multifuncional a color diseñado para operaciones administrativas y soporte documental en centros de monitoreo y seguridad. Permite realizar tareas de impresión, copiado y escaneo con alta eficiencia, conectividad en red y bajo consumo energético, optimizado para los procesos de registro, reportes y comunicaciones operativas del centro de monitoreo.

Tabla 7.8.7.13a. Ficha Técnica - Impresora Multifuncional a Color

Parámetro	Especificación
Tipo de equipo	Impresora multifuncional (impresión, copia, escaneo)
Tecnología de impresión	Láser o LED a color
Velocidad de impresión	≥ 25 páginas por minuto (ppm) en monocromo y color
Resolución de impresión	Mínimo 1200 × 1200 dpi reales

Parámetro	Especificación
Tiempo de primera impresión	≤ 10 segundos en monocromo
Capacidad de entrada de papel	Bandeja principal de ≥ 250 hojas y bandeja multipropósito de ≥ 50 hojas
Capacidad de salida	≥ 150 hojas
Formatos de papel compatibles	A4, Oficio, Legal y sobres
Dúplex automático	Sí, impresión a doble cara automática
Funciones de copiado	Copia en color y monocromo, reducción/ampliación (25–400 %), copia múltiple
Resolución de copiado	Mínimo 600 × 600 dpi
Velocidad de copiado	Igual o superior a la velocidad de impresión
Escáner	Tipo plano y alimentador automático de documentos (ADF)
Resolución de escaneo	Óptica mínima de 600 × 600 dpi
Formatos de archivo	PDF, JPEG, TIFF, PNG
Conectividad estándar	USB 2.0/3.0, Ethernet 10/100/1000Base-T, Wi-Fi integrado
Compatibilidad móvil	Apple AirPrint, Google Cloud Print, Mopria o equivalentes
Gestión en red	Capacidad para impresión y escaneo compartido en red local del centro de monitoreo
Panel de control	Pantalla táctil a color ≥ 4,3" con interfaz intuitiva
Memoria interna	≥ 512 MB o superior
Procesador interno	≥ 800 MHz
Lenguajes de impresión	PCL 6, PostScript 3, XPS o equivalentes

Parámetro	Especificación
Sistemas operativos compatibles	Windows Server, Windows 10/11, Linux, macOS
Ciclo de trabajo mensual	≥ 50.000 páginas recomendadas
Nivel de ruido	≤ 50 dB en operación
Consumo energético	≤ 400 W en funcionamiento; modo ahorro ≤ 1 W
Dimensiones máximas	≤ 500 × 500 × 600 mm
Peso	≤ 30 kg
Certificaciones	Energy Star o equivalentes ambientales
Accesorios incluidos	Cartuchos iniciales, cables de red y alimentación, manual de usuario
Garantía mínima	1 año estándar o equivalente del fabricante

7.8.8. Observatorio del Delito

El anexo técnico del contrato contempla la ampliación y el mejoramiento del Observatorio del Delito del municipio. La verificación adelantada para el presente diseño estableció que el Municipio de Tocancipá no ha creado dicha dependencia: no existe a la fecha una unidad administrativa, un espacio físico ni una dotación de Observatorio del Delito sobre los cuales pueda ejecutarse una ampliación o un mejoramiento.

El diseño resuelve esta condición atendiendo la finalidad del ítem contratado en lugar de su literalidad. El Observatorio del Delito es una dependencia de análisis: su función consiste en procesar la información que produce el sistema de videovigilancia y las demás fuentes de seguridad del municipio para orientar la toma de decisiones. En consecuencia, lo que el proyecto entrega es el puesto de trabajo del analista, dispuesto dentro del Centro de Monitoreo y conectado al sistema, de modo que en el momento en que la Administración Municipal cree formalmente la

dependencia esta disponga de sitio, equipo y acceso a la información sin requerir inversión adicional, obra ni adecuación posterior.

La ubicación dentro de la sala de control no es incidental. El analista del Observatorio trabaja sobre la información que el sistema genera, y situarlo junto a los operadores le da acceso directo a la fuente, al servidor de gestión y al equipo humano que opera el sistema en tiempo real.

7.8.8.1. Puesto de trabajo del analista

El puesto se dispone dentro del Centro de Monitoreo descrito en el numeral 7.8.3, en posición que permite al analista trabajar sin interferir con la operación de los puestos de monitoreo. Sus condiciones son las siguientes:

Tabla 7.8.8.1a. Ficha Técnica - Puesto de trabajo del Observatorio del Delito

Parámetro	Especificación
Ubicación	Interior del Centro de Monitoreo, numeral 7.8.3, en área independiente de los puestos de operación
Mobiliario	Escritorio de trabajo con superficie útil no inferior a 1,40 × 0,70 m y pasacables, y silla ergonómica con soporte lumbar, apoyabrazos regulables y base rodante, de las mismas referencias adoptadas en los numerales 7.8.3.8 y 7.8.3.9
Visualización	Monitor profesional de 24 pulgadas de los relacionados en el numeral 7.8.7.9, conectado al computador portátil mediante la estación de acoplamiento, para operación en configuración de doble pantalla

Parámetro	Especificación
Punto de red	Salida de datos categoría 6A conectada al switch del rack de comunicaciones, asignada a la red lógica de puestos de trabajo conforme al numeral 7.10.14
Alimentación eléctrica	Toma regulada del circuito respaldado por la UPS de 10 kVA del numeral 7.8.6.2, con capacidad para el computador, la estación de acoplamiento y el monitor

7.8.8.2. Computador portátil para análisis

El equipo se especifica para el trabajo propio de un analista de información criminal: manejo simultáneo de bases de datos, hojas de cálculo, herramientas de georreferenciación y revisión de video, con capacidad para operar sobre dos pantallas y para desplazarse a comités de seguridad y consejos de convivencia sin depender de un equipo de escritorio.

Tabla 7.8.8.2a. Ficha Técnica - Computador portátil para el Observatorio del Delito

Parámetro	Especificación
Procesador	Arquitectura x86-64 de última generación disponible, con no menos de ocho (8) núcleos y frecuencia turbo no inferior a 4,5 GHz
Memoria RAM	32 GB DDR5, en configuración que admita ampliación a 64 GB
Almacenamiento	Unidad de estado sólido NVMe de 1 TB, con ranura adicional disponible

Parámetro	Especificación
Gráficos	Adaptador gráfico dedicado con memoria propia no inferior a 6 GB, con decodificación por hardware de H.264 y H.265
Pantalla	16 pulgadas, resolución mínima 2560 × 1600, panel IPS antirreflejo, brillo no inferior a 300 nits
Salida de video	Capacidad de operar dos (2) monitores externos simultáneos además de la pantalla propia
Puertos	Dos (2) USB-C con entrega de energía y salida de video Un (1) HDMI Dos (2) USB-A 3.2 Un (1) RJ-45 Gigabit Ethernet Lector de tarjetas de memoria
Conectividad inalámbrica	Wi-Fi 6E y Bluetooth 5.3
Seguridad	Módulo TPM 2.0, lector de huella o reconocimiento facial por infrarrojo, obturador físico de cámara y ranura para guaya de seguridad
Batería	Autonomía no inferior a seis (6) horas en uso ofimático, con carga rápida
Estación de acoplamiento	Base de acoplamiento por USB-C con salida a dos monitores, puerto Gigabit Ethernet, puertos USB y entrega de energía al equipo

Parámetro	Especificación
Sistema operativo	Sistema operativo profesional de 64 bits, con licencia perpetua a nombre del Municipio de Tocancipá
Ofimática y análisis	Suite ofimática licenciada con hoja de cálculo de capacidad avanzada para tratamiento de datos
Garantía	Tres (3) años con atención en sitio

7.8.8.3. Integración con el sistema

El puesto se integra al sistema bajo las mismas reglas que gobiernan los demás puestos de trabajo del Centro de Monitoreo:

Tabla 7.8.8.3a. Integración - Condiciones de acceso del puesto del Observatorio

Aspecto	Condición
Red lógica	Red de puestos de trabajo y visualización, con direccionamiento asignado por reserva conforme al numeral 7.10.14
Acceso al sistema de video	A través del servidor de gestión, con perfil de usuario propio y credenciales individuales. El puesto no accede de manera directa a las cámaras, de modo que toda consulta queda registrada con el usuario que la ejecutó
Alcance del perfil	Consulta de video en vivo y grabado, generación de reportes y exportación de registros para análisis. Sin atribuciones de configuración del sistema ni de control de cámara PTZ

Aspecto	Condición
Fuentes de análisis	Registros del sistema de videovigilancia, del sistema de reconocimiento de placas y de los demás subsistemas del Centro de Monitoreo, en los formatos de exportación que el sistema de gestión provee
Puesta en servicio	El puesto se entrega instalado, conectado y con el perfil de usuario creado, en estado operativo desde el recibo del sistema

7.8.8.4. Modificación propuesta

Modificación al alcance contratado - ver Matriz General de Modificaciones, numeral 7.9. El ítem contratado corresponde a la ampliación y el mejoramiento del Observatorio del Delito. Al no existir la dependencia en la estructura administrativa del municipio, no hay observatorio susceptible de ser ampliado ni mejorado. En su lugar se entrega el puesto de trabajo del analista, dotado e integrado al sistema dentro del Centro de Monitoreo, con el cual la dependencia queda en condiciones de operar desde su creación.

Tabla 7.8.8.4a. Modificación - Ítem contratado y solución adoptada

Ítem del anexo técnico	Condición verificada	Solución adoptada
Ampliación y mejoramiento del Observatorio del Delito	El Municipio de Tocancipá no ha creado la dependencia. No existe espacio, dotación ni personal de Observatorio del Delito	Puesto de trabajo del analista dentro del Centro de Monitoreo, con mobiliario, computador portátil de alto desempeño, estación de acoplamiento, monitor, punto de red y toma regulada respaldada por UPS, integrado al sistema de gestión con perfil de usuario propio

7.8.8.5. Conclusión

El proyecto entrega la totalidad de las condiciones materiales que requiere el Observatorio del Delito para operar: espacio dentro de la sala de control, mobiliario, equipo de cómputo de capacidad suficiente para el análisis de información, conectividad al sistema y perfil de acceso creado. Con ello, la única condición pendiente para que el Observatorio entre en funcionamiento es el acto administrativo mediante el cual el Municipio cree la dependencia y designe al analista, decisión que corresponde a la Administración Municipal y que no depende del alcance del presente contrato.

La solución adoptada realiza el propósito del ítem contratado y evita que el recurso previsto se pierda por la imposibilidad material de ejecutar una ampliación sobre una dependencia inexistente.

7.8.8.6. Justificación

La ampliación y el mejoramiento de una dependencia presuponen su existencia previa. El anexo técnico formuló el ítem sobre el supuesto de un Observatorio del Delito en funcionamiento; la verificación en campo estableció que dicho supuesto no se cumple. Ejecutar el ítem en sus términos literales resulta materialmente imposible, y declararlo no aplicable haría perder al municipio un recurso destinado a una función que sí necesita.

La alternativa adoptada conserva el destino del recurso y anticipa la necesidad. El análisis de información criminal es una función que el municipio ejercerá sobre los datos que produce este mismo sistema, y la inversión en el puesto de trabajo tiene sentido únicamente si se ejecuta ahora: hacerlo después, cuando la dependencia exista, implicaría una contratación independiente por un monto reducido, con su propio proceso, y la probable necesidad de intervenir de nuevo la sala de control para dotar el puesto de red y energía regulada.

Situar el puesto dentro del Centro de Monitoreo, y no en una oficina separada, responde a la naturaleza de la función. El analista requiere acceso al servidor de gestión, a los registros del sistema de reconocimiento de placas y a la información que los operadores producen durante la jornada. Un observatorio ubicado fuera de la sala de control tendría que replicar esas conexiones y quedaría desarticulado de la operación que analiza.

Finalmente, la solución conserva la trazabilidad de la información. El acceso del analista se produce a través del servidor de gestión con credenciales individuales, bajo la misma política aplicable a los puestos de operación, de modo que toda consulta de video queda registrada. Ello resulta particularmente relevante en una dependencia cuya labor consiste en extraer y procesar información del sistema.

Se somete a consideración de la Supervisión y la Interventoría del contrato.

7.9. Matriz General de Modificaciones

La presente matriz consolida la totalidad de las modificaciones identificadas entre las especificaciones técnicas y cantidades definidas en el Anexo 1 y Anexo 2 del contrato, y el diseño técnico definitivo desarrollado en la presente Ingeniería de Detalle. Comprende tanto las modificaciones de cámaras, postes y estructuras del numeral 7.5, presentadas de forma preliminar en la Matriz de Modificaciones del numeral 7.7, como las correspondientes al Diseño del Centro de Monitoreo del numeral 7.8, con el fin de ofrecer una visión única e integral del ajuste de alcance del contrato.

Cada modificación se sustenta técnicamente en el numeral del documento donde se detalla su ficha comparativa, conclusión, justificación y, cuando aplica, la solicitud de ajuste presupuestal correspondiente. Los ítems señalados como "No aplica" corresponden a elementos contratados en el Anexo 1 que no se instalarán, y aquellos identificados como "Sin partida presupuestal previa" corresponden a elementos adicionales no contemplados originalmente en dicho anexo. Se somete a consideración de la Supervisión y la Interventoría del contrato para su revisión y aprobación.

#	Ítem original (Anexo 1/2)	Modificación propuesta	Justificación resumida	En Numeral
1	Cámara PTZ - ficha 8MP (3840x2160), zoom 25X	Cámara PTZ 4MP (2560x1440), zoom 32X, con disuasión activa (TiOC)	Mayor pluralidad de oferentes, mejor rendimiento nocturno, menor consumo y bajo riesgo de obsolescencia	7.5.5
2	Cámara LPR - ficha genérica 4MP, WDR 140dB	Cámara LPR 4MP orientada a tráfico, lente motorizado 10-40mm, trigger por radar	Integración nativa con PTZ, mejor precisión en captura de placa, más eventos de tráfico detectables	7.5.7

#	Ítem original (Anexo 1/2)	Modificación propuesta	Justificación resumida	En Numeral
3	Gabinete eléctrico - 60x50x20 cm	Gabinete - 57x45x54 cm, con toma regulada y multitoma para UPS	Dimensiones insuficientes para alojar equipos eléctricos y de red simultáneamente	7.5.1
4	Fuente de Alimentación PoE 12V - 20 unidades	No aplica	Cámaras PTZ/LPR usan PoE+ (48-54V) o fuente propia, no PoE pasivo de 12V	7.5.25.2
5	Abrazadera de Acero - 40 unidades	No aplica	Sujeción de gabinetes se resuelve con cinta bandit 5/8" (numeral 7.5.12)	7.5.25.1
6	Poste Metálico 14m/16m + Canastilla - 3 unidades	Sustituir por estructuras metálicas tipo ménsula en L	Puntos LPR requieren estructura vial tipo ménsula en L, no poste; reasignación de valor unitario	7.5.25.3 / 7.5.25.4 / 7.5.25.5
7	Poste de Concreto 14m - 20 unidades contratadas (puntos nuevos)	Se utilizan 10 unidades; 9 unidades quedan sin instalar como poste	Los 5 puntos LPR no requieren poste (usan estructura tipo ménsula en L); valor de las 9 unidades sobrantes se reasigna para el financiamiento de dichas estructuras	7.5.3
8	Sin partida presupuestal previa (punto existente, Anexo 1 no incluye postes para los 40 puntos existentes)	Poste de Concreto 14m adicional - Cámara La Trampa (ítem 9, numeral 7.1.1)	Punto existente sin infraestructura física de soporte; costo adicional no presupuestado originalmente	7.5.3.1

#	Ítem original (Anexo 1/2)	Modificación propuesta	Justificación resumida	En Numeral
9	Concreto 4.000 PSI (dado) - 0.29 m³, originalmente para soporte de poste metálico	Reutilizado para cimentación de estructuras tipo ménsula en L	Poste metálico no aplica; estructuras LPR requieren cimentación en concreto equivalente	7.5.24
10	Soporte de TV fijo de pared - 1 und (Sala de Crisis)	Base móvil de piso con ruedas, capacidad 200 kg, para pantallas de 86" a 98"	La ficha original del Anexo 2 presenta error de transcripción que impide validar sus características reales; la base móvil subsana la falta de especificación verificable y permite reubicar el dispositivo de colaboración según la disposición de cada sesión	7.8.2h
11	Estructura en perfil metálico 70x70x3 mm adosada a muro - 520,45 kg, con Soportes Push para monitores de 55" - 10 und	Estructura autoportante tipo pedestal/bastidor, independiente del muro, separada 80 cm	El soporte tipo Push impide la operación 24/7 durante mantenimientos al requerir desmontar los monitores; la estructura autoportante permite acceso posterior por pasillo técnico y habilita el espacio para ventilación y disipación de calor	7.8.3.2 / 7.8.3.3 / 7.8.3.4

#	Ítem original (Anexo 1/2)	Modificación propuesta	Justificación resumida	En Numeral
12	Piso falso (módulos 60,9x60,9 cm) - 87,95 m²	No aplica	Se opta por piso de alto tráfico de acabado más elegante, acorde con el estándar de imagen institucional; la gestión y protección del cableado se garantiza con tubería subterránea bajo el piso definitivo	7.8.3.7
13	Ventosa de una posición para piso - 1 und	No aplica	Accesorio exclusivo para el levantamiento de paneles del piso falso; al no aplicar el piso falso, esta herramienta tampoco aplica	7.8.3.7
14	Sillón reclinable - 2 und (Sala de Descanso)	No aplica	Su función de descanso individual queda cubierta por el sillón en L propuesto, que ofrece mayor capacidad de uso simultáneo en la misma área	7.8.4.8
15	Lámpara de piso regulable - 2 und (Sala de Descanso)	No aplica	La iluminación general de la sala de descanso se cubre con la iluminación de techo prevista para el espacio, sin requerir lámparas de piso adicionales	7.8.4.8

#	Ítem original (Anexo 1/2)	Modificación propuesta	Justificación resumida	En Numeral
16	Sofá de 3 puestos (Sala de Descanso)	Sillón modular en L, 4 a 5 puestos de uso simultáneo	Incrementa la capacidad de descanso simultáneo y aprovecha mejor la geometría del área disponible (24 m²), sin modificar el estándar de tapizado, acolchado ni la paleta de colores definida	7.8.4.9 / 7.8.4.10 / 7.8.4.11
17	Estantería metálica modular tipo industrial (Zona de Almacenamiento)	Mueble organizador de madera fabricado a medida	La carga a almacenar corresponde a documentos y expedientes livianos y no requiere capacidad de carga industrial; armoniza el acabado con el diseño interior del espacio	7.8.5.1 / 7.8.5.2 / 7.8.5.3
18	Sin partida presupuestal previa (el Anexo 1 no contempla planta eléctrica para el Centro de Monitoreo)	Planta eléctrica de 30 kVA / 24 kW, motor diésel, con transferencia automática	Garantiza el respaldo de energía ante cortes prolongados del suministro eléctrico, complementando la autonomía de corta duración del UPS contratado; costo adicional no presupuestado originalmente	7.8.6.5 / 7.8.6.6

#	Ítem original (Anexo 1/2)	Modificación propuesta	Justificación resumida	En Numeral
19	DVR 4 canales multiformato - 1 und, con Cámara turbo 1080p mini bala - 4 und	NVR (grabador de video en red) - 1 und, con Cámara IP tipo bala - 4 und	Alinea la videovigilancia con la red de datos del numeral; mayor resolución de grabación, análisis inteligente en el NVR y en el borde, y cableado simplificado mediante PoE en un solo cable UTP	7.8.6.7 / 7.8.6.8 / 7.8.6.9
20	UPS para Centro de Control, 3 kVA, tipo torre, monofásico online (Centro de Datos)	No aplica	El UPS Online de 10 kVA documentado en el numeral 7.8.6.2 tiene capacidad suficiente para respaldar también los equipos de red, almacenamiento y videovigilancia del Centro de Datos; una UPS dedicada de 3 kVA resulta redundante	7.8.7.8
21	Radio portátil UHF 380-475 MHz, tecnología TETRA / P25	Sistema de radiocomunicaciones VHF digital DMR Tier II: repetidor, antenas, duplexer, radio base, protector de línea y respaldo energético de 150 Ah	Los municipios vecinos operan Redes de Participación Ciudadana en banda VHF; la migración garantiza la interoperabilidad con Sopó y Gachancipá y la integración a planes candado y planes frontera	7.8.7.10 / 7.8.7.11 / 7.8.7.12

#	Ítem original (Anexo 1/2)	Modificación propuesta	Justificación resumida	En Numeral
	Ampliación y mejoramiento del Observatorio del Delito	Puesto de trabajo del analista dotado e integrado dentro del Centro de Monitoreo	No existe Observatorio que ampliar ni mejorar: el Municipio no ha creado la dependencia. Se entrega el puesto de trabajo del analista dentro del Centro de Monitoreo, dotado e integrado al sistema, para que opere desde su creación.	7.8.8

7.10. Diseño de la Red de Transporte en Fibra Óptica

El presente numeral desarrolla el diseño de la red de transporte en fibra óptica que soporta la conectividad del Sistema Integrado de Videovigilancia, Control y Comunicaciones del municipio de Tocancipá, en cumplimiento del numeral 4 del anexo técnico del contrato, «Operación y Mantenimiento de Fibra Óptica (F.O) de Conectividad para el Sistema Integrado de Videovigilancia, Control y Comunicaciones – SIES/CCTV».

A diferencia de los numerales precedentes, que especifican elementos individuales del sistema, este capítulo aborda una obra de infraestructura: una red de planta externa que recorre el municipio se apoya sobre estructuras de terceros, atraviesa vías y corredores de servicios públicos, y debe permanecer operativa durante toda la vigencia del contrato. Por tal razón el diseño no se limita al dimensionamiento óptico y lógico de la red, sino que comprende igualmente la infraestructura mecánica que la sostiene, postería, herrajes, tensiones de tendido y distancias de seguridad, así como las condiciones regulatorias que rigen el uso compartido de las estructuras existentes.

7.10.1. Objeto y alcance del diseño

El objeto de este diseño es definir la infraestructura de conectividad requerida para la transmisión de datos y video en tiempo real desde cada punto de captura hasta el Centro de Control y Monitoreo CCTV, garantizando los parámetros de servicio exigidos contractualmente y la integración de los subsistemas de videovigilancia, control de acceso, comunicaciones y almacenamiento.

El alcance comprende el suministro, instalación, configuración, puesta en funcionamiento y mantenimiento de la infraestructura de red que interconecta los sesenta (60) dispositivos de captura del sistema, cincuenta (50) cámaras PTZ IP y diez (10) cámaras LPR, junto con los dispositivos asociados en cada punto: gabinetes exteriores certificados RETIE, switches administrables, fuentes PoE, UPS de respaldo, transceptores ópticos y demás equipos descritos en el numeral 7.5 del presente documento.

Con el fin de delimitar sin ambigüedad la materia de este capítulo, el alcance se descompone en los siguientes componentes:

Tabla 7.10.1a. Alcance,Componentes del diseño de la red de transporte

Componente	Contenido	Se desarrolla en
Definición del servicio	Requisitos de desempeño exigidos contractualmente, dimensionamiento de la capacidad de transporte y arquitectura general de la red	7.10.2 a 7.10.6

Componente	Contenido	Se desarrolla en
Infraestructura física de soporte	Postería y apoyos a utilizar, tipo de cable, diseño mecánico del tendido aéreo, herrajes y accesorios, reservas técnicas, tramos canalizados y cruces especiales	7.10.7 a 7.10.12
Elementos pasivos	Muflas de empalme, distribuidores ópticos, pigtails, conectores y elementos de terminación	7.10.13
Diseño lógico	Plan de direccionamiento IP, segmentación en VLAN, política de calidad de servicio y presupuesto óptico de enlaces	7.10.14 a 7.10.16
Trazado ejecutable	Recorrido georreferenciado, nodos de distribución, asignación de hilos, plan de empalmes, esquema de redundancia y consolidado de cantidades	7.10.17 a 7.10.21
Verificación y operación	Sustentación técnica del diseño, protocolo de pruebas y criterios de aceptación, y plan de operación y mantenimiento de la planta externa	7.10.22 a 7.10.24

Quedan por fuera del alcance de este capítulo la especificación de los dispositivos de captura y de los elementos de soporte de cámara, desarrollada en el numeral 7.5; la infraestructura interna del Centro de Monitoreo, desarrollada en el numeral

7.8; y el diseño eléctrico de los puntos de cámara, que se aborda en la memoria de cálculo eléctrico del proyecto.

7.10.2. Marco normativo y criterios de diseño

El diseño de la red de transporte se desarrolla conforme al marco normativo que se relaciona a continuación, agrupado según el ámbito que regula. Se destaca que, por tratarse de una red que se apoya mayoritariamente sobre infraestructura eléctrica de propiedad del operador de red, al marco técnico se suma un marco regulatorio de obligatorio cumplimiento en materia de compartición de infraestructura.

Tabla 7.10.2a. Marco normativo,Normas y reglamentos aplicables al diseño

Ámbito	Norma o reglamento	Materia que regula
Medio óptico	ITU-T G.652.D ITU-T G.671 IEC 60794	Características de fibras y cables ópticos monomodo Características de componentes y subsistemas ópticos Cables de fibra óptica: especificaciones generales y ensayos
Medición y aceptación	IEC 61280-4-2 IEC 61300-3-35 ANSI/TIA-568	Medición de atenuación en planta instalada Inspección y criterios de limpieza de conectores Cableado estructurado de telecomunicaciones

Ámbito	Norma o reglamento	Materia que regula
Planta externa	ANSI/TIA-758-B IEEE 1222 ITU-T L.26	Cableado de planta externa para telecomunicaciones Cables ópticos autosoportados totalmente dieléctricos (ADSS) Cables ópticos para instalación aérea
Eléctrico y seguridad	RETIE NTC 2050 NTC 1329	Distancias mínimas de seguridad y requisitos de instalación Código Eléctrico Colombiano Postes de concreto para líneas aéreas
Compartición de infraestructura	Resolución CRC 5050 de 2016 Resolución CRC 7120 de 2023 Resolución CREG 140 de 2014	Régimen de acceso y uso de infraestructura eléctrica para telecomunicaciones (art. 4.10.3.1 y concordantes) Actualización de los topes tarifarios de remuneración por punto de apoyo Condiciones técnicas de instalación de cables de telecomunicaciones sobre apoyos eléctricos
Norma del operador de red	Normas técnicas del operador de red de la zona (Enel Colombia,Likinormas)	Criterios de utilización de postería, cargas admisibles, ocupación de apoyos y trámite de aprobación del proyecto de compartición

Ámbito	Norma o reglamento	Materia que regula
Sectorial	Lineamientos del Ministerio del Interior y de la Dirección de Telemática de la Policía Nacional	Requisitos técnicos para sistemas de videovigilancia de uso público

Sobre este marco se adoptan las siguientes premisas de diseño, que orientan la totalidad de las decisiones desarrolladas en el capítulo:

- Fibra óptica monomodo como medio principal de transporte, conforme al tipo de conectividad exigido en el anexo técnico, y radioenlace IP como medio de respaldo y como medio principal únicamente en los puntos donde el tendido resulta técnicamente inviable.
- Aprovechamiento de la postería existente en los corredores del municipio, evitando la instalación de apoyos nuevos salvo en los tramos donde no exista estructura utilizable o donde el operador de red niegue la ocupación.
- Cable de tipo auto soportado totalmente dieléctrico (ADSS), de modo que el tendido no requiera mensajero metálico ni herrajes conductores, lo cual elimina el riesgo de inducción electromagnética en los corredores compartidos con redes de energía y simplifica el trámite de compartición.
- Verificación mecánica del tendido para las condiciones ambientales de la sabana de Bogotá, respetando las distancias mínimas de seguridad del RETIE frente a las redes de energía y frente a la calzada.
- Segregación lógica del tráfico mediante VLAN independientes para videovigilancia, control de acceso y administración de la red.

- Dimensionamiento con margen de crecimiento sobre la demanda actual, de modo que la red admita la incorporación de puntos futuros sin sustituir el cable troncal ni los equipos de agregación.
- Redundancia física en los corredores troncales, de manera que un corte único en la planta externa no deje sin servicio a la totalidad de una zona del municipio.

7.10.3. Requisitos de servicio de la red de conectividad

El anexo técnico del contrato establece parámetros de desempeño verificables que condicionan el diseño de la red. Estos requisitos constituyen la línea base contra la cual se validará la red en la etapa de pruebas y aceptación, desarrollada en el numeral 7.10.23.

Tabla 7.10.3a. Requisitos, Parámetros de servicio exigidos contractualmente

Parámetro	Exigencia contractual	Medio de verificación
Ancho de banda agregado	Mínimo 1,2 Gbps	Medición de tráfico agregado en el nodo central mediante sistema NMS
Ancho de banda por cámara	20 Mbps dedicados por cámara PTZ o LPR; 50 Mbps para cámaras panorámicas o de alta densidad	Perfil de calidad configurado en el VMS y verificación de caudal por puerto
Disponibilidad del servicio	No inferior al 99,5 % mensual	Reportes del sistema de monitoreo de red

Parámetro	Exigencia contractual	Medio de verificación
Latencia máxima	≤ 50 ms entre el dispositivo de campo y el servidor central	Pruebas de eco (ICMP) y medición extremo a extremo
Pérdida de paquetes	≤ 0,1 % en transmisión de video y datos críticos	Pruebas de desempeño sostenidas sobre enlaces cargados
Jitter promedio	≤ 20 ms	Medición de variación de retardo en flujos de video

La exigencia de disponibilidad del 99,5 % mensual merece consideración particular, por cuanto equivale a un tiempo máximo de indisponibilidad de tres (3) horas con treinta y seis (36) minutos por mes. En una red de planta externa, la causa dominante de indisponibilidad no es la falla de los equipos activos, cuyo tiempo medio entre fallas supera el millón de horas, sino el corte del cable por intervención de terceros. Este hecho es el que sustenta el esquema de redundancia adoptado en el numeral 7.10.20.

7.10.4. Dimensionamiento de la capacidad de transporte

El dimensionamiento de la red parte del inventario definitivo de dispositivos de captura del proyecto, conformado por los cuarenta (40) puntos existentes objeto de modernización y los quince (15) puntos nuevos definidos en los numerales 7.1 y 7.2. Dado que los cinco (5) puntos LPR incorporan dos (2) cámaras cada uno, el total de cámaras nuevas asciende a veinte (20), según el consolidado de cantidades del numeral 7.6.

La demanda de transporte resultante se calcula aplicando el caudal unitario exigido en el anexo técnico a cada tipo de cámara:

Tabla 7.10.4a. Memoria de cálculo, Dimensionamiento del ancho de banda agregado

Tipo de dispositivo	Cantidad	Caudal unitario	Caudal total
Cámaras PTZ IP (40 existentes modernizadas + 10 nuevas)	50	20 Mbps	1.000 Mbps
Cámaras LPR (5 puntos × 2 cámaras)	10	20 Mbps	200 Mbps
Total de dispositivos de captura	60	,	1.200 Mbps (1,2 Gbps)

El resultado del cálculo asciende a 1.200 Mbps, cifra que coincide exactamente con el ancho de banda agregado mínimo de 1,2 Gbps exigido en el anexo técnico, lo que confirma la consistencia entre el inventario de cámaras del diseño y el dimensionamiento contractual.

Ahora bien, ese valor corresponde a la demanda en condición de plena ocupación y sin margen alguno. Por tal motivo, la red troncal se dimensiona por encima de dicha cifra, de modo que el sistema conserve capacidad de reserva para los picos de tráfico asociados a la analítica de video, para las descargas de grabación local almacenada en las tarjetas de memoria de cada cámara, y para la incorporación de puntos adicionales durante la vigencia del contrato sin necesidad de sustituir el cable troncal ni los equipos de agregación.

7.10.5. Arquitectura general de la red

La red de transporte adopta una arquitectura convergente hacia un nodo cabecera único, correspondiente a la sede del Centro de Control y Monitoreo SIES/CCTV, hacia el cual se dirige la totalidad del tráfico de video y datos del sistema, y donde

se instalan el rack de comunicaciones, los servidores de gestión y almacenamiento, y el equipamiento de agregación descrito en los numerales 7.8.1 y 7.8.7.

El anexo técnico del contrato previó la ubicación de dicho Centro de Control en el centro comercial Milán Plaza. No obstante, la verificación en sitio determinó que esa edificación no reúne las condiciones mínimas exigidas para la operación del Centro de Monitoreo, conforme se sustenta en el numeral 7.8.6.18 del presente documento. En consecuencia, el diseño de la red se desarrolla de manera independiente de dicha ubicación, estableciendo los requisitos que el emplazamiento seleccionado deberá satisfacer desde el punto de vista de conectividad.

La red se estructura en tres niveles jerárquicos, cuya definición permite acotar el impacto de una falla y ejecutar el mantenimiento sin afectar la operación completa del sistema:

Tabla 7.10.5a. Arquitectura, Niveles jerárquicos de la red de transporte

Nivel	Función	Características de diseño
Cabecera (nodo central)	Concentra la totalidad del tráfico del sistema y aloja los servidores de gestión, grabación y almacenamiento	Ubicada en la sede definitiva del Centro de Control. Terminación de la fibra en distribuidor óptico, agregación mediante switch administrable de capa 3 con puertos ópticos, y respaldo de energía conforme al numeral 7.8.6.2

Nivel	Función	Características de diseño
Troncal y nodos de distribución	Transporta el tráfico agregado desde cada zona del municipio hasta la cabecera y distribuye hilos hacia los puntos de cámara	Cable de fibra óptica monomodo ADSS de alta capacidad, tendido aéreo sobre postería existente, con nodos de distribución alojados en muflas de empalme ubicadas en los sectores de mayor densidad de puntos
Acometida a punto de cámara	Conecta cada gabinete de cámara al nodo de distribución más cercano	Cable de acometida monomodo ADSS de baja capacidad, terminación en bandeja óptica dentro del gabinete y conversión óptico-eléctrica mediante transceptor SFP, conforme a los numerales 7.5.18 a 7.5.20

Nota: la cantidad, la ubicación georreferenciada y la capacidad de cada nodo de distribución se desarrollan en el numeral 7.10.17, a partir del archivo KMZ de ubicaciones georreferenciadas que hace parte integral del anexo técnico del contrato.

Dado que la totalidad de la red converge hacia el nodo cabecera, la selección de la sede del Centro de Control no constituye únicamente una decisión de infraestructura física, sino que condiciona directamente el trazado, la longitud y el costo de la red de transporte. Por tal motivo, además de las condiciones mínimas de habitabilidad

y operación establecidas en el numeral 7.8.6.17, el emplazamiento seleccionado deberá satisfacer los siguientes requisitos de conectividad:

Tabla 7.10.5b. Requisitos, Condiciones de conectividad exigibles a la sede del Centro de Control

Requisito	Descripción
Proximidad a la red troncal	Cercanía a un corredor con postería aprovechable que permita la llegada de la fibra troncal sin requerir tendidos extensos ni cruces de vía de alta complejidad
Viabilidad de acometida óptica	Posibilidad técnica y autorización del propietario del inmueble para el ingreso del cable de fibra a la edificación, con ruta interna protegida hasta la sala técnica
Espacio para terminación óptica	Disponibilidad de espacio en el rack de comunicaciones para el distribuidor óptico de cabecera, con capacidad acorde al número total de hilos de la red y reserva de crecimiento
Ruta física redundante	Disponibilidad de dos rutas físicas independientes de ingreso a la edificación, de modo que un corte en un corredor no deje incomunicado el Centro de Control. Esta condición es la que hace efectivo el esquema de redundancia del numeral 7.10.20
Disponibilidad de radioenlace	Línea de vista hacia los puntos que operan mediante radioenlace, o hacia un nodo intermedio que permita su integración

Requisito	Descripción
Servicio de energía y respaldo	Acometida eléctrica con capacidad suficiente para la carga del Centro de Control y espacio para la planta eléctrica de 30 kVA, conforme al numeral 7.8.6.13

7.10.6. Medio de transmisión por punto

El anexo técnico define como tipo de conectividad la fibra óptica monomodo y/o Ethernet categoría 6A, con respaldo por radioenlace IP en caso de contingencia. Conforme a este lineamiento, el diseño adopta la fibra óptica como medio principal de transporte para la totalidad de los puntos en los que el tendido resulta técnicamente viable.

De acuerdo con el levantamiento en campo consignado en las tablas 7.1a y 7.2a, la distribución de los cincuenta y cinco (55) puntos del sistema según su medio de transmisión es la siguiente:

Tabla 7.10.6a. Consolidado, Distribución de puntos según medio de transmisión

Medio de transmisión	Puntos existentes	Puntos nuevos	Total
Fibra óptica	36	13	49
Fibra óptica con radioenlace de respaldo	2	0	2
Radioenlace	2	2	4
Total de puntos	40	15	55

En consecuencia, cincuenta y un (51) puntos se alcanzan mediante fibra óptica, cuarenta y nueve (49) exclusivamente por este medio y dos (2) con radioenlace de respaldo, lo que equivale a cincuenta y seis (56) de las sesenta (60) cámaras del sistema. Esta cifra constituye la base del dimensionamiento de la planta externa desarrollado en los numerales siguientes.

Los cuatro (4) puntos que operan exclusivamente mediante radioenlace corresponden a emplazamientos en los que el tendido de fibra no resulta viable por distancia, ausencia de postería aprovechable en el corredor o condiciones del terreno, y en los que sí existe línea de vista hacia un nodo de la red. Dos de ellos, las cámaras Polígono y Las Quintas, ya operan bajo esta modalidad en el sistema existente, según el diagnóstico técnico previo.

7.10.7. Infraestructura de soporte: postería del trazado

La red de transporte se resuelve mediante tendido aéreo sobre postería existente, con excepción del tramo comprendido entre la Mufla Bomberos y el Centro de Monitoreo, que se resuelve en canalización subterránea conforme al numeral 7.10.12. El trazado sigue corredores viales que cuentan con infraestructura de postería, lo que permite ejecutar la obra sin instalación de estructuras nuevas y atender el mantenimiento de la red sin obra civil ni afectación del espacio público.

Los postes empleados pertenecen a dos propietarios, cada uno con un régimen de uso propio:

Tabla 7.10.7a. Régimen - Condiciones de uso según el propietario del poste

Propietario	Infraestructura	Marco aplicable	Trámite previo al tendido
Enel Colombia S.A. E.S.P.	Postería de la red de distribución de energía eléctrica en media y baja tensión	Resoluciones CRC 5050 de 2016 y 7120 de 2023, y Resolución CREG 140 de 2014. Normas técnicas del operador de red	Vinculación de las estructuras al contrato de arrendamiento vigente relacionado en el numeral 7.10.7.5, mediante radicación del proyecto ante el operador de red y aprobación técnica. El pago mensual por punto de apoyo ocupado se rige por dicho contrato
Municipio de Tocancipá	Postería del sistema de alumbrado público	Reglamentación municipal de uso del espacio público y normas técnicas de alumbrado	Autorización de uso de la infraestructura por parte de la entidad administradora del alumbrado público y verificación de capacidad mecánica del poste

Con independencia del propietario, cada poste del trazado satisface las siguientes condiciones, verificadas en el levantamiento de campo:

Tabla 7.10.7b. Criterios - Condiciones de aceptación del poste

Criterio	Exigencia	Verificación
Integridad estructural	Ausencia de fisuras pasantes, desconchamientos con acero expuesto, corrosión del refuerzo o impactos vehiculares	Inspección visual y registro fotográfico por poste
Verticalidad	Desplome no superior al uno por ciento (1 %) de la altura libre	Medición con plomada o nivel
Capacidad mecánica remanente	Capacidad disponible para absorber la carga del cable y de sus herrajes bajo la condición de viento de diseño del numeral 7.10.9	Contraste con la carga de trabajo nominal del poste y con su ocupación
Altura disponible	Espacio libre para instalar el cable respetando las separaciones de la Tabla 7.10.9c y el gálibo sobre la vía	Medición de la altura del conductor de energía más bajo y de la ocupación del poste
Accesibilidad	Posibilidad de intervenir el poste para mantenimiento sin invadir calzada de alto tráfico ni predios privados	Verificación del entorno y de la maniobra requerida

Inventario consolidado

El levantamiento de la postería del proyecto se ejecutó por tramos, cada uno relacionado de manera literal en un subnumeral propio. El inventario consolidado es el siguiente:

Tabla 7.10.7c. Inventario - Postes del trazado por levantamiento

Levantamiento	Subnumeral	Propietario del poste	Postes	Con código registrado
Zona 2	7.10.7.1	Enel Colombia y alumbrado público	384	282
Tramo Mufla Los Patos – Mufla Zipatoca	7.10.7.2	Enel Colombia	133	82
Tramo Mufla Autódromo – Mufla Entrada Tibiflores	7.10.7.3	Alumbrado público	42	38
Tramos sin nomenclatura registrada	7.10.7.4	Enel Colombia y alumbrado público	170	-
Total de postes aéreos	-	-	729	402

El trazado se soporta sobre 729 postes aéreos y 8 cámaras subterráneas correspondientes al tramo canalizado, para un total de 737 elementos de soporte. De los postes aéreos, 402 cuentan con el código de identificación asignado por su propietario, dato con el cual se integra la relación de estructuras del proyecto de compartición.

Verificación del vano medio del trazado

La cantidad de postes resultante del levantamiento permite verificar el vano medio real del trazado y contrastarlo con el criterio adoptado en la verificación mecánica del numeral 7.10.9:

Tabla 7.10.7d. Verificación - Vano medio resultante del levantamiento

Parámetro	Valor	Referencia
Longitud total del trazado	34.876 m	Numeral 7.10.17
Postes aéreos del levantamiento	729	Tabla 7.10.7c
Vano medio resultante	47,8 m	Cociente de los dos valores anteriores
Vano máximo admisible verificado	60 m	Tabla 7.10.9b
Vano de referencia de la verificación mecánica	40 m	Tabla 7.10.9b

El vano medio del trazado asciende a 47,8 metros, valor comprendido dentro del intervalo verificado en el numeral 7.10.9, cuya condición más desfavorable corresponde al vano de sesenta (60) metros. En esa condición el cable trabaja al diecinueve coma ocho por ciento (19,8 %) de su carga de rotura nominal, con margen frente al límite del veinticinco por ciento (25 %) adoptado en el diseño. La verificación mecánica del tendido es por tanto aplicable a la totalidad del trazado levantado.

Actividades de campo previas al tendido

El tendido se ejecuta previa realización de las siguientes actividades sobre los postes del trazado:

- Complementación del registro de códigos de identificación de los postes. En los postes cuya placa conserva numeración legible el registro se toma en sitio; en aquellos cuya numeración se encuentra borrada o cuya placa no existe, la identificación se establece por la georreferenciación del poste y el código lo asigna o repone el propietario de la infraestructura.

- Reposición de la placa de identificación en los postes relacionados en la Tabla 7.10.7.2b, por cuenta del propietario de la infraestructura.
- Registro de la ocupación de cada poste por cables de terceros, dato con el cual se establece la capacidad remanente de la estructura y se define la ubicación de las reservas de cable conforme a la Resolución CREG 140 de 2014 y al numeral 7.10.11.
- Verificación estructural individual de los postes de madera relacionados en los subnumerales de censo.
- Radicación del proyecto de compartición ante el operador de red con la relación definitiva de estructuras, y trámite de autorización de uso ante la entidad administradora del alumbrado público.

Estas actividades se ejecutan en una sola visita por corredor y anteceden al inicio del tendido, conforme a la programación de obra del proyecto.

7.10.7.1. Censo de postes - Zona 2

La Zona 2 comprende 384 postes distribuidos en treinta y cuatro (34) corredores y sectores del casco urbano. El levantamiento registra, por cada poste, el corredor en que se encuentra, el código asignado por su propietario, la cantidad de cables que incorpora el proyecto y una referencia de ubicación que permite localizarlo en terreno. Veintinueve (29) de estos postes corresponden a punto de cámara y reciben en consecuencia el gabinete, la bajante protegida y la reserva de terminación previstos en los numerales 7.10.10 y 7.10.11.

Tabla 7.10.7.1a. Resumen - Postes por corredor - Zona 2

Corredor o sector	Postes	Con código registrado
CARRERA 4	68	42
TRANSVERSAL 7	39	33

Corredor o sector	Postes	Con código registrado
SECTOR LA FUENTE	39	37
CARRERA 3A	16	11
TRANSVERSAL 4	15	13
CALLE 7	14	10
SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	13	9
CALLE 17	12	8
SECTOR INDUSTRIAL ANILLO VIAL VERGANZO	12	6
SECTOR 3 ESQUINAS	11	10
SECTOR CASTIBLANCO	11	9
SECTOR CASTIBLANCO-CARRILERA	11	10
CALLE 9	10	7
SECTOR MILENIO 3	10	10
SECTOR TORRES DE SAN JUAN ANILLO VIAL VERGANZO	9	7
SECTOR TOLIMA	9	9
CARRERA 9	8	0
CARRERA 3A ESTE	8	0
SECTOR LA ESTACIÓN	8	1
CARRERA 9 CARRILERA	7	6
CALLE DEL TEJADILLO	7	5

Corredor o sector	Postes	Con código registrado
CALLE 7B	6	6
CARRERA 10	5	5
CARRERA 11	5	2
SECTOR JUANCHOPOLA-CARRILERA	5	4
SECTOR GOMEZ	5	5
CALLE 11	4	4
CALLE 8	4	3
CALLE 10	3	3
CARRERA 6	3	2
CARRERA 4A	3	3
SECTOR LOS ALIZOS	2	2
CARRERA 4 CON CALLE 17	1	0
CARRERA 4 CON SECTOR LA	1	0
Total Zona 2	384	282

Tabla 7.10.7.1b. Censo - Relación de postes - Zona 2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
1	TRANSVERSAL 7	42001119	Factibilidad - Cam 21	2
2	TRANSVERSAL 7	42002634	Transversal 7 # 20-36	2
3	TRANSVERSAL 7	42003569	Potrero	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
4	TRANSVERSAL 7	No visible	Potrero	2
5	TRANSVERSAL 7	42003571	Potrero	2
6	TRANSVERSAL 7	42013786	Portero - P.A. 60182 Transformador	2
7	TRANSVERSAL 7	42137586	Casa blanca rejas blancas	2
8	TRANSVERSAL 7	42003533	Transformador - P.A. 48569	2
9	TRANSVERSAL 7	42001145	Transversal 7 # 18-94	2
10	TRANSVERSAL 7	42002658	Transversal 7 # 18-42	2
11	TRANSVERSAL 7	42001169	Transversal 7 # 18-25	2
12	TRANSVERSAL 7	42003400	Transversal 7 # 16 A-93	2
13	TRANSVERSAL 7	42004230	Transversal 7 # 16 A-67	2
14	TRANSVERSAL 7	42003713	Transversal 7 # 16 A-33	2
15	TRANSVERSAL 7	42002755	Transversal 7 # 16 A-03	2
16	TRANSVERSAL 7	No visible	Factibilidad - Cam 33	2
17	TRANSVERSAL 7	42001280	Transformador - P.A. 48566	2
18	TRANSVERSAL 7	42003775	Transversal 7 # 15-51	2
19	TRANSVERSAL 7	42003799	Poste con 2 gabinetes	2
20	TRANSVERSAL 7	42002840	Super tienda mariarita	2
21	TRANSVERSAL 7	42003822	Casa blanco con verde - P.A. S 19935	2
22	TRANSVERSAL 7	42003123	Tejado verde	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
23	TRANSVERSAL 7	42001505	Entrada colegio - transformador	2
24	TRANSVERSAL 7	42003135	Parqueadero coliseo	2
25	TRANSVERSAL 7	42001517	Parqueadero gimnasio - 3 palmas	2
26	TRANSVERSAL 7	42169669	Estación de policía - P.A. 75824	2
27	TRANSVERSAL 7	42003147	Rombol - glorieta	2
28	TRANSVERSAL 7	42001820	Canchas futbol	2
29	TRANSVERSAL 7	42001832	Entrada cancha de futbol	2
30	TRANSVERSAL 7	23930449	Plaza de mercado esquina	2
31	TRANSVERSAL 7	No visible	Factibilidad Cam:20- baja tensión	2
32	TRANSVERSAL 7	42001723	Potrero - frente colegio tecnico comercial	2
33	TRANSVERSAL 7	42001769	Potrero	2
34	TRANSVERSAL 7	No visible	Potrero	2
35	TRANSVERSAL 7	42005862	Potrero	2
36	TRANSVERSAL 7	No visible	Potrero	2
37	TRANSVERSAL 7	42001773	Factibilidad Cam:35	2
38	CARRERA 9 CARRILERA	42001844	Plaza de mercado porton café	2
39	CARRERA 9 CARRILERA	42001856	Reja verde - P.A. S 10094	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
40	CARRERA 9 CARRILERA	42001858	P.A. 48560	2
41	CARRERA 9 CARRILERA	No visible	P.A. 10658	2
42	CARRERA 9 CARRILERA	4200571	Casa construcción	2
43	CARRERA 9 CARRILERA	42001849	Chazas madera - P.A. 48559	2
44	CARRERA 9 CARRILERA	42001903	Peligro paso de trenes	2
45	CALLE 11	42009569	Pared blanca - Parqueadero	2
46	CALLE 11	42007864	Poste esquina - P.A. 72352	2
47	CALLE 11	42006691	Colegio divino niño	2
48	CALLE 11	42009600	Factibilidad - Cam: 19	2
49	CARRERA 10	42001963	Factibilidad - Cam: 28	2
50	CARRERA 10	42001977	Casa roja 10-69	2
51	CARRERA 10	42001989	Casa roja 10-45	2
52	CARRERA 10	42001991	Casa roja 10-21	2
53	CARRERA 10	42002006	Casa roja 10-03	2
54	CALLE 10	42002018	Pared ladrillos rojos y cruza en diagonal	2
55	CALLE 10	42004202	Casa roja 10-99	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
56	CALLE 10	42002214	Carrera 11 # 9-98	2
57	CARRERA 11	42002238	Carrera 11 # 9-60	2
58	CARRERA 11	No visible	Esquina	2
59	CARRERA 11	42004335	Carrera 10 # 9-11	2
60	CARRERA 11	No Tiene	Lote - Potrero	2
61	CARRERA 11	No visible	Puerta Cementerio	2
62	CALLE 9	42007838	Parque de niños	2
63	CALLE 9	No visible	Calle 9 # 7-98	2
64	CALLE 9	42121559	Calle 9 # 7-38	2
65	CALLE 9	42130065	Porton verde	2
66	CALLE 9	42009096	Calle 9 # 6-71	2
67	CALLE 9	No visible	Poste sin lampara y medidor	2
68	CALLE 9	42009854	Poste esquina	2
69	CARRERA 6	No Tiene	Carrera 6 # 9-23	2
70	CARRERA 6	42004577	Poste lampara - P.A. 48551	2
71	CARRERA 6	42009105	Factibilidad - Cam:18	2
72	CALLE 9	42009880	Calle 9 # 5-40	2
73	CALLE 9	42009892	Licoreria El oso goloso	2
74	CALLE 9	No tiene	Auto partes el desvare	2
75	CARRERA 9	No visible	Carrera 9 # 8-37	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
76	CARRERA 9	No visible	Carrera 9 # 8-03	2
77	CALLE 8	42009650	Al lado de carrilera	2
78	CALLE 8	No visible	Insumos y bisuteria Vale y Mila	2
79	CALLE 8	42009648	Calle 8 # 7-34	2
80	CALLE 8	42009639	Factibilidad - Cam: C17 - Calle 8 # 7-28	2
81	CARRERA 9	No Tiene	Carrera 9 # 7-79	2
82	CARRERA 9	No Tiene	Casa esquina 2 pisos roja-porton ocre	2
83	CARRERA 9	No Tiene	Carrera 9 # 7-65	2
84	CARRERA 9	No Tiene	Carrera 9 # 7-31	2
85	CARRERA 9	No visible	Carrera 9 # 7-01	2
86	CARRERA 9	No visible	Factibilidad - Cam:29 - Poste esquina casa	2
87	CALLE 7	42007947	Casa color lila	2
88	CALLE 7	42004444	Poste esquina - casa terracota-crema	2
89	CALLE 7	No Tiene	Calle 7 # 7-42	2
90	CALLE 7	No Tiene	lote en construccion	2
91	CALLE 7	No Tiene	Calle 7 # 6-36	2
92	CALLE 7	23930126	Poste parqueadero - P.A. S 3650	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
93	CALLE 7	No visible	Poste esquina - canal de agua	2
94	TRANSVERSAL 4	42009384	Ferreconstruhogar - Trav 4 # 6-83	2
95	TRANSVERSAL 4	42004515	P.A. S10660 - Porton verde	2
96	TRANSVERSAL 4	42009771	Entrada tunel Peatonal	2
97	TRANSVERSAL 4	42009769	Factibilidad - Cam:29 - Lote construccion	2
98	TRANSVERSAL 4	No visible	Asadero de pollo las delicias	2
99	TRANSVERSAL 4	42005894	Prohibido el paso de vehiculos mayor 8 tonela	2
100	CALLE 7	42005561	Casa vino tinto porton café	2
101	CALLE 7	42002274	Lote vacio esquina - casa verde	2
102	CALLE 7	42003270	Calle 7 # 4C-20	2
103	CALLE 7	42009311	Soling-Cot s.a.s	2
104	CALLE 7	42008353	Calle 7 # 3-88	2
105	CALLE 7	42009323	Calle 7 # 4B-02	2
106	CALLE 7	42003282	Calle 7 - Casa 2 pisos naranja	2
107	CARRERA 4A	42005559	Predio enmallado	2
108	CARRERA 4A	42002262	Carrera 4 # 7-62	2
109	CARRERA 4A	42002127	Guarderia mis primeras huellitas	2
110	CALLE 7B	42002961	Calle 7B # 4C-50	2
111	CALLE 7B	42002139	Calle 7B # 4C-38	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
112	CALLE 7B	42002973	Calle 7B # 4C-24	2
113	CALLE 7B	42002153	P.A. 48576 - Transformador	2
114	CALLE 7B	42002985	Poste baja tensión - Reja verde - parque niños	2
115	CALLE 7B	42002997	Factibilidad - Cam: C27 - Cancha baloncesto	2
116	TRANSVERSAL 4	42002115	Escuela Sol naciente - Trans 4 # 8-06	2
117	TRANSVERSAL 4	42002286	Letrero: Entrada y salida de volquetas	2
118	TRANSVERSAL 4	42005573	Apartamentos Monteverde	2
119	TRANSVERSAL 4	No Tiene	Pared ladrillos rojos	2
120	TRANSVERSAL 4	42002298	Betania - Letrero paradero de bus azul blanco	2
121	TRANSVERSAL 4	42002307	Paradero de bus con techo	2
122	TRANSVERSAL 4	42005597	Letrero: Obra en la via	2
123	TRANSVERSAL 4	42005606	Factibilidad aerea - Cam:24	2
124	TRANSVERSAL 4	42005339	P.A: SD 0521 - P.A:14666	2
125	SECTOR 3 ESQUINAS	42005741	Casa blanca - P.A: 10084	2
126	SECTOR 3 ESQUINAS	42002480	Casa blanca - P.A: 10085 - cerramiento madera	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
127	SECTOR 3 ESQUINAS	42002492	Casa ladrillos rojos - rejas ocre	2
128	SECTOR 3 ESQUINAS	42103660	Encerramiento columnas blancas	2
129	SECTOR 3 ESQUINAS	42103684	P.A: 50198 - Transformador	2
130	SECTOR 3 ESQUINAS	No visible	Poste madera 6768891	2
131	SECTOR 3 ESQUINAS	42008232	Potrero	2
132	SECTOR 3 ESQUINAS	42008642	Potrero	2
133	SECTOR 3 ESQUINAS	42008630	Poste madera - toldo verde	2
134	SECTOR 3 ESQUINAS	42008220	Casa naranja con blanco 2 pisos	2
135	SECTOR 3 ESQUINAS	42008616	Factibilidad - Cam:22 - P.A:50276	2
136	TRANSVERSAL 7	42001292	Transv 7 # 16A-32	2
137	TRANSVERSAL 7	No Tiene	Transv 7 # 16A-68 - Poste esquina	2
138	CALLE 17	No Tiene	Calle 17 # 4A-89	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
139	CALLE 17	42062094	Calle 17 # 4A-157	2
140	CALLE 17	42062082	Calle 17 # 4A-109	2
141	CALLE 17	42062070	Calle 17 # 4A - Esquina callejón	2
142	CALLE 17	42062068	Calle 17 # 4A-65	2
143	CALLE 17	42062056	Calle 17 # 4A-33	2
144	CALLE 17	42062044	Calle 17 # 4A-15	2
145	CARRERA 4 CON CALLE 17	No visible	Poste de media en la esquina	2
146	CARRERA 4	42002094	Tanques de cemento cuadrado y cilindro	2
147	CARRERA 4	42001086	Coliseo fabrica	2
148	CARRERA 4	42001098	Productos quimicos Panamericanos S.A	2
149	CARRERA 4	42003533	P.A S 9535 y cruza la via	2
150	CARRERA 4	42005708	Poste con lampara	2
151	CARRERA 4	42002430	Poste con medidor	2
152	CARRERA 4	42005694	Pirotecnica Colombia	2
153	CARRERA 4	42002428	Carrera 4 # 17-40	2
154	CARRERA 4	42005687	Carrera 4 # 17-08 - esquina	2
155	CALLE 17	No visible	Paredilla ladrillos	2
156	CALLE 17	No visible	Enmallado con arbusto	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
157	CALLE 17	42013095	Potrero - señal maquinaria	2
158	CALLE 17	23930137	Doble calzada - esquina columnas concreto	2
159	CALLE 17	No visible	Potrero	2
160	CARRERA 3A	42009181	Potrero - señal 30	2
161	CARRERA 3A	42007501	Potrero - Dobla a la entrada altos san miguel	2
162	CARRERA 3A	42130944	P.A 75829 - Transformador	2
163	CARRERA 3A	42130956	Poste de baja - lampara	2
164	CARRERA 3A	42130968	Poste de baja - lampara parque niños	2
165	CARRERA 3A	42130970	Poste de baja - lampara jardin flores	2
166	CARRERA 3A	43029883	frente minimercado la vecina	2
167	CARRERA 3A	42007480	Potrero - se vende	2
168	CARRERA 3A	24030001	Canal de agua - Cruce peatonal	2
169	CARRERA 3A	42007731	Potrero	2
170	CARRERA 3A	42007717	Factibilidad - Cam: C25 - Potrero	2
171	CARRERA 3A	No visible	Potrero	2
172	CARRERA 3A	No visible	Casa 2 pisos ladrillos rojos	2
173	CARRERA 3A	No visible	lote vacio	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
174	CARRERA 3A	No visible	Ferreteria: Tecnielectricos	2
175	CARRERA 3A	No visible	Cerca teja metalica	2
176	CARRERA 3A ESTE	No visible	Poste detras de alambrado de puas	2
177	CARRERA 3A ESTE	No visible	Poste al lado de bandera amarilla	2
178	CARRERA 3A ESTE	No visible	Casa de 1 piso sin pintar	2
179	CARRERA 3A ESTE	No visible	Carrera 3A este # 11-25	2
180	CARRERA 3A ESTE	No visible	Carrera 3A este # 11-67 Casa 15	2
181	CARRERA 3A ESTE	No visible	Potrero	2
182	CARRERA 3A ESTE	No visible	Poste esquina	2
183	CARRERA 3A ESTE	No visible	Poste zapatos colgados	2
184	CALLE DEL TEJADILLO	42007321	Calle del tejadillo - casa 2 pisos roja	2
185	CALLE DEL TEJADILLO	42007319	Minimercado la Aurora	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
186	CALLE DEL TEJADILLO	42007660	Potrero	2
187	CALLE DEL TEJADILLO	No visible	Casa construcción	2
188	CALLE DEL TEJADILLO	42007537	Calle 11 Carrera 5 este Tienda FilaHamon	2
189	CALLE DEL TEJADILLO	No visible	Finca - maderas y chazas	2
190	CALLE DEL TEJADILLO	42007549	Esquina - caseta ladrillos rojos	2
191	SECTOR LOS ALIZOS	42007575	Potrero	2
192	SECTOR LOS ALIZOS	42007599	Factibilidad - Cam: C26	2
193	SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	42136817	Factibilidad - Cam: C4	2
194	SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	42143672	Potrero	2
195	SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	42143696	Potrero	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
196	SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	42143708	Casa naranja - cerramiento madera	2
197	SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	42143717	Potrero	2
198	SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	42143731	Potrero	2
199	SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	42143755	Potrero	2
200	SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	42143767	Casa verde 2 pisos - Transformador	2
201	SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	42143779	Casa techo plastico	2
202	SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	No visible	Casa ladrillos rojos	2
203	SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	No visible	Ninguna	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
204	SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	No visible	Escalera pasillo peatonal	2
205	SECTOR CANAVITA-ARISMENDI	No visible	Factibilidad - Cam: C3	2
206	CARRERA 4	42009783	Baranda de puente - registro de gas	2
207	CARRERA 4	42009034	Baranda de puente - poste telematico	2
208	CARRERA 4	No visible	Prohibido el paso de vehículos pesados y buses	2
209	CARRERA 4	42004527	Mirador del campo	2
210	CARRERA 4	42003220	Llantas y neumáticos	2
211	CARRERA 4	No visible	Arcillas santa maría	2
212	CARRERA 4	41104144	La bomba café bar	2
213	CARRERA 4	No visible	P.A. 46391 - Estación de gasolina terpel	2
214	CARRERA 4	24200561	Bodega gris techo acrilico azul	2
215	CARRERA 4	41104120	Donde chucho - taller eléctrico automotriz	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
216	CARRERA 4	No visible	Valla Colsubsidio - entrada callejón	2
217	CARRERA 4	41104100	Potrero - ojo perro bravo	2
218	CARRERA 4	41104097	Parqueadero la chisga 24 horas	2
219	CARRERA 4	41104085	Alineaciones Tocancipá	2
220	CARRERA 4	41104073	Letrero Gino passcalli	2
221	CARRERA 4	No visible	Poste esquina - casa ladrillos rojos	2
222	SECTOR CASTIBLANCO	42119455	8 locales comerciales en construcción	2
223	SECTOR CASTIBLANCO	No visible	Poste transformador	2
224	SECTOR CASTIBLANCO	No visible	Peligro paso de trenes	2
225	SECTOR CASTIBLANCO	42119479	Factibilidad - Cam: C14 - Cocinas integrales	2
226	SECTOR CASTIBLANCO-CARRILERA	42128888	Casa ladrillos rojos - rejas negras	2
227	SECTOR CASTIBLANCO-CARRILERA	42119481	Casa blanca techo azul	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
228	SECTOR CASTIBLANCO-CARRILERA	42128814	Tienda color verde	2
229	SECTOR CASTIBLANCO-CARRILERA	42119493	Porton laminas metálicas	2
230	SECTOR CASTIBLANCO-CARRILERA	42128793	lote en construccion	2
231	SECTOR CASTIBLANCO-CARRILERA	42119502	Casa 2 pisos sin pintar	2
232	SECTOR CASTIBLANCO-CARRILERA	42128779	Finca remanzo	2
233	SECTOR CASTIBLANCO-CARRILERA	42119514	P.A.46383 - Transformador	2
234	SECTOR CASTIBLANCO-CARRILERA	42119525	Casa en construcción	2
235	SECTOR CASTIBLANCO-CARRILERA	42119538	Poste madera	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
236	SECTOR CASTIBLANCO-CARRILERA	No visible	Iglesia cristiana de colombia MMM	2
237	SECTOR JUANCHOPOLA-CARRILERA	42128575	Casa 3 pisos en construcción	2
238	SECTOR JUANCHOPOLA-CARRILERA	42128587	Finca san javier	2
239	SECTOR JUANCHOPOLA-CARRILERA	No visible	Poste madera	2
240	SECTOR JUANCHOPOLA-CARRILERA	42128622	Poste madera con apoyo en madera	2
241	SECTOR JUANCHOPOLA-CARRILERA	42128672	Factibilidad - Cam: C16	2
242	SECTOR CASTIBLANCO	42128890	Panaderia - casa santa	2
243	SECTOR CASTIBLANCO	24063812	Poste esquina	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
244	SECTOR CASTIBLANCO	42128909	Potrero	2
245	SECTOR CASTIBLANCO	42128911	Potrero	2
246	SECTOR CASTIBLANCO	42128923	Tienda color crema y franja verde	2
247	SECTOR CASTIBLANCO	42128959	Finca rosalba	2
248	SECTOR CASTIBLANCO	42128935	Transformador - medidor	2
249	SECTOR INDUSTRIAL ANILLO VIAL VERGANZO	42129038	Potrero	2
250	SECTOR INDUSTRIAL ANILLO VIAL VERGANZO	42129048	Casa 2 pisos ladrillos rojos	2
251	SECTOR INDUSTRIAL ANILLO VIAL VERGANZO	42139057	Donde Barbarita	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
252	SECTOR INDUSTRIAL ANILLO VIAL VERGANZO	42139083	Factibilidad - Cam: 13	2
253	SECTOR INDUSTRIAL ANILLO VIAL VERGANZO	43019298	Poste alumbrado publico	2
254	SECTOR INDUSTRIAL ANILLO VIAL VERGANZO	No visible	Poste alumbrado publico	2
255	SECTOR INDUSTRIAL ANILLO VIAL VERGANZO	No Tiene	Papeleria MADIS	2
256	SECTOR INDUSTRIAL ANILLO VIAL VERGANZO	No Tiene	Manzana A casa 25	2
257	SECTOR INDUSTRIAL ANILLO VIAL VERGANZO	42093609	Manzana A casa 19	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
258	SECTOR INDUSTRIAL ANILLO VIAL VERGANZO	No Tiene	Manzana A casa 12	2
259	SECTOR INDUSTRIAL ANILLO VIAL VERGANZO	No visible	Manzana A casa 6	2
260	SECTOR INDUSTRIAL ANILLO VIAL VERGANZO	No Tiene	Manzana A casa 1	2
261	SECTOR TORRES DE SAN JUAN ANILLO VIAL VERGANZO	42102266	Lote construcción	2
262	SECTOR TORRES DE SAN JUAN ANILLO VIAL VERGANZO	42102254	Edificio 5 pisos	2
263	SECTOR TORRES DE SAN JUAN ANILLO VIAL VERGANZO	42102242	Edificio 3 pisos	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
264	SECTOR TORRES DE SAN JUAN ANILLO VIAL VERGANZO	42102292	Edificio 3 pisos	2
265	SECTOR TORRES DE SAN JUAN ANILLO VIAL VERGANZO	No visible	Edificio 5 pisos - señal cruce a la izquierda	2
266	SECTOR TORRES DE SAN JUAN ANILLO VIAL VERGANZO	No visible	Edificio 5 pisos - entrada y salida de vehículos	2
267	SECTOR TORRES DE SAN JUAN ANILLO VIAL VERGANZO	42102228	Bulevar cercado con lona verde	2
268	SECTOR TORRES DE SAN JUAN ANILLO VIAL VERGANZO	23871672	Transformador - lote zona verde	2
269	SECTOR TORRES DE SAN JUAN ANILLO VIAL VERGANZO	42102216	Factibilidad - Cam: C12	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
270	SECTOR TOLIMA	42102422	Droguería Unifamiliar Tocancipá	2
271	SECTOR TOLIMA	42102434	Panaderia - casa 2 pisos	2
272	SECTOR TOLIMA	42118063	Sala de belleza Style Fashion	2
273	SECTOR TOLIMA	42118075	Poste esquina - cerramiento en madera	2
274	SECTOR TOLIMA	42118122	Carnes J&R	2
275	SECTOR TOLIMA	42118146	Heladería Memita	2
276	SECTOR TOLIMA	42118158	Factibilidad - Cam: C10 - Drogueria Don Pedro R	2
277	SECTOR TOLIMA	42118160	Unimercas	2
278	SECTOR TOLIMA	42118172	Panificadora Dupan	2
279	SECTOR MILENIO 3	42118184	Casa # 11	2
280	SECTOR MILENIO 3	42118196	Casa # 12, interior 4	2
281	SECTOR MILENIO 3	42118205	Casa # 14	2
282	SECTOR MILENIO 3	42118217	Casa # 18	2
283	SECTOR MILENIO 3	42118229	Casa # 11 - P.A: 56962	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
284	SECTOR MILENIO 3	42118461	Casa # 12, interior 10	2
285	SECTOR MILENIO 3	42118518	Casa # 15	2
286	SECTOR MILENIO 3	42118520	Casa # 19	2
287	SECTOR MILENIO 3	42132138	Casa # 22	2
288	SECTOR MILENIO 3	42132055	Factibilidad - Cam: C11 - entrada al parque	2
289	CARRERA 4	41104099	Señal de transito	2
290	CARRERA 4	41104035	Canal de agua	2
291	CARRERA 4	No visible	La gran parrilla llanera	2
292	CARRERA 4	41105130	Porton tablas verdes	2
293	CARRERA 4	41105126	Potrero	2
294	CARRERA 4	41105081	Mantesa - P.A S 10524	2
295	CARRERA 4	41105079	Mantesa - enmallado	2
296	CARRERA 4	41105055	Valla inmueble disponible	2
297	CARRERA 4	No visible	Casa lila con blanco - P.A 40457	2
298	CARRERA 4	41105031	Casa naranja 2 pisos	2
299	CARRERA 4	No visible	Parqueadero publico tocancipa	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
300	CARRERA 4	31101518	Potrero	2
301	CARRERA 4	41101506	Potrero - señal prohibido parquear	2
302	CARRERA 4	41101497	Poste doble - transformador - potrero	2
303	CARRERA 4	No visible	Planta coca-cola	2
304	CARRERA 4	41101473	Planta coca-cola	2
305	CARRERA 4	41101461	Planta coca-cola	2
306	CARRERA 4	41101459	Planta coca-cola	2
307	CARRERA 4	No visible	Planta coca-cola	2
308	CARRERA 4	No visible	Planta coca-cola	2
309	CARRERA 4	41101423	Planta coca-cola	2
310	CARRERA 4	No visible	Planta coca-cola - frente transportes y servicios sys	2
311	CARRERA 4	No visible	Planta coca-cola - puente pequeño paso de agua	2
312	CARRERA 4	41101390	La milagrosa	2
313	CARRERA 4	No visible	Paradero de bus - reserva de san gabriel	2
314	CARRERA 4	41107744	Isla zona verde	2
315	CARRERA 4 CON SECTOR LA	No Tiene	Rejas negras	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
316	SECTOR LA ESTACIÓN	No Tiene	Disco bar Ssandunga	2
317	SECTOR LA ESTACIÓN	No Tiene	Se vende este terreno	2
318	SECTOR LA ESTACIÓN	No Tiene	Factibilidad - Cam C9 - el sitio.com	2
319	SECTOR LA ESTACIÓN	No Tiene	Internet la estación mt	2
320	SECTOR LA ESTACIÓN	No Tiene	Tienda	2
321	SECTOR LA ESTACIÓN	41107782	Finca san antonio	2
322	SECTOR LA ESTACIÓN	No Tiene	Casa roja # 9-39	2
323	SECTOR LA ESTACIÓN	No Tiene	Casa roja # 9-69	2
324	SECTOR GOMEZ	41107794	Potrero	2
325	SECTOR GOMEZ	41107803	Potrero	2
326	SECTOR GOMEZ	41107815	Potrero	2
327	SECTOR GOMEZ	24065575	Club las vegas billares	2
328	SECTOR GOMEZ	41107827	Factibilidad - Cam C37	2
329	CARRERA 4	No visible	Parrilla pura paja	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
330	CARRERA 4	41101375	Montacargas tocancipa C.E.S.S	2
331	CARRERA 4	No visible	Restaurante piqueteadero	2
332	CARRERA 4	No visible	Canal estacion texaco	2
333	CARRERA 4	42088701	El rancho J.R	2
334	CARRERA 4	No visible	Zona de carga - prohibido parquear	2
335	CARRERA 4	No Tiene	El tonel	2
336	CARRERA 4	No visible	SOS 01	2
337	CARRERA 4	No Tiene	P.A 77675 - Pared blanca	2
338	CARRERA 4	No visible	P.A 40472 - Terreno en construcción	2
339	CARRERA 4	No Tiene	P.A SD 0205	2
340	CARRERA 4	No visible	Potrero - señal 30	2
341	CARRERA 4	No visible	Potrero - señal ciclista en la via	2
342	CARRERA 4	41100716	Entrada autodromo	2
343	CARRERA 4	No visible	Letrero con leds en bulevar	2
344	CARRERA 4	41100728	Potrero - registro de gas	2
345	CARRERA 4	41100730	Factibilidad - Cam C39 - pared de bloques	2
346	SECTOR LA FUENTE	42122579	Factibilidad - Cam C36 - paradero de bus	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
347	SECTOR LA FUENTE	49616242	Potrero	2
348	SECTOR LA FUENTE	41198365	Poste de madera - casa rosada	2
349	SECTOR LA FUENTE	No Tiene	Lote - potrero	2
350	SECTOR LA FUENTE	41198309	Hipermegared - papeleria y fotocopiadora	2
351	SECTOR LA FUENTE	41198252	Piqueteadero gran tolima	2
354	SECTOR LA FUENTE	23879585	Potrero	2
355	SECTOR LA FUENTE	41198240	Potrero	2
356	SECTOR LA FUENTE	41198238	Potrero	2
357	SECTOR LA FUENTE	41198105	Potrero	2
358	SECTOR LA FUENTE	41198084	Autoservicio santandereano	2
359	SECTOR LA FUENTE	41198072	Desayunos almuerzos	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
360	SECTOR LA FUENTE	41173240	Ludoteca tocancipá	2
361	SECTOR LA FUENTE	41173226	Espendio de carne fina	2
362	SECTOR LA FUENTE	41198193	Sala de belleza Fashion look	2
363	SECTOR LA FUENTE	41173202	Factibilidad Cam C7 - I.E.R.D Colegio la fuente	2
364	SECTOR LA FUENTE	41173193	Lote-potrero	2
365	SECTOR LA FUENTE	41172191	Tienda	2
366	SECTOR LA FUENTE	23973737	Lote-potrero	2
367	SECTOR LA FUENTE	41173179	Poste esquina	2
368	SECTOR LA FUENTE	41173167	Casa en construcción	2
369	SECTOR LA FUENTE	41173155	Potrero	2
370	SECTOR LA FUENTE	41173143	Potrero	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
371	SECTOR LA FUENTE	41173058	Potrero	2
372	SECTOR LA FUENTE	41173046	Potrero	2
373	SECTOR LA FUENTE	41199198	Iglesia	2
374	SECTOR LA FUENTE	41199208	Cultivo	2
375	SECTOR LA FUENTE	No Tiene	Potrero	2
376	SECTOR LA FUENTE	41199222	Potrero	2
378	SECTOR LA FUENTE	41200106	Potrero	2
379	SECTOR LA FUENTE	41200097	Potrero	2
380	SECTOR LA FUENTE	41191321	Potrero	2
381	SECTOR LA FUENTE	41191319	Potrero	2
382	SECTOR LA FUENTE	41191307	Potrero	2

N.º	Dirección o sector	Código del poste	Observaciones	Zona
383	SECTOR LA FUENTE	41191298	Potrero	2
384	SECTOR LA FUENTE	41191286	Potrero	2
385	SECTOR LA FUENTE	41174907	Potrero	2
386	SECTOR LA FUENTE	41174898	Potrero	2
387	SECTOR LA FUENTE	41173432	Factibilidad Cam C8 - Potrero	2

7.10.7.2. Censo de postes - Tramo Mufla Los Patos a Mufla Zipatoca

El tramo comprende 133 postes de la red de distribución de Enel Colombia, identificados con el código PACVI asignado por el operador de red. La relación se presenta con la nomenclatura de ruta propia del tramo.

Tabla 7.10.7.2a. Resumen - Estado del registro de códigos del tramo

Condición del registro	Postes
Código registrado y consistente	57
Código registrado, en conciliación (Tabla 7.10.7.2b)	25
Código pendiente de registro	51
Total del tramo	133

Los postes que se relacionan a continuación presentan desgaste físico de la placa de identificación, con pérdida total o parcial de la numeración grabada. En estos casos el código no puede constatarse en sitio, por lo que el registro consigna la porción legible en el momento del levantamiento. Para los postes cuya numeración es reconstruible a partir de la serie de los postes contiguos se indica el valor resultante:

Tabla 7.10.7.2b. Conciliación - Postes con numeración de placa deteriorada

Poste	Registro del levantamiento	Estado de la placa	Numeración reconstruida por serie
31	12073575	Primer dígito borrado	42073575
103	12105600	Primer dígito borrado	42105600
109	12121805	Primer dígito borrado	42121805
111	12124822	Primer dígito borrado	42124822
112	12124615	Primer dígito borrado	42124615
114	12124866	Primer dígito borrado	42124866
119	12124905	Primer dígito borrado	42124905
124	12124955	Primer dígito borrado	42124955
125	12124967	Primer dígito borrado	42124967
63	4210639	Un dígito borrado	No reconstruible
75	4688921	Numeración correspondiente a placa distinta de la del operador de red	No reconstruible

Poste	Registro del levantamiento	Estado de la placa	Numeración reconstruida por serie
83	6889255	Numeración correspondiente a placa distinta de la del operador de red	No reconstruible
131	4187418	Un dígito borrado	48187418
46 y 51	42104232	Numeración borrada en uno de los dos postes; el registro replica el código del poste contiguo	No reconstruible
60 y 61	42105323	Numeración borrada en uno de los dos postes; el registro replica el código del poste contiguo	No reconstruible
145 y 146	48186498	Numeración borrada en uno de los dos postes; el registro replica el código del poste contiguo	No reconstruible
148 y 152	48186519	Numeración borrada en uno de los dos postes; el registro replica el código del poste contiguo	No reconstruible
140 y 142	48187155	Numeración borrada en uno de los dos postes; el registro replica el código del poste contiguo	No reconstruible

Poste	Registro del levantamiento	Estado de la placa	Numeración reconstruida por serie
122	42144931	Un dígito borrado	42124931
147	48188507	Un dígito borrado	48186507

La numeración de 12 de estos postes se reconstruye de manera unívoca a partir de la serie de los postes contiguos y con ese valor se integran a la relación de estructuras. Los 8 registros restantes carecen de numeración recuperable en sitio; su identificación se establece por la georreferenciación del poste, sobre la cual el propietario de la infraestructura asigna o repone el código correspondiente al momento de la radicación.

Tabla 7.10.7.2c. Censo - Relación de postes - tramo Mufla Los Patos a Mufla Zipatoca

Poste	Código PACVI	Poste	Código PACVI	Poste	Código PACVI
26	NC	71	42105238	116	42124872
27	42000574	72	42105226	117	42124884
28	NC	73	42105214	118	42124896
29	NC	74	NC	119	12124905
30	NC	75	4688921	120	42124917
31	12073575	76	42105060	121	42124929
32	NC	77	NC	122	42144931
33	42073590	78	42105084	123	42124943
34	NC	79	42105129	124	12124955

Poste	Código PACVI	Poste	Código PACVI	Poste	Código PACVI
35	42073811	80	NC	125	12124967
36	NC	81	NC	126	NC
37	NC	82	42105167	127	42103224
38	NC	83	6889255	128	42103236
39	42104068	84	42105181	129	48187432
40	42104058	85	NC	130	48187420
41	42104151	86	42104557	131	4187418
42	NC	87	42118627	132	48187214
43	41104185	88	NC	133	48187202
44	NC	89	42118641	134	NC
45	NC	90	NC	135	48186896
46	42104232	91	NC	136	48186884
47	NC	92	42118677	137	48186872
48	NC	93	NC	138	48187193
49	NC	94	NC	139	48187181
50	NC	95	42118700	140	48187155
51	42104232	96	NO APARECE	141	48187167
52	NC	97	NO APARECE	142	48187155
53	NC	98	42106563	143	48187143
54	42104315	99	NC	144	48186858

Poste	Código PACVI	Poste	Código PACVI	Poste	Código PACVI
55	NC	100	42105577	145	48186498
56	NC	101	42105589	146	48186498
57	NC	102	NC	147	48188507
58	42126561	103	12105600	148	48186519
59	NC	104	NC	149	48186521
60	42105323	105	42105624	150	48186533
61	42105323	106	NC	151	48187951
62	NC	107	NC	152	48186519
63	4210639	108	NC	153	48187976
64	42105299	109	12121805	154	48187987
65	NC	110	NC	155	48187999
66	NC	111	12124822	156	42122666
67	NC	112	12124615	157	48187397
68	NC	113	NC	158	42122567
69	NC	114	12124866		
70	42105240	115	NC		

7.10.7.3. Censo de postes - Tramo Mufla Autódromo a Mufla Entrada Tibiflores

El tramo comprende 42 postes del sistema de alumbrado público del municipio, identificados con el código de inventario de alumbrado. La relación completa es la siguiente:

Tabla 7.10.7.3a. Censo - Relación de postes - tramo Mufla Autódromo a Mufla Entrada Tibiflores

Poste	Código	Poste	Código	Poste	Código
1	PC007373	15	PC007045	29	PC007067
2	PC007374	16	PC007046	30	PC007068
3	PC007375	17	PC007047	31	PC007116
4	PC007376	18	PC007048	32	PC007117
5	PC007416	19	PC007049	33	PC007070
6	PC007417	20	PC007060	34	PC007071
7	PC007418	21	PC007061	35	PC007072
8	PC007419	22	PC007062	36	PC007073
9	PC007320	23	PC007063	37	4195960
10	PC007420	24	PC007113	38	No tiene código
11	PC007041	25	PC007064	39	41105984
12	PC007042	26	PC007065	40	No tiene código
13	PC007043	27	PC007066	41	No tiene código
14	PC007044	28	PC007114	42	No tiene código

7.10.7.4. Tramos sin nomenclatura registrada

Los tramos que se relacionan a continuación se soportan sobre postes existentes cuyo código de identificación se registra en la visita de campo previa al tendido. Se

consigna la cantidad de postes establecida en el levantamiento de rutas del proyecto:

Tabla 7.10.7.4a. Inventario - Postes de los tramos sin nomenclatura registrada

Tramo	Tipo de elemento de soporte	Cantidad
Mufla Autódromo – Mufla Dulcinea	Poste de alumbrado público	65
Mufla Entrada Tibiflores – Mufla Sector Gómez	Poste	16
Mufla Glorieta Tibiflores – Cámara Parque Tibiflores	Poste	8
Mufla Juancho Pola – Mufla Cementerio	Poste	16
Mufla Estación de Policía – Mufla San Miguel	Poste	34
Mufla La Esmeralda – Cámara Escuela La Esmeralda	Poste	7
Mufla Los Alpes – Cámara La Selva	Poste	24
Mufla Bomberos – Centro de Monitoreo	Cámara subterránea (tramo canalizado)	8
Total	-	178

Nota: Los 8 elementos relacionados en el tramo entre la Mufla Bomberos y el Centro de Monitoreo corresponden a cámaras subterráneas de paso del tramo canalizado, cuya solución constructiva se desarrolla en el numeral 7.10.12.

7.10.7.5. Contrato de uso de infraestructura con el operador de red

El Municipio de Tocancipá cuenta con contrato vigente para la utilización de la infraestructura del operador de red, bajo el cual se encuentra tendida la fibra óptica que hoy da servicio a los cuarenta (40) puntos de videovigilancia existentes. La red proyectada se soporta sobre ese mismo instrumento.

La circunstancia es determinante para la ejecución: el proyecto no requiere la celebración de un contrato nuevo con el operador de red, sino la vinculación a él de las estructuras adicionales relacionadas en el inventario de la Tabla 7.10.7c. El trámite ante el operador se reduce, en consecuencia, a la radicación del proyecto y a su aprobación técnica.

Tabla 7.10.7.5a. Contrato — Instrumento vigente de uso de infraestructura

Elemento	Descripción
Contrato	GC-GI-SI-2015-038
Clase	Contrato de arrendamiento
Objeto	Utilización de postes y ductos de propiedad del operador de red
Arrendador	Codensa S.A. E.S.P., sociedad absorbida en 2022 mediante fusión por Enel Colombia S.A. E.S.P., que la sucede en la totalidad de sus derechos y obligaciones
Arrendatario	Alcaldía Municipal de Tocancipá

Elemento	Descripción
Infraestructura en servicio bajo el contrato	Red de fibra óptica de los cuarenta (40) puntos de videovigilancia existentes, relacionados en el numeral 7.1

La condición de arrendatario recae en el Municipio de Tocancipá. La vinculación de las estructuras adicionales se gestiona por tanto en cabeza de la entidad contratante, con el soporte técnico del contratista, y no requiere la constitución de una relación contractual independiente entre este último y el operador de red.

El texto del contrato se relaciona como anexo del presente documento.

7.10.8. Ficha técnica, Cable de fibra óptica monomodo ADSS

Se especifica cable de fibra óptica monomodo tipo ADSS (All-Dielectric Self-Supporting, autosoportado totalmente dieléctrico), apto para tendido aéreo sobre postería sin requerir mensajero metálico ni cable de acero portante.

La elección de este tipo de cable no es indiferente en el contexto del proyecto. Por tratarse de una red que comparte apoyos con circuitos de energía, un cable con elemento metálico requeriría puesta a tierra en cada apoyo, quedaría expuesto a inducción electromagnética y a tensiones de contacto, y su instalación estaría sujeta a condiciones adicionales por parte del operador de red. El cable totalmente dieléctrico elimina esas tres condiciones, permite el tendido con línea energizada y simplifica el trámite de compartición.

Tabla 7.10.8a. Ficha Técnica,Cable de fibra óptica monomodo ADSS para tendido aéreo

Parámetro	Especificación
Tipo de cable	ADSS (All-Dielectric Self-Supporting), totalmente dieléctrico, autosoportado para tendido aéreo
Tipo de fibra	Monomodo, conforme a ITU-T G.652.D
Atenuación máxima	≤ 0,35 dB/km en 1310 nm ≤ 0,22 dB/km en 1550 nm
Dispersión cromática	≤ 18 ps/(nm·km) en 1550 nm
Diámetro del campo modal	9,2 ± 0,4 µm en 1310 nm
Estructura	Tubo holgado (loose tube) con gel bloqueador de humedad, elemento central de refuerzo dieléctrico y elementos de tracción en fibra de aramida
Chaqueta exterior	Polietileno de alta densidad (PEAD) resistente a radiación ultravioleta y a tracking eléctrico, apta para instalación en corredores compartidos con redes de energía
Código de colores	TIA-598-C para tubos y fibras
Vano de diseño	Apto para vano de hasta 100 m, con vano típico de instalación de 40 m y vano máximo admisible de 60 m conforme al numeral 7.10.9

Parámetro	Especificación
Tensión máxima de instalación	No superior al veinte por ciento (20 %) de la carga de rotura nominal (RTS) en condición de instalación, ni al veinticinco por ciento (25 %) bajo la carga de viento de diseño
Radio mínimo de curvatura	20 veces el diámetro exterior durante la instalación 10 veces el diámetro exterior en operación
Temperatura de operación	−20 °C a +70 °C
Resistencia a la intemperie	Vida útil no inferior a veinticinco (25) años en instalación aérea a la intemperie
Normas de referencia	IEC 60794, IEEE 1222, ITU-T L.26, ITU-T G.652.D

La red emplea el mismo tipo de cable en tres capacidades. La asignación no se hace por nivel jerárquico sino tramo por tramo, según los hilos que efectivamente transporta cada uno: a cada tramo se le asigna la menor capacidad normalizada que cubra su ocupación, salvo en la troncal, que se lleva a veinticuatro (24) hilos con independencia de su carga para conservar reserva de crecimiento. Limitar la familia a tres referencias reduce el inventario de repuesto y unifica herrajes y procedimientos de empalme.

Tabla 7.10.8b. Configuración, Familia de cable adoptada

Capacidad	Diámetro y masa de referencia	Criterio de asignación	Aplicación en la red
24 hilos	≈ 11,0 mm · 110 kg/km	Totalidad de la troncal, y tramos de distribución con ocupación superior a 12 hilos	Catorce (14) tramos
12 hilos	≈ 9,5 mm · 85 kg/km	Tramos con ocupación superior a 4 hilos y hasta 12	Nueve (9) tramos
4 hilos	≈ 8,0 mm · 60 kg/km	Tramos con ocupación de hasta 4 hilos: la mayoría de acometidas, los tramos de distribución de una sola cadena y los cuatro tramos de cierre de anillo	Setenta y un (71) tramos

La verificación de esta asignación contra la ocupación real de cada tramo, y las cantidades de cable que de ella resultan, se desarrollan en los numerales 7.10.18 y 7.10.21.

Los diámetros y masas relacionados corresponden a valores de referencia adoptados para la verificación mecánica del numeral 7.10.9. Los valores definitivos

son los del cable efectivamente suministrado; si estos difieren en más de un diez por ciento (10 %), la verificación mecánica deberá rehacerse antes del tendido.

7.10.9. Diseño mecánico del tendido aéreo

El cable tendido entre dos apoyos es un elemento estructural sometido a su peso propio y a la acción del viento. Su verificación determina tres cosas que condicionan la ejecución de la obra: la tensión con la que debe tenderse, la flecha que debe dejarse en cada vano, y el espacio libre que debe conservarse alrededor del cable. Esta verificación se desarrolla a continuación.

Las acciones de diseño se adoptan de manera consistente con la verificación estructural de los soportes del numeral 7.5.4, empleando el mismo régimen de viento del Título B.6 de la NSR-10 para la sabana de Bogotá. No se considera sobrecarga por hielo, inexistente en la zona del proyecto.

Tabla 7.10.9a. Bases de diseño, Acciones sobre el cable

Parámetro	Valor	Origen
Velocidad básica del viento	100 km/h (27,8 m/s)	NSR-10, Título B.6,sabana de Bogotá
Presión dinámica	445 Pa	$q = 0{,}613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot I \cdot V^2$, con Kz 0,90, Kzt 1,00, Kd 0,95 e I 1,10
Factor de ráfaga y coeficiente de forma	G 0,85 · Cf 1,00	Elemento cilíndrico de diámetro reducido
Presión efectiva sobre el cable	378 Pa	$p = q \cdot G \cdot C_f$

Parámetro	Valor	Origen
Rango de temperatura del cable	5 °C a 45 °C	Condiciones ambientales del municipio, con incremento por radiación solar
Temperatura de tendido	20 °C	Condición de referencia para el tensado en obra
Sobrecarga por hielo	No aplica	Inexistente en la zona del proyecto

Con estas acciones se verifica el cable troncal de 24 hilos, que es el más cargado por su mayor diámetro y masa, para el vano típico y para el vano máximo admisible. El análisis se resuelve mediante la ecuación de cambio de estado en aproximación parabólica, partiendo de la condición de tendido y evaluando la condición de viento máximo y la de temperatura máxima:

Tabla 7.10.9b. Verificación, Tensiones y flechas del cable troncal de 24 hilos

Condición	Vano 40 m	Vano 60 m	Criterio de aceptación
Flecha de tendido a 20 °C	0,20 m	0,30 m	0,5 % del vano,valor a controlar en obra
Tensión de tendido	1.079 N (12,0 % RTS)	1.619 N (18,0 % RTS)	≤ 20 % de la carga de rotura nominal

Condición	Vano 40 m	Vano 60 m	Criterio de aceptación
Tensión bajo viento de diseño	1.233 N (13,7 % RTS)	1.782 N (19,8 % RTS)	≤ 25 % de la carga de rotura nominal
Flecha vertical a 45 °C	0,20 m	0,31 m	Determina el gálibo mínimo sobre la vía
Ángulo de balanceo bajo viento	75°	75°	Define el espacio libre lateral requerido
Desplazamiento lateral en el centro del vano	0,68 m	1,05 m	Espacio libre a edificaciones, arbolado y estructuras

El resultado es concluyente en dos sentidos. Primero, la tensión no gobierna el diseño: aun en el vano máximo y bajo la condición de viento más desfavorable, el cable trabaja al diecinueve coma ocho por ciento (19,8 %) de su carga de rotura, con amplio margen frente al límite del veinticinco por ciento (25 %). Segundo, lo que sí gobierna es el balanceo: por tratarse de un cable liviano tendido con poca tensión, el viento lo desplaza lateralmente hasta setenta y cinco grados (75°) respecto de la vertical, con un desplazamiento en el centro del vano que alcanza un (1) metro en el vano máximo.

De este hecho se deriva el criterio de vano adoptado. Un vano mayor no falla por resistencia, pero desplaza el cable lo suficiente como para comprometer el espacio libre frente a fachadas, arbolado y a los propios conductores de energía del apoyo compartido. Por tal razón se adopta un vano típico de cuarenta (40) metros y se

limita el vano máximo a sesenta (60) metros; los vanos que superen esa longitud, cruces de vía y tramos sin apoyo intermedio, se resuelven conforme al numeral 7.10.12.

Las distancias mínimas que debe conservar el cable son las siguientes:

Tabla 7.10.9c. Distancias, Separaciones y gálibos mínimos adoptados

Condición	Valor adoptado	Sustento
Separación vertical al conductor de energía más bajo, en el apoyo	0,60 m	RETIE, Tabla 13.3, fila de comunicaciones. Se adopta el valor de 0,60 m, superior al mínimo de 0,40 m de la Tabla 13.5 para circuitos hasta 1 kV
Separación a circuitos de media tensión	0,60 m más 0,01 m por cada kV por encima de 7,6 kV	RETIE, Tabla 13.5
Altura mínima sobre calzada vehicular	5,00 m	Criterio adoptado. El RETIE no fija gálibo específico para cables de comunicaciones; se adopta el exigido a los conductores de baja tensión sobre calzada
Altura mínima sobre andén o zona peatonal	4,50 m	Criterio adoptado, con margen sobre el tránsito peatonal y de vehículos de mantenimiento

Condición	Valor adoptado	Sustento
Separación horizontal a fachadas, balcones y arbolado	1,50 m en la condición de viento de diseño	Cubre el desplazamiento lateral máximo de 1,05 m calculado en la Tabla 7.10.9b, con margen

Precisión metodológica: el RETIE no establece alturas mínimas sobre calzada ni sobre andén aplicables de manera específica a cables de comunicaciones; sí fija la separación respecto de los conductores de energía. Los gálibos de 5,00 m y 4,50 m consignados en la Tabla 7.10.9c son criterios adoptados por el diseño, más exigentes que la práctica corriente, y se someten a consideración de la Supervisión y la Interventoría.

7.10.10. Herrajes y accesorios de fijación

La fijación del cable al apoyo se resuelve con herrajes totalmente dieléctricos o con elementos metálicos aislados del cable, de modo que se conserve la condición no conductora del tendido. El criterio de selección distingue dos situaciones: los apoyos donde el cable continúa en línea recta, en los que basta con sostenerlo, y los apoyos donde el cable termina, cambia de dirección o se abre para empalme, en los que el herraje debe tomar la totalidad de la tensión.

Tabla 7.10.10a. Herrajes, Elementos de fijación por situación del apoyo

Situación del apoyo	Herraje	Función	Criterio de aplicación
Paso o alineación	Herraje de suspensión totalmente dieléctrico, con varilla preformada de protección sobre el cable	Sostiene el cable sin tomar tensión, permitiendo su movimiento longitudinal	Apoyos intermedios con desviación angular no superior a 15°
Retención y cambio de dirección	Herraje de retención tipo preformado (dead-end) totalmente dieléctrico	Toma la totalidad de la tensión del vano y ancla el cable al apoyo	Apoyos con desviación angular superior a 15°, extremos de tramo, apoyos con mufla y ambos extremos de cada cruce especial

Situación del apoyo	Herraje	Función	Criterio de aplicación
Fijación al poste	Abrazadera de acero inoxidable con protección dieléctrica o abrazadera de poliamida reforzada, con tornillería inoxidable	Vincula el herraje al apoyo sin perforarlo	Todos los apoyos. Se prohíbe la perforación de postes de concreto
Bajante al gabinete	Tubería metálica o tubería rígida con curvas de radio no inferior a 10 diámetros del cable, con sello en el extremo superior	Protege el cable en el tramo vertical de descenso hasta el gabinete	Todos los puntos de cámara y todos los apoyos con mufla
Fijación de reserva	Soporte de reserva tipo canastilla o carrete dieléctrico	Aloja el rollo de cable de reserva de manera ordenada y respetando el radio de curvatura	Apoyos con mufla y apoyos de reserva conforme al numeral 7.10.11

En los apoyos de retención el cable debe rematarse de modo que la tensión no se transmita al vano siguiente, lo cual permite intervenir un tramo sin alterar el tensado

del resto de la red. Toda la tornillería expuesta a la intemperie será de acero inoxidable o galvanizada en caliente, y no se admiten amarres improvisados con alambre, cinta plástica ordinaria ni elementos no previstos en esta tabla.

7.10.11. Reservas técnicas, identificación y señalización

La reserva de cable es lo que permite reparar un corte sin sustituir un tramo completo: al disponer de longitud sobrante en las inmediaciones, el empalme de reparación puede ejecutarse en condiciones controladas y a nivel de piso. Su previsión en el diseño es, por tanto, una decisión de mantenibilidad y no un excedente de material.

Tabla 7.10.11a. Reservas, Plan de reservas técnicas de cable

Ubicación	Longitud	Justificación
En cada nodo de empalme (mufla)	20 m	Permite bajar la mufla a nivel de trabajo para intervención y rehacer el empalme sin tensionar el cable
En la terminación de cada punto de cámara	5 m	Permite reubicar el gabinete o rehacer la terminación óptica sin intervenir el vano
En el ingreso a la cabecera	30 m	Absorbe eventuales cambios en la ruta interna del inmueble y en la posición del distribuidor óptico
Holgura de instalación distribuida	8 % de la longitud medida	Cubre flechas, subidas y bajadas de poste, radios de curvatura y ajustes de replanteo

Restricción regulatoria de obligatoria observancia. La Resolución CREG 140 de 2014 prohíbe instalar reservas de cable en vanos o apoyos donde ya exista una reserva de otro prestador distinto al operador de energía, y dispone que cuando se requiera un empalme este debe ubicarse sobre la reserva existente. En consecuencia, la ubicación definitiva de cada reserva no puede fijarse en gabinete: debe asignarse durante el censo de apoyos, verificando la ocupación real de cada estructura. El diseño fija la cantidad y la longitud de las reservas; el censo fija su ubicación.

La identificación de la red se ejecuta con marquillas de material resistente a la intemperie, con texto indeleble, instaladas de manera que sean legibles desde el nivel del piso:

- En cada apoyo con presencia de cable, indicando el operador del sistema, el identificador del tramo y el sentido hacia la cabecera.
- En cada mufla, indicando el identificador del nodo conforme a la nomenclatura del numeral 7.10.19, la fecha del empalme y la cantidad de hilos empalmados.
- En cada terminación de punto de cámara, indicando el identificador del punto y los hilos asignados.
- En ambos extremos de cada tramo canalizado y de cada cruce especial, y en cada cámara de paso.

La identificación no es un requisito formal: en una red que comparte apoyos con otros operadores, es lo que permite al personal de mantenimiento reconocer el cable propio sin intervenir infraestructura de terceros, y es exigida por el operador de red como condición del contrato de compartición.

7.10.12. Tramos canalizados y cruces especiales

El trazado presenta dos situaciones en las que el tendido aéreo sobre postería no resulta aplicable y que, por su incidencia en costo, plazo y trámite, se relacionan de manera expresa.

Tabla 7.10.12a. Cruces, Tramos que requieren solución distinta al tendido aéreo corriente

Situación	Solución adoptada	Condiciones y trámite
Cruce de la Autopista Norte	Cruce en vano reforzado con retención en ambos extremos y gálibo incrementado, o canalización subterránea bajo la calzada cuando el gálibo o la disponibilidad de apoyos no lo permitan	Requiere permiso de ocupación del corredor vial ante el Instituto Nacional de Vías o ante el concesionario que administre el tramo. El gálibo sobre calzada de vía nacional no será inferior a 6,00 m en la condición de flecha máxima. La canalización, cuando aplique, se ejecuta mediante perforación dirigida sin rotura de pavimento

Situación	Solución adoptada	Condiciones y trámite
Tramos canalizados urbanos	Ducto de polietileno de alta densidad de 1½ pulgada como mínimo, con cinta de señalización, cámaras de paso en los cambios de dirección y sello en ambos extremos	Requiere permiso de intervención del espacio público ante la Secretaría de Planeación e Infraestructura del municipio, y sondeo previo de redes existentes. La distancia entre cámaras de paso no excederá 100 m

En los tramos canalizados el cable ADSS conserva su aptitud de instalación, si bien la ausencia de tensión mecánica y la protección del ducto hacen que la condición gobernante deje de ser el viento y pase a ser el radio de curvatura y la tensión de halado durante la instalación, la cual no excederá el valor máximo declarado por el fabricante.

Alcance por precisar. La longitud definitiva de los tramos canalizados y la solución específica del cruce de la Autopista Norte ,vano reforzado o perforación dirigida, dependen del resultado del censo de apoyos y de la respuesta de la entidad administradora del corredor vial. Ambas actividades generan costo y plazo no previstos en el tendido aéreo corriente y deben quedar registradas en la Matriz General de Modificaciones del numeral 7.9 una vez definidas.

7.10.13. Elementos pasivos de la red de fibra óptica

Se denominan elementos pasivos aquellos que conducen, empalman o terminan la señal óptica sin intervenir electrónicamente sobre ella. Su especificación determina en buena medida la atenuación total de cada enlace, verificada en el numeral 7.10.16, y la facilidad con que la red puede intervenirse durante su operación.

Tabla 7.10.13a. Elementos, Especificación de los elementos pasivos de la red

Elemento	Especificación	Ubicación
Mufla de empalme	Cierre hermético para instalación aérea, grado de protección IP68, con capacidad no inferior a 48 fusiones y bandejas organizadoras extraíbles. Cierre mecánico reentrable sin sustitución de elementos, apta para al menos veinte (20) aperturas	Cada nodo de distribución de la red, sobre el apoyo, con la reserva de cable asociada
Bandeja de empalme	Bandeja organizadora con capacidad de 12 fusiones, con protectores termocontraíbles individuales y respeto del radio mínimo de curvatura	Interior de cada mufla y de cada distribuidor óptico
Distribuidor óptico de cabecera	Bastidor de 19 pulgadas con adaptadores tipo LC, capacidad acorde al total de hilos que llegan a la cabecera con reserva de crecimiento no inferior al 30 %, y bandeja de empalme integrada	Rack de comunicaciones del Centro de Control, conforme al numeral 7.8.1
Bandeja óptica de punto	Caja de terminación óptica para montaje en gabinete exterior, con adaptadores tipo LC y organizador de reserva	Interior del gabinete de cada punto de cámara, conforme al numeral 7.5.1

Elemento	Especificación	Ubicación
Pigtail	Fibra monomodo G.652.D con conector tipo LC/UPC preinstalado y pulido de fábrica, longitud no inferior a 1,5 m	Terminación de cada hilo activo en muflas de terminación, distribuidor de cabecera y bandeja de punto
Patch cord	Cordón dúplex monomodo G.652.D con conectores LC/UPC en ambos extremos, longitud según necesidad	Conexión entre el distribuidor óptico y el transceptor del equipo activo
Protector de fusión	Manguito termocontraíble con elemento de refuerzo metálico o cerámico, de 60 mm	Cada fusión ejecutada en la red

Se adopta el conector tipo LC/UPC en la totalidad de la red por dos razones: es el conector de los transceptores ópticos efectivamente adquiridos para el proyecto, lo que evita el uso de adaptadores intermedios que añaden atenuación y puntos de falla; y su formato reducido permite aprovechar la densidad del distribuidor óptico de cabecera, donde converge la totalidad de los hilos del sistema.

La cantidad de muflas, fusiones y terminaciones que resulta de aplicar esta especificación al trazado se consigna en el consolidado de cantidades del numeral 7.10.21, una vez definido el plan de empalmes del numeral 7.10.19.

7.10.14. Plan de direccionamiento IP y segmentación lógica

El anexo técnico exige que el direccionamiento del sistema se administre mediante asignación estática o bajo servidor DHCP controlado, con registro de cada dispositivo en el servidor de gestión y acceso remoto restringido mediante credenciales seguras. El presente numeral desarrolla ese requisito hasta el nivel de detalle que permite configurar los equipos en obra: define las redes lógicas, los rangos de direccionamiento, la asignación por cadena y la política de comunicación entre segmentos.

La segmentación no obedece únicamente a una buena práctica de red. En este sistema conviven cuatro tráficos de naturaleza distinta, video en tiempo real, gestión de los equipos, seguridad física del edificio y servicios de apoyo, sobre una misma planta física. Segregarlos en redes lógicas independientes cumple tres funciones: impide que el caudal de video degrade el canal por el cual se administra la red, acota el alcance de un incidente de seguridad a un solo segmento, y permite aplicar a cada tráfico la prioridad que le corresponde en la política de calidad de servicio del numeral 7.10.15.

Criterios adoptados

Tabla 7.10.14a. Criterios, Bases del plan de direccionamiento

Criterio	Definición adoptada
Espacio de direccionamiento	Direccionamiento privado conforme a RFC 1918, en el bloque 10.10.0.0/16 reservado para el sistema SIES/CCTV. El sistema no expone direccionamiento público

Criterio	Definición adoptada
Asignación	Estática para la totalidad de la infraestructura, cámaras, switches, servidores y equipos de seguridad física, , de modo que la dirección sea un atributo permanente del dispositivo y no dependa de la disponibilidad de un servicio. Reserva por dirección MAC en servidor DHCP únicamente para los puestos de trabajo del Centro de Monitoreo
Tamaño de las redes	Máscara /23 para la red de videovigilancia, por ser la de mayor crecimiento previsible, y /24 para las demás. El dimensionamiento conserva en todos los casos una reserva no inferior al setenta por ciento (70 %) de las direcciones útiles
Trazabilidad	Las direcciones de cámara se asignan en bloques contiguos por cadena lógica, de manera que la dirección identifique por sí sola la cadena a la que pertenece el punto y, con ello, el puerto óptico y el anillo que lo protegen
Enrutamiento	El switch de núcleo del Centro de Control opera como puerta de enlace de todas las redes lógicas y concentra el enrutamiento entre ellas. Los switches de campo operan exclusivamente en capa 2
Puerta de enlace	Primera dirección útil de cada red. La segunda dirección se reserva para un eventual equipo de núcleo redundante

Criterio	Definición adoptada
Gestión	SNMPv3 con autenticación y cifrado. Se inhabilitan SNMPv1 y SNMPv2c en la totalidad de los equipos. Sincronización horaria por NTP contra el servidor de gestión y envío de registros a servidor Syslog

Redes lógicas

Tabla 7.10.14b. Segmentación, Plan de VLAN del sistema SIES/CCTV

VLAN	Denominación	Dispositivos asociados	Criterio de segregación
10	Videovigilancia	Cámaras PTZ, cámaras LPR y equipos de radioenlace de los puntos de campo	Aísla el tráfico de mayor caudal del sistema y le aplica la prioridad más alta de la red
20	Administración de red	Switches de campo, switch de núcleo, transceptores gestionables y sistema de monitoreo de red	Reserva un canal de gestión que permanece disponible aún bajo saturación del tráfico de video, condición sin la cual una falla no podría diagnosticarse en remoto

VLAN	Denominación	Dispositivos asociados	Criterio de segregación
30	Seguridad física	Controladores de acceso del Centro de Control y panel de detección de incendio	Separa los sistemas de seguridad del edificio del flujo de video, por tratarse de servicios cuya disponibilidad no debe depender del estado de la red de cámaras
40	Servidores y almacenamiento	Servidores de gestión y de analítica, sistema de almacenamiento, grabador de video en red y matriz de video	Agrupa los equipos que reciben y procesan el video, permitiendo aplicar sobre ellos una política de acceso más restrictiva
50	Puestos de trabajo y visualización	Estaciones de trabajo del Centro de Monitoreo, pantalla interactiva y su módulo de cómputo	Separa los equipos operados por personas de la infraestructura de captura y de servidores
60	Comunicaciones y servicios	Sistema de radiocomunicaciones digital, impresora y equipos ofimáticos	Agrupa los servicios de apoyo a la operación sin exponerlos a las redes anteriores

VLAN	Denominación	Dispositivos asociados	Criterio de segregación
99	Red de reposo	Ninguno. Se asigna a todo puerto de switch que no se encuentre en servicio	Impide que la conexión de un equipo no autorizado a un puerto libre otorgue acceso a una red en operación

Tabla 7.10.14c. Direccionamiento, Rangos asignados por red lógica

VLAN	Red y máscara	Puerta de enlace	Direcciones útiles	En uso	Reserva
10	10.10.10.0 / 23	10.10.10.1	510	60	88 %
20	10.10.20.0 / 24	10.10.20.1	254	62	76 %
30	10.10.30.0 / 24	10.10.30.1	254	5	98 %
40	10.10.40.0 / 24	10.10.40.1	254	13	95 %
50	10.10.50.0 / 24	10.10.50.1	254	11	96 %
60	10.10.60.0 / 24	10.10.60.1	254	6	98 %
99	10.10.99.0 / 24	Sin puerta de enlace	254	0	100 %

La red de videovigilancia se dimensiona con máscara /23 y no /24 por una razón concreta: con sesenta (60) dispositivos actuales, una red /24 quedaría al veinticuatro por ciento (24 %) de ocupación, margen que resulta suficiente hoy pero que obligaría a un redireccionamiento del sistema completo si el municipio duplicara los

puntos de captura durante la vigencia del contrato. La máscara /23 elimina esa contingencia sin costo alguno.

Asignación de direcciones a los puntos de campo

Las direcciones de cámara se asignan en bloques de diez (10) por cadena lógica, siguiendo el plan de agrupación del numeral 7.10.18. La consecuencia práctica es que la dirección de una cámara indica de inmediato su cadena y, por tanto, el puerto óptico del núcleo por el que llega y el anillo lógico que la protege, información que en operación permite acotar una falla sin consultar planos:

Tabla 7.10.14d. Asignación, Bloques de direccionamiento de cámara por cadena lógica

Cadena	Troncal de origen	Sitios	Cámaras	Bloque asignado	Anillo lógico
C1	Bomberos	6	7	10.10.10.11 – 10.10.10.20	AL-1
C2	Bomberos	3	3	10.10.10.21 – 10.10.10.30	AL-2
C3	Bomberos	8	8	10.10.10.31 – 10.10.10.40	AL-3
C4	Bomberos	8	9	10.10.10.41 – 10.10.10.50	AL-4
C5	Bomberos	5	6	10.10.10.51 – 10.10.10.60	AL-5
C6	Bomberos	2	2	10.10.10.61 – 10.10.10.70	AL-5

Cadena	Troncal de origen	Sitios	Cámaras	Bloque asignado	Anillo lógico
C7	Bomberos	6	7	10.10.10.71 – 10.10.10.80	AL-1
C8	Bomberos	1	1	10.10.10.81 – 10.10.10.90	AL-2
C9	Milán	6	6	10.10.10.91 – 10.10.10.100	AL-3
C10	Milán	6	7	10.10.10.101 – 10.10.10.110	AL-4
Radioenlace	No aplica	4	4	10.10.10.121 – 10.10.10.124	Sin anillo
Total	,	55	60	60 de 510 direcciones	,

Las direcciones 10.10.10.2 a 10.10.10.10 se reservan para servicios de la propia red de videovigilancia, y el rango 10.10.10.111 a 10.10.10.120 permanece libre entre el último bloque de cadena y el bloque de radioenlace, de modo que una cadena que crezca por encima de diez (10) cámaras pueda extenderse sin invadir el bloque siguiente.

Tabla 7.10.14e. Asignación, Direccionamiento de la infraestructura de red

Equipo	Rango asignado	Cantidad	Observación
Switch de núcleo del Centro de Control	10.10.20.2	1	Puerta de enlace de todas las redes lógicas. La dirección 10.10.20.1 corresponde a la interfaz virtual de la VLAN 20
Switch administrable de punto de cámara	10.10.20.11 – 10.10.20.61	51	Uno por sitio servido por fibra, asignado en el mismo orden de las cadenas de la Tabla 7.10.14d
Equipos de radioenlace	10.10.20.71 – 10.10.20.80	10	Extremos remotos y de cabecera de los enlaces de los cuatro puntos que operan por radio
Sistema de monitoreo de red	10.10.20.100	1	Plataforma de supervisión y generación de los reportes de disponibilidad exigidos en el numeral 7.10.3

Equipo	Rango asignado	Cantidad	Observación
Reserva de crecimiento	10.10.20.101 – 10.10.20.254	154	Disponible para nuevos puntos sin modificar la configuración del núcleo

Política de comunicación entre redes lógicas

La segregación solo produce efecto si el tránsito entre segmentos se controla. El switch de núcleo aplica listas de control de acceso que autorizan únicamente los flujos necesarios para la operación y deniegan el resto por omisión:

Tabla 7.10.14f. Política, Matriz de comunicación autorizada entre redes lógicas

Origen	Destino autorizado	Alcance del permiso
VLAN 10 Videovigilancia	VLAN 40 Servidores	Únicamente los protocolos de transporte de video y de control de cámara hacia los servidores de grabación y analítica. Las cámaras no establecen comunicación entre sí
VLAN 20 Administración	Todas	Acceso administrativo a los equipos, restringido a las estaciones autorizadas y con autenticación individual
VLAN 30 Seguridad física	VLAN 40 Servidores	Únicamente el registro de eventos de acceso y de alarma de incendio hacia el servidor de gestión

Origen	Destino autorizado	Alcance del permiso
VLAN 40 Servidores	VLAN 10 Videovigilancia	Descubrimiento, configuración y descarga de grabación local desde las cámaras
VLAN 50 Puestos de trabajo	VLAN 40 Servidores	Acceso al sistema de gestión de video. Los operadores no acceden directamente a las cámaras: la visualización se realiza a través del servidor
VLAN 60 Comunicaciones	Ninguna	Segmento aislado. Sus servicios no requieren tránsito hacia las demás redes del sistema
Cualquier otro flujo	Denegado	Regla final de denegación explícita, con registro de los intentos en el servidor Syslog

Merece señalarse la regla que impide a los puestos de trabajo acceder directamente a las cámaras. Su efecto es que toda visualización y toda maniobra de control queda mediada por el servidor de gestión y, en consecuencia, registrada con el usuario que la ejecutó. Sin esa restricción, un operador podría conectarse a la interfaz propia de una cámara y operarla sin dejar traza en el sistema.

Nomenclatura de los dispositivos

Cada dispositivo se identifica con un nombre construido bajo una regla única, de modo que el nombre baste para ubicarlo físicamente y para reconocer su función:

- Cámaras: TOC-CAM-nn, donde nn corresponde al identificador del punto en la georreferenciación del numeral 7.4. Las cámaras LPR conservan el identificador del punto seguido de la letra que distingue cada unidad.
- Switches de punto: TOC-SW-nn, con el mismo identificador del punto que alimentan.
- Switch de núcleo: TOC-SW-CORE.
- Nodos de empalme en la documentación de red: TOC-MUF-<denominación del nodo>, conforme al numeral 7.10.17.
- Servidores y equipos del Centro de Control: TOC-<función>-nn.

7.10.15. Calidad de servicio

La red transporta sobre una misma infraestructura tráficos con exigencias distintas: video en tiempo real, que no admite retardo ni variación de retardo; gestión de los equipos, que debe permanecer disponible en toda circunstancia; y descargas de grabación, que toleran retardo, pero consumen caudal elevado. La política de calidad de servicio ordena esa convivencia asignando a cada tráfico una clase, una prioridad y una porción garantizada del enlace, de modo que los parámetros exigidos en el numeral 7.10.3 se cumplan también en condición de carga máxima.

El marcado se ejecuta en el punto de ingreso a la red, el switch administrable del punto de cámara, , con lo cual el tráfico viaja clasificado desde el primer salto. Los switches de la cadena y el de núcleo confían en el marcado de ingreso y no lo reescriben. Todo tráfico que ingrese sin marcado válido se asigna a la clase de mejor esfuerzo.

Tabla 7.10.15a. Clasificación, Clases de servicio de la red

Clase	Tráfico asignado	DSCP	802.1p	Tratamiento en el switch
Video en tiempo real	Flujos de las cámaras PTZ y LPR hacia los servidores de grabación y analítica	EF (46)	5	Cola de prioridad estricta. Se atiende antes que cualquier otra clase
Control y señalización	Control de cámara PTZ, eventos de analítica, control de acceso y alarma de incendio	AF41 (34)	4	Cola con caudal garantizado y atención preferente sobre las clases inferiores
Administración de red	Gestión SNMPv3, sincronización NTP, registro Syslog y acceso administrativo a los equipos	CS6 (48)	6	Cola con caudal garantizado, reservada de manera exclusiva
Descarga de grabación	Recuperación de video almacenado en la tarjeta de memoria de las cámaras y actualización de firmware	AF11 (10)	1	Cola de caudal limitado, con planificación en ventanas de baja demanda

Clase	Tráfico asignado	DSCP	802.1p	Tratamiento en el switch
Mejor esfuerzo	Tráfico restante y todo tráfico que ingrese sin marcado válido	BE (0)	0	Cola de menor prioridad, sin caudal garantizado

La reserva de una cola exclusiva para la administración de red responde a una razón de operación: es el canal por el cual se diagnostica una falla en remoto. Si compartiera cola con el video, una saturación del enlace dejaría al Centro de Control sin visibilidad sobre los equipos justamente en el momento en que necesita intervenirlos.

Tabla 7.10.15b. Asignación, Reparto del caudal del enlace por clase

Clase	Caudal garantizado	Caudal máximo	Mecanismo
Video en tiempo real	50 %	Sin límite	Prioridad estricta
Control y señalización	10 %	20 %	Encolamiento equitativo ponderado
Administración de red	10 %	15 %	Encolamiento equitativo ponderado
Descarga de grabación	5 %	25 %	Encolamiento equitativo ponderado con limitación de caudal
Mejor esfuerzo	Sin garantía	Caudal remanente	Encolamiento equitativo ponderado

Verificación de la ocupación de los enlaces

La política anterior opera sobre enlaces cuya ocupación se verifica a continuación. Cada cadena transporta el caudal de las cámaras que la componen sobre un enlace de un (1) Gbps:

Tabla 7.10.15c. Verificación, Ocupación del enlace por cadena

Cadena	Cámaras	Caudal transportado	Capacidad del enlace	Ocupación
C1	7	140 Mbps	1.000 Mbps	14,0 %
C2	3	60 Mbps	1.000 Mbps	6,0 %
C3	8	160 Mbps	1.000 Mbps	16,0 %
C4	9	180 Mbps	1.000 Mbps	18,0 %
C5	6	120 Mbps	1.000 Mbps	12,0 %
C6	2	40 Mbps	1.000 Mbps	4,0 %
C7	7	140 Mbps	1.000 Mbps	14,0 %
C8	1	20 Mbps	1.000 Mbps	2,0 %
C9	6	120 Mbps	1.000 Mbps	12,0 %
C10	7	140 Mbps	1.000 Mbps	14,0 %
Máximo	9	180 Mbps	1.000 Mbps	18,0 %

La cadena de mayor carga del sistema transporta 180 Mbps sobre un enlace de un (1) Gbps, lo que equivale a una ocupación del 18,0 %. En esa condición el enlace no presenta encolamiento y la política de calidad de servicio opera como reserva ante picos de tráfico de analítica y ante descargas simultáneas de grabación, no como mecanismo de contención permanente.

Verificación de la latencia

El retardo de tránsito de la red es la suma del retardo de propagación en la fibra y del retardo de conmutación de los equipos que atraviesa el flujo. Los valores unitarios adoptados son los siguientes:

Tabla 7.10.15d. Bases de cálculo, Componentes del retardo de tránsito

Componente	Valor unitario	Origen
Propagación en fibra monomodo	4,9 µs/km	Velocidad de propagación c/n con índice de grupo 1,468 en 1310 nm
Conmutación por salto	17 µs	Almacenamiento y reenvío de una trama de 1.518 bytes a 1 Gbps (12,1 µs) más el procesamiento interno del equipo
Saltos por trayecto	Número de switches de campo de la cadena, más el switch de núcleo	Plan de cadenas del numeral 7.10.18

Tabla 7.10.15e. Verificación, Retardo de tránsito por cadena

Cadena	Longitud del trayecto	Saltos	Propagación	Conmutación	Retardo total
C1	5.262 m	7	26 µs	119 µs	0,145 ms
C2	8.060 m	4	39 µs	68 µs	0,107 ms

Cadena	Longitud del trayecto	Saltos	Propagación	Conmutación	Retardo total
C3	5.738 m	9	28 µs	153 µs	0,181 ms
C4	7.948 m	9	39 µs	153 µs	0,192 ms
C5	5.120 m	6	25 µs	102 µs	0,127 ms
C6	3.392 m	3	17 µs	51 µs	0,068 ms
C7	11.209 m	7	55 µs	119 µs	0,174 ms
C8	3.019 m	2	15 µs	34 µs	0,049 ms
C9	2.613 m	7	13 µs	119 µs	0,132 ms
C10	5.465 m	7	27 µs	119 µs	0,146 ms
Peor caso	7.948 m	9	39 µs	153 µs	0,192 ms

El trayecto más desfavorable del sistema corresponde a la cadena C4, con 7.948 metros de recorrido y 9 saltos de conmutación, y arroja un retardo de tránsito de 0,192 milisegundos. La exigencia contractual es de cincuenta (50) milisegundos, de modo que el trayecto más largo de la red consume el 0,38 % del límite admisible.

Tabla 7.10.15f. Cumplimiento, Parámetros de servicio verificados

Parámetro	Exigencia	Valor de diseño	Fundamento
Ancho de banda agregado	≥ 1,2 Gbps	1,2 Gbps	Numeral 7.10.4

Parámetro	Exigencia	Valor de diseño	Fundamento
Ancho de banda por cámara	20 Mbps	20 Mbps dedicados	Ocupación máxima de enlace del 18,0 %, Tabla 7.10.15c
Latencia	≤ 50 ms	0,192 ms	Tabla 7.10.15e
Jitter	≤ 20 ms	Inferior a 1 ms	El video se atiende en cola de prioridad estricta sobre enlaces sin encolamiento
Pérdida de paquetes	≤ 0,1 %	Sin pérdida por congestión	La ocupación máxima del enlace no alcanza el umbral de descarte de cola

7.10.16. Presupuesto óptico y verificación de enlaces

Cada enlace de la red es un trayecto óptico punto a punto entre dos transceptores. Su verificación consiste en comprobar que la atenuación acumulada en el trayecto, fibra, empalmes por fusión y conectores, permanece por debajo del presupuesto que el transceptor es capaz de sostener, conservando un margen que absorba el envejecimiento de los componentes y las reparaciones que se ejecuten durante la vida útil de la red.

Conviene precisar una característica de la arquitectura que determina el resultado de esta verificación: por tratarse de enlaces Ethernet activos punto a punto, cada salto entre dos equipos se regenera ópticamente de manera íntegra. La atenuación no se acumula a lo largo de la cadena, sino que se evalúa de manera independiente

en cada salto. El enlace crítico del sistema no es, por tanto, el punto más alejado del Centro de Control, sino el salto individual de mayor atenuación.

Tabla 7.10.16a. Bases de cálculo, Valores unitarios de atenuación adoptados

Elemento	Atenuación unitaria	Origen
Fibra óptica monomodo en 1310 nm	0,35 dB/km	Ficha técnica del cable, numeral 7.10.8
Empalme por fusión	0,10 dB	Valor máximo admisible en las pruebas de aceptación del numeral 7.10.23
Conector óptico	0,30 dB	Dos conectores por trayecto, uno en cada extremo
Margen de operación	3,00 dB	Reserva de diseño para envejecimiento de los componentes y para los empalmes de reparación que se ejecuten durante la vida útil de la red

El presupuesto disponible corresponde al del transceptor especificado en el numeral 7.10.13, de operación en 1310 nm sobre dos hilos y alcance nominal de veinte (20) kilómetros. Los transceptores de esta clase entregan un presupuesto óptico no inferior a catorce (14) decibelios, valor que se adopta como referencia de la verificación y que constituye requisito de suministro.

Enlaces principales

Tabla 7.10.16b. Verificación, Saltos de mayor atenuación en operación normal

Cadena	Enlace	Longitud	Nodos de paso	Atenuación con margen	Uso del presupuesto
C7	Salto 0	6.337 m	8	6,62 dB	47 %
C2	Salto 0	5.042 m	5	5,86 dB	42 %
C4	Salto 0	3.013 m	8	5,45 dB	39 %
C6	Salto 0	3.101 m	7	5,39 dB	38 %
C8	Salto 0	3.019 m	6	5,26 dB	38 %
C4	Salto 2	1.949 m	8	5,08 dB	36 %

El salto de mayor atenuación en operación normal corresponde al primer enlace de la cadena C7, con 6.337 metros de fibra y 8 nodos de paso, y arroja 6,62 decibelios incluido el margen de operación de tres (3) decibelios. Sobre un presupuesto de catorce (14) decibelios, el enlace utiliza el 47 % de la capacidad disponible.

Rutas de contingencia

El esquema de protección del numeral 7.10.20 conmuta el tráfico a la ruta de cierre del anillo ante el corte de un tramo. Esas rutas son de mayor longitud que las de operación normal y se verifican de manera independiente:

Tabla 7.10.16c. Verificación, Atenuación de las rutas de cierre de anillo

Anillo lógico	Longitud de la ruta	Nodos de paso	Atenuación con margen	Uso del presupuesto
AL-3	8.411 m	11	7,64 dB	55 %

Anillo lógico	Longitud de la ruta	Nodos de paso	Atenuación con margen	Uso del presupuesto
AL-2	7.429 m	13	7,50 dB	54 %
AL-1	8.266 m	10	7,49 dB	54 %
AL-4	6.021 m	9	6,61 dB	47 %
AL-5	2.681 m	5	5,04 dB	36 %

La ruta de contingencia más exigente es la del anillo AL-3, con 8.411 metros y 11 nodos de paso, que arroja 7,64 decibelios y utiliza el 55 % del presupuesto. La red conserva por tanto 6,36 decibelios de capacidad disponible operando en su condición más desfavorable, con el tráfico ya conmutado a la ruta de respaldo.

Tabla 7.10.16d. Resultado, Verificación del presupuesto óptico de la red

Condición	Atenuación máxima	Presupuesto disponible
Operación normal	6,62 dB	7,38 dB
Operación sobre ruta de contingencia	7,64 dB	6,36 dB
Presupuesto del transceptor especificado	14,00 dB	,

La totalidad de los enlaces de la red opera dentro del presupuesto óptico del transceptor especificado, tanto en condición normal como sobre las rutas de contingencia. El caso más desfavorable del sistema alcanza 7,64 decibelios sobre catorce (14) disponibles, y conserva 6,36 decibelios de reserva. Ese remanente

cubre con amplitud los empalmes de reparación previsibles sobre el trayecto durante la vigencia del contrato.

7.10.17. Recorrido del tendido y nodos de distribución

El trazado de la red se desarrolla sobre el levantamiento georreferenciado de la infraestructura de fibra óptica del municipio. La red se despliega mediante dos (2) troncales de veinticuatro (24) hilos cada una que parten del Centro de Control y Monitoreo, desde las cuales se derivan los ramales de distribución y las acometidas a cada punto de cámara a través de treinta y siete (37) nodos de empalme.

Tabla 7.10.17a. Resumen - Configuración general de la red de transporte

Parámetro	Valor
Troncales desde el Centro de Control	2 troncales de 24 hilos cada una
Longitud total de fibra proyectada	34.876 m medidos
Nodos de empalme (muflas)	37
Anillos físicos conformados	3 (ver numeral 7.10.20)
Tramos de red	94, de los cuales 4 son tramos de cierre de anillo
Puntos de cámara servidos por fibra	51 sitios (56 cámaras)
Puntos de cámara servidos por radioenlace	4 sitios (4 cámaras)
Total del sistema	55 sitios / 60 cámaras

Tabla 7.10.17b. Recorrido - Tramos troncales

Origen	Destino	Long. (m)	Hilos activos
CENTRO DE MONITOREO	MUFLA BOMBEROS	457	16 de 24
CENTRO DE MONITOREO	MUFLA MILAN	785	4 de 24
MUFLA BOMBEROS	MUFLA ARA	1.125	16 de 24
MUFLA BOMBEROS	MUFLA CONCREBLOCK	1.030	12 de 24
MUFLA MILAN	MUFLA TORRES DE SAN JUAN	306	4 de 24
MUFLA CONCREBLOCK	MUFLA TEXACO	604	12 de 24
MUFLA ARA	MUFLA DIVINO NIÑO	296	10 de 24
MUFLA TORRES DE SAN JUAN	MUFLA GLORIETA TIBIFLORES	412	4 de 24
MUFLA GLORIETA TIBIFLORES	MUFLA ENTRADA TIBIFLORES	417	4 de 24
MUFLA DIVINO NIÑO	C18	266	4 de 24

La troncal que parte hacia la Mufla Bomberos concentra la mayor carga del sistema, con dieciséis (16) hilos activos de los veinticuatro (24) disponibles, mientras que la troncal hacia la Mufla Milán opera con cuatro (4) hilos activos. En ambos casos se conserva reserva de hilos para crecimiento futuro y atención de contingencias.

Tabla 7.10.17c. Nodos - Nodos de empalme (muflas) - ubicación y carga

Nodo de empalme	Coordenadas	Alimentado desde	Long. (m)	Hilos	Cám.
ARA	4°57'48.1"N 73°54'55.2"W	BOMBEROS	1.125	16	33
AUTODROMO	4°57'53.4"N 73°57'05.3"W	ENTRADA TIBIFLORES	1.605	4	3
AUTOLAVADO	4°58'04.8"N 73°54'32.8"W	ESTACION DE POLICIA	383	8	7
BARANDILLAS	5°00'40.4"N 73°56'37.1"W	COLEGIO LA FUENTE	1.009	4	3
BIBLIOTECA CANAVITA	Por replantear	CANAVITA	943	4	2
BOMBEROS	4°57'39.8"N 73°55'29.2"W	CENTRO DE MONITOREO	457	16	43
CANAVITA	4°56'38.6"N 73°55'40.6"W	EBEL	1.162	4	3
CEMENTERIO	4°57'54.1"N 73°54'59.0"W	CEMENTERIO 2	105	14	21
CEMENTERIO 2	4°57'51.9"N 73°55'00.8"W	ARA	224	14	23
COLEGIO LA FUENTE	5°00'13.1"N 73°56'19.6"W	ZIPATOCA	650	4	5
CONCREBLOCK	4°57'24.4"N 73°55'54.4"W	BOMBEROS	1.030	12	8
DIVINO NIÑO	4°57'49.9"N 73°54'49.5"W	ARA	296	10	10
DULCINEA	4°57'08.7"N 73°56'27.0"W	-	0	0	0
EBEL	4°57'05.7"N 73°56'05.4"W	TEXACO	377	4	3
ENTRADA TIBIFLORES	4°57'41.1"N 73°56'18.4"W	GLORIETA TIBIFLORES	417	4	5
ESCUELA LA ESMERALDA	4°58'03.8"N 73°54'03.6"W	LA TRAMPA	382	4	2

Nodo de empalme	Coordenadas	Alimentado desde	Long. (m)	Hilos	Cám.
ESTACION DE POLICIA	4°58'03.6"N 73°54'45.1"W	MEGA BIBLIOTECA	132	10	8
GLORIETA TIBIFLORES	4°57'45.0"N 73°56'08.8"W	TORRES DE SAN JUAN	412	4	7
HOSPITAL	4°57'53.6"N 73°54'41.5"W	DIVINO NIÑO	272	10	6
JUANCHO POLA	4°57'46.0"N 73°55'13.2"W	BOMBEROS	527	4	1
LA ESTACION	4°57'20.4"N 73°56'09.8"W	TEXACO	293	4	1
LA TRAMPA	4°58'04.6"N 73°54'15.7"W	C11	544	4	5
LOS ALPES	4°57'48.0"N 73°54'51.8"W	DIVINO NIÑO	93	4	2
LOS PATOS	4°58'11.9"N 73°54'51.3"W	C38	15	4	7
LOS TILOS	4°58'02.6"N 73°54'52.5"W	CEMENTERIO	384	14	20
LPR HOSPITAL	4°57'49.8"N 73°54'37.4"W	HOSPITAL	174	10	5
MEGA BIBLIOTECA	4°58'05.8"N 73°54'48.1"W	LOS TILOS	190	14	17
MILAN	4°57'45.5"N 73°55'46.4"W	CENTRO DE MONITOREO	785	4	13
OLIMPICA	4°57'46.4"N 73°55'47.1"W	MILAN	36	4	2
SAN MIGUEL ALISOS	4°57'47.9"N 73°54'31.6"W	C57-58 LPR SALIDA HOSPITAL (2 UNDS)	270	6	3
SAN MIGUEL ENTRADA	4°57'51.9"N 73°54'25.1"W	SAN MIGUEL ALISOS	292	2	2
SECTOR GOMEZ	4°57'30.4"N 73°56'14.6"W	ENTRADA TIBIFLORES	477	4	1

Nodo de empalme	Coordenadas	Alimentado desde	Long. (m)	Hilos	Cám.
SECTOR TOLIMA	4°57'49.9"N 73°56'02.0"W	TORRES DE SAN JUAN	220	4	2
TEXACO	4°57'15.5"N 73°56'11.9"W	CONCREBLOCK	604	12	7
TORRES DE SAN JUAN	4°57'47.4"N 73°55'55.8"W	MILAN	306	4	10
TRES ESQUINAS PORVENIR	4°59'42.5"N 73°55'31.8"W	LOS PATOS	3.580	4	7
ZIPATOCA	4°59'55.0"N 73°56'09.6"W	TRES ESQUINAS PORVENIR	1.235	4	6

7.10.18. Arquitectura lógica y plan de asignación de hilos

Los transceptores ópticos adoptados operan con dos (2) hilos por enlace. Bajo un esquema de acometida individual desde el Centro de Control, la troncal hacia la Mufla Bomberos requeriría sesenta y cuatro (64) hilos para atender sus treinta y dos (32) sitios, cifra que excede la capacidad de veinticuatro (24) hilos del tendido existente.

En consecuencia, el diseño adopta una arquitectura de agrupación en cadenas, aprovechando que cada switch industrial de gabinete dispone de dos (2) puertos ópticos SFP: uno recibe el enlace proveniente del nodo anterior y el otro lo entrega al siguiente punto de la cadena. De este modo, cada cadena consume un único par de hilos en la troncal, con independencia del número de puntos que agrupe.

Se conformaron diez (10) cadenas con un máximo de ocho (8) sitios cada una, criterio que mantiene la ocupación de cada enlace por debajo del veinte por ciento (20 %) de su capacidad de 1 Gbps y preserva reserva de hilos en ambas troncales.

Tabla 7.10.18a. Arquitectura - Plan de cadenas y asignación de hilos en troncal

Cadena	Sitios	Cám.	Hilos troncal	Caudal	Ocupación	Secuencia de puntos
C1	6	7	1-2	140 Mbps	14 %	C30 → C29 → C26 → 51-52 LPR TEXACO (2 UNDS) → C27 → C35
C2	3	3	3-4	60 Mbps	6 %	C1 → C2 → C3
C3	8	8	5-6	160 Mbps	16 %	C15 → C16 → C13 → C17 → C12 → C38 → C20 → C14
C4	8	9	7-8	180 Mbps	18 %	C11 → C10 → C19 → C18 → C22 → C23 → C21 → C57-58 LPR SALIDA HOSPITAL (2 UNDS)
C5	5	6	9-10	120 Mbps	12 %	C40 → C9 → C53-54LPR LA TRAMPA (2 UNDS) → C47 ESCUELA LA ESMERALDA → C8
C6	2	2	11-12	40 Mbps	4 %	C5 → C6

Cadena	Sitios	Cám.	Hilos troncal	Caudal	Ocupación	Secuencia de puntos
C7	6	7	13-14	140 Mbps	14 %	C49 TRES ESQUINAS PORVENIR → C39 → C37 → C45 LA FUENTE VILLA MARIA → C36 → C59-60 LPR LA FUENTE (2 UNDS)
C8	1	1	15-16	20 Mbps	2 %	C7
C9	6	6	1-2	120 Mbps	12 %	C31 → C41 MILAN → C48 OLÍMPICA → C32 → C33 → C34
C10	6	7	3-4	140 Mbps	14 %	C43 GLORIETA TIBIFLORES → C44 PARQUE TIBIFLORES → C42 ENTRADA TIBIFLORES → C28 → C55-56 LPR AUTODROMO (2 UNDS) → C25

Tabla 7.10.18b. Verificación - Ocupación de hilos en los tramos troncales de salida

Tramo	Hilos activos	Capacidad	Reserva	% reserva
Centro de Control → Mufla Bomberos	16	24	8	33 %
Centro de Control → Mufla Milán	4	24	20	83 %

La ocupación máxima registrada en cualquier tramo de la red es de dieciséis (16) hilos, por lo que la totalidad del trazado opera dentro de la capacidad del tendido existente.

Tabla 7.10.18c. Verificación - Presupuesto óptico de los enlaces más exigentes

Cadena / enlace	Origen	Destino	Long. (m)	Muflas	Pérdida total
C7 – enlace 0	CENTRO DE MONITOREO	C49 TRES ESQUINAS PORVENIR	6.337	8	6.62 dB
C2 – enlace 0	CENTRO DE MONITOREO	C1	5.042	5	5.86 dB
C4 – enlace 0	CENTRO DE MONITOREO	C11	3.013	8	5.45 dB
C6 – enlace 0	CENTRO DE MONITOREO	C5	3.101	7	5.39 dB

Cadena / enlace	Origen	Destino	Long. (m)	Muflas	Pérdida total
C8 – enlace 0	CENTRO DE MONITOREO	C7	3.019	6	5.26 dB
C4 – enlace 2	C10	C19	1.949	8	5.08 dB
C5 – enlace 0	CENTRO DE MONITOREO	C40	2.526	5	4.98 dB
C1 – enlace 5	C27	C35	2.467	5	4.96 dB

El enlace más exigente corresponde a la cadena B7 hacia el punto Tres Esquinas Porvenir, con 6.337 m de recorrido, ocho (8) nodos de empalme intermedios y una pérdida total estimada de 7,22 dB. Este valor se mantiene holgadamente dentro de la capacidad de los transceptores ópticos especificados, cuyo alcance nominal es de veinte (20) kilómetros.

7.10.19. Plan de empalmes por nodo

En cada nodo de empalme se ejecutan las fusiones necesarias para dar continuidad a los enlaces que atraviesan el nodo y para derivar los que terminan en los puntos de cámara asociados. El criterio de identificación de hilos aplicado es el código de colores de la norma TIA-598, con numeración secuencial por tubo.

Se contabilizan ciento cincuenta y seis (156) fusiones de paso y derivación en los treinta y siete (37) nodos. El detalle hilo por hilo de cada nodo -número y color del hilo entrante, número y color del hilo saliente, cadena y enlace asociado- se relaciona en el Anexo de Plan de Empalmes que acompaña el presente documento.

Tabla 7.10.19a. Empalmes - Fusiones por nodo de empalme

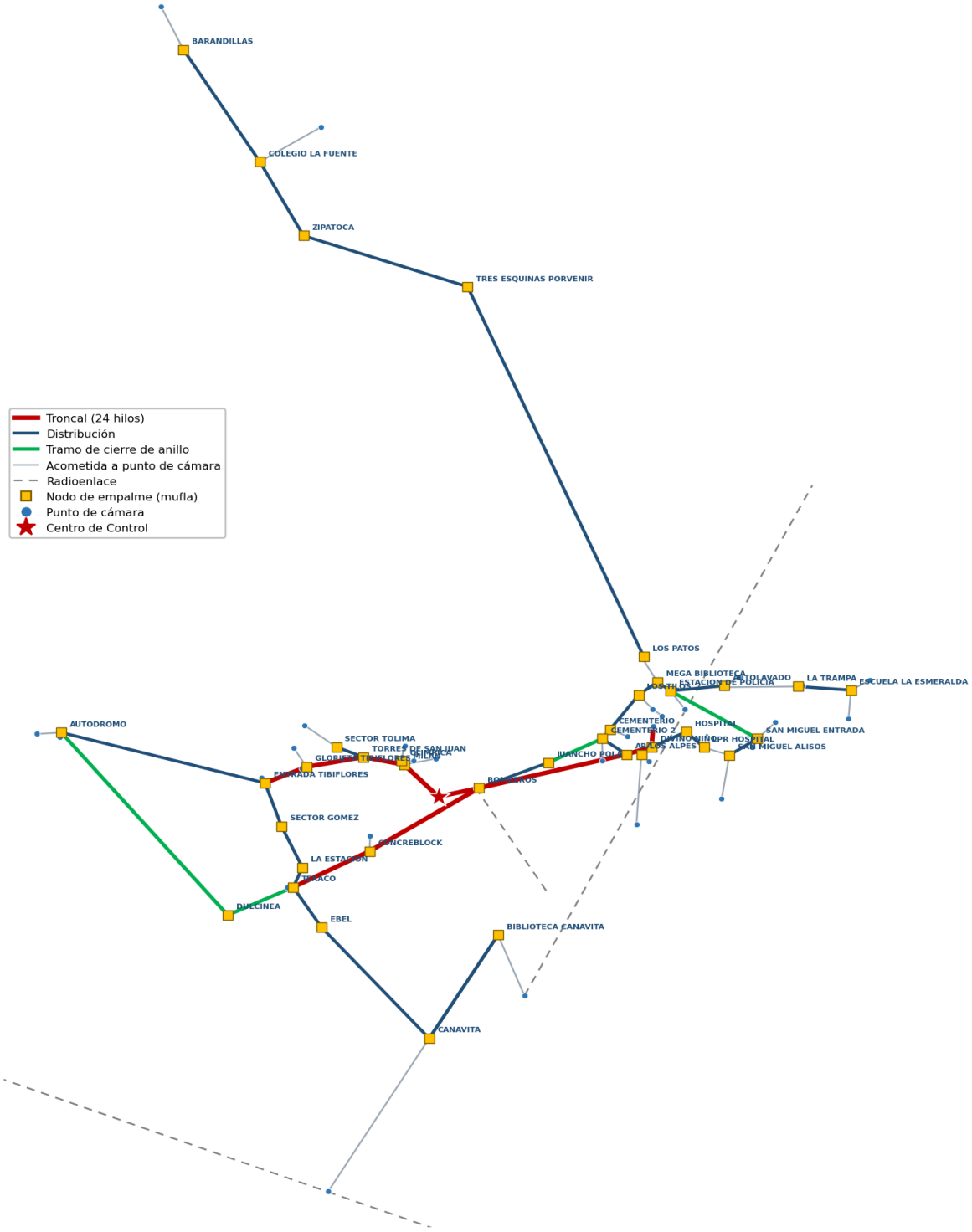
Nodo de empalme	Hilos que ingresan	Salidas	Fusiones	Cámaras aguas abajo
MUFLA BOMBEROS	16	4	28	43
MUFLA ARA	16	2	24	33
MUFLA LOS TILOS	14	3	22	20
MUFLA CEMENTERIO 2	14	3	20	23
MUFLA MEGA BIBLIOTECA	14	3	20	17
MUFLA CEMENTERIO	14	2	18	21
MUFLA DIVINO NIÑO	10	4	18	10
MUFLA HOSPITAL	10	2	14	6
MUFLA ESTACION DE POLICIA	10	2	12	8
MUFLA LPR HOSPITAL	10	1	12	5
MUFLA MILAN	4	3	12	13
MUFLA TEXACO	12	4	12	7
MUFLA AUTOLAVADO	8	2	10	7
MUFLA CONCREBLOCK	12	2	10	8
MUFLA TORRES DE SAN JUAN	4	3	10	10
MUFLA COLEGIO LA FUENTE	4	3	8	5
MUFLA ENTRADA TIBIFLORES	4	3	8	5

Nodo de empalme	Hilos que ingresan	Salidas	Fusiones	Cámaras aguas abajo
MUFLA GLORIETA TIBIFLORES	4	3	8	7
MUFLA LA TRAMPA	4	3	8	5
MUFLA SAN MIGUEL ALISOS	6	2	8	3
MUFLA AUTODROMO	4	2	6	3
MUFLA BARANDILLAS	4	2	6	3
MUFLA BIBLIOTECA CANAVITA	4	2	6	2
MUFLA CANAVITA	4	2	6	3
MUFLA ESCUELA LA ESMERALDA	4	2	6	2
MUFLA LOS ALPES	4	2	6	2
MUFLA OLIMPICA	4	2	6	2
MUFLA SAN MIGUEL ENTRADA	2	2	6	2
MUFLA SECTOR TOLIMA	4	2	6	2
MUFLA TRES ESQUINAS PORVENIR	4	2	6	7
MUFLA ZIPATOCA	4	2	6	6
MUFLA EBEL	4	1	4	3

Nodo de empalme	Hilos que ingresan	Salidas	Fusiones	Cámaras aguas abajo
MUFLA JUANCHO POLA	4	1	4	1
MUFLA LA ESTACION	4	1	4	1
MUFLA LOS PATOS	4	1	4	7
MUFLA SECTOR GOMEZ	4	1	4	1

El detalle de la asignación hilo por hilo se relaciona en el Anexo - Plan de Empalmes del numeral 7.10.19.1, que hace parte integral del presente diseño, se entrega en formato de hoja de cálculo y se actualiza a condición de obra construida al momento del recibo de la red.

Figura 7.10.19a. Recorrido de la red de fibra óptica - Sistema CCTV Tocancipá


Troncal (24 hilos)
Distribución
Tramo de cierre de anillo
Acometida a punto de cámara
Radioenlace
Nodo de empalme (mufla)
Punto de cámara
Centro de Control
BARANDILLAS
COLEGIO LA FUENTE
ZIPATOCA
TRES ESQUINAS PORVENIR
LOS PATOS
MEGA BIBLIOTECA
ESTACION DE POLICIA
LA TRAMPA
ESCUELA LA ESMERALDA
AUTODROMO
SECTOR TOLIMA
GLORIETA
ENTRADA TIBIFLORES
SECTOR GOMEZ
CONCREBLOCK
LA ESTACION
DIVECINEA
EBEL
BIBLIOTECA CANAVITA
CANAVITA
CEMENTERIO
CEMENTERIO Z
HOSPITAL
SAN MIGUEL ENTRADA
SAN MIGUEL ALISOS
BOMBEROS

7.10.20. Cierre de anillos y esquema de redundancia de la red de transporte

Los numerales 7.10.17 a 7.10.21 describen la red de transporte en topología de árbol, configuración en la cual cada punto de captura alcanza el Centro de Control por una ruta física única. El levantamiento georreferenciado incorpora tramos adicionales de fibra que cierran el trazado sobre sí mismo y habilitan rutas alternas de retorno. El presente numeral analiza el efecto de dichos tramos sobre la disponibilidad del servicio, define los anillos que conforman, establece el esquema lógico mediante el cual la red aprovecha esa diversidad de trayecto, y verifica que la capacidad del tendido y del equipamiento adquirido permanezca suficiente después del cierre.

7.10.20.1. Criterio de redundancia adoptado

El modo de falla predominante en una red de planta externa aérea no es la avería del equipo activo, sino el corte del cable: colisión vehicular contra poste, caída de rama, intervención de terceros sobre la infraestructura eléctrica compartida o labores de obra civil sobre el corredor vial. En una topología de árbol, el corte de un tramo troncal deja sin servicio a la totalidad de los puntos situados aguas abajo, con independencia de que sus equipos se encuentren en operación normal.

El criterio de redundancia adoptado consiste, en consecuencia, en dotar a la red de una segunda ruta física entre el Centro de Control y los nodos de mayor concentración de tráfico, de modo que el corte de un (1) tramo cualquiera no interrumpa el servicio de los puntos que dependen de él. La protección se sustenta sobre la infraestructura pasiva -diversidad de trayecto del cable- y se materializa sobre la infraestructura activa mediante el protocolo de árbol de expansión rápido (RSTP, IEEE 802.1w), soportado tanto por el switch industrial de gabinete como por el switch de núcleo.

El diseño se sujeta además a dos restricciones que condicionan la solución: el switch industrial de cada gabinete dispone únicamente de dos (2) puertos ópticos SFP, y el switch de núcleo dispone de doce (12). En consecuencia, el esquema

adoptado no incorpora un retorno independiente por cadena -que exigiría duplicar los puertos del núcleo- sino que empareja cadenas entre sí, según se desarrolla en el numeral 7.10.20.6.

7.10.20.2. Tramos de cierre incorporados al trazado

Se incorporan al diseño cuatro (4) tramos de cierre, con una longitud conjunta de tres mil novecientos noventa y cinco (3.995) metros, según se relaciona a continuación con la denominación exacta que reciben en el levantamiento georreferenciado:

Tabla 7.10.20.2a. Cierres - Tramos de cierre de anillo incorporados al trazado

Denominación en el levantamiento	Extremo A	Extremo B	Long. (m)	Anillo
MUFLA JUANCHO POLA A MUFLA CEMENTERIO	JUANCHO POLA	CEMENTERIO 2	483	AN-3
MUFLA AUTODROMO A MUFLA DULCINEA	AUTODROMO	DULCINEA	1.935	AN-1
TRONCAL MUFLA DULCINEA A MUFLATEXACO	DULCINEA	TEXACO	546	AN-1
MUFLA POLICIA A MUFLA SAN MIGUEL ENTRADA	ESTACION DE POLICIA	SAN MIGUEL ENTRADA	1.030	AN-2
TOTAL	-	-	3.995	-

7.10.20.3. Anillos físicos conformados

Los cuatro (4) tramos de cierre conforman tres (3) anillos físicos y no cuatro (4), por cuanto los tramos «MUFLA AUTODROMO A MUFLA DULCINEA» y «TRONCAL MUFLA DULCINEA A MUFLATEXACO» constituyen un único cierre desarrollado en dos secciones, con la Mufla Dulcinea como nodo de tránsito intermedio. Cada anillo queda definido por su tramo de cierre y por el nodo del árbol en el cual convergen las dos ramas que dicho tramo une.

Tabla 7.10.20.3a. Anillos - Anillos físicos conformados, clase y perímetro

Anillo	Clase	Nodo de convergencia	Rama A (m)	Rama B (m)	Cierre (m)	Perímetro (m)	Nodos
AN-1	Anillo troncal	Centro de Control	3.526	2.092	2.481	8.099	11
AN-2	Anillo de distribución	ARA	1.035	1.310	1.030	3.376	13
AN-3	Anillo de distribución	BOMBEROS	527	1.349	483	2.360	5

Tabla 7.10.20.3b. Anillos - Recorrido de cada anillo físico

Anillo	Secuencia de nodos
AN-1	Centro de Control → MILAN → TORRES DE SAN JUAN → GLORIETA TIBIFLORES → ENTRADA TIBIFLORES → AUTODROMO → DULCINEA → TEXACO → CONCREBLOCK → BOMBEROS → Centro de Control
AN-2	ARA → CEMENTERIO 2 → CEMENTERIO → LOS TILOS → MEGA BIBLIOTECA → ESTACION DE POLICIA → SAN MIGUEL ENTRADA → SAN MIGUEL ALISOS → C57-58 LPR SALIDA HOSPITAL (2 UNDS) → LPR HOSPITAL → HOSPITAL → DIVINO NIÑO → ARA
AN-3	BOMBEROS → JUANCHO POLA → CEMENTERIO 2 → ARA → BOMBEROS

Merece consideración particular el anillo AN-1, cuyo nodo de convergencia es el propio Centro de Control y Monitoreo. Ello significa que dicho anillo no cierra un ramal de distribución sobre sí mismo, sino que enlaza entre sí las dos (2) troncales que parten del Centro de Control, conformando un lazo de ocho mil noventa y nueve (8.099) metros de perímetro. En consecuencia, el corte de cualquiera de las dos

troncales deja de constituir una falla total del ramal afectado: el tráfico de los puntos comprometidos puede retornar al Centro de Control por la troncal contraria, recorriendo el anillo en sentido inverso. Esta es, precisamente, la condición de continuidad de servicio ante corte de troncal que motiva el cierre.

Los anillos restantes son anillos de distribución subtendidos del anterior: cierran ramales locales sobre nodos de empalme intermedios y protegen a los puntos asociados frente a cortes internos del ramal, sin depender de la troncal para su conmutación.

7.10.20.4. Cobertura de la protección sobre la planta externa

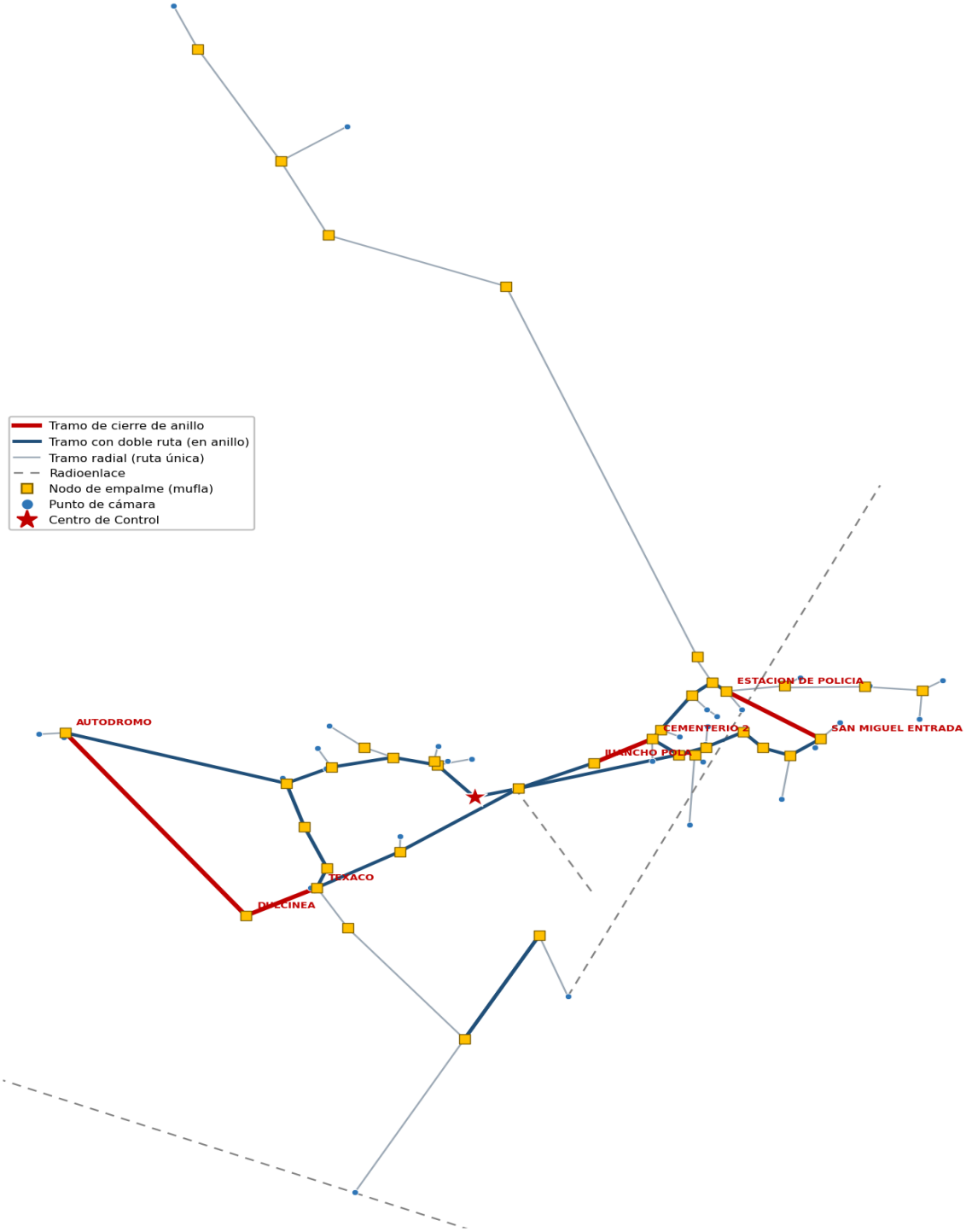
No toda la red queda protegida por el cierre. Las acometidas finales a cada punto de cámara y los ramales terminales conservan, por su propia naturaleza, ruta física única. La determinación rigurosa del alcance de la protección se obtiene identificando los tramos que, tras el cierre, dejan de ser aristas de corte del grafo de la red -esto es, aquellos cuya supresión no desconecta ningún nodo del Centro de Control-:

Tabla 7.10.20.4a. Cobertura - Alcance de la protección sobre la planta externa

Concepto	En anillo (doble ruta)	Radial (ruta única)	Total	% en anillo
Tramos de fibra	32	62	94	34 %
Longitud de fibra (m)	16.761	18.115	34.876	48 %
Nodos de empalme (muflas)	25	12	37	68 %
Puntos de cámara cuyo nodo de amarre tiene doble ruta	32	19	51	63 %

El cierre eleva a doble ruta física dieciséis mil setecientos sesenta y uno (16.761) metros de los treinta y cuatro mil ochocientos setenta y seis (34.876) que componen la red de fibra, equivalentes al 48 por ciento del tendido. Los tramos que permanecen radiales corresponden a acometidas de punto y a ramales terminales, cuya protección exigiría tendido nuevo sin contrapartida proporcional en disponibilidad, por cuanto un corte sobre ellos afecta únicamente al punto o al grupo reducido de puntos que alimentan.

Figura 7.10.20a. Anillos de protección de la red de fibra óptica - Sistema CCTV Tocancipá


Tramo de cierre de anillo
Tramo con doble ruta (en anillo)
Tramo radial (ruta única)
Radioenlace
Nodo de empalme (mufla)
Punto de cámara
Centro de Control
AUTODROMO
ESTACION DE POLICIA
CEMENTERIO 2
SAN MIGUEL ENTRADA
JUANCHO POLA
TEXACO
DIECINEA

7.10.20.5. Agrupación en cadenas orientada al cierre

El aprovechamiento de los anillos exige que los extremos de las cadenas coincidan con los nodos de cierre. El plan de agrupación del numeral 7.10.18 se reconfigura en consecuencia, conservando la totalidad de sus criterios de diseño -máximo de ocho (8) sitios por cadena, dos (2) hilos por enlace, un (1) par de hilos por cadena en la troncal- y manteniendo el mismo número de cadenas, de modo que no se requieren puertos ópticos adicionales en el núcleo.

Tabla 7.10.20.5a. Arquitectura - Cadenas del numeral 7.10.18 y anillo lógico asignado a cada una

Cadena	Troncal	Sitios	Cám.	Caudal	Ocup.	Recorrido (m)	Anillo	Secuencia de puntos
C1	Bomberos	6	7	140 Mbps	14 %	5.262	AL-1	C30 → C29 → C26 → 51-52 LPR → C27 → C35
C2	Bomberos	3	3	60 Mbps	6 %	8.060	AL-2	C1 → C2 → C3

Cadena	Troncal	Sitios	Cám.	Caudal	Ocup.	Recorrido (m)	Anillo	Secuencia de puntos
C3	Bomberos	8	8	160 Mbps	16 %	5.738	AL-3	C15 → C16 → C13 → C17 → C12 → C38 → C20 → C14
C4	Bomberos	8	9	180 Mbps	18 %	7.948	AL-4	C11 → C10 → C19 → C18 → C22 → C23 → C21 → C57-58 LPR
C5	Bomberos	5	6	120 Mbps	12 %	5.120	AL-5	C40 → C9 → C53-54LPR LA → C47 ESCUELA → C8

Cadena	Troncal	Sitios	Cám.	Caudal	Ocup.	Recorrido (m)	Anillo	Secuencia de puntos
C6	Bomberos	2	2	40 Mbps	4 %	3.392	AL-5	C5 → C6
C7	Bomberos	6	7	140 Mbps	14 %	11.209	AL-1	C49 TRES → C39 → C37 → C45 LA → C36 → C59-60 LPR
C8	Bomberos	1	1	20 Mbps	2 %	3.019	AL-2	C7
C9	Milan	6	6	120 Mbps	12 %	2.613	AL-3	C31 → C41 MILAN → C48 OLÍMPICA → C32 → C33 → C34

Cadena	Troncal	Sitios	Cám.	Caudal	Ocup.	Recorrido (m)	Anillo	Secuencia de puntos
C10	Milan	6	7	140 Mbps	14 %	5.465	AL-4	C43 GLORIETA → C44 PARQUE → C42 ENTRADA → C28 → C55-56 LPR → C25

Se conservan diez (10) cadenas que agrupan cincuenta y uno (51) sitios y cincuenta y seis (56) cámaras sobre fibra. La ocupación máxima de un enlace de cadena es del 18 por ciento de su capacidad de 1 Gbps, de modo que se preserva el margen de dimensionamiento del numeral 7.10.4.

7.10.20.6. Anillos lógicos: emparejamiento de cadenas

La diversidad física de trayecto no produce por sí sola continuidad de servicio: es condición necesaria pero no suficiente. Para que la red aproveche el anillo debe existir, sobre la infraestructura activa, un camino lógico alterno y un mecanismo que lo habilite automáticamente ante la pérdida del camino principal.

El esquema adoptado consiste en emparejar las cadenas de dos en dos: el segundo puerto óptico del último switch de una cadena se enlaza con el segundo puerto óptico del último switch de la cadena asociada, a través del tramo de cierre

correspondiente. El conjunto resultante constituye un lazo cerrado cuyos dos extremos se encuentran anclados en el switch de núcleo, uno por cada cadena.

La ventaja determinante de este esquema es que no consume puertos ópticos adicionales en el núcleo: las dos cadenas emparejadas ya disponían, cada una, de su puerto de acometida. El cierre se materializa exclusivamente con los puertos SFP libres de los switches terminales de campo y con un par de hilos sobre la ruta de cierre.

Tabla 7.10.20.6a. Protección - Anillos lógicos conformados por emparejamiento de cadenas

Anillo lóg.	Cadena A	Cadena B	Sobre	Extremo A	Extremo B	Ruta de cierre (m)	Muflas	Pérdida	Cruza troncal
AL-1	C1	C7	AN-3	C35	C59-60 LPR LA FUENTE (2 UNDS)	8.266	10	7.49 dB	No
AL-2	C2	C8	AN-3	C3	C7	7.429	13	7.50 dB	No
AL-3	C3	C9	AN-1	C14	C34	8.411	11	7.64 dB	Sí
AL-4	C4	C10	AN-1	C57-58 LPR SALIDA HOSPITAL (2 UNDS)	C25	6.021	9	6.61 dB	Sí
AL-5	C5	C6	AN-2	C8	C6	2.681	5	5.04 dB	No

Convención: fondo verde, anillo cuyas dos cadenas parten de troncales distintas y que por tanto protege ante corte de troncal; fondo ámbar, anillo de distribución, que protege ante cortes internos del ramal.

De los cinco (5) anillos lógicos conformados, dos (2) enlazan cadenas alimentadas por troncales distintas -los anillos AL-3 y AL-4-, y son en consecuencia los que confieren protección ante el corte de una troncal. Los tres (3) restantes protegen ante cortes producidos en el interior de los ramales de distribución.

7.10.20.7. Protocolo de protección

Sobre cada lazo cerrado opera el protocolo de árbol de expansión rápido (RSTP, IEEE 802.1w): el núcleo elige uno de los dos extremos como camino activo y mantiene el otro en estado de bloqueo, de modo que no se forma bucle de conmutación. Ante la pérdida del camino activo -sea por corte de fibra, por falla de un transceptor o por caída de un switch intermedio-, el protocolo detecta la condición y habilita el extremo bloqueado, restableciendo el servicio de los puntos que quedaron aislados por el lado contrario del corte.

Los equipos sugeridos ofrecen protocolos de protección de anillo de convergencia sub-segundo: el switch industrial de gabinete implementa ERPS (ITU-T G.8032) y el switch de núcleo implementa RRPP. Ambos son propietarios en su implementación de anillo y no resultan interoperables entre sí, por lo que ninguno puede gobernar un lazo que involucre simultáneamente equipos de campo y de núcleo.

Se adopta en consecuencia RSTP, que es el denominador común soportado por ambas plataformas y, además, el protocolo de redundancia expresamente exigido en el anexo técnico del contrato. Su tiempo de convergencia, del orden de uno (1) a tres (3) segundos en topologías del tamaño de la aquí diseñada, resulta compatible con el servicio de videovigilancia, en el cual la grabación se ejecuta tanto en el punto como en el centro de datos, de modo que una interrupción de esa magnitud no compromete la integridad del registro.

Tabla 7.10.20.7a. Configuración - Parámetros de configuración del esquema de protección

Parámetro	Definición adoptada
Protocolo	RSTP - IEEE 802.1w (Rapid Spanning Tree Protocol)
Puente raíz	Switch de núcleo del Centro de Control, con prioridad 4096
Prioridad de los switches de campo	32768 (valor por defecto), de modo que ninguno pueda asumir la raíz
Puerto bloqueado por anillo	El de mayor costo de trayecto hacia la raíz, determinado por el protocolo
Costo de puerto	Por defecto según IEEE 802.1w para enlaces de 1 Gbps (20.000)
Protección de borde	Puertos de cámara configurados como edge port con BPDU guard
Diámetro de la red	Máximo de ocho (8) saltos de conmutación por cadena
Tiempo de convergencia esperado	Inferior a tres (3) segundos

7.10.20.8. Verificación de capacidad de hilos tras el cierre

Cada anillo lógico consume un par de hilos adicional a lo largo de su ruta de cierre. Procede en consecuencia verificar que la ocupación resultante no exceda la capacidad de veinticuatro (24) hilos del tendido:

Tabla 7.10.20.8a. Verificación - Ocupación de hilos en los tramos de mayor carga

Origen	Destino	Nivel	Long. (m)	Hilos activos	Capac.	Reserva	% reserva
BOMBEROS	ARA	TRONCAL	1.125	16	24	8	33 %
Centro de Control	BOMBEROS	TRONCAL	457	16	24	8	33 %
LOS TILOS	CEMENTERIO	DISTRIBUCIÓN	384	14	24	10	42 %
CEMENTERIO 2	ARA	DISTRIBUCIÓN	224	14	24	10	42 %
MEGA BIBLIOTECA	LOS TILOS	DISTRIBUCIÓN	190	14	24	10	42 %
CEMENTERIO	CEMENTERIO 2	DISTRIBUCIÓN	105	14	24	10	42 %
CONCREBLOCK	BOMBEROS	TRONCAL	1.030	12	24	12	50 %
TEXACO	CONCREBLOCK	TRONCAL	604	12	24	12	50 %
DIVINO NIÑO	ARA	TRONCAL	296	10	24	14	58 %
DIVINO NIÑO	HOSPITAL	DISTRIBUCIÓN	272	10	24	14	58 %
HOSPITAL	LPR HOSPITAL	DISTRIBUCIÓN	174	10	24	14	58 %
ESTACION DE POLICIA	MEGA BIBLIOTECA	DISTRIBUCIÓN	132	10	24	14	58 %
LPR HOSPITAL	C57-58 LPR SALIDA HOSPITAL (2 UNDS)	ACOMETIDA	7	10	24	14	58 %
AUTOLAVADO	ESTACION DE POLICIA	DISTRIBUCIÓN	383	8	24	16	67 %

La ocupación máxima registrada en la totalidad del trazado tras el cierre es de dieciséis (16) hilos sobre los veinticuatro (24) disponibles, cifra idéntica a la del diseño en árbol del numeral 7.10.18. El emparejamiento de cadenas no incrementa la ocupación de las troncales, por cuanto la ruta de cierre discurre por los ramales de distribución y por los tramos de cierre, y no por los tramos troncales de salida del Centro de Control. El tendido conserva por tanto reserva en todos sus tramos y el cierre de anillos no exige ampliación alguna de la capacidad del cable proyectado.

7.10.20.9. Presupuesto óptico de las rutas de cierre

En condición de falla, la ruta de cierre pasa a ser el camino activo de los puntos afectados, por lo que debe verificarse contra el mismo presupuesto óptico del numeral 7.10.16: 0,35 dB/km de atenuación, 0,10 dB por fusión, 0,30 dB por conector y 3,00 dB de margen de operación.

Tabla 7.10.20.9a. Verificación - Presupuesto óptico de las rutas de cierre

Anillo lóg.	Extremo A	Extremo B	Long. (m)	Fusiones	Atenuación (dB)	Empalmes (dB)	Pérdida total
AL-1	C35	C59-60 LPR LA FUENTE (2 UNDS)	8.266	10	2.89	1.00	7.49 dB
AL-2	C3	C7	7.429	13	2.60	1.30	7.50 dB
AL-3	C14	C34	8.411	11	2.94	1.10	7.64 dB
AL-4	C57-58 LPR SALIDA HOSPITAL (2 UNDS)	C25	6.021	9	2.11	0.90	6.61 dB
AL-5	C8	C6	2.681	5	0.94	0.50	5.04 dB

La ruta de cierre más exigente corresponde al anillo AL-3, con ocho mil cuatrocientos once (8.411) metros de recorrido y una pérdida total estimada de 7.64

dB. Este valor se mantiene dentro de la capacidad de los transceptores ópticos especificados, cuyo alcance nominal es de veinte (20) kilómetros, y conserva margen suficiente frente a la sensibilidad del receptor.

7.10.20.10. Análisis de modos de falla

Para dimensionar el beneficio efectivo del cierre se simula el corte individual de cada tramo de la red y se contabilizan los puntos de cámara que pierden conectividad con el Centro de Control, comparando el comportamiento del diseño en árbol con el del diseño en anillo:

Tabla 7.10.20.10a. Disponibilidad - Puntos afectados por corte de tramo, antes y después del cierre

Tramo cortado - origen	Destino	Long. (m)	Puntos fuera (árbol)	Puntos fuera (anillo)	Reducción
Centro de Control	BOMBEROS	457	39	23	−16
BOMBEROS	ARA	1.125	30	23	−7
CEMENTERIO 2	ARA	224	27	10	−17
LOS TILOS	CEMENTERIO	384	25	13	−12
MEGA BIBLIOTECA	LOS TILOS	190	22	11	−11
ESTACION DE POLICIA	MEGA BIBLIOTECA	132	14	3	−11
MILAN	Centro de Control	785	12	0	−12
AUTOLAVADO	ESTACION DE POLICIA	383	12	6	−6
LOS TILOS	C17	149	10	2	−8

Tramo cortado - origen	Destino	Long. (m)	Puntos fuera (árbol)	Puntos fuera (anillo)	Reducción
TORRES DE SAN JUAN	MILAN	306	9	0	−9
DIVINO NIÑO	ARA	296	9	7	−2
MEGA BIBLIOTECA	C38	225	9	7	−2
CONCREBLOCK	BOMBEROS	1.030	8	7	−1
CEMENTERIO 2	C15	239	8	1	−7
TEXACO	CONCREBLOCK	604	7	6	−1
C16	CEMENTERIO	170	7	1	−6
AUTOLAVADO	C10	169	7	1	−6
LOS PATOS	TRES ESQUINAS PORVENIR	3.580	6	6	-

Convención: fondo verde, corte plenamente cubierto por la protección; fondo ámbar, corte parcialmente cubierto; fondo rojo, corte sin cobertura, correspondiente a tramos radiales.

Tabla 7.10.20.10b. Disponibilidad - Indicadores consolidados de disponibilidad

Indicador	Diseño en árbol	Diseño con anillos	Mejora
Peor caso: puntos fuera de servicio ante el corte de un (1) tramo	39 de 51	23 de 51	−16 puntos (41 %)
Exposición acumulada: suma de puntos afectados sobre todos los cortes simulados	362	178	−51 %
Corte de la troncal hacia la Mufla Milán	12 puntos	0 puntos	Cobertura total
Corte de la troncal hacia la Mufla Bomberos	39 puntos	23 puntos	Cobertura parcial

El peor caso del diseño en árbol corresponde a la pérdida de treinta y nueve (39) puntos de cámara ante el corte de un solo tramo. Con el cierre de anillos, el peor caso se reduce a veintitrés (23) puntos, y la exposición acumulada sobre el conjunto de cortes simulados disminuye en un 51 por ciento. El corte de la troncal hacia la Mufla Milán queda plenamente cubierto; el de la troncal hacia la Mufla Bomberos -que concentra la mayor carga de la red- queda cubierto en la proporción que permite el número de cadenas emparejables a través del anillo troncal.

Nota: la extensión de la cobertura al total de los puntos alimentados por la troncal hacia la Mufla Bomberos exigiría puertos ópticos adicionales en el switch de núcleo, a razón de dos (2) por cada cadena adicional que se desee emparejar a través del anillo troncal. Se relaciona como alternativa de optimización, sin que su omisión afecte el cumplimiento de los parámetros contractuales.

7.10.20.11. Cantidades derivadas del cierre

Tabla 7.10.20.11a. Cantidades - Elementos requeridos por el cierre de anillos

Elemento	Unidad	Cantidad	Criterio de cálculo
Cable de fibra óptica en tramos de cierre	m	4.314	3.995 m medidos en los cuatro tramos de cierre, más 8 % de holgura de instalación
Nodo de empalme adicional (Mufla Dulcinea)	und	1	Nodo de tránsito del cierre entre la Mufla Autódromo y la Mufla Texaco
Módulo óptico SFP en el switch de núcleo	und	0	El emparejamiento de cadenas no consume puertos adicionales en el núcleo
Módulo óptico SFP en switches terminales de campo	und	10	Dos por anillo lógico, en el segundo puerto SFP de cada switch terminal
Fusiones adicionales de paso y derivación	und	88	Hilos de las rutas de cierre que transitan nodos de empalme, según el Anexo de Plan de Empalmes
Pigtail óptico LC en switches terminales	und	20	Cuatro por anillo lógico: dos hilos en cada uno de los dos switches terminales
Reserva técnica de cable en nodos de cierre	m	80	20 m por nodo intervenido en los tramos de cierre

Las cantidades consolidadas de la red, ya incorporados los tramos de cierre y las fusiones que de ellos se derivan, se relacionan en el numeral 7.10.21. Las cifras allí consignadas son las definitivas del diseño y no requieren ajuste posterior por efecto del cierre.

7.10.20.12. Conclusión

La incorporación de cuatro (4) tramos de cierre, con tres mil novecientos noventa y cinco (3.995) metros de longitud conjunta, transforma la red de transporte de una topología de árbol puro en una topología mixta de árbol con tres (3) anillos de protección superpuestos, que cubren el 48 por ciento de la longitud del tendido. Uno de dichos anillos enlaza entre sí las dos troncales que parten del Centro de Control, de modo que el corte de una troncal deja de constituir una falla total del ramal afectado.

Sobre esa base física se conforman cinco (5) anillos lógicos mediante el emparejamiento de las diez (10) cadenas del diseño, esquema que no consume puertos ópticos adicionales en el switch de núcleo ni incrementa la ocupación de hilos en las troncales, que se mantiene en dieciséis (16) de veinticuatro (24).

El resultado es una reducción del peor caso de indisponibilidad de treinta y nueve (39) a veintitrés (23) puntos de cámara ante el corte de un solo tramo, y una disminución del 51 por ciento en la exposición acumulada de la red. El corte de la troncal hacia la Mufla Milán queda plenamente cubierto.

Se somete a consideración de la Supervisión y la Interventoría, en el entendido de que el cierre de anillos constituye una mejora de disponibilidad del servicio que no modifica las especificaciones de los elementos contratados, ni las cantidades de puntos de captura, ni el valor de los equipos activos previstos.

7.10.21. Consolidado de cantidades de la red de fibra óptica

Las cantidades se derivan de la medición geodésica del trazado sobre el levantamiento georreferenciado, aplicando un ocho por ciento (8 %) de holgura de

instalación por flechas, subidas a poste y radios de curvatura, más veinte (20) metros de reserva técnica en cada nodo de empalme.

Tabla 7.10.21a. Cantidades - Cable de fibra óptica por tipo

Nivel de red	Cable	Tramos	Medido (m)	Con holgura 8 % (m)
ACOMETIDA	12 hilos	54	9.108	9.837
CIERRE	12 hilos	4	3.995	4.314
DISTRIBUCIÓN	12 hilos	22	15.170	16.383
DISTRIBUCIÓN	24 hilos	4	903	975
TRONCAL	24 hilos	10	5.700	6.156
TOTAL	-	94	34.876	37.666

Tabla 7.10.21b. Cantidades - Elementos pasivos y accesorios

Elemento	Unidad	Cantidad	Criterio de cálculo
Cable de fibra óptica (total)	m	38.406	34.876 m medidos + 8 % de holgura de instalación + 740 m de reserva en nodos
Mufla de empalme	und	37	Una por nodo de empalme del trazado
Fusiones de paso y derivación	und	368	Una por cada hilo que transita o deriva en un nodo, según el plan de empalmes del numeral 7.10.19

Elemento	Unidad	Cantidad	Criterio de cálculo
Fusiones de terminación en punto	und	204	Cuatro por cada uno de los 51 sitios servidos por fibra: dos pares ópticos, de dos hilos cada uno
Total de fusiones de la red	und	572	Suma de las dos partidas anteriores
Pigtail óptico LC	und	224	Uno por hilo terminado: 204 en punto de cámara y 20 en la cabecera
Reserva técnica de cable	m	740	20 m por nodo de empalme
Módulo óptico SFP	und	112	Dos por enlace punto a punto (102) más dos por anillo lógico (10). No incluye repuestos
Herraje de retención helicoidal	und	Según replanteo	Nodos de empalme, cambios de dirección, cruces de vía y terminaciones
Herraje de suspensión helicoidal	und	Según replanteo	Postes de paso del recorrido
Marquilla de identificación	und	Según replanteo	Cada poste con presencia de cable, cada mufla y cada terminación

Nota: las cantidades de herrajes de retención y suspensión, así como las marquillas de identificación, se determinan durante el replanteo en campo, por depender del número y la separación real de los postes aprovechados en cada corredor.