



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS

MANUAL PARA PROYECTOS DE
SISTEMAS INTELIGENTES DE
TRANSPORTE [ITS] EN CARRETERAS

PRIMERA EDICIÓN

Este manual* también podrá consultarse en la página de la:

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Subsecretaría de Infraestructura

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán N° 1895

Col. Acacias

Delegación Benito Juárez

03240 México, D.F.

Derechos Reservados ®

Prohibida su reproducción para fines comerciales

Primera Edición 2016

* Versiones impresa y electrónica



Lic. Gerardo Ruiz Esparza
Secretario

Lic. Raúl Murrieta Cummings
Subsecretario de Infraestructura

Ing. Clemente Poon Hung
Director General de Servicios Técnicos

AGRADECIMIENTOS

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes agradece a:

Las dependencias públicas de orden federal, estatal y municipal, organismos públicos descentralizados, instituciones de educación superior públicas y privadas, cámaras y asociaciones de representación, así como a empresas privadas de desarrollo, integración, ingeniería, construcción y conservación de Sistemas Inteligentes de Transporte, quienes aportaron esfuerzo y conocimiento en el desarrollo de la documentación base para la elaboración de este manual de consulta.

ÍNDICE GENERAL

1. ANTECEDENTES	9
2. GUÍA BÁSICA	13
3. IDENTIFICACIÓN DE SUBSISTEMAS ITS DE CARRETERAS	21
3.1 INTRODUCCIÓN	21
3.2 IDENTIFICACIÓN DE SUBSISTEMAS	25
3.2.1 <i>Subsistema de Centro de Control y Operación</i>	25
3.2.2 <i>Subsistema de Energía</i>	29
3.2.3 <i>Subsistema de Infraestructura de Comunicaciones y Medios de Transmisión</i>	32
3.2.4 <i>Subsistema de Infraestructura de Televigilancia</i>	35
3.2.5 <i>Subsistema de Detección Automatizada de Incidentes</i>	38
3.2.6 <i>Subsistema de Control de Velocidad</i>	40
3.2.7 <i>Subsistema de Detección de Tránsito y Aforo Vehicular</i>	42
3.2.8 <i>Subsistema de Pesaje Dinámico</i>	44
3.2.9 <i>Subsistema de Control Dinámico de Gálibo y Dimensiones</i>	46
3.2.10 <i>Subsistema de Identificación Vehicular</i>	48
3.2.11 <i>Subsistema de Control e Información Meteorológica</i>	50
3.2.12 <i>Subsistema de Asistencia con Postes SOS</i>	52
3.2.13 <i>Subsistema de Señalización Dinámica / Señales de Mensaje Cambiable</i>	54
3.2.14 <i>Subsistema de Peaje y Telepeaje</i>	56
4. CONCEPTOS DE OPERACIONES Y ASPECTOS FUNCIONALES	67
4.1 BASES PARA LA PLANEACIÓN ITS	67
4.2 METODOLOGÍA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS	74
4.3 ESFERA DE SERVICIOS EN ITS	80
4.4 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE SUBSISTEMAS ITS	88
4.5 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO	92
5. DETERMINACIÓN FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS ITS	97
5.1 CENTRO DE CONTROL Y OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS ITS	97
5.2 ENERGÍA	102
5.2.1 <i>Requerimientos de energía</i>	103
5.2.2 <i>Disponibilidad de energía</i>	103
5.2.3 <i>Acondicionamiento</i>	104
5.2.4 <i>Supresión de picos</i>	105
5.2.5 <i>Sistema de energía de respaldo o in-interrumpible</i>	105
5.2.6 <i>Energía solar (fuentes fotovoltaicas)</i>	106
5.2.7 <i>Sistemas opcionales de respaldo (Planta)</i>	107
5.2.8 <i>Normativa</i>	107
5.3 TELECOMUNICACIONES	108
5.4 CÁMARAS DE CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN	115
5.5 SEÑALAMIENTO DE MENSAJE CAMBIABLE	125

5.6	PESAJE EN MOVIMIENTO O PESAJE DINÁMICO	135
5.7	DETECCIÓN DE CONDICIONES METEOROLÓGICAS ADVERSAS	142
5.8	CONTROL DE VELOCIDAD	151
5.9	DETECCIÓN AUTOMATIZADA DE INCIDENTES	156
5.10	DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR	165
5.11	CONTROL DINÁMICO DE DIMENSIONES	172
5.12	IDENTIFICACIÓN VEHICULAR	177
5.13	ASISTENCIA A USUARIO / POSTES SOS	186
5.14	TELEPEAJE	191
6.	ELEGIBILIDAD DE SUBSISTEMAS ITS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA	199
6.1	CLASIFICACIÓN DE TRAMOS CARRETEROS POR DENSIDAD Y TIPO DE FLUJO VEHICULAR	203
6.2	CLASIFICACIÓN DE TRAMOS CARRETEROS POR OROGRAFÍA	207
6.3	CLASIFICACIÓN DE TRAMOS CARRETEROS POR CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS	210
6.4	CLASIFICACIÓN DE TRAMOS CARRETEROS CONSIDERADOS CORREDOR LOGÍSTICO	211
6.5	LINEAMIENTOS POR TIPO DE CARRETERAS / GUÍAS PARA PROYECCIÓN	213
6.5.1	<i>Autopistas</i>	213
6.5.2	<i>Carreteras Federales</i>	217
6.5.3	<i>Carreteras Estatales</i>	221
6.5.4	<i>Carreteras que Incluyen Túneles</i>	224
7.	CONCEPTOS Y AGENTES DEL MERCADO ITS	241
7.1	CONCEPTO DE INTEROPERABILIDAD	241
7.1.1	<i>Interoperabilidad de Equipos en Carretera</i>	243
7.1.2	<i>Compartición de la Información</i>	244
7.2	AGENTES DEL MERCADO ITS EN EL PAÍS	246
7.2.1	<i>Ingenierías Especializadas en Tecnologías ITS</i>	246
7.2.2	<i>Desarrolladores de Tecnologías ITS</i>	248
7.2.3	<i>Empresas Integradoras de Tecnologías ITS</i>	250
7.2.4	<i>Otros Gestores y Operadores de Aplicaciones ITS</i>	253
7.3	ASPECTOS RELEVANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ITS EN INFRAESTRUCTURA CARRETERA	258
7.3.1	<i>Aspectos Tecnológicos</i>	258
7.3.2	<i>Aspectos Legales</i>	258
7.3.3	<i>Aspectos de Viabilidad</i>	260
7.3.4	<i>Ejemplos sobre la Aplicación de Tecnologías ITS</i>	260
8.	GLOSARIO DE TÉRMINOS	269



1. ANTECEDENTES

1. ANTECEDENTES

La realidad en la que convivimos se hace cada día más compleja, sobre todo en las décadas recientes, donde podemos observar que los cambios generacionales tienen una rotación cada vez mayor.

La ciencia indica que una forma de manejar el entorno de un sistema complejo, como lo es el sistema de transporte de una nación, es a través de la utilización de nuevas tecnologías, lo que implica diseñar e implantar equipos y dispositivos que contengan al menos una complejidad similar a la de su medio ambiente, ya que de otra manera sería impensable operarlos exitosamente.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte, conocidos mundialmente bajo el término ITS por sus siglas del inglés *Intelligent Transportation Systems*, tienen como objeto asistir a la operación del transporte en cualquiera de sus modalidades, basándose en tecnologías de última generación, lo que los convierte en una disciplina de constante evolución.

Hacia la década de los 70's del siglo XX, ya se comenzaba a intuir un conjunto de tecnologías aisladas, que al integrarse en torno a la operación del transporte y aplicados a grandes ciudades como Chicago, Tokio o Toronto, se obtenían sinergias que permitían analizar los fenómenos de la problemática cotidiana de forma total y no parcialmente como tradicionalmente se hacía, logrando por primera vez, adelantarse a ésta con menores costos de operación.

Actualmente, en el desarrollo de vías de transporte, se presenta una creciente demanda por la utilización de ITS en la infraestructura carretera, por ser herramientas de probada eficiencia en el control y seguridad de su operación, no obstante, es necesario regular y orientar los desarrollos en esta línea, homologando los criterios para su implementación, estableciendo las condiciones de mejor aprovechamiento, además de garantizar el cumplimiento de lineamientos y normas desarrollados en el área.

Es necesario un mejor y más oportuno manejo, en tiempo real, de la información a los usuarios, permitiéndoles tomar mejores decisiones, aumentar su seguridad, la velocidad de su recorrido y un mayor confort en su

trayecto. Esta mejora en la calidad de información representa también para el operador de carreteras, una gestión con mayor eficiencia y productividad.

El presente manual utiliza una metodología de enfoque de sistemas para la elaboración de desarrollos carreteros que involucre la inclusión de ITS, ya sea partiendo de cero o que se encuentren en algún proceso de modernización, con el fin de poder identificar correctamente la problemática y las necesidades prioritarias existentes, además de observar los documentos oficiales que en materia de planeación estratégica y del tema particular de ITS se han elaborado con anterioridad.

Los alcances de este manual están orientados tanto a la difusión como a la homologación de los criterios, propios de la dependencia y comunes al sector en materia de ITS. Por medio de dichos elementos se busca lograr el establecimiento de Sistemas Inteligentes de Transporte de una manera eficiente, buscando beneficiar a los proyectos construcción y modernización de la Red Nacional de Carreteras.

De la correcta implementación de ITS en carreteras, se pueden homologar los elementos que proporcionen seguridad, información, control y eficiencia en la prestación de servicios para el usuario, elevando el capital social en conjunto la red nacional carretera, como bienes nacionales de capital duradero.



2. GUÍA BÁSICA PARA EL USO DEL MANUAL

2. GUÍA BÁSICA

QUÉ SON LOS ITS:

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), por sus siglas en inglés, *Intelligent Transportation Systems*, consisten en la aplicación de tecnologías de la información y telecomunicaciones en las diversas modalidades de transporte, para mejorar tanto como los servicios así como la operación y seguridad en los mismos. La aplicación de los ITS en ámbitos como la gestión del tránsito, manejo de emergencias, información a los usuarios, seguridad y operación en la infraestructura carretera es el tema que atañe al presente documento.

INFORMACIÓN BÁSICA OBTENIDA POR MEDIO DE LOS ITS EN LAS CARRETERAS:

- Imágenes de las condiciones físicas de la carretera.
- El clima en la carretera: Registros de variaciones en las condiciones climáticas.
- Registro de identificación de placa en los vehículos.
- Medición de peso de los vehículos que transitan.
- Medición de dimensiones de las unidades en circulación.
- Registro de cruce por punto específico.
- Registro de velocidad.
- Registro de flujo vehicular en tramos y plazas de cobro.
- Registro de transacciones económicas en plazas de cobro.
- Registro de tiempo de espera para operaciones en plazas de cobro.
- Imágenes de incidentes en la operación cotidiana.
- Alarmas por identificación de riesgos o eventos en operación.
- Mensajes vía señales de mensaje cambiable para los usuarios.
- Acceso a comunicación telefónica en áreas remotas para los usuarios.

FUNCIÓN DE LOS ITS:

Generar información para toma de decisiones relacionadas con la operación de infraestructura carretera para cada modo de transporte, destacando las siguientes:

- Conservación de la infraestructura.
- Información a los usuarios.
- Otorgar seguridad a viajeros, transportistas, carga y vehículos.
- Atender la demanda de infraestructura de calidad para cada ruta.
- Garantizar la logística planeada.
- Regular el tránsito de viajeros y transportistas.
- Dar solución a los incidentes en la ruta.
- Promover el desarrollo económico.
- Proteger el medio ambiente.

UTILIZACIÓN DE LOS ITS EN DIVERSOS PAÍSES:

En Estados Unidos, Canadá, Japón, Alemania, y Reino Unido entre otros, se ha enfocado la operación de la red de transporte con ayuda de los ITS durante los últimos 20 años. En el caso de Estados Unidos, su primer plan estratégico con relación a los ITS fue publicado en 1992. Asimismo en otros países como Canadá, Alemania y España se comenzaron a realizar avances en materia ITS, en especial con la elaboración de planes para la infraestructura del transporte y la gestión de tráfico por medio del uso de la tecnología.

El común denominador en los planes de ITS en diversos países es el logro de objetivos como la movilidad, competitividad y seguridad. Asimismo los planes para el desarrollo de ITS contemplan la implementación paulatina de este tipo de sistemas, con miras en el largo plazo y realizando actualizaciones a lo largo del periodo especificado en el plan, el cual usualmente es de 15 a 20 años.

Los esfuerzos ITS en estos países han sido guiados principalmente por un organismo gubernamental apoyado por otras instancias relacionadas con la tecnología y el transporte, así como por asociaciones especializadas.

El estudio de la implementación de los sistemas ITS en los países pioneros en su uso ha sido útil principalmente para aplicar las mejores prácticas desarrolladas a lo largo de los años, así como para analizar los proyectos y subsistemas que podrían resultar de mayor utilidad.

PERSPECTIVA EN MÉXICO PARA LOS ITS:

Se busca incrementar la utilización de los ITS de modo que su implementación y explotación sea más eficaz, comenzando por los principales corredores carreteros, donde su instalación y uso permita coadyuvar al logro de las metas de modernización. También es factible llevar a cabo proyectos en ámbitos regionales y locales, que incluyan ITS y que presenten beneficios y proporcionen experiencias útiles en la implementación de este tipo de sistemas.

En el caso de México, se inició de forma intuitiva, con las cámaras de video y el telepeaje. Hasta 2006 se desarrolló la Arquitectura Nacional ITS para México. Recientemente se han realizado diversos proyectos en el ámbito carretero, los cuales consideran a los ITS como parte fundamental para la operación: la autopista Salamanca-León, la autopista Durango – Mazatlán, así como la modernización de algunos de los corredores carreteros de la red del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) y red privada concesionada.

PROPÓSITO DE ESTE MANUAL DE ITS:

Proporcionar una guía para el conocimiento y debida integración de proyectos de sistemas inteligentes de transporte a las personas relacionadas con el tema, de manera específica, a quienes trabajan en temas de infraestructura carretera y transporte en el País.

Este manual a través de un lenguaje simple y un formato breve, da a conocer los conceptos más relevantes contenidos en la Arquitectura ITS y Plan Nacional ITS para México, documentos clave para el desarrollo de este tipo de sistemas, los cuales fueron realizados por el encargo y bajo la supervisión de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. El manual ofrece una visión general acerca de los sistemas más utilizados, para que el consultante tenga elementos para tomar decisiones respecto a qué pasos realizar ante la responsabilidad de emprender un proyecto carretero que incluya tecnologías ITS en su construcción o modernización.

ACOTACIONES AL MANUAL:

Este Manual ha sido desarrollado dentro de las atribuciones de la Dirección General de Servicios Técnicos y está enfocado a su aplicación en la Red Nacional Carretera, así como a sus principales necesidades de asistencia tecnológica. Se sugiere utilizar este manual como un documento introductorio al abordar un proyecto carretero que incluya tecnología en su proceso constructivo o de modernización. En caso de requerir información adicional, dirigirse a los diversos documentos de consulta elaborados por la dependencia, como lo son la Arquitectura ITS Nacional, Plan Estratégico ITS Nacional, Lineamientos Específicos y Normativa vigente en la materia.

CONTENIDO DEL MANUAL:

- Identificación de Subsistemas: Breve descripción básica de los Subsistemas ITS más comunes para un proyecto carretero.
- Conceptos de Operaciones y Aspectos Funcionales: Elementos de planeación, de acuerdo a lo estipulado en la Arquitectura y Plan Estratégico ITS, que actúan como base en el proceso de su implementación. Se tratan puntos como la Metodología de Ingeniería de Sistemas para su Implementación, Costo-Beneficio y evaluación de desempeño.
- Característica Funcional de los Sistemas ITS: Descripción de cada uno de los sistemas que pueden ser implementados. Para cada caso, se hace referencia a los puntos más relevantes de cada subsistema en cuanto a elementos físicos que lo conforman, sus funciones,

especificaciones, disposición física, instalación, software, protecciones, relación con subsistema de energía y comunicación, variables para operar, reportes, análisis de la información, toma de decisiones, colaboración con externos y normas relevantes.

- Elegibilidad de Subsistemas en Función del tipo de Carretera: Clasificación de los tramos carreteros, características y equipamiento sugerido en cada caso para la implementación de ITS en un proyecto carretero.
- Prácticas Recomendables: Conceptos relevantes, sugerencias y experiencias útiles para la implementación de proyectos ITS en carreteras.



3. IDENTIFICACIÓN DE SUBSISTEMAS ITS

3. IDENTIFICACIÓN DE SUBSISTEMAS ITS DE CARRETERAS

3.1 INTRODUCCIÓN

La gran demanda de los usuarios y de las actividades económicas y productivas por medios carreteros, distribución, logística y sistemas de transporte público en las que se puedan transportar tanto personas como carga, de manera segura, eficiente, confiable y confortable, ha propiciado la necesidad de realizar grandes inversiones en la infraestructura carretera. Las inversiones en infraestructura se caracterizan por ser intensivas en capital, por lo cual cualquier cambio, ampliación o mejora de infraestructura que se realice implica altos costos de inversión.

Asimismo, el espacio es un recurso limitado, situación que se presenta como una condición constante principalmente en las ciudades, pero también en la infraestructura carretera. Esta condición, en la mayoría de las ocasiones implica fuertes inversiones cuando el propósito es realizar infraestructura nueva.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) son un gran apoyo para los sistemas de transporte en todos los ámbitos, su uso a nivel internacional se ha extendido rápidamente a fin de apoyar el crecimiento y competitividad de los países. El conjunto de tecnologías ITS busca lograr una mejor gestión entre la infraestructura y la operación de cada uno de los modos de transporte existentes en el país. Se busca reducir la congestión vial, intercambiar información y responder a incidentes con oportunidad. También se busca lograr viajes más seguros y convenientes para las personas, así como mayor eficiencia en el transporte de carga.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha incluido a los Sistemas Inteligentes de Transporte dentro de la Red Nacional de Carreteras, como puede constatarse en diversos capítulos del Plan Nacional de Desarrollo 2013–2018. Actualmente, la plataforma de carreteras experimenta una tecnificación acelerada, en virtud de la modernización que se requiere. En esta labor de automatización de procesos de control y operación sin precedentes tanto en esfuerzos como en recursos destinados a estos objetivos, los Sistemas Inteligentes de Transporte juegan uno de los papeles más importantes, con equipamientos de soporte a la operación y a la seguridad carretera que han demostrado su efectividad y otorgado beneficios a nivel internacional.

Una parte fundamental para el éxito de cualquier proyecto, y en este caso en específico, para la implementación de los Sistemas Inteligentes de Transporte, es definir desde el principio las bases sobre las cuales se construirá, puesto que después de que se comienzan a realizar avances de manera aislada, es difícil pretender sentar fundamentos en común. Esta afirmación se basa en las diversas experiencias y lecciones aprendidas que se han tenido en el desarrollo e implementación de sistemas alrededor del mundo en los últimos años. La experiencia establece como una de las mejores prácticas la necesidad de desarrollar un Programa ITS a nivel nacional, ya que al seguir dicho programa se tienen mayores posibilidades de obtener éxitos en cada uno de los proyectos individuales que se promuevan posteriormente.

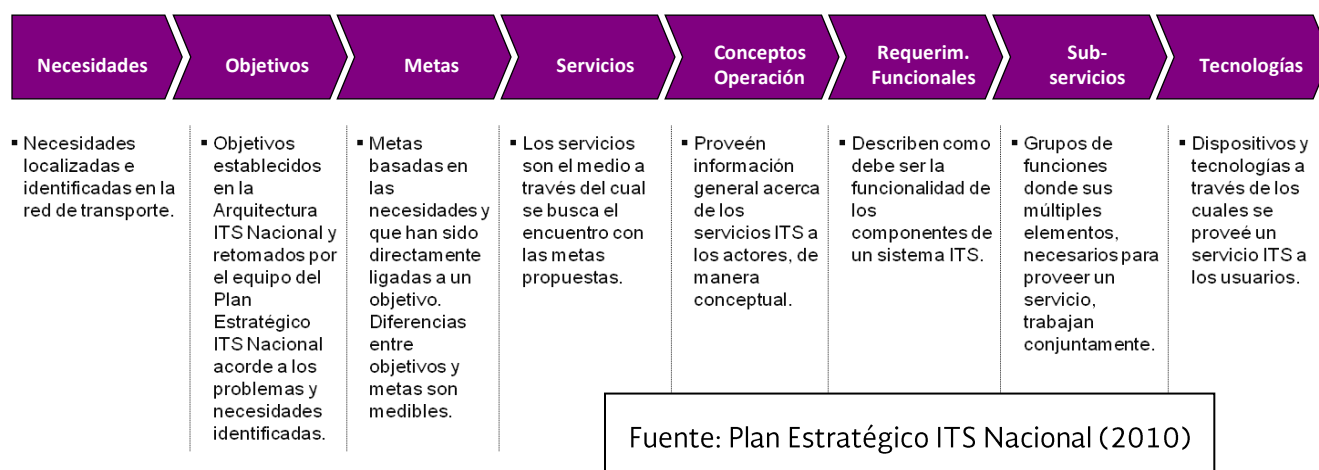
La Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha comenzado a formar las bases necesarias, por medio de la creación de marcos normativos y técnicos, así como acuerdos y otros esfuerzos de planeación para los Sistemas Inteligentes de Transporte. Sin embargo, debido a la acelerada dinámica con la que surgen requerimientos a los que se debe de dar una solución en el corto plazo es necesario contar con una forma práctica que, recopilando los esfuerzos y estudios realizados en materia de Sistemas Inteligentes de Transporte, tanto en el sector como en el resto de las dependencias involucradas en este proceso, brinde una solución clara e incluyente para su consulta en la elaboración de proyectos que involucren a ITS.

A lo largo de este documento, se identificarán las tecnologías probadas y avaladas para los ámbitos de operación más relevantes en cuanto a los Sistemas Inteligentes de Transporte, tomando en cuenta las especificaciones y protocolos propuestos en los ámbitos nacionales e internacionales para el equipamiento ITS en infraestructura carretera, tanto los que han sido ya suscritos por las diversas dependencias de Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) como de otros sectores, así como las tendencias mundiales en experiencias precedentes y los avances destacados en las generaciones tecnológicas más recientes, actualizando el conocimiento general con los beneficios funcionales específicos que conlleva esta acción.

Los Subsistemas ITS desarrollados para su aplicación en la Red Nacional Carretera contemplan diversos entornos de operación, todos ellos trabajando como un solo elemento, pero con funcionalidades diversas y aplicaciones multidisciplinarias.

Las tecnologías asociadas a los ITS alcanzan una amplia gama de aplicaciones y de la correcta selección de equipos y sistemas de medición, telecomunicaciones, actuadores, dispositivos, elementos de control y software aplicado, dependerá el grado de eficiencia y éxito en el control, seguridad, información y confort brindados al usuario de la Red Nacional Carretera en los emprendimientos de tecnología previstos.

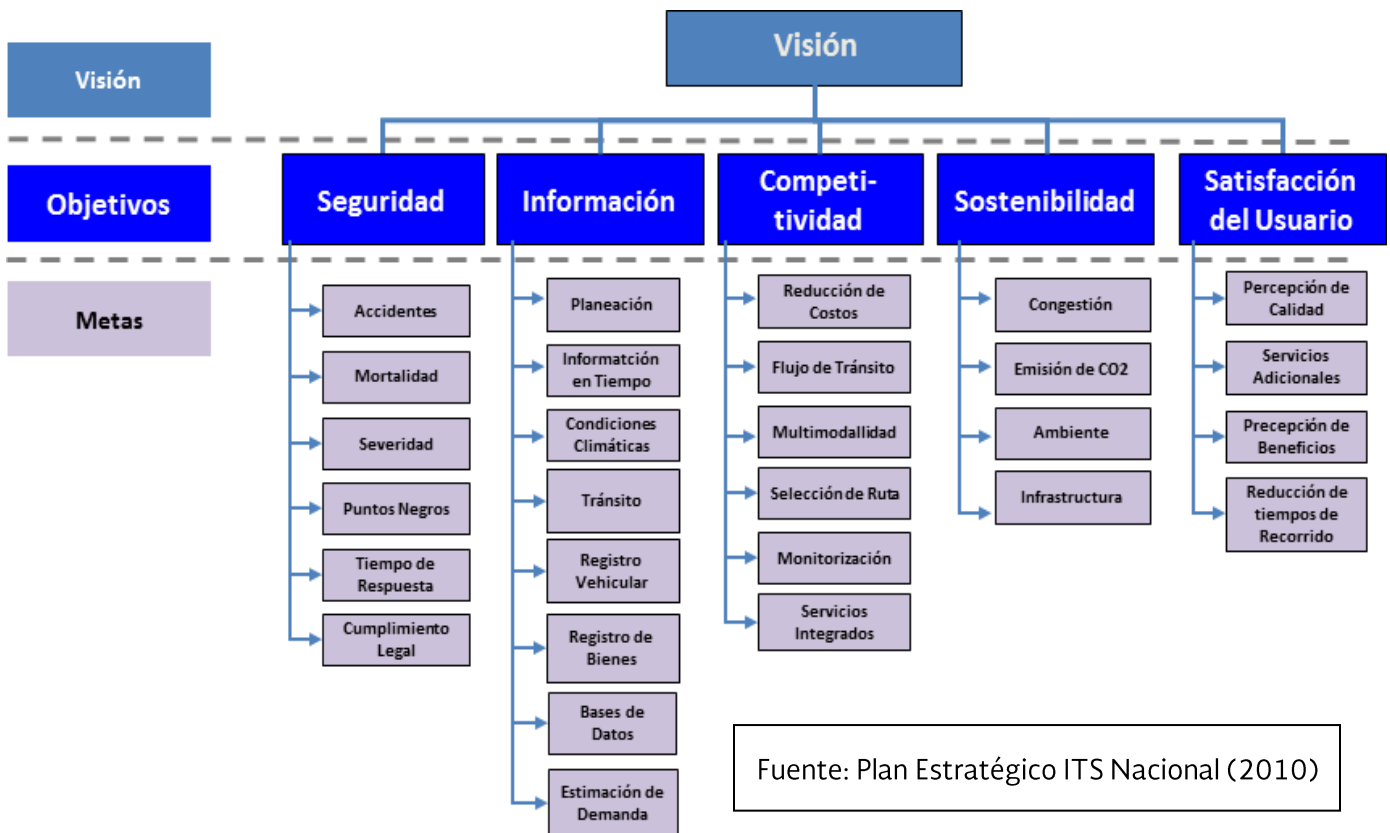
El análisis de los subsistemas parte originalmente de conceptos que emergen del Plan Estratégico ITS Nacional, elaborado por la SCT en años anteriores y que define de manera concisa la implementación de ITS con base en las necesidades, objetivos, metas específicas, servicios requeridos, conceptos operacionales, requisitos funcionales, prestación de sub-servicios y finalmente, la elección de tecnologías designadas al soporte de todos los conceptos anteriores.



Las necesidades establecidas definirán los subsistemas requeridos y motivo de análisis para la implementación, bajo criterios emanados de la observación de la operación y definición de prioridades, entra la cuales se encuentran:

- El costo-país en cifras de siniestralidad y accidentalidad en carreteras.
- Orografía y sinuosidad de las vías en la Red Nacional Carretera.
- Meteorología y condiciones climáticas variables en las zonas de tránsito para las carreteras.
- Verificación de la correcta circulación de vehículos controlados en peso, dimensión y características propias.
- Demanda de tránsito y análisis de características de vehículos recurrentes en un tramo carretero.

- Información dinámica de las condiciones de tránsito para el usuario de las carreteras y tiempos de recorrido.
- Información permanente de eventualidades en la carretera que prevengan al usuario de incidentes.
- Protocolos de actuación respecto a la presencia de incidentes en el tramo carretero de injerencia.
- Compartición de la información del tramo con el resto de los agentes involucrados en el proceso.
- Alta eficiencia en el cobro de servicios de peaje, en su caso, evitando retrasos en tiempos de recorrido.
- Apoyo y asistencia al usuario.



3.2 IDENTIFICACIÓN DE SUBSISTEMAS

3.2.1 Subsistema de Centro de Control y Operación



F-01 Edificio Centro de Control y Operación Carretera Guadalajara - Colima

Descripción del Subsistema:

El Centro de Control y Operación (CCO), a través de un sistema de gestión centralizada, adquiere los datos proporcionados por los equipos y sensores de la carretera, procesa la información y genera órdenes adecuadas según las prácticas de la explotación para transmitir las a los elementos de campo.

En el CCO reside la aplicación de control, junto con las lógicas de actuación, de todos los dispositivos de campo. El Centro deberá estar operativo 24 horas durante los 365 días del año.



F-02 Interior de un Centro de Control y Operación

Un Sistema de Gestión Centralizada posibilita cumplir los siguientes objetivos:

- Control remoto desde los Centros de Control de todas las instalaciones de la carretera, tanto de túneles como de tramos a cielo abierto (gestión del tránsito, CCTV/DAI, sistemas de comunicaciones).
- Garantizar un funcionamiento correcto de todo el conjunto, incluso en situaciones con capacidad disminuida o con presencia de fallos.
- Capacidad para detección de las emergencias y actuar sobre los distintos sistemas.

El diseño de las redes de comunicación para el control de equipos se realizará en base a topologías y protocolos estándar que aseguren robustez, fiabilidad, flexibilidad y modularidad.

Para el diseño del Centro de Control se considera:

Red de comunicaciones. Tanto la red local de voz/datos que permite la comunicación con dependencias y con redes públicas de los operadores, como la conexión con la red troncal de comunicaciones de la carretera que da servicio al equipamiento de campo.

- Sala de control: Espacio donde se sitúan los puestos de gestión y visualización. En ella los operadores realizan tanto el monitoreo del tránsito, como las labores de explotación.
- Sala de sistemas: Espacio donde se encuentra el equipamiento hardware y software que permite las gestiones anteriores.

Para el equipamiento del Centro de Control se considera lo siguiente:

- Hardware: Arquitectura de alto rendimiento para todo el equipamiento.
- Bases de datos: Relacionales y escalables.
- Interfaz gráfica: Con potencia para que los operadores resuelvan de una manera sencilla el control de los sistemas y equipamiento englobado en la carretera.
- Gestión de vídeo: Aplicación para la visualización de las cámaras de toda la carretera en tiempo real y las grabaciones almacenadas.
- Gestión centralizada: Aplicación para todo el equipamiento, a través de la cual los operadores supervisan las operaciones sobre la carretera.
- Centro de respaldo: En caso de su existencia, interconexión e intercambio de datos entre ambos Centros de Control, de manera que se comparta información y ante la caída de uno, otro pueda asumir al menos la gestión del equipamiento básico en tiempo real, con las menores pérdidas posibles de información y prestaciones funcionales.

Aplicaciones adicionales:

En el Centro de Control, además de la aplicación de operación centralizada, se pueden desarrollar otras aplicaciones:

- Mantenimiento y explotación de los recursos: facilitar estas actividades de los operadores.
- Interoperabilidad: hacerla posible entre Centros de Control.
- Información a los usuarios: difundirla en tiempo real (estado de la carretera, incidentes, rutas alternativas, pronóstico de tránsito y recomendaciones).

Para la gestión del equipamiento, se pueden considerar, para el caso de operaciones avanzadas:

- Desarrollo de plataforma Web, para informar a los usuarios.
- Gestión de incidentes: aplicación en tiempo real.
- Gestión del tránsito: aplicación de ayuda a la operación en tiempo real.
- Administración del mantenimiento de las instalaciones: aplicación de ayuda para la planeación.
- Interoperabilidad entre Centros de Control: protocolo de intercambio de datos.

Los factores determinantes para la implantación de las anteriores aplicaciones serán determinados por los siguientes factores:

- Longitud de la carretera.
- Intensidad de tránsito.
- Densidad de equipamiento instalado en campo.
- Infraestructuras singulares, tales como túneles, puentes, viaductos.
- Riesgo meteorológico.
- Vías alternativas.

3.2.2 Subsistema de Energía



F-03 Acometida Tensión Media



F-04 Tablero de Control para Tensión Media

Descripción del Subsistema:

El subsistema de energía proporciona flujo eléctrico al equipamiento instalado en la carretera. Algunos de los equipos, por lo crítico que resulta su funcionamiento, tienen fuentes de suministro alternativas que aseguran su disponibilidad de manera ininterrumpida.

Todos los sistemas ITS que se instalan en carretera dependen de suministro eléctrico para su funcionamiento.

La fuente de suministro primaria será generalmente a través de un punto de energía de la compañía de proveedora. El subsistema incluye la infraestructura propia entre este punto y el de consumo: gabinetes, protecciones eléctricas, cableado y ductos. Donde no sea viable lo anterior y se trate de puntos con equipamiento de bajo consumo, se podría suministrar a través de fuentes alternativas.



F-05 Estación Fotovoltaica



F-06 Aerogenerador

En el caso del equipamiento en túneles, donde existen grandes consumos, generalmente se realiza una acometida en alta tensión hasta los locales técnicos desde donde se distribuye la alimentación a los equipos en baja tensión. En estos locales o casas de máquinas se sitúan los transformadores y el resto del equipamiento para alta tensión.

En relación al equipamiento ITS a cielo abierto, se consideran dispositivos como las cámaras de TV, los paneles de señalización, control de gálibo, equipos de control distribuido y comunicaciones. Los gabinetes desde donde se alimenten y comuniquen estos equipos dispondrán de un respaldo de energía por batería (UPS) que garantice un período de operación del equipo en caso de fallo del suministro principal.

Para el caso de energía alternativa en túneles, tanto en el interior como en los accesos, se distingue entre dos tipos de sistemas. Uno en el que se permite el corte de alimentación, proporcionando energía mediante una planta de emergencia a base de Diésel, así como sistemas de respaldo por batería (UPS). Para ambos casos el requerimiento de autonomía debe ser también de un período de duración que cumpla con lo especificado en el proyecto. En el caso de los túneles se consideran críticos todos los sistemas ITS que se encuentren instalados.



F-07 Equipos de respaldo de energía (UPS)

3.2.3 Subsistema de Infraestructura de Comunicaciones y Medios de Transmisión



F-08 Antena para Red WiMax Protocolo Estándar 802.16

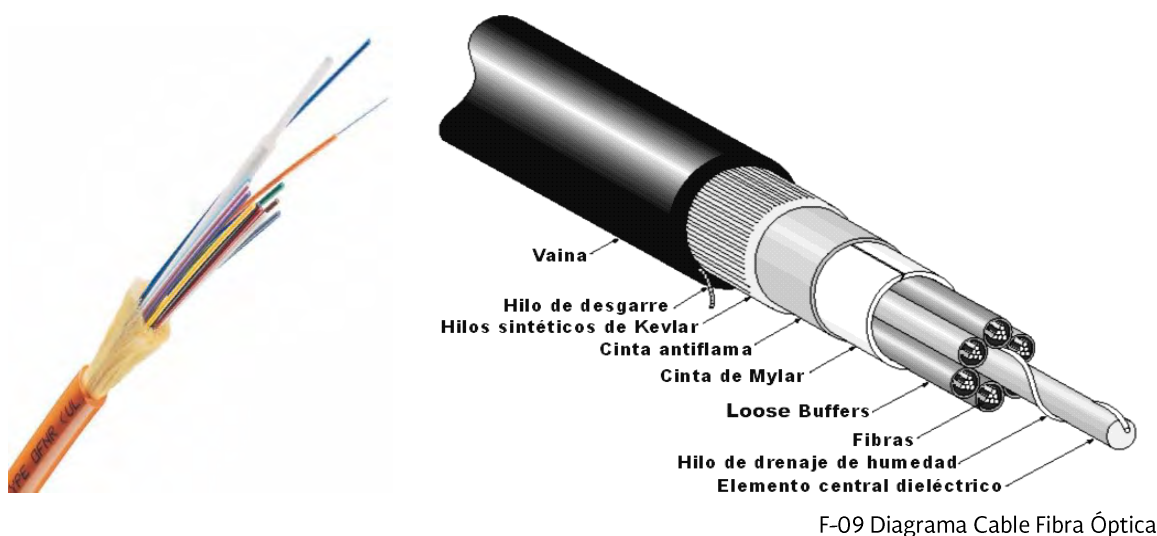
Descripción del Subsistema:

La infraestructura de comunicación y los medios de transmisión permiten el intercambio de datos en tiempo real entre los diferentes componentes de un sistema ITS. La elección del tipo de tecnología y medios es decisiva y depende de factores como el presupuesto, el entorno en que será implementado y las necesidades específicas de intercambio de información.

La plataforma de comunicaciones debe permitir la conexión de cada elemento de campo con el Centro de Control.

Conexión: en carreteras nuevas se realizan canalizaciones a lo largo de todo el trazo, llegando con cableado físico a los equipos de campo. En carreteras ya en servicio usualmente se valoran soluciones inalámbricas para la comunicación puntual de ciertos equipos o bien la conveniencia de instalar cableado.

Medio de transmisión: el más común para el troncal de comunicaciones es fibra óptica. El número de fibras se determina en función de la topología de red proyectada y las necesidades para otros usos o servicios actuales o futuros, tales como ampliación, comunicación, etc.



Protocolos: conjunto de reglas para la transmisión de paquetes de datos. Se selecciona los que permitan la estandarización, flexibilidad y modularidad en la red de comunicaciones.

Topología de red: normalmente se define una red troncal de gran capacidad a la que se le irán añadiendo subredes locales de menor jerarquía en función de la densidad de equipamiento.

Capacidad: los volúmenes de transmisión o tamaño de banda de información del sistema dependerán fundamentalmente de tráfico de imágenes que se maneje, y será planeada para soportar los requerimientos máximos del mismo.

Topología redundante: instalación que garantice que en caso de fallo en un elemento, exista otro que le permita continuar funcionando. Se considera necesario para obtener una red de comunicaciones robusta, se diseña así, tanto a nivel físico como lógico.

El sistema de radiocomunicación con que se dota una carretera tiene varias funciones:

- Radiotelefonía privada: proporcionar uno o varios canales de comunicación interna a los servicios de la explotación y a los servicios de emergencias externos (bomberos, protección civil, policía, etc.), que permita comunicaciones eficaces y coordinación.
- Radiodifusión pública: proporcionar un canal en la banda de emisoras comerciales AM o FM para emitir mensajes de información vial y de tránsito a los usuarios.

En el caso de existir túneles, además de los servicios anteriores:

- Radiodifusión de emisoras comerciales: proporcionar cobertura para las emisoras comerciales de radio AM o FM de mayor demanda.
- Radiotelefonía pública: en caso de ser necesario, proporcionar cobertura móvil para que los usuarios puedan realizar llamadas desde su teléfono celular.

3.2.4 Subsistema de Infraestructura de Televigilancia



F-10 Central de Monitorización

Descripción del Subsistema:

El circuito cerrado de televisión (CCTV) es un sistema de vigilancia, auxiliar en el control del estado del tránsito. Con este sistema el operador del centro de control puede visualizar imágenes de la carretera, con los siguientes objetivos:

- Monitorización del tránsito: la visión de la carretera sirve de apoyo a los operadores para comprobar el estado real del tránsito vehicular, bien por observación directa, o bien como medio de verificación de informaciones de otros sistemas. Permite al operador anticipar estrategias de gestión del tránsito

- Monitorización de las condiciones meteorológicas: la visión de la carretera y del área circundante a ella sirve de apoyo a los operadores para comprobar las condiciones climatológicas de la zona y su posible influencia en la seguridad de los conductores o en el estado de la carretera.
- Apoyo a los operadores: la visión directa de un evento es la forma más efectiva de verificación y registro de un incidente.



F-11 Cámara Tipo Domo (Móvil)



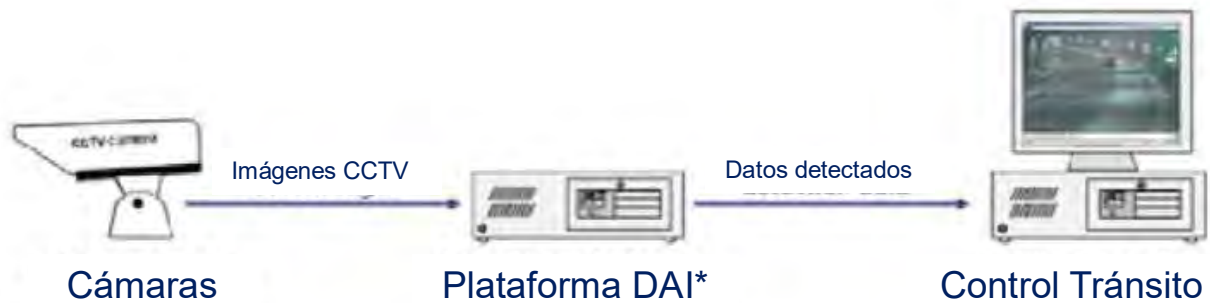
F-12 Cámara Fija

- Auxiliar en la gestión de incidentes: la video-vigilancia constituye uno de los elementos clave en el control y seguimiento de las distintas fases en las que se puede dividir la gestión de incidentes:
 - 1) Detección: identificar un incidente en el momento en que se produce es clave a la hora de minimizar tanto el tiempo de respuesta (aviso a los agentes externos apropiados para su resolución) como el posible impacto sobre el resto de los usuarios de la carretera (información del incidente y situación).

La posibilidad de que el incidente quede registrado por el sistema (grabación del momento del incidente), puede permitir el estudio posterior de las causas y de las posibles responsabilidades de los elementos implicados.

- 2) Verificación: confirmar que el incidente ha ocurrido, realizando una primera valoración visual del alcance y situación.
- 3) Información: comunicar al resto de conductores de que se ha producido un incidente, a través de los diversos señalamientos dinámicos.
- 4) Respuesta: la detección del incidente conlleva la movilización del personal apropiado, equipos y medios de coordinación, con el soporte de la verificación realizada.
- 5) Trabajos en campo: aquellos que permiten solucionar el incidente de la manera más rápida y eficaz.
- 6) Restablecimiento de condiciones de la zona: proceso por el cual se devuelve la zona del incidente a la situación en la que se encontraba.

3.2.5 Subsistema de Detección Automatizada de Incidentes



F-13 Diagrama Plataforma de un Sistema de *Detección Automatizada de Incidentes

Descripción del Subsistema:

El Subsistema de Detección Automatizada de Incidentes (DAI) permite la recepción automática de alarmas de forma simultánea a la existencia del incidente. Esta labor resulta fundamental a los operadores, pues generalmente en un Centro de Control se gestiona un número de cámaras muy superior a los medios de visualización disponibles.



F-14 Visualización de Zona controlada por DAI



F-15 Tipo de Cámara Utilizada en DAI

El subsistema es capaz de detectar los siguientes tipos de incidentes:

- Parada de vehículo con tránsito fluido o con congestión, ya sea en la calzada o en el acotamiento.

- Niveles de tránsito: normal, denso, retardado, congestionado, parada y avance.
- Vehículo circulando en contrasentido en calzada o acotamiento.
- Vehículo con velocidad baja.
- Obstáculos en la calzada.
- Pérdida de visibilidad.

El subsistema DAI puede proporcionar información adicional relativa al tránsito:

- Flujo de vehículos por carril
 - Velocidad
 - Ocupación de una determinada zona
- Datos integrados del tránsito de vehículos
 - Volumen (cantidad de vehículos) y velocidad media de cada tipo de vehículo por carril.
 - Espacio entre vehículos por tipo de vehículos por carril.
 - Ocupación, densidad y longitud del vehículo por carril.
- Tránsito de vehículos individuales
 - Velocidad, espacio entre vehículos, distancia entre frentes y clasificación del vehículo.

3.2.6 Subsistema de Control de Velocidad



F-16 Equipo Móvil para Detección de Velocidad



F-17 Equipos Fijos de Detección de Velocidad

Descripción del Subsistema:

El exceso de velocidad supone el primer factor generador de accidentes y lesiones en las carreteras. Experiencias internacionales coinciden en señalar que pequeñas reducciones en la velocidad de circulación conllevan notables disminuciones del número de accidentes y de la mortalidad asociada.

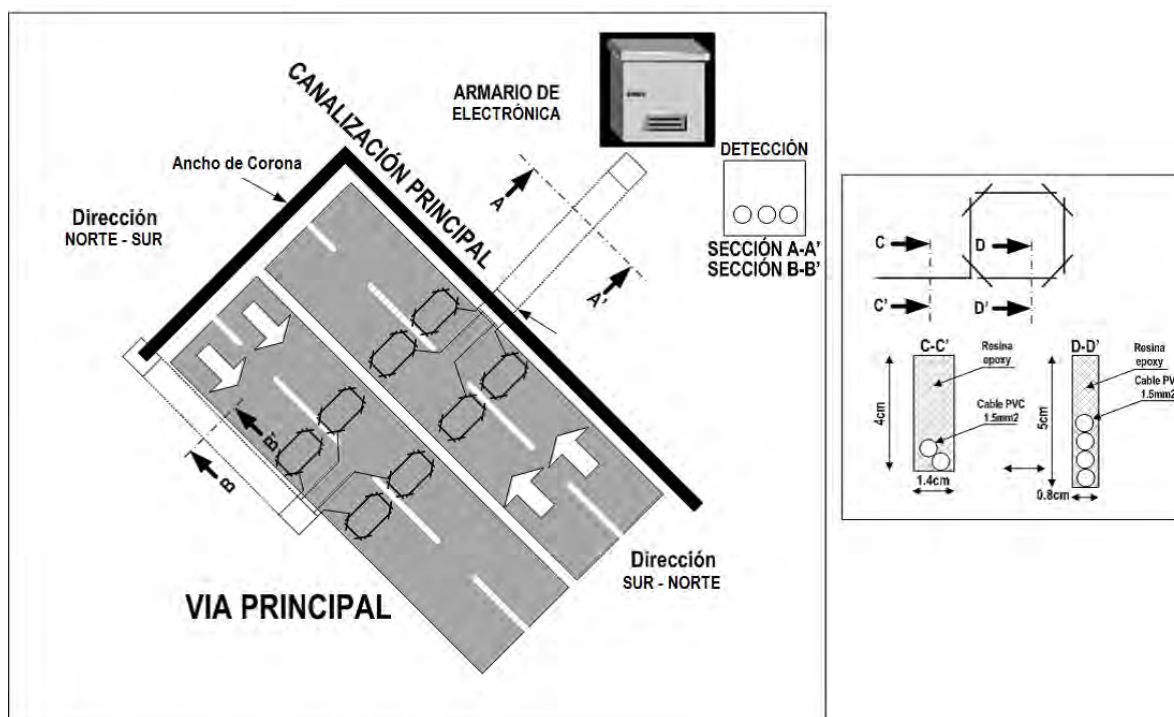
El método más efectivo para conseguir esta reducción de las velocidades máximas de circulación es la implantación de control dispositivos de velocidad de tipo sancionador, que permitan detectar y registrar estos excesos de velocidad. Así se ha podido corroborar con la experiencia de países con fuertes inversiones en despliegue de este tipo de equipamiento.

Generalmente, los dispositivos de control de velocidad se complementan con sistemas de video-vigilancia para evitar que se cometan actos vandálicos por parte de los usuarios.

Los dispositivos de control de velocidad se ubican considerando los siguientes criterios:

- Tramos de alta concentración de accidentes, de acuerdo a los registros obtenidos en las carreteras en servicio.
- Alta densidad de tránsito o zonas con movimientos complejos. Las zonas con más densidad de circulación son más propicias para un radar porque se multiplica su efecto sobre la velocidad.
- Red homogénea de radares fijos a lo largo de la carretera, con tal de evitar la existencia de grandes zonas sin supervisión al cumplimiento del límite de velocidad.
- Disponibilidad de energía y red troncal de comunicaciones en las inmediaciones del lugar de instalación.
- Túneles de longitud superior a 400 m. o que presenten algún nivel de curvatura.
- Tramos con alta concentración de vehículos pesados, por riesgo de coexistencia de vehículos ligeros con vehículos que circulan a velocidades anormalmente bajas.

3.2.7 Subsistema de Detección de Tránsito y Aforo Vehicular



F-18 Diagrama de Instalación Típica para Espiras de Conteo y Clasificación Vehicular

Descripción del Subsistema:

Este subsistema detecta el paso de vehículos por la carretera, con el objetivo de contar y clasificar el volumen del tránsito. Gracias a este subsistema el operador de control dispone de información y alarmas sobre el estado del tránsito en tiempo real.

Con los datos sobre el estado de la circulación de vehículos, los sistemas de detección de tránsito y vehicular pueden presentar dos funcionalidades:

- Aforador de tránsito con finalidad estadística, proporcionando información sobre flujo, ocupación, velocidad, nivel de servicio de la carretera, distancias entre vehículos, porcentaje de vehículos pesados.

- Detector automático de incidentes de tránsito: la aplicación de algoritmos automáticos permite la detección automática de situaciones conflictivas como puede ser la disminución brusca de la velocidad de los usuarios debido a la existencia de obstáculos o retenciones en la calzada.

3.2.8 Subsistema de Pesaje Dinámico



F-19 Instalación Típica de Sensores para Pesaje Dinámico

Descripción del Subsistema:

Los sistemas de pesaje dinámico (Weight In Motion – WIM) ayudan a la recopilación de estadísticas de circulación de vehículos que transportan carga. El tránsito de vehículos pesados es el principal responsable de la degradación del estado de la carretera, y por tanto el que supone mayores costos de mantenimiento, de manera que resulta fundamental saber que la carga de vehículos pesados que soporta, no supera el límite establecido para cada carretera.

En ciertas infraestructuras los sistemas de pesaje dinámico se utilizan como medio para preseleccionar los vehículos sobrecargados (infractores) con objeto de desviarlos a básculas de pesaje estático.



F-20 Diagrama de Estación para Pesaje Selectivo

Además de las citadas, existen otras aplicaciones de este subsistema:

- Determinación de cargas del tránsito que soporta la superficie de la carretera.
- Estudios de sobrecargas en ejes y en vehículos.
- Estudios de las cargas del tránsito que se soportan en los puentes viales.
- Cálculo del factor de equivalencia de vehículo pesado en ejes tipo.
- Obtención de perfil del tránsito de vehículos pesados.
- Estudio de las velocidades de los vehículos pesados.
- Estudios estadístico-económicos del transporte por carretera.

El subsistema de pesaje dinámico generalmente se complementa con una cámara de Vídeo para identificar infractores recurrentes, como por ejemplo vehículos con sobrepeso cuyo origen o destino es una fábrica concreta, etc.

El subsistema de pesaje dinámico se recomienda principalmente en puntos estratégicos del trazo de la carretera:

- Puentes y viaductos.
- Entronques que den servicio a centros industriales o logísticos.

3.2.9 Subsistema de Control Dinámico de Gálibo y Dimensiones



F-21 Control de Gálibo en Ingreso a Túnel

Descripción del Subsistema:

El sistema de gálibo permite advertir al conductor, y de forma remota al Centro de Control, que el vehículo con el que circula supera el gálibo permitido, suponiendo un peligro para la integridad propia y de la infraestructura.

Los sistemas de control de gálibo se componen de dispositivos de detección, que identifican al vehículo infractor, y dispositivos de difusión para comunicar la incidencia al conductor, indicándole la parada del vehículo o la necesidad de tomar un desvío.

El sistema de gálibo debe prioritariamente instalarse en puntos que permitan tomar rutas alternas a aquellos vehículos con altura excesiva.

Habitualmente se realizan controles de gálibo en los accesos a la carretera anteriores a un tramo con gálibo restringido (generalmente túneles), así como en los puntos del tronco inmediatamente anteriores a los últimos accesos y en los entronques intermedios, de forma que los vehículos cuyo gálibo sea superior al permitido deban desviarse pero a la vez tengan la posibilidad de tomar rutas alternas sin necesidad de dar la vuelta.

3.2.10 Subsistema de Identificación Vehicular



F-22 Cámara para Reconocimiento Óptico de Placas de Vehículo

Descripción del Subsistema:

Los sistemas de identificación vehicular, conocidos también como LPR por sus siglas en inglés (Licence Plate Recognition) permiten la trazabilidad del recorrido de los vehículos. Esta información se utiliza en tiempo real, por ejemplo para calcular los tiempos de viaje y comunicarlos a los usuarios a través de las señales de mensaje cambiante o página web, así como para la elaboración de matrices origen-destino.

En algunos países los sistemas de identificación de vehicular se utilizan para otras aplicaciones. En ocasiones para la identificación de vehículos que transportan mercancías peligrosas, a través de la placa, etiqueta o cartel que determina el tipo de mercancía transportada. De esta manera, se puede realizar un censo del tipo de mercancías que circulan por un tramo o, por ejemplo, evitar las violaciones a las restricciones de la carretera.



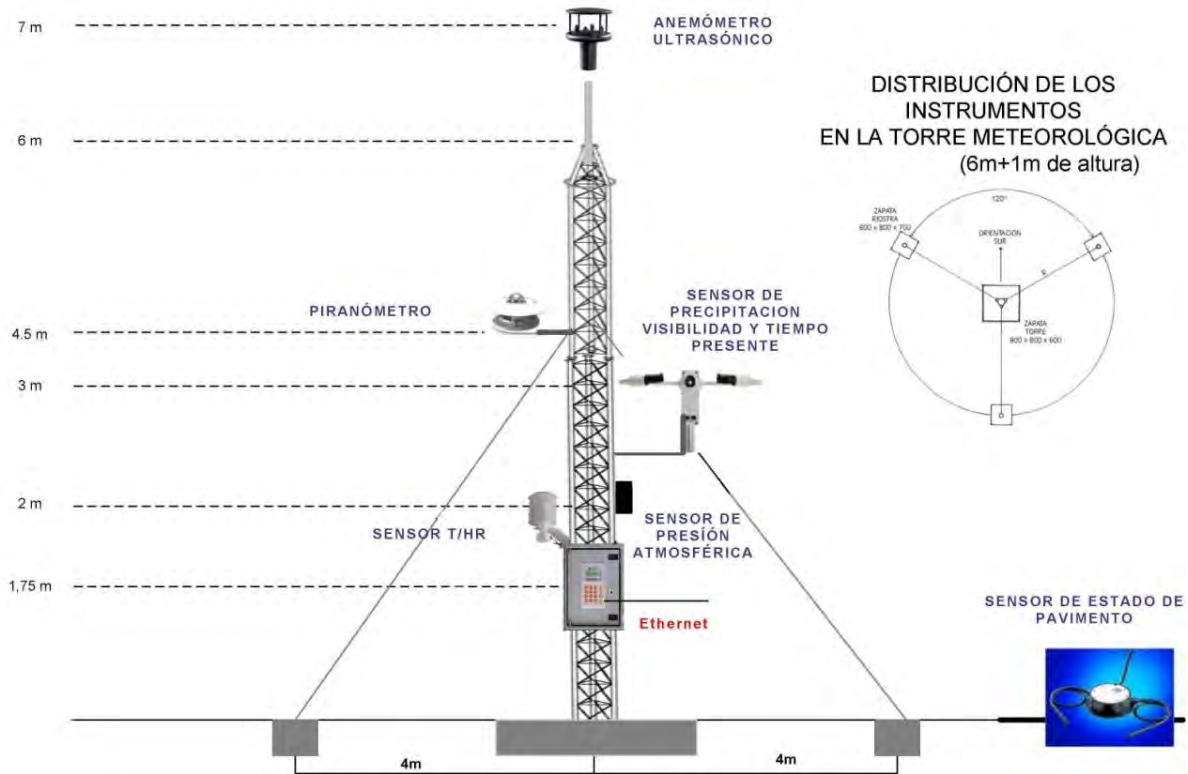
F-23 Imagen Típica del Software para Reconocimiento de Placas

El sistema de identificación vehicular se compone de un conjunto de cámaras, generalmente una por carril e instaladas sobre pórticos de señalización.

Los sistemas de identificación vehicular se instalarán en tramos en los que sea conveniente dar información a los usuarios sobre los tiempos de recorrido. Esto sucederá en:

- Trayectos de tránsito singulares o libramientos.
- Movimientos complejos de gran intensidad de tránsito en entornos periurbanos.
- En función de la normativa vigente, en puentes internacionales.
- Antes y después de las plazas de cobro de cuota, para calcular el tiempo de paso por las mismas.

3.2.11 Subsistema de Control e Información Meteorológica



F-24 Diagrama de una Estación Meteorológica de Carreteras

Descripción del Subsistema:

La finalidad del sistema de control ambiental es la detección de las condiciones medioambientales y la comunicación de esta información a los usuarios en caso de existencia de condiciones adversas, para que puedan modificar su conducción, de conformidad a la situación.

Los fenómenos meteorológicos más relevantes con efectos en la seguridad vial y que se deben controlar:

- Falta de visibilidad por niebla u otro fenómeno.
- Lluvia y nieve.

- Intensidad y dirección del viento.
- Formación de hielo en el pavimento.

Para ello, lo más conveniente es la instalación de estaciones meteorológicas completas, altamente robustas, que al menos contengan los siguientes sensores:

- Barómetro: medidor de presión atmosférica.
- Anemómetro: sensor de velocidad y dirección del viento.
- Pluviómetro: volumen e intensidad de precipitación de lluvia.
- Sensor de condiciones en pavimento, proporcionando las siguientes medidas:
 - Temperatura.
 - Pavimento seco, húmedo, mojado, mojado con aditivos.
 - Punto de congelación.
 - Altura de la película de agua.
 - Nivel de agua en el suelo.
 - Presencia de escarcha, nieve o hielo en pavimento.
- Sensor de visibilidad: medidor del rango visual, la medida debe ser en metros.
- Temperatura y humedad: sensores basados en variaciones eléctricas.
- Pirómetro: sensor de radiación solar incidente sobre una superficie.

La ubicación de las estaciones meteorológicas dependerá de las condiciones climatológicas de la carretera, asociadas generalmente a la orografía del terreno. Se buscarán localizaciones donde las condiciones climáticas sean cambiantes y tengan gran influencia sobre el estado de la circulación por la carretera.

Se deben buscar localizaciones donde exista viabilidad técnica a nivel de energía y comunicaciones, siendo más factible en el entorno de los entronques.

3.2.12 Subsistema de Asistencia con Postes SOS



F-25 Bahía de Emergencia para Sistema de Asistencia (Poste SOS)

Descripción del Subsistema:

Los postes SOS son un sistema clásico de comunicación de emergencia en las carreteras, que facilita el flujo de información sobre los incidentes ocurridos y permite a los usuarios solicitar ayuda. Proporcionan un medio de comunicación rápida y fiable con un operador del centro de control a través de un canal de voz que se establecerá tras la solicitud del usuario, al pulsar el botón de llamada. La incorporación masiva a la sociedad de la telefonía móvil y la creación de los servicios de atención telefónica de emergencias han hecho de los postes SOS una herramienta menos crítica, aunque la experiencia ha demostrado que sigue siendo un recurso de gran utilidad y uso.



F-26 Detalle de un Poste SOS Habilitado con Energía Fotovoltaica

En caso de existencia de túneles, donde a veces no está garantizada la cobertura móvil, se convierte en una herramienta necesaria para la comunicación con el Centro de Control.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes en su Adenda al Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras*, con respecto a la ubicación de los teléfonos de emergencia SOS a cielo abierto, indica una distribución longitudinal cada 2.5 km al tresbolillo. En el presente Manual, se brindará información sobre las condiciones óptimas en función de los avances tecnológicos de estos equipos.

(*) Fuente: Página web de la SCT

http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual_de_Dispositivos/ADENDA.pdf

3.2.13 Subsistema de Señalización Dinámica / Señales de Mensaje Cambiable



F-27 Detalle de una Señal de Mensaje Cambiable en Formato de Pórtico

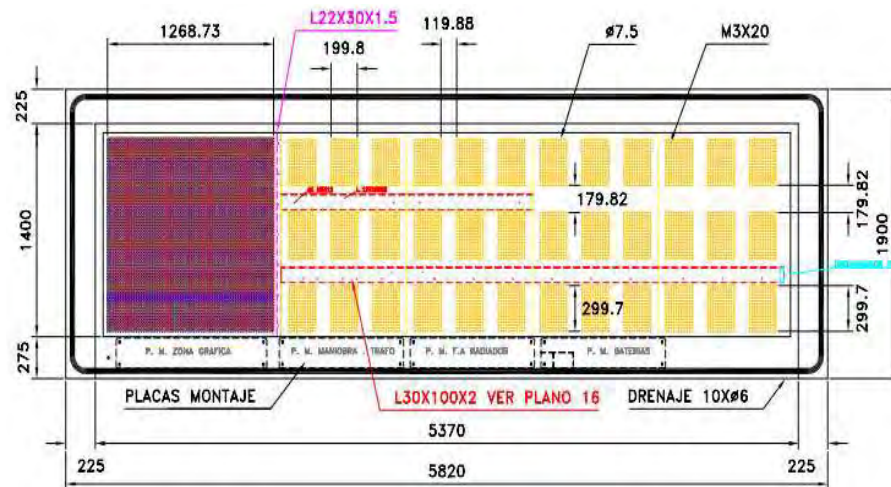
Descripción del Subsistema:

La Señalización Dinámica o Señales de Mensaje Cambiable (SMC) permiten al operador del centro de control transmitir al conductor información de forma remota y gestionar el tránsito de forma dinámica.

La información que pueden abordarse con la señalización dinámica es:

- Estado de la carretera: tiempos de recorrido, estados de las salidas, demora en las casetas de cobro.
- Incidentes: situaciones de peligro o condiciones que puedan afectar a la conducción (accidentes, congestiones, obras, desprendimientos, objetos en el pavimento, hielo, etc.).

- Prohibiciones, obligaciones, recomendaciones y avisos, tales como circular por el carril derecho por obras, salida cortada, desvíos u otros.
- Consejos sobre seguridad vial.



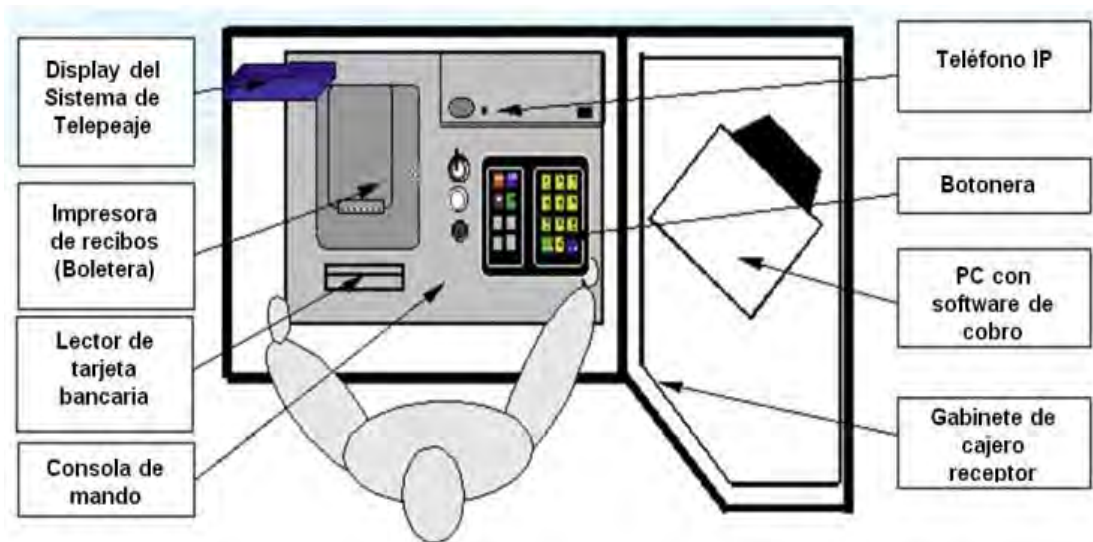
F-28 Diagrama Frontal de una Señal de Mensaje Cambiable

Dentro de los dispositivos de señalización dinámica, se consideran los siguientes:

- Tableros de Señalamiento Variable (VMS)
- Señales de Mensaje Cambiable (SMC)
- Tableros de Encendido-Apagado (BOS)
- Tableros de Velocidad Variable y Real (VVR)
- Semáforos de carril

Los señalamientos de mensaje cambiabile se apegarán a la normativa vigente publicada por la Normativa para la Infraestructura del Transporte.

3.2.14 Subsistema de Peaje y Telepeaje



F-29 Diagrama de Plaza de Operador en Carril de Cobro de Peaje

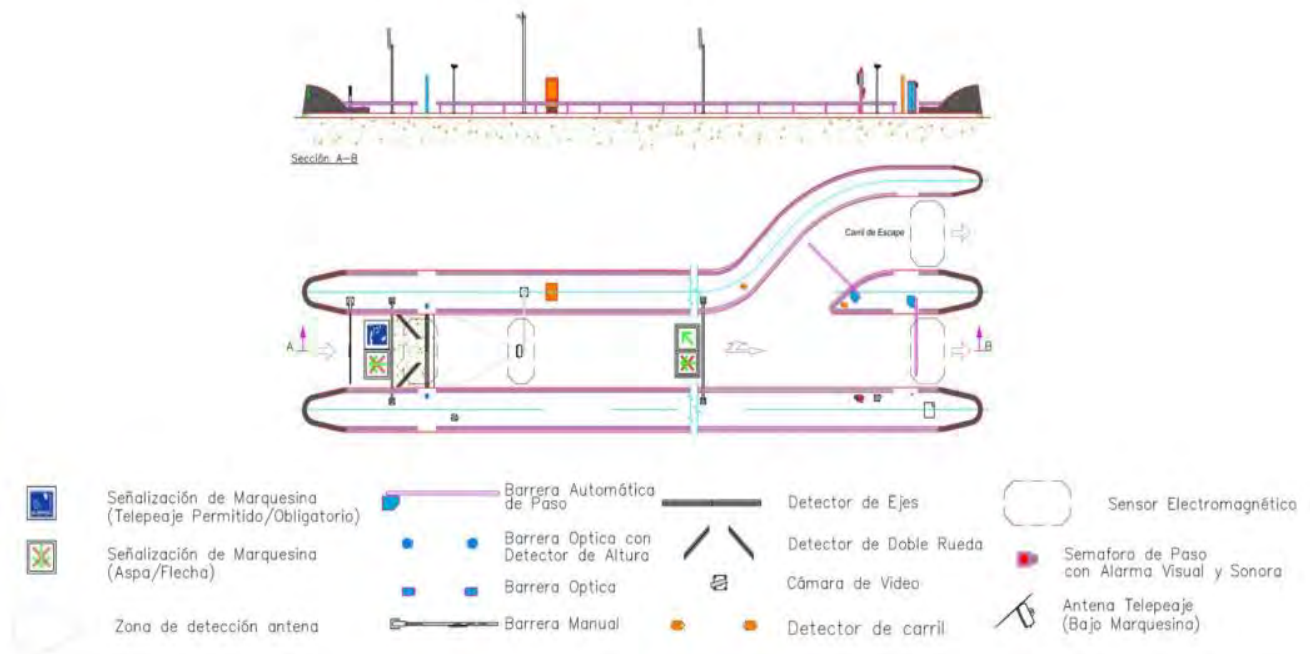
CARRIL PARA COBRO DE PEAJE

Descripción del Subsistema:

Su función principal es la gestión, control y registro del paso de vehículos por el área de cobro.

Está constituido por el controlador de carril y todos los elementos necesarios para realizar:

- Cobro a los usuarios.
- Control y señalización del paso de vehículos por el carril.
- Clasificación automática de los vehículos.
- Conteo de vehículos.
- Registro y preparación de información asociada a cada tránsito para transmitir a la plaza.



F-30 Diagrama de un Carril de Cobro de Peaje

El controlador de carril y su software correspondiente dependen de cada tipo de carril. Un carril podrá funcionar en cualquier modalidad siempre que haya sido dotada del equipamiento adecuado.

El carril se constituye en la unidad básica de información generada por el sistema de cobro de peaje:

- Emisiones de tickets (en carriles de entrada de peaje cerrado).
- Transacciones de cobro.
- Detección de mal funcionamiento de periféricos (antena, elementos de detección, barrera, etc.)
- Respuesta a mensajes enviados por la plaza o por el centro de gestión a través de la plaza.
- Envío periódico de contadores de transacciones u otro tipo de información de carril.

Los mensajes generados en el controlador de carril siguen un doble proceso:

- Se almacenarán en el controlador de carril.
- Se transmitirán al servidor del nivel de plaza.

El sistema de peaje generalmente contempla varias formas de pago: metálico (MXN, divisas), tarjetas bancarias, tarjetas de proximidad y telepeaje. A partir de la funcionalidad de los carriles descritos y en función de la forma de pago admitida el equipamiento podría variar.

Se definen tres tipos de carriles básicos:

- Carril Mixto: recibe tanto cobro manual, utilizando y tarjetas, como cobro automatizado, utilizando elemento de telepeaje
- Carril Reversible: puede operar en cualquiera de los dos sentidos
- Carril Exclusivo para Vehículos con Telepeaje.

El equipamiento típico de que consta un Carril Mixto es:

- Barrera de entrada.
- Barrera de salida, con funda de amortiguación de impactos.
- Barrera de marquesina para estado del carril y formas de pago.
- Sistema de Pre-clasificación:
 - Clasificación por número de ejes y doble rueda.
 - Cortinas fotoeléctricas.
 - Espira para lazo detector.
- Contraste de aforo:
 - Clasificación por número de ejes y doble rueda.
 - Cortinas fotoeléctricas.
 - Espira para lazo detector.

- Antena de telepeaje.
- Semáforo de paso con alarma.
- Indicador de tarifas.
- Cámara con OCR para lectura de placas.
- Cámara de video para auditoría.
- Caseta de cajero para los elementos de cobro manual.
- Gabinete de periféricos, con los elementos:
 - Controlador de carril.
 - Cuadro eléctrico con protecciones de elementos periféricos.
- Sistema de energía no-interrumpible (UPS).

El equipamiento típico para Carriles Reversibles es el mismo que los mixtos, pero duplicándose algunos elementos.

El equipamiento para Carriles Exclusivos de Telepeaje elimina los elementos de cobro manual y solo conserva los de cobro automatizado:

- Pluma de entrada
- Pluma de salida con funda de amortiguación de impactos.
- Panel de marquesina: aviso de carril exclusivo visible a distancia.
- Antena de Telepeaje.
- Semáforo de paso con alarma.
- Cámara con OCR para lectura de placas.
- Cámara de video para auditoría.
- Armario de periféricos, con controlador de carril.

PLAZA DE COBRO (CONVENCIONAL)

Las plazas de cobro continúan siendo la solución que más garantías ofrecen al organismo explotador desde el punto de vista del fraude, de modo que permanecen como la arquitectura más ampliamente extendida.



F-31 Plaza de Cobro Francisco Velasco en Carretera Cuernavaca - Acapulco

Sus desventajas más relevantes son los elevados costos de explotación asociados al personal dedicado a funciones de cobro y las crecientes necesidades de espacio en las plazas, que se incrementan proporcionalmente con el tránsito. Por otra parte, los usuarios resultan afectados con paradas adicionales que incrementan el tiempo de viaje, aumentan el consumo de combustible.

En un peaje convencional existen dos configuraciones posibles:

- Peaje cerrado: incluye dos tipos de áreas de peaje, (1) de identificación, en las que se asocia un origen a los vehículos que acceden a la infraestructura –normalmente recogiendo un ticket- y (2) áreas de cobro, en las que el usuario ha de abonar el importe correspondiente en función de su origen-destino, antes de abandonar la infraestructura
- Peaje abierto: sólo existen áreas de cobro en las que debe abonar el importe correspondiente. El origen de los vehículos está implícito por la configuración de la infraestructura y la disposición de la plaza de cobro.

En función del método utilizado para recaudar el importe del peaje, los peajes se pueden clasificar en varias formas de pago:

- Peaje manual y semiautomático: el pago es asistido por un cajero o bien se realiza de forma autónoma por el conductor mediante máquinas recaudadoras automáticas.
- Peaje electrónico o telepeaje (automático): las transacciones electrónicas se realizan directamente entre el vehículo (generalmente equipado con un TAG / dispositivo para cobro por telepeaje) y el punto de peaje. El Telepeaje es un modo eficiente de pago que permite contener los costos de explotación, ya que reduce las necesidades de personal en las plazas de cobro. Además, con esta nueva modalidad de pago, se consigue un flujo más rápido de paso por los carriles de cobro que resulta en menores necesidades de espacio en las plazas.

TELEPEAJE Y FLUJO LIBRE (FREE FLOW)



F-32 Plaza de Cobro de Flujo Libre (Free Flow) sin detención de vehículos

Descripción del Subsistema:

Los sistemas de peaje (Free Flow) sustituyen las plazas de cobro de los peajes convencionales por portales equipados con un conjunto de sensores que permiten identificar y clasificar a los usuarios de una carretera, ya sea a través de un sistema de telepeaje o bien a través del reconocimiento de su matrícula.

El equipamiento de los portales consta fundamentalmente de un sistema de identificación y clasificación de vehículos, un sistema de comunicaciones de corto alcance y cámaras de vídeo con capacidad para capturar imágenes de la matrícula e identificar a los vehículos que pasan. Típicamente, los portales están comunicados a través de una red de fibra óptica con el Centro de Gestión de Peaje, donde se realizan diversos procesos.

Los sistemas de peaje de flujo libre o free flow, respecto al peaje convencional, presentan la ventaja de no afectar al flujo de los vehículos y eliminar la necesidad de cajeros, lo cual supone en una primera instancia, una reducción de los costos de explotación.

Para garantizar el éxito en la implantación de estos sistemas es necesario un elevado porcentaje de usuarios de Telepeaje, además de una sólida base normativa y marcos jurídicos que garanticen, a costos operativos viables, el cobro de los importes de peaje a partir de la información de la matrícula, en un padrón vehicular confiable.



4. CONCEPTOS DE OPERACIONES Y ASPECTOS FUNCIONALES

4. CONCEPTOS DE OPERACIONES Y ASPECTOS FUNCIONALES

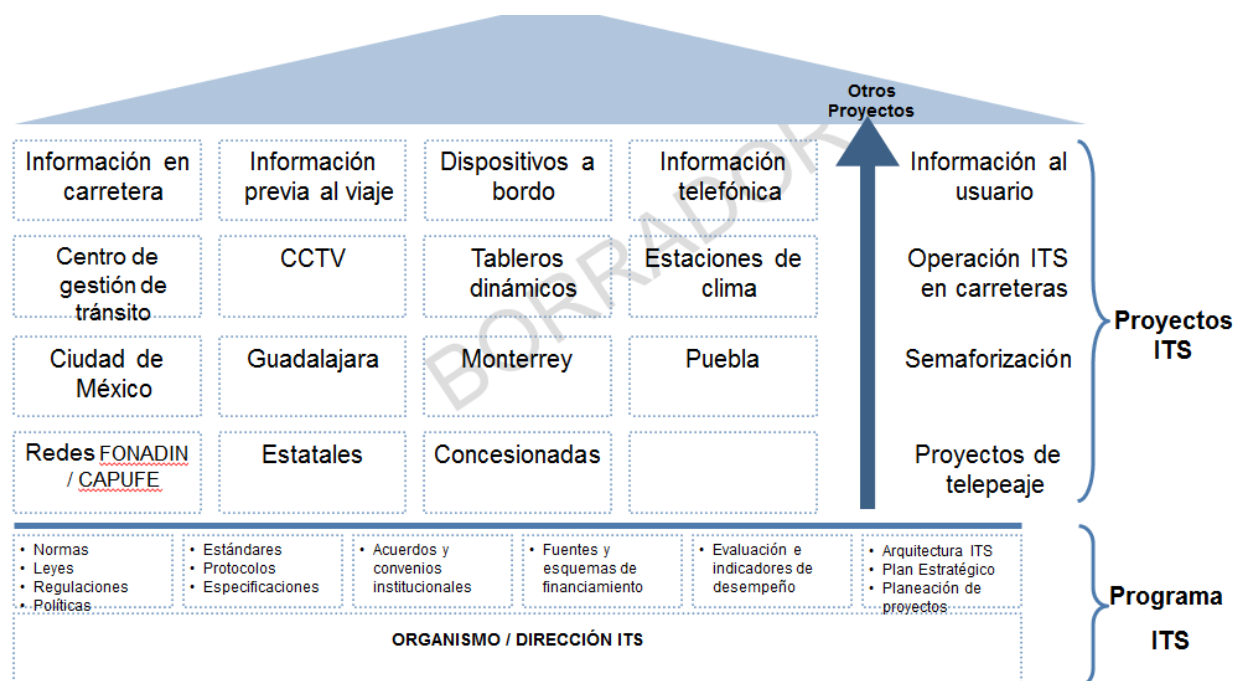
4.1 BASES PARA LA PLANEACIÓN ITS

Programa ITS

Es un proceso que considera la realidad del sistema de transporte nacional, su situación actual y proyecciones, así como las oportunidades de implementar las tecnologías ITS de una manera eficiente e integrada. Con base en las experiencias y lecciones aprendidas en otros países que han implementado sistemas ITS en los últimos años, es posible utilizar esta información para poder estudiar y aprovechar todas las experiencias internacionales, con sus éxitos y fracasos, para desarrollar proyectos ITS de forma más eficiente y efectiva.

De estas experiencias, algunas de las más relevantes, son las que se refieren al uso que se da a la Arquitectura Nacional ITS y al Plan Maestro de ITS para México. En el caso de México, la Arquitectura fue desarrollada hacia 2004, siendo un esfuerzo importante y cabalmente realizado que identifica actores, relaciones y flujos de información de alto nivel. Sin embargo su divulgación y uso han sido limitadas. Por esta razón, diferentes organismos relacionados al transporte, tanto públicos como privados, no tienen conocimiento de dicho desarrollo y al momento de implementar sistemas ITS, lo llevan a cabo de acuerdo a sus necesidades particulares. Para lograr implementar la Arquitectura ITS de forma exitosa, se requieren crear el ambiente ideal para aplicar de manera correcta los sistemas ITS.

En el desarrollo del Plan Maestro ITS para México, se hace referencia a un esquema de Programa ITS, que se ha desarrollado con el objetivo de proveer las bases para que el siguiente elemento, que consiste en la elaboración de Proyectos ITS, se desarrolle en un ambiente adecuado y logre cumplir con el objetivo de dar un enfoque más real y aplicable a todos los elementos desarrollados en la Arquitectura ITS. En el plan Maestro, se definen tareas específicas que se sugiere llevar a cabo para comenzar con la aplicación de dicha arquitectura a través del establecimiento del Programa ITS y de la definición de las tecnologías y los proyectos prioritarios que se planea desarrollar en México.



F-33 Proyectos/Programa ITS Fuente: Plan Estratégico ITS Nacional (2010)

El programa ITS consta de varios elementos que se requiere definir y buscar ser la base de cualquier proyecto ITS que se planee en el futuro. Es de suma importancia considerar dicho Programa, siempre basado en la Arquitectura ITS, puesto que al omitir este paso y crear proyectos independientes se afecta a la estructura ITS completa.

Existen experiencias internacionales donde los sistemas de transporte inteligente llevan un tiempo considerable de madurez. Un ejemplo de estas experiencias son Canadá, varios países de la Unión Europea, Estados Unidos, Japón y Emiratos Árabes Unidos, en donde se establece como una de las mejores prácticas la necesidad de desarrollar un Programa ITS, ya que al seguir dicho programa se tienen mayores posibilidades de obtener éxitos en cada uno de los proyectos de implantación de ITS que cada programa promueve.

Bases del Programa ITS para fundamentar los Proyectos ITS, son:

- Coordinación Institucional ITS: Definición de un ente coordinador de ITS. Este ente asume el papel de líder y coordinador principal de ITS en México. Actualmente la SCT es el organismo que coordina los esfuerzos ITS, a pesar de que idealmente se requeriría de una estructura más compleja.
- Planeación Global del Programa ITS: Arquitectura ITS, Plan Maestro, Políticas Públicas, Planeación de Proyectos.
- Marco Normativo: Normas, leyes, regulaciones. Es necesario realizar diversas modificaciones con tal de que los ITS puedan ser considerados dentro de los marcos normativos federales y estatales.
- Marco Técnico: Estándares, Protocolos, Especificaciones, etc. Existen actualmente documentos publicados por el área de Normativa para la Infraestructura del Transporte que se refieren a sistemas ITS, otros aún se encuentran en desarrollo.
- Acuerdos y Convenios Interinstitucionales: Existen algunos acuerdos en ciertos proyectos ITS actualmente en operación, sin embargo no existen acuerdos generalizados.
- Fuentes y Esquemas de Financiamiento.
- Evaluación e Indicadores de Desempeño.

Plan Maestro ITS

Desde el punto de vista metodológico, el desarrollo del Plan Maestro ITS para la implementación de sistemas ITS en México, tiene por objetivo conformarse y constituirse en una respuesta a las necesidades y metas del sistema de transporte nacional, las cuales se caracterizan por la posibilidad de ser

abordadas mediante tecnologías ITS; bajo el criterio que son factibles de implementar en un país.

Del conjunto de necesidades, problemas y metas de los sistemas de transporte, sólo una parte puede ser abordada mediante tecnologías ITS. Particularmente, son los propios desarrollos tecnológicos logrados en los últimos años, los que han abierto opciones para la aplicación de nuevas políticas de transporte, que hasta hace un tiempo no se veían como factibles. La experiencia internacional, es de utilidad para prestar especial atención en algunas de las áreas donde actualmente los ITS pueden aportar beneficios de manera más importante, como son la gestión y seguridad de tránsito, gestión de emergencias e información a usuarios. Indirectamente, las mejoras de gestión del tránsito, con la consiguiente reducción de demoras, filas y despeje de incidentes, coadyuvan de manera importante a reducir los impactos ambientales negativos, como son la contaminación del aire y ruido.

La factibilidad de implementar sistemas ITS, depende en gran medida de las condiciones existentes, que pueden limitar su desarrollo, tales como el grado de conocimiento respecto de los ITS, capacidad técnica de los profesionales y empresas nacionales, limitaciones de financiamiento para este tipo de proyectos, cuyos beneficios se encuentren limitados porque aún no tienen un sustento técnico y/o experimental en el país, o limitaciones en desarrollos institucionales, normativos o legales que puedan circunscribir el éxito de los sistemas ITS.

El Plan Maestro para la implementación de ITS tiene como principal objetivo proponer un conjunto de acciones que permitan lograr un desarrollo armónico e integrado de los sistemas de transporte inteligentes a nivel nacional, siendo una importante referencia para el desarrollo de cualquier proyecto ITS que se planee implementar. Es muy necesario que los actores involucrados en el transporte comprendan el objetivo del Plan Maestro para que sean capaces de aplicarlo en los proyectos que desarrollen, lo cual incorpora un componente de divulgación y promoción como parte de la estrategia de desarrollo.

Planeación de Proyectos Específicos

Una vez que se han definido las bases en el Programa ITS, pueden comenzar a definirse proyectos específicos siempre siguiendo los lineamientos que estipulan los diferentes puntos clave del programa. A partir de los subservicios establecidos en la Arquitectura Nacional ITS y tomando en cuenta las necesidades detectadas, se identificaron proyectos estratégicos que se recomienda sean implementados por los diversos organismos relacionados con ITS en una temporalidad definida en corto, mediano y largo plazo.

Los proyectos estratégicos se refieren a cualquier tipo de planificación, coordinación e implementación de actividades relacionadas a ITS, como por ejemplo el desarrollo de un Centro de Control y Operación interurbano, sistemas de control de semáforos en ciudades, desarrollo de sistemas de telepeaje, sistemas de información al viajero, ruteo de transporte público, etc. Cada uno de los proyectos tiene como propósito alcanzar un objetivo particular con el que se coadyuve a lograr las metas generales de desarrollo a través de los Sistemas Inteligentes de Transporte. Los proyectos se sugiere por lo tanto que estén vinculados a las metas generales por medio del programa y la arquitectura ITS con tal de que todos los proyectos cumplan con los requisitos básicos y se encuentren alineados hacia lograr los mismos objetivos.

En la figura F-34 de páginas posteriores se muestra un diagrama en el que puede visualizarse todo el proceso que se recomienda llevar a cabo en base al análisis de diversas experiencias a nivel internacional, describiendo los elementos iniciales y basándose después en los puntos clave de un Programa ITS que sirven como base para cualquier proyecto, hasta llegar a la etapa de planeación, construcción, operación y mantenimiento de un proyecto en específico.

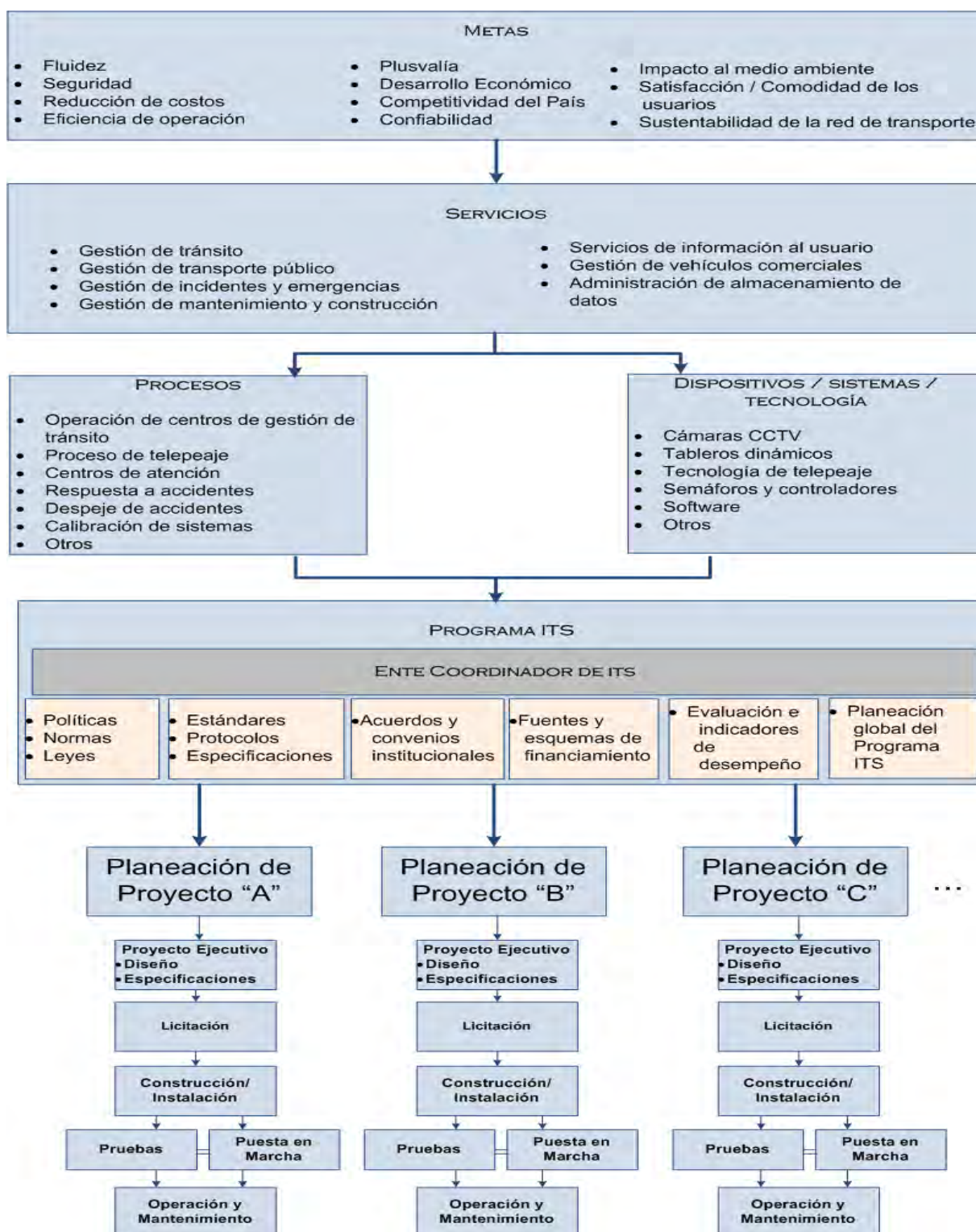
Como puede apreciarse en el diagrama, el proceso comienza al fijar metas generales que se desea cumplir por medio del uso de ITS. De acuerdo a estas metas se identifican diversos servicios y funciones que se considera pueden ayudar a su logro. Posteriormente, se identifican los procesos propios y los dispositivos específicos que pertenecen a los servicios y funciones mencionados anteriormente para fijar una referencia con base en la cual se comience la definición del Programa ITS. Uno de los principales puntos del

programa ITS es la conformación de un organismo encargado de la coordinación ITS, el cual tendrá la obligación de organizar y hacer cumplir el resto de los puntos del Programa ITS, los cuales van desde la Arquitectura ITS y Plan Maestro, hasta la definición y supervisión de aspectos normativos, financieros, de coordinación, de evaluación y mejora continua.

Al ser definido el Programa ITS existe la necesidad de llevar a cabo las múltiples actividades descritas por lo que se puede comenzar a desarrollar por separado cada uno de los diferentes proyectos, comenzando con la planeación final por medio del Proyecto Ejecutivo, el proceso de asignación, ya sea a una entidad pública o por medio de licitación a una entidad privada o bien con un esquema de Participación Público – Privada (PPP), la construcción de la infraestructura necesaria, la implementación, pruebas, puesta en marcha de cada proyecto, para llegar finalmente a la operación y mantenimiento así como mejoras continuas ya que las implementaciones requieren calibración y actualización en el tiempo.

Los proyectos pueden ser desarrollados e implementados por cualquier entidad, ya sea pública, privada o bien por una esquema de participación público- privada (PPP), y dependiendo de las necesidades pueden ajustarse a diversos esquemas de financiamiento. De acuerdo al financiamiento disponible, la mayoría de los proyectos ITS pueden ser desarrollados de forma modular conforme se requiera y sea posible. A medida que se implementen componentes totalmente funcionales de módulos de naturaleza menor que formen parte de un sistema propuesto, se podrán identificar de forma más precisa los costos de operación, mantenimiento, beneficios para proveedores de servicios y usuarios, entre otros factores con tal de usar este conocimiento para mejorar la implementación de módulos posteriores.

A medida que aumenten los medios de financiamiento disponibles, los proyectos pueden llevarse a cabo conforme a las necesidades, expandiendo su alcance geográfico y funcional, pero siempre siguiendo los lineamientos estipulados por los Programas ITS.



F-34 Proceso de Desarrollo de Proyectos ITS Fuente: Plan Estratégico ITS Nacional (2010)

4.2 METODOLOGÍA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

La metodología aplicada para desarrollar proyectos ITS específicos está basada de manera fundamental en la Teoría General de Sistemas¹. Dicha teoría ha probado ser útil en el desarrollo exitoso de múltiples proyectos de Sistemas ITS en diferentes países. Esta metodología, enfocada principalmente a los sistemas, permite visualizar de manera integral los componentes primordiales, tanto la visión general como la de los componentes del sistema así como sus interrelaciones internas y externas.

El uso de esta metodología converge en un sistema que cumple con todos los requisitos y funciones que se requieren, y utiliza un proceso lógico, que comienza con la definición y análisis de los elementos que componen al sistema efectuando una revisión y análisis de la Arquitectura Nacional ITS y Plan Maestro ITS, para luego proceder a planear y diseñar a nivel conceptual (macro) y luego ir enfocando al nivel micro en el diseño final y la construcción, implementación y pruebas de aceptación del sistema. Este enfoque garantiza que todos los proyectos ITS en un país comiencen con la Arquitectura Nacional ITS en mente, para garantizar el uso de los mismos estándares y protocolos de comunicación, para contar con sistemas ITS que permitan la integración, intercambio de información entre sistemas, y la interoperabilidad de sistemas y dispositivos ITS. Este enfoque también minimiza situaciones en que se incurre en costos innecesarios y en pérdida de tiempo durante todo el proceso de desarrollo de un sistema ITS. El uso de este enfoque en todos los proyectos ITS puede ser estipulado en una Arquitectura Nacional ITS y también en las normas, leyes y/o regulaciones de un país para garantizar el cumplimiento del mismo como se explicará posteriormente en este documento. Para asegurar que el desarrollo se finalice exitosamente, el mismo proceso define que es importante aplicarse validaciones en cada una de las fases con tal de asegurar que el procedimiento es correcto y así continuar con la siguiente fase.

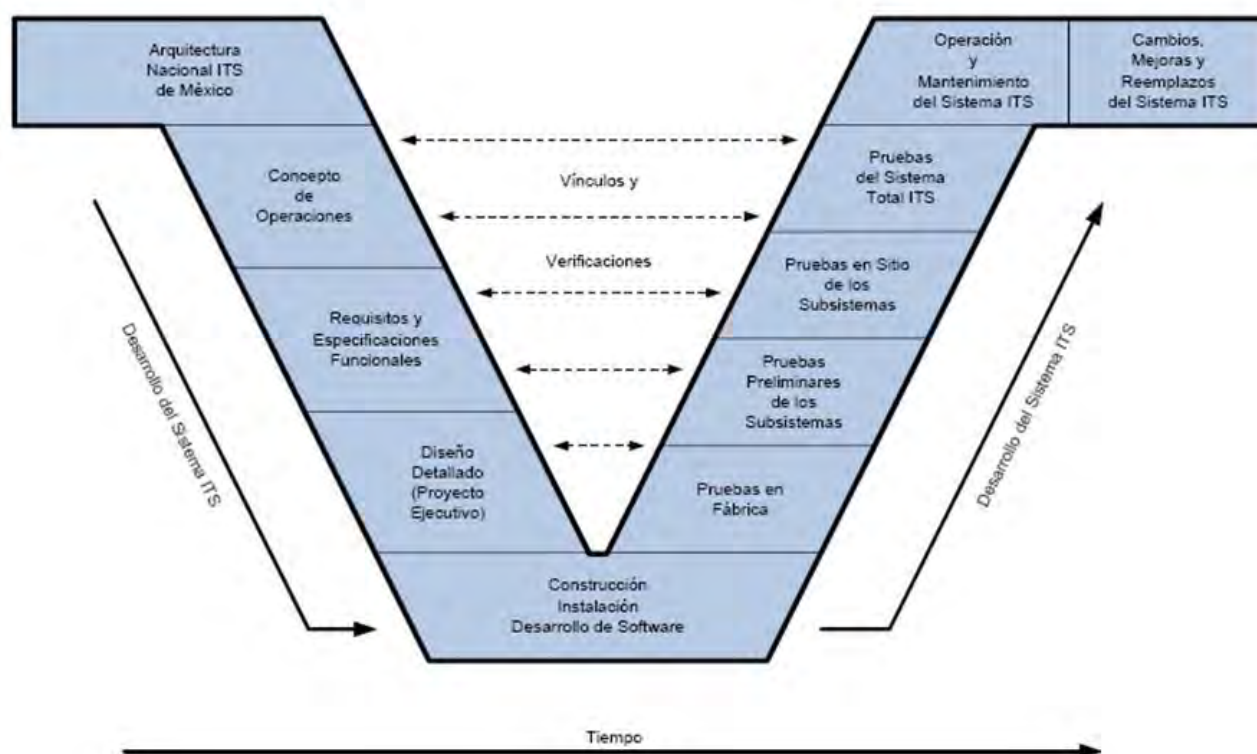
La metodología consta de fases clave, las cuales pueden apreciarse de manera gráfica en la imagen a continuación:

- Arquitectura ITS y Plan Maestro ITS.
- Concepto de Operaciones.
- Requerimientos Funcionales.

(¹) **Johansen, Oscar.** *Introducción a la teoría general de sistemas* / México / Limusa 2004.

- Diseño Final (Proyecto Ejecutivo).
- Desarrollo del Software / Hardware e Instalación en Campo.
- Pruebas de Aceptación.
- Operación y Mantenimiento.
- Cambios y Actualización.
- Reemplazos por Fin de su Vida Útil.

Diagrama “V” del proceso de Ingeniería de Sistemas



F-35 Diagrama del Proceso de Ingeniería de Sistemas: Plan Estratégico ITS Nacional (2010)

La fase inicial del proceso, referente a la Arquitectura Nacional ITS se enfoca a identificar los principales problemas y las necesidades más indispensables que se presentan en cuanto al transporte dentro del País. En este documento se enumeran los subsistemas de ITS que han presentado mejores resultados en cuanto al cumplimiento de las necesidades y en la resolución de los principales problemas presentados.

El siguiente paso fue el desarrollo de un Plan Estratégico ITS Nacional, que funge como un plan maestro en la que se describe el enfoque y elementos que se recomienda tenga el Programa ITS, así como los proyectos ITS prioritarios a desarrollar en el corto, mediano y largo plazo. Por medio de este Plan se obtiene una visión más apegada a la realidad, pues se definen acciones específicas a seguirse en un principio para sentar bases que apoyen el éxito por medio del Programa ITS, y posteriormente se definen con mayor detalle por medio de los proyectos ITS.

Después del desarrollo de la Arquitectura ITS Nacional y el Plan Estratégico ITS Nacional, el siguiente paso para el desarrollo de cualquier proyecto ITS es el Concepto de Operaciones (ConOps), cuya meta será proporcionar información sobre el sistema propuesto a los grupos de interés y usuarios. Este documento, teniendo como punto de partida el documento de Arquitectura Nacional de ITS y el Plan Maestro ITS, proporcionan la base de un proyecto para análisis más detallados que se realicen en el futuro y describirá el entorno donde se encuentra enmarcado el Proyecto, estableciendo los componentes que lo integran, su operación y las necesidades y problemas existentes y que se necesitan resolver.

Un ConOps es un documento de alto nivel, y de naturaleza no técnica, que resulta útil para diversos proyectos ITS que de forma gradual se implementen y por lo tanto, amplíen los sistemas a lo largo del tiempo.

Una vez terminado el ConOps, se identificarán los requerimientos necesarios, para especificarlos en los requisitos funcionales, los cuales describirán cómo deben funcionar los componentes del sistema ITS. Los requisitos funcionales son necesarios, deben ser alcanzables, estar vinculados al ConOps y las metas generales ITS, además de ser adecuados y verificables.

Con base en estos requerimientos se plantea el Proyecto Ejecutivo, que es el diseño final de un proyecto ITS específico. En este proyecto ejecutivo es donde se definen los subsistemas a utilizar, los planos de construcción, comunicaciones y conexiones, etc. Debido a que un proyecto se basa en los ConOps que a su vez toman como referencia la Arquitectura ITS, el Plan Maestro y todos los elementos del Plan ITS se recomienda que se establezca la interoperabilidad y eficiencia de cada subsistema en el proyecto. En el

Proyecto Ejecutivo también estarán definidos los indicadores de desempeño de operación recomendados para verificar que el sistema opera de forma adecuada.

La construcción, instalación y desarrollo del sistema se llevará a cabo apegándose a lo estipulado en el Proyecto Ejecutivo y respetando la normatividad que se aplique. La aceptación del sistema será realizada a través del uso de cuatro pruebas: pruebas de aceptación de fábrica, pruebas preliminares de los subsistemas, pruebas independientes en el sitio, y pruebas de aceptación del sistema completo. La experiencia indica que es conveniente llevar a cabo las pruebas en el orden indicado para cada pieza de equipo, subsistema y componente. Es importante que los resultados sean validados con lo estipulado en las etapas anteriores. Cada una de las etapas de prueba, se describen a continuación.

Pruebas de Aceptación de Fábrica: el contratista, constructor o concesionario responsable para la construcción e integración del sistema ITS deberá llevar a cabo pruebas de aceptación de fábrica, conforme se requiera, en las instalaciones del fabricante de los equipos antes de enviar el equipo al sitio del proyecto para verificar que el mismo cumpla con los requisitos contenidos en las etapas anteriores. La experiencia que se tiene en proyectos ITS indica que esta etapa es importante puesto que muchos equipos ITS provienen de otros países y una vez que han sido despachados al sitio de instalación, resulta difícil y costoso obligar al constructor o concesionario asumir responsabilidades en el caso de que ocurriera alguna falla o falta de cumplimiento con los requerimientos funcionales que se especifican para un proyecto. Por esta razón es importante probar los equipos de mayor relevancia en un proyecto ITS en las instalaciones de los fabricantes verificando que cumplan con la interoperabilidad requerida antes de permitir que el responsable de la implementación haga la adquisición de equipamiento.

Pruebas preliminares de Subsistemas: el contratista, constructor o concesionario responsable de la integración del sistema ITS deberá llevar a cabo pruebas preliminares de los subsistemas en las instalaciones pertinentes para verificar que cada subsistema individual satisface los requisitos de interoperabilidad contenidos en las etapas anteriores. Estas pruebas deberán ser conducidas y aprobadas antes de la instalación del equipo. La experiencia

indica que esta etapa es relevante porque una vez que un constructor o concesionario tiene los equipos instalados y calibrados en sus estructuras en un proyecto ITS, se vuelve complejo exigir al responsable de integración que desinstale y reconfigure los equipos en el caso de alguna falla o falta de cumplimiento con las especificaciones de un proyecto. Es menester probar los equipos de un proyecto ITS en las instalaciones del constructor o concesionario antes de permitir que el integrador haga la instalación y configuración definitiva del equipamiento en sitio.

Pruebas Independientes en el Sitio: el contratista, constructor o integrador responsable para la implantación del sistema ITS deberá llevar a cabo pruebas independientes en el sitio para cada dispositivo en el campo de manera individual para verificar que cada dispositivo satisfaga los requisitos establecidos en las etapas anteriores. Se deben conducir estas pruebas antes de la interconexión de cualquier dispositivo al sistema de comunicaciones que lo enlace con el Centro de Control y Operación (CCO). Esta etapa es importante para poder identificar cualquier posible falla o falta de cumplimiento con los dispositivos individualmente, antes de interconectarlos a otros elementos del sistema.

Pruebas de Aceptación del Sistema ITS Completo: el contratista, constructor o integrador responsable para la implantación del sistema ITS deberá llevar a cabo una prueba integral de aceptación del sistema desde el Centro de Control y Operación. El objetivo será verificar que cada subsistema cumpla con los requisitos contenidos en las etapas anteriores una vez que estén totalmente integrados y operando como un solo sistema.

Una vez que el sistema haya sido probado y se ponga en marcha, el responsable del proyecto debe mantener la operación eficiente del mismo. Está obligado a desarrollar e implementar un programa de operación y mantenimiento que incluya un plan de mejoras continuas para asegurar la operación eficiente del Sistema ITS además de cumplir con los indicadores de desempeño. En el caso de proyectos ITS operados por el sector público, el responsable del proyecto será la misma dependencia quien tendrá que dedicar recursos para poder garantizar la operación y mantenimiento del sistema. En el caso de proyectos ITS operados por un concesionario, el responsable del proyecto será el propio concesionario.

Para poder garantizar el uso de la metodología de Ingeniería de Sistemas en los proyectos ITS desarrollados tanto por organismos públicos como por sector privado, se deberá contar con el desarrollo y aprobación de un Plan de Cumplimiento que rija sobre los procesos de planeación, diseño y construcción.

Una manera de lograr el objetivo, será que el organismo líder del proyecto tenga como requisito la aprobación de cada etapa del Plan de Cumplimiento para autorización de liberación al integrador responsable, durante el desarrollo del proyecto.

4.3 ESFERA DE SERVICIOS EN ITS

Las necesidades preponderantes en los sistemas de transporte y los servicios que deben atenderse, tienen fundamento en la Arquitectura ITS Nacional y el Plan Estratégico ITS. De acuerdo a esto, las necesidades con prioridad de atención para el sistema carretero son las siguientes:

- Reducir los accidentes, muertes y heridos en la Red Carretera
- Incrementar la seguridad en el traslado de mercancías en todo el sistema de transporte
- Mejorar la consistencia de los estándares de información de la carga
- Operar de manera segura y eficiente el transporte de carga
- Depurar la operación de los ingresos y fijación de tarifas
- Incluir los sistemas de pago electrónico en sistemas de transporte
- Mejorar la gestión del tránsito
- Optimizar el registro y atención de incidentes
- Eficientar la gestión de emergencias ante desastres e incidentes
- Implantar información para viajeros fiable y oportuna

De acuerdo al análisis realizado para atender las necesidades, se establecen esferas de servicios prioritarios a ser prestados por ITS:

Esfera	Grupo de Servicio	Servicios	Necesidad cubierta
Información para viajeros	Información previa al viaje	• Información vial y de tránsito	
		• Información previa al viaje - transporte público de pasajeros (autobuses y trenes/metro)	
		• Información vehículos de carga	
		• Información personal interactiva	
		• Diseño de rutas multimodales e información tiempo real	

Esfera	Grupo de Servicio	Servicios	Necesidad cubierta
	Información durante el viaje	• Información a un lado del camino	
		• Señalización a bordo del vehículo	
		• Información sobre estacionamiento	
		• Información en el vehículo de transporte público de pasajeros	
		• Información mediante dispositivos móviles	
	Información de servicios durante el viaje	• Información a bordo del vehículo	
		• Información personal interactiva	
		• Información ubicación dedicada (radio de avisos viales locales, servicios relacionados con los viajes e instalaciones)	
	Navegación y guiado de ruta previa al viaje	• Guiado dinámico de ruta en el vehículo y programación de navegación	
		• Guiado para viajes multimodales integrados	
		• Guiado de ruta para peatones y ciclistas	
	Guiado de ruta y navegación durante el viaje	• Navegación autónoma a bordo del vehículo	
		• Guía de ruta dinámica y de navegación a bordo del vehículo (con base en información de la red en tiempo real)	
		• Guía integral de viajes multimodales	
Gestión y operación de tránsito	Control de tránsito	• Monitorización de tránsito	
		• Monitorización de la red vial a través de vehículos sonda	
		• Control de sistemas de tránsito (semaforización)	

Esfera	Grupo de Servicio	Servicios	Necesidad cubierta
		Mejoras en la movilidad de personas vulnerables y/o con necesidades especiales	
		Control de autopistas/vialidades urbanas	
		Tratamiento preferencial en el control de tránsito (prioridad en semáforos)	
		Gestión de carriles reversibles	
		Coordinación del control vial a nivel y de autopistas/vialidades urbanas a nivel interjurisdiccional	
		Gestión de enlace carretera y ferrocarril / puente levadizo	
		Gestión y monitoreo de instalaciones de estacionamientos	
		Pronóstico de tránsito y gestión de la demanda de tránsito	
	Gestión de la demanda	Fijación de tarifas carreteras variables	
		Gestión de acceso a zonas con alta congestión	
		Gestión de carriles para vehículos de alta ocupación	
		Gestión del transporte con base en la calidad del aire	
		Gestión del tránsito en zonas de obras	
	Gestión del mantenimiento de la infraestructura de transporte	Gestión de construcción y mantenimiento carretero	
		Mantenimiento relacionado con el clima	
		Gestión de infraestructura	

Esfera	Grupo de Servicio	Servicios	Necesidad cubierta
		Gestión de servicios básicos e infraestructura ITS	
	Gestión de eventos e incidentes relacionados con el transporte	Asistencia a conductores en las vías	
		Gestión del tránsito en el sitio del incidente	
		Coordinación de las actividades de construcción y mantenimiento	
		Gestión y monitoreo de materiales peligrosos	
	Monitorización de velocidad en las vías	Uso de paneles dinámicos para indicar el límite de velocidad variable según condiciones de tránsito	
		Uso de paneles dinámicos para indicar la velocidad de viaje a los conductores	
	Gestión para el cumplimiento de las leyes de tránsito	Uso de cámaras para violaciones al límite de velocidad	
		Uso de cámaras para violaciones con respecto a cruzar en rojo en una intersección semaforizada	
Servicios Vehiculares	Mejora de la percepción relacionada con el transporte	Gestión de la percepción del conductor a bordo del vehículo: sensores a bordo, pantallas transparentes con despliegue de información	
	Operación vehicular automatizada	Operación carretera automatizada	
		Maniobras automatizadas a baja velocidad	
		Estacionamiento preciso para vehículos de transporte público	
		Control automatizado de navegación	
	Prevención de choques	Prevención de choques frontales	
		Prevención de choques laterales	

Esfera	Grupo de Servicio	Servicios	Necesidad cubierta
		Prevenición de choques en las intersecciones	
	Estado de alerta para la seguridad	Monitorización de los sistemas internos de los vehículos	
		Monitorización de las condiciones externas del vehículo	
	Implantación de dispositivos de seguridad antes del choque	Despliegue de dispositivos de seguridad antes del choque	
Transporte de carga	Procesos administrativos para vehículos de carga	Registro automatizado de licencias (solicitante)	
		Administración automatizada de vehículos de carga	
		Cruces fronterizos automatizados	
	Gestión de flotas de transporte de carga	Seguimiento de flotas de vehículos de carga	
		Despacho de flotas de vehículos de carga	
		Rastreo de contenedores	
	Gestión de información intermodal	Intercambio de información de arribos de contenedores y vehículos (los usuarios son las flotas y transportistas y nodos intermodales)	
		Acceso a información de los dueños de la carga (los usuarios son los dueños de la carga y los embarcadores)	
	Gestión y control de centros intermodales	Gestión de la central intermodal	
		Control de vehículos y contenedores intermodales	
	Gestión de carga peligrosa	Registro e intercambio de datos del transporte de carga peligrosa	
		Coordinación de flotas de transporte	

Esfera	Grupo de Servicio	Servicios	Necesidad cubierta
		de carga peligrosa	
		• Coordinación policiaca/ de seguridad para el transporte de carga peligrosa	
	Inspección automática de seguridad	• Acceso remoto a información de la seguridad de vehículos de carga	
		• Monitorización del peso de los vehículos	
		• Pesaje de vehículos de carga en movimiento	
	Monitorización de seguridad a bordo de vehículos de carga	• Monitorización de los sistemas internos de los vehículos de carga	
		• Monitorización del estado de alerta de los conductores de vehículos de carga	
Transporte público de pasajeros	Gestión del transporte público de pasajeros	• Monitorización de los sistemas internos de los vehículos del transporte público de pasajeros	
		• Seguimiento de flotas de vehículos de transporte público de pasajeros	
		• Servicios de programación para el transporte público	
		• Conteo automático de pasajeros de vehículos de transporte público	
	Transporte público de pasajeros compartido y adaptable a la demanda	• Despacho de flotas de transporte público de pasajeros con necesidades especiales	
		• Viajes compartidos dinámicos	
Gestión de emergencias, desastres y/o seguridad	Notificación de emergencias y desastres relacionadas con	• Recepción y despacho para llamadas de emergencia, desastre y/o seguridad	
		• Despacho automático de emergencias, desastre y/o seguridad	

Esfera	Grupo de Servicio	Servicios	Necesidad cubierta
	el transporte y la seguridad	• Monitorización automatizada de vehículos robados e intrusión	
		• Recolección e intercambio de información de desastres	
		• Información de emergencias por área	
	Gestión de vehículos de emergencia	• Seguimiento de flotas de vehículos de emergencia	
		• Vehículos de emergencia - coordinación de Control y Operación	
	Gestión de incidentes y materiales peligrosos	• Seguimiento de vehículos con materiales peligrosos	
		• Monitorización de vehículos con materiales peligrosos y explosivos (fija o móvil)	
		• Servicios de autorización previa para materiales peligrosos	
Pago electrónico referente al transporte	Transacciones financieras electrónicas relacionadas con el transporte	• Pago electrónico de tarifas de transporte público de pasajeros (metro/tren ligero)	
		• Pago electrónico de tarifas de transporte público de pasajeros (autobuses)	
		• Cobro electrónico de cuotas	
		• Pago electrónico de estacionamiento	
		• Pago electrónico de servicios (por ejemplo, información para viajeros, reservaciones)	
	Integración de servicios de pago electrónico en el transporte	• Integración de los sistemas de pago electrónico multijurisdiccional	
		• Integración de los sistemas regionales de pago intermodal	

Esfera	Grupo de Servicio	Servicios	Necesidad cubierta
Seguridad referente al transporte carretero	Seguridad en el transporte público de pasajeros	• Alarma silenciosa	
		• Alerta automática de emergencia para el transporte público	
		• Detección de invasiones/intrusiones	
		• Vigilancia en el seguridad referente al transporte carretero	
	Mejoras en la seguridad carretera para vehículos del sector público	• Sistemas para monitorear vehículos del sector público	
	Intersecciones y enlaces inteligentes	• Aviso anticipado de la existencia de semáforos	
		• Sistemas de advertencia y señalización dentro del vehículo	
Condiciones climatológicas y ambientales	Monitorización Climatológica	• Monitorización de la información sobre las condiciones climatológicas en la red vial	
		• Pronóstico de las condiciones climatológicas en el camino	
	Monitorización de las condiciones ambientales	• Monitorización y pronóstico del nivel de las aguas/mareas	
		• Monitor sísmico	
		• Monitor de la calidad del aire	
Administración de almacenamiento de datos	Archivo de datos	• Archivo de datos ITS	
	Almacenamiento de datos	• Depósito físico para archivos de datos ITS	
		• Depósito virtual para archivos de datos ITS	

Fuente: propia en concordancia con Plan Estratégico ITS Nacional (2010)

4.4 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE SUBSISTEMAS ITS

El análisis costo – beneficio de un subsistema ITS se basa en la comparación de costos causados por el proyecto contra los beneficios directos e indirectos que genera el mismo, de forma tal que se logre determinar la viabilidad de un proyecto por su generación de impactos positivos para la sociedad y por la determinación de un momento óptimo para iniciar la inversión, el cual se debe ubicar dentro del horizonte de evaluación del proyecto.

Al evaluar un proyecto carretero, los principales beneficios que se obtienen, surgen de comparar las situaciones con o sin proyecto para el tránsito en tramos actuales y futuros a construir. Además de los beneficios directos, se deben de considerar los beneficios indirectos esperados que se tendrían por efectos del subsistema ITS.

Los criterios principales para el desarrollo de una evaluación adecuada son los siguientes:

- El análisis debe ser transparente y permitir la simple actualización de los parámetros que definen los impactos.
- La metodología debe proporcionar resultados precisos, así como ser objetiva y no sesgada.
- La metodología debe permitir la comparación de los resultados de la evaluación de proyectos ITS y de proyectos convencionales de infraestructuras.
- El análisis debe incluir pruebas de sensibilidad rigurosas.
- La metodología debe considerar el efecto combinado de la aplicación de diversas combinaciones de ITS.
- La metodología debe ser desarrollada de forma que se evite la doble contabilización de los beneficios.
- Los proyectos referenciales deben basarse en las condiciones operacionales representativas del conjunto de infraestructuras viales de México.

El análisis de los proyectos, en particular de los proyectos ITS, puede ser realizado desde distintos enfoques. No obstante, existen en Europa y en Estados Unidos directrices a observar para realizar cualquier tipo de evaluación. Los siguientes principios rectores de los procesos de evaluación en

Europa y Estados Unidos de América son recomendados por el IBEC (International Benefits, Evaluation and Costs Working Group), organismo especializado en la evaluación de sistemas ITS.

Europa

- Definir claramente los motivos para llevar a cabo la evaluación.
- Usar y ampliar enfoques nacionales para las evaluaciones pre-implementación y post - implementación.
- Asegurar que los objetivos nacionales son aceptados dentro del marco de evaluación.
- Establecer claramente los objetivos de la aplicación.
- Describir claramente el entorno donde se implanta la aplicación ITS.
- Describir claramente el criterio de medición que se va a tomar.
- Determinar el alcance espacial y temporal de la evaluación.
- Utilizar indicadores sólidos para medir los impactos de la aplicación.
- Expresar los resultados en números reales, y no solo en números relativos.
- Si procede, indicar el nivel de representación estadística del resultado.
- Aportar información de soporte.

EUA

- Centrar los recursos de evaluación en las áreas con escasez de datos.
- Desarrollar y seguir un enfoque normalizado.
- Utilizar métodos científicos sólidos.
- Permitir la visibilidad del proceso.
- Asegurar la consistencia de la evaluación, y su posible aplicación a casos similares.
- Establecer cuidadosamente el contexto de aplicación.
- Documentar e informar de los impactos, tanto positivos como negativos.

La selección de la estrategia de evaluación, en función de las características del proyecto, se encuentra dentro de la etapa de desarrollo del propio análisis y está formada por las siguientes tareas:

- Definir claramente los objetivos y metas que se desean alcanzar.
- Identificar las necesidades de los usuarios a las que se está dando respuesta con dicho proyecto.
- Definir el enfoque de la estrategia de evaluación, en función de las características del proyecto:
- Evaluación técnica:
 - Dedicada a evaluar parámetros técnicos de los sistemas implementados, comprobando hasta qué punto cumplen los requerimientos y objetivos técnicos previstos, como tiempos de reacción de los sistemas, capacidades de la red, fiabilidad del hardware, etc.
- Evaluación de impacto:
 - Dedicada a obtener una medida o estimación de los efectos de la implementación de un subsistema, dedicada únicamente a los grupos de usuarios afectados por dicho subsistema o servicio. Los efectos a analizar pueden referirse a distintos ámbitos, como pueden ser seguridad, emisión de gases contaminantes, consumo de combustible, etc.
- Evaluación de la satisfacción de los usuarios:
 - Se utiliza este enfoque cuando se desea conocer y poner en valor la opinión de los usuarios sobre el subsistema objeto de estudio. Entendiendo como usuarios, según corresponda, a los operadores del subsistema, a los usuarios de un medio de transporte colectivo, a los conductores particulares, etc.

- Evaluación financiera:
 - Es una valoración económica aislada del subsistema analizado, teniendo en cuenta sus costos y el retorno económico esperado, sin tener en cuenta posibles influencia sobre factores externos. Una entrada importante en este tipo de estudios es la certeza de que existe demanda para el servicio a implantar, asegurando el retorno económico.
 - Es apropiada cuando una aplicación o subsistema tiene por objeto incidir en los costos de capital y operación de un servicio de transporte.
- Evaluación socio-económica:
 - Se basa en la estimación de las ganancias y pérdidas de la sociedad asociadas a la implementación, comparándolas bien con otras disponibles o bien con la alternativa de mantener la situación existente.
 - Puede incluir medidas monetarias propias de un análisis de costo - beneficio, tanto directas como indirectas y también estimaciones de medidas no monetarias.

4.5 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO

Los criterios para evaluar los subsistemas, estarán sujetos al análisis contemplado en el punto anterior, sin embargo la evaluación detallada de su desempeño dependerá de su entorno, de cómo se consideran sus capacidades de interrelación con otros sistemas, así como los servicios al usuario efectivamente prestados, en comparación con los esperados. Esta evaluación estará ligada parcialmente a la evaluación Costo-Beneficio, ya que además de los indicadores de desempeño de operación de los sistemas, se hará una comparación de los beneficios medibles obtenidos contra lo pronosticado, con el propósito principal de comprobar que efectivamente el subsistema tiene un desempeño adecuado o en su caso, mejorarlo.

La evaluación de los subsistemas ITS, se realizará por medio de indicadores de desempeño de operación. El objetivo de estos indicadores será:

- Medir y calificar de forma oficial la operación integral del sistema.
- Establecer la periodicidad para la medición del desempeño en el tiempo de cada subsistema, así como el formato de registro para su evaluación estadística.
- Auxiliar al responsable de operación en la identificación de áreas problemáticas.
- Formular las recomendaciones de ajuste, tanto cuantitativa como cualitativamente en los equipos y modos de operación ante la posible desviación de los valores esperados en desempeño.
- Establecer las penalizaciones acordadas entre las entidades responsables de operación a consecuencia de desempeños por debajo de los valores esperados.

Los indicadores de desempeño se desarrollarán en detalle para cada proyecto y sus resultados se analizarán periódicamente (recomendable cada 6 meses). Su enfoque hará hincapié en los objetivos que se tienen y en los cuales se fundamentan estos indicadores: seguridad, eficiencia de tránsito, confiabilidad de información y confort para los usuarios.



F-36 Diagrama de Indicadores de Desempeño para Subsistemas ITS

Este tipo de evaluaciones resultan muy diferentes a la medición simple de actividades realizadas, deberán hacerse con un enfoque cualitativo por medio de la cual se pueda determinar si dichas acciones realmente tuvieron un impacto positivo en la operación de la carretera.

Finalmente, los responsables de la operación del sistema ITS estarán sujetos a penalizaciones asociadas a los Indicadores de desempeño según lo establecido en el contrato de operación pertinente, con la finalidad de incentivar el cumplimiento al nivel de desempeño para operación continua y mantenimiento.



5. DETERMINACIÓN FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS ITS

5. DETERMINACIÓN FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS ITS

5.1 CENTRO DE CONTROL Y OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS ITS



Estación de Operación en Centro de Control

Objetivos Operacionales

El Centro de Control y Operación (CCO) será la instalación que actúe como el centro de mando central de todas las actividades de operaciones de los Sistemas ITS, gestión de tránsito, gestión de incidentes y todas las actividades para proveer información al viajero que son responsabilidad del concesionario.

La ubicación del CCO responderá a las necesidades del Sistema ITS, de accesibilidad a los servicios y otros factores relevantes. Asimismo contará con operadores, que cubrirán los turnos necesarios para mantener la operación 24 horas al día, 7 días la semana, los 365 días del año.

Todos los dispositivos ITS de una concesión estarán conectados en tiempo real, al CCO a través del subsistema de comunicaciones. Los operadores usarán un programa computacional (software maestro) para tener acceso, ver y controlar, en tiempo real, todos los dispositivos y programas ITS (software particular) del concesionario.

Los operadores del CCO usarán el Software Maestro para recibir, ingresar, analizar y manejar toda la información y dispositivos que se utilizarán en la operación integral.

Consideraciones de Diseño

El CCO será construido, equipado y listo para ocuparse antes de terminar la fase de la instalación de los dispositivos ITS en carretera, con la finalidad de gestionar integralmente los subsistemas.

Las salas y espacios dentro del CCO estarán diseñados para acomodar a los operadores y previendo una expansión razonable en función del incremento de dispositivos ITS y/o de personal durante la vida de la concesión.

Elementos Físicos

El subsistema Centro de Control y Operación (CCO) integra los siguientes elementos básicos:

- Medios de transmisión. Existen diferentes tipos, los más comunes son:
 - Cable coaxial
 - Fibra óptica
 - Transmisión inalámbrica
- Software maestro
- Sistema de alimentación de energía eléctrica.
- Sala de control con cubículos para los operadores.
- Sala climatizada de cómputo y telecomunicaciones.
- Al menos una oficina privada.
- Controles de acceso.
- Baños.
- Sala de juntas.
- Sala de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire.
- Planta de emergencia.

Especificaciones:

Las especificaciones del CCO variarán de acuerdo a las necesidades de cada proyecto, las cuales se definen en cada proyecto ITS específico.

Disposición física:

- La ubicación del CCO responderá a las necesidades del Sistema ITS, de accesibilidad a los servicios según los factores relevantes definidos en proyecto ITS específico.

Instalaciones:

- La ubicación del CCO responderá a las necesidades del Sistema ITS, de accesibilidad a los servicios y factores relevantes determinados en proyecto ITS específico.
- El CCO será construido, equipado y listo para ocuparse antes de terminar la fase de la instalación de los dispositivos ITS en carretera, con la finalidad de gestionar integralmente los subsistemas.
- Todos los dispositivos ITS de una concesión estarán conectados, en tiempo real, al CCO a través del subsistema de comunicaciones.
- Las salas y espacios dentro del CCO estarán diseñados para acomodar a los operadores y previendo una expansión razonable en función del incremento de dispositivos ITS y/o de personal durante la vida de la concesión.

Software

- Los operadores del CCO usarán un solo programa computacional (software maestro) para tener acceso, ver y controlar, en tiempo real, todos los dispositivos ITS del concesionario.
- El software maestro se encargará de administrar cada uno de los equipos bajo sus programas originales (software subordinado) de manera transparente para los operadores del CCO.

Protecciones

Siempre que sea posible existirá un sitio para estacionar los vehículos de manera segura, sin necesidad de bloquear carriles. Asimismo, el CCO se localizará donde sea accesible a pie. En todos los casos debe existir una vía segura para permitir el acceso del personal.

Los criterios más relevantes para la localización de estos elementos, y su correspondiente protección son los siguientes:

- Sistema de Control de Acceso
- Estaciones de Trabajo

Relación con Subsistema de Energía:

- El CCO será el elemento especialmente energizado y verificado su suministro 24 horas x 365 días al año, tanto con las fuentes originales de energía como con los sistemas suplementarios in-interrumpibles.
- La falla en los sistemas de energía para el Centro de Control y Operaciones equivaldría a la falla en la totalidad de los Sistemas ITS ya que se deshabilitaría la capacidad de interactuar con la totalidad de los equipos en carretera.

Integración con Subsistema de Comunicaciones:

- El Centro de Operación y Control será, por definición, el centro neurálgico de las comunicaciones de la totalidad de los Sistemas ITS relativos al tramo carretero.
- Los servidores, concentradores, ruteadores y la totalidad de los elementos centrales del subsistema de comunicación, se encuentran mayoritariamente alojados en el CCO.
- El diagnóstico de desempeño y monitorización de la totalidad de los sistemas de comunicación para los ITS del tramo se lleva a cabo desde el CCO, donde se deberá contar con capacidades de restablecimiento inmediato de cualquier disfunción, en función de operar las comunicaciones, independientemente de su estructura física, en formato 24 horas x 365 días del año.

Variables para operar:

- Contará con operadores, que cubrirán los turnos necesarios para mantener la operación 24 horas al día, los 365 días del año.

Reportes:

- Reporte de operación de la carretera.
- Reportes de incidentes.
- Reportes de eventos.

Análisis de Información:

- El Centro de Control y Operación (CCO) será la instalación que actúe como el centro de comando central de todas las actividades de operaciones, gestión de tránsito, gestión de incidentes y todas las actividades para proveer información al viajero que son responsabilidad del concesionario.
- La información que se procesa en el CCO tendrá los formatos tanto de reporte para la operación cotidiana, como para en su momento, la compartición de información seleccionada para otras instancias.

Toma de decisiones:

- Aplicación de planes de acción ante eventos e incidentes.
- Aplicación de planes de acción preventivos.
- Planeación de eventos agendados.
- Aplicación de desvíos

Colaboraciones con externos:

- Servicios de emergencia.
- Concesionarios de infraestructura colindante.
- Centros de Control Nacional
- Policía Federal

5.2 ENERGÍA



Arreglo de Paneles Solares en Generación Eléctrica Fotovoltaica

En general se requiere realizar lo siguiente para el desarrollo de la red de energía para un sistema ITS:

- Determinar el requerimiento total de energía
- Seleccionar una fuente de energía adecuada, basándose en la disponibilidad.
- Determinar los requerimientos de transformadores, donde sea necesario, con base en los cálculos de caídas de tensión realizados.
- Determinar y negociar las opciones de contraprestación más adecuadas con el proveedor del subsistema de energía eléctrica.

5.2.1 Requerimientos de energía

El requerimiento total de energía para cualquier dispositivo implantado, ya sea por sí solo, o bien en un sitio con varios dispositivos será la suma de:

- El requerimiento de energía de cada uno de los dispositivos.
- Los componentes del gabinete de control.

Se seleccionarán el tamaño del conductor y requerimientos de los interruptores de seguridad, con base en el escenario de “peor caso”, en el cual todos los componentes eléctricos operan a su capacidad máxima. Las cargas de cada componente serán proporcionadas por el fabricante.

5.2.2 Disponibilidad de energía

Cuando ya existe suministro de energía eléctrica, el servicio más común que se suministra es el Monofásico de baja tensión, de 120/240 VAC. Este servicio es el más utilizado para desarrollos ITS.

Un servicio de mayor voltaje puede ser requerido principalmente en sitios en donde se colocan varios tableros de señalamiento de mensaje cambiable (SMC) o dispositivos con demanda de energía mayor, todos obteniendo energía de la misma fuente.

Ocasionalmente se puede requerir de un servicio de Media tensión, cuando el punto de servicio está localizado a una distancia significativa de los dispositivos ITS. En muchos casos, es difícil localizar un dispositivo cerca de una fuente adecuada de energía, cumpliendo con los requerimientos de operación. Para esto, se debe localizar el punto de servicio de energía más cercano, adecuado a las necesidades, además de considerar la instalación de un transformador entre el punto de servicio y el dispositivo. El diseñador del subsistema debe realizar el cálculo correspondiente para determinar los medios apropiados y las características del transformador a instalar. Asimismo, se considerará el uso de medios de emergencia para desconectar la energía.

A pesar de que una compañía proveedora del servicio eléctrico sea requerida para suministrar el servicio, existen casos en los que dicho servicio se limitará a llegar al borde del derecho de vía. El punto desde el cual se suministra la energía, debe estar a una distancia razonable del desarrollo ITS. Debido a que la interpretación de dicha distancia está sujeta a la consideración de la compañía proveedora, a menudo afectada por las consideraciones de costo, el diseñador del proyecto ejecutivo será el responsable de planear la continuación de la instalación desde el punto de servicio hasta el punto de uso.

Una vez que el suministro de energía eléctrica esté disponible para el dispositivo, deben aplicarse las conversiones de voltaje, potencia y formato AC / DC (corriente alterna / corriente directa) adecuadas para cada dispositivo.

5.2.3 Acondicionamiento

El incremento repentino de voltaje, así como el ruido en la línea pueden degradar los dispositivos con el tiempo. El acondicionamiento provee protección contra el ruido, y por medio de la regulación protege a los equipos contra picos de voltaje, reduciendo el desgaste prematuro y mejorando la operación de los dispositivos.

Los rayos suelen ser una de las causas más comunes de incrementos de voltaje, propagados a través de la línea hacia los dispositivos conectados. Con tal de proteger los dispositivos, se deben tomar medidas de protección para los dispositivos, dichas medidas se dividen en cuatro componentes:

- Pararrayos en la parte superior, o cerca de la estructura de soporte,
- Sistema de tierra, que usualmente consiste en una o más varillas dispuestas a tierra.
- Sistema de supresión de picos en los gabinetes de control de los dispositivos.
- Conductor aterrizado uniendo los tres componentes anteriores.

El uso de pararrayos se prefiere para los desarrollos que involucran dispositivos colocados a una altura mayor, tales como cámaras CCTV, antenas o tableros de señalamiento de mensaje cambiable (SMC). Usualmente los pararrayos no se instalan en desarrollos relativamente bajos, donde existen estructuras más altas en la cercanía.

El uso de los pararrayos en conjunto con conductores a tierra, puede ser útil para desviar las descargas eléctricas de los rayos lejos del dispositivo. Este tipo de instalaciones son útiles sólo si tanto el pararrayos como las terminaciones y los conductores son suficientemente robustos para conducir y resistir las descargas.

5.2.4 Supresión de picos

En general, los supresores de picos proveen protección desviando el exceso de energía al suelo, por lo tanto, es pertinente el uso de supresores en conjunto con un conductor y un sistema a tierra adecuadamente diseñado.

Los cables de comunicaciones y los cables de los dispositivos también pueden ser afectados, por lo cual, es necesario reforzar las medidas que pueden tomarse para proteger el cableado de una instalación ITS.

5.2.5 Sistema de energía de respaldo o in-interrumpible

Fallas de energía que ocurren continuamente y el reinicio de los dispositivos generalmente causan fallas prematuras. Apagones de forma intermitente son generalmente ocasionados por la caída de tensión en la línea, que a su vez se deben a leves disminuciones de suministro en la fuente, las cuales duran segundos, o bien a fallas en el suministro de energía que pueden durar varios minutos.

Por esta razón, se requiere de un sistema de energía in-interrumpible como parte del arreglo de provisión de energía eléctrica, el cual permitirá que las anomalías provenientes de la fuente no causen efectos en los dispositivos. Existen en el mercado diferentes productos de este tipo, que además de

proveer la energía sin interrupción, tienen características adicionales, como por ejemplo, acondicionamiento de la energía.

Asimismo, las especificaciones para el sistema de energía in-interrumpible variarán entre los distintos dispositivos y los requerimientos de operación con los que cuentan, en todo caso, dicho sistema proveerá energía al equipo de comunicaciones del dispositivo por un periodo de cuando menos 60 minutos, en casos de falta de suministro de energía.

5.2.6 Energía solar (fuentes fotovoltaicas)

En áreas remotas, o como sistema adicional de energía, es posible usar energía solar para algunas aplicaciones ITS con requerimientos de baja potencia. Se sugiere que este sistema de energía sea la última opción, en caso de que no existan alternativas disponibles. Las consideraciones que se tomarán en cuenta para la instalación de este tipo de sistemas son:

- Potencia requerida por el sistema.
- Porcentaje de tiempo en el que el sistema opera.
- La cantidad de tiempo que el sistema opera en ausencia de luz solar.
- La localización geográfica y la cantidad de sol recibida.

Un sistema de energía solar se compone de paneles fotovoltaicos, un banco de baterías, cableado y un sistema de conversión/carga de energía, el cual convierte la energía proveniente de los paneles en energía para almacenar y a la vez, acondiciona la energía almacenada para su uso por el dispositivo. Este sistema ocasionalmente puede ser la única fuente de energía para algunos dispositivos, más comúnmente se utiliza como un suplemento a la fuente principal de energía.

Este tipo de sistemas se pueden utilizar solamente en áreas en donde existe suficiente radiación solar. Con la finalidad de recibir la mayor cantidad posible de radiación solar, los sitios en el hemisferio norte, como es el caso de México,

deben orientar los paneles solares hacia el Sur. La inclinación de los paneles debe corresponder aproximadamente a la latitud del sitio de instalación.

El banco de baterías y los paneles solares tendrán la capacidad y tamaño suficientes para soportar la operación completa de las cargas conectadas por cuando menos 24 horas. Para todos los casos en los que se desee instalar este tipo de sistema, debe realizarse el cálculo por parte del diseñador y del proveedor del sistema, y revisarse antes de la aceptación de un diseño.

Con tal de que los paneles solares tengan radiación solar de forma directa, es común que se requiera la poda de árboles cercanos de forma continua. Asimismo como resultado de temperaturas extremas, tanto bajas como altas, el desempeño de las baterías disminuye por lo cual el sistema de baterías debe estar aislado.

5.2.7 Sistemas opcionales de respaldo (Planta)

Para sistemas considerados como críticos, y especialmente en el Centro de Control y Operación, se considerará la instalación de un sistema de energía de respaldo, que pueda proporcionar energía en suficiencia de forma continua, ante una falla de energía. Estos sistemas usualmente consisten en un generador de motor a diésel.

También será posible considerar para algunos casos el uso de un generador móvil para un desarrollo ITS como una solución temporal.

5.2.8 Normativa

- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- Ley Federal de Metrología y Normalización.
- Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- Reglamento de la Ley Federal de Metrología y Normalización.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas.
- Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.

5.3 TELECOMUNICACIONES



Antenas para Transmisión/Recepción de Radiocomunicación WiMax

De manera análoga a los subsistemas de energía, los subsistemas de comunicación conforman la plataforma de infraestructura necesaria para cualquier equipamiento ITS en carreteras.

Elementos Físicos

Los elementos físicos para el sistema de comunicación dependerán de los requerimientos particulares de cada proyecto.

Los principales elementos a ser analizados son si la comunicación entre el dispositivo y el Centro de Control será continua, y el ancho de banda que requerirá dicha comunicación.

Los medios de transmisión entre el Centro de Control y los elementos en el campo que son apropiados para ser considerados en sistemas ITS son los siguientes:

- Fibra óptica
 - Cable de fibra óptica monomodo, de cuando menos 36 hilos
 - Tritubos para instalación de la fibra en campo.
 - Repetidores ópticos.
 - Registros para dar acceso a la red de fibra óptica.
 - Adaptadores y conectores para los dispositivos.
- Cable coaxial
 - Cable coaxial con impedancia de acuerdo a las características de la señal a transmitir.
 - Ductos para instalación en campo.
 - Repetidores.
 - Adaptadores y conectores para los dispositivos.
- Transmisión inalámbrica
 - Se requerirá de transmisores, antenas, receptores y repetidores adecuados para cualquiera de los siguientes sistemas de comunicación inalámbrica.
 - Sistema de transmisión por Radiofrecuencia
 - Sistema de transmisión por celular
 - Red satelital
- Software de gestión y monitoreo de la red de comunicación
- Elementos de instalación
- Racks
- Gabinetes
- Elementos de fijación
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica
- Considerar la necesidad de excavación e instalación subterránea.

Función del elemento físico:

- Fibra óptica
 - Cable de fibra óptica monomodo, de cuando menos 36 hilos: Medio de transmisión de gran ancho de banda y velocidad. La fibra monomodo permite alcanzar distancias mayores entre repetidores.
 - Tritubos para instalación de la fibra en campo: Elementos para instalación subterránea de la fibra.
 - Repetidores ópticos: Elementos que reciben la señal y la retransmiten con la finalidad de eliminar el efecto de atenuación.
 - Registros para dar acceso a la red de fibra óptica: Elementos enterrados que permiten ubicar elementos de instalación para la fibra óptica, realizar conexiones, así como alojar reservas de cable y cajas de empalme.
 - Adaptadores y conectores para los dispositivos: Elementos que permiten la conexión de la fibra óptica con los diferentes dispositivos, acordes a las entradas y salidas que estos requieren.
- Cable coaxial
 - Cable coaxial con impedancia de acuerdo a las características de la señal a transmitir: Medio de transmisión, usado comúnmente para redes de

- transmisión de datos y redes de telefonía. Debido a las nuevas tecnologías, se sugiere su uso para comunicaciones en sitio, o solamente en caso de no existir la opción de instalación o uso de una red de fibra óptica.
- Ductos para instalación en campo: Elementos para instalación subterránea del cable.
- Repetidores: Elementos que reciben la señal y la retransmiten con la finalidad de eliminar el efecto de atenuación.
- Adaptadores y conectores para los dispositivos: Elementos que permiten la conexión del cable coaxial con los diferentes dispositivos, acordes a las entradas y salidas que estos requieren.
- Transmisión inalámbrica
 - Transmisor: Generador de la señal de salida, que por medio de la antena será enviada a otro dispositivo.
 - Antenas: Dispositivo que por medio de ondas de radiofrecuencia, recibe y transmite información.
 - Receptores: Recibe la señal de la antena, y la convierte en información que puede ser utilizada por el dispositivo receptor.
 - Repetidores: Elementos que reciben la señal inalámbrica y la retransmiten con la finalidad de eliminar el efecto de atenuación.
- Software de gestión y monitoreo de la red de comunicación: Programa de cómputo por medio del cual es posible gestionar el subsistema de comunicaciones y saber el estado actual de la misma, así como posibles fallos en la misma.
- Elementos de instalación: Proporcionan al subsistema estabilidad y protección.
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica: Proporcionará energía eléctrica para la operación de los dispositivos.

Especificaciones:

- El subsistema de telecomunicaciones estará disponible y en total operación todo el tiempo, por lo cual el diseño realizado en el proyecto ejecutivo estará planeado para dicho nivel de desempeño.
- Cualquier línea rentada que sea utilizada, particularmente conexiones de celular ofrecidas por proveedores comerciales deben ser probadas totalmente con tal de ratificar la disponibilidad del subsistema y su velocidad en todos los sitios del campo donde el servicio será usado, para garantizar que los requisitos de disponibilidad sean cumplidos.
- En caso de contar con sistemas ITS conectados a través de diferentes medios de transmisión, se analizará si las características de comunicación provistas por la red completa, son adecuadas.
- El responsable del sistema ITS diseñará y presentará un plan de mantenimiento, reemplazo y reparación del sistema. En el caso de los sistemas de terceros, cumplirá con un plan de contingencia, con el fin de asegurar en todo caso el cumplimiento del nivel de desempeño.

- Todo el material y equipo será nuevo y en producción actual. Cada componente principal de equipo tendrá modelo y número de serie del fabricante en un lugar visible.
- Se considerará la posibilidad de poder aumentar la capacidad del subsistema con la instalación de componentes modulares. Siempre que sea posible, los componentes del subsistema serán diseñados para facilitar el mantenimiento a través del reemplazo de partes y montaje modular.
- Los componentes serán colocados y montados de modo que sean accesibles al personal de mantenimiento.
- Los componentes utilizados serán física, eléctrica y funcionalmente intercambiables con componentes equivalentes. El reemplazo de componentes equivalentes no requerirá de modificaciones al subsistema. Piezas únicas diseñadas en particular o personalizadas no deberán ser utilizadas.
- Se tomarán medidas para garantizar la seguridad de la información durante la transmisión por medio del cifrado de la misma.
- El equipo y la instalación del equipo deberán ajustarse a todas las partes aplicables que se estipulen las regulaciones de trabajo y seguridad de la SCT y las autoridades locales.
- Los cables serán instalados en dispositivos protectores como ductos y se preferirá la instalación subterránea u oculta en estructuras apropiadas. Se evitará la instalación de cables expuestos.
- Fibra óptica
 - Se preferirá el uso de fibra óptica siempre que sea posible, debido a que es el medio de transmisión más eficiente.
 - Se preferirá el uso de fibra óptica monomodo, diseñada para operar en el rango que cumpla las especificaciones de comunicación de los equipos.
 - El cable de fibra óptica será de cuando menos 36 hilos, totalmente seco y libre de gel.
 - El cable de fibra óptica y el resto de elementos como cajas de empalmes, distribuidores ópticos, conectores, etc. serán compatibles.
 - Se cumplirán las normas referidas en el presente documento, tanto para las especificaciones de la fibra como para su instalación.

- Cable coaxial
 - La utilización de este medio de transmisión se sugiere para conexiones a corta distancia. Para conexiones a larga distancia se sugiere que la conexión se realice entre el dispositivo y un concentrador, que transmita la señal por fibra óptica.
 - El ancho de banda es limitado, por lo cual para cada caso se analizará si este medio de transmisión es adecuado.
 - Se analizará la impedancia requerida por el cable, para la adecuada transmisión de la señal.
 - Se analizará la atenuación del cable, con tal de calcular el número de repetidores que se requerirán a lo largo de la instalación.
- Transmisión inalámbrica:
 - La utilización de este medio de transmisión se sugiere para enlaces a corta distancia. Para comunicaciones a larga distancia se sugiere que la conexión se realice entre el dispositivo y un concentrador, que transmita la señal por fibra óptica.
 - Este tipo de comunicación también suele ser conveniente cuando no existe la posibilidad de realizar instalaciones de algún medio de transmisión guiado.
 - En cada caso se realizará un estudio en campo, realizado por un experto en comunicaciones con tal de calcular la potencia de la señal, confiabilidad, ubicación de dispositivos, obstáculos, etc.
 - Con base en el estudio de campo, se determinarán las necesidades de tipo y ganancia requeridas en la antena, pérdidas, necesidad de repetidores, etc.
- Elementos de instalación:
 - Para cada centro de telecomunicaciones tanto en el Centro de Control como en el campo, se seleccionará un gabinete de tamaño adecuado para brindar protección a los componentes, posibilitando las labores de instalación y mantenimiento.
 - Los gabinetes cumplirán al menos con un grado de protección IP56, cumpliendo con lo establecido en la norma mexicana NMX-J-529-ANCE-2006, Grados de protección proporcionados por los envoltentes (Código IP).

Programas de cómputo:

- Se contará con un programa de cómputo que permita la gestión del subsistema, y obtención de información de forma remota.
- De forma adicional, se contemplará que el control se podrá realizar a través de un “Software Maestro” en caso de que el Centro de Gestión ITS cuente con un software incluyente para todos los dispositivos ITS.

Relación con Subsistema de Energía:

- Los dispositivos que formen parte de la red de comunicaciones, y que requieran de alimentación eléctrica harán uso de un sistema eléctrico aterrizado, que admita tensiones de alimentación eléctrica alterna monofásica de ciento veinte a ciento veintisiete (120/127) volts y trifásica de doscientos siete a doscientos veinte (207/220) volts.
- El sistema eléctrico soportará las siguientes variaciones de la tensión:
 - Variaciones de más menos trece (± 13) por ciento en la tensión eléctrica.
 - Variaciones de sesenta (60) más menos un (± 1) Hertz en la frecuencia de la tensión eléctrica.
- El sistema eléctrico estará protegido por un dispositivo, que evite daños en caso de cambios repentinos de tensión.
- Se verificará que exista una fuente apropiada de energía eléctrica a una distancia razonable del sitio donde se instalará el subsistema, y se confirmará que esta puede ser utilizada.
- Se considerará la necesidad de contar con un sistema de energía de respaldo que garantice el suministro de energía eléctrica para el funcionamiento del sistema.

Reportes:

- Reporte de estado de la red de comunicaciones (funcionalidad, velocidad, conexiones existentes, etc.)

Análisis de Información:

La función principal de la red de comunicaciones es posibilitar el intercambio seguro y eficiente de información entre los diferentes elementos pertenecientes a los sistemas ITS.

Toma de decisiones:

- Uso de medios de comunicación alternativos (fibra óptica o inalámbricos)
- Uso de la información con fines estadísticos.

Colaboraciones con externos:

- Instituto Federal de Telecomunicaciones
- Concesiones
- Empresas proveedoras de servicios de comunicación

Normas:

- Fibra óptica
Cumplirá con los siguientes estándares
 - El medio suministrado soportará y operará el estándar IEEE 802.3AE.
 - El estándar ANSI/TIA/EIA 598-A.
 - Cumplimiento del estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3.
 - Cumplimiento de los estándares ITU-T G.652-D y ITU-T G.657.B.3Para su instalación cumplirá con las siguientes normas:
 - N-CTR-CAR-1-08-007/13. Construcción. Carreteras. Conceptos de Obra. Obras Marginales. Tritubos para fibra óptica en el acotamiento de Carreteras Nuevas.
 - N-CTR-CAR-1-08-008/11. Construcción. Carreteras. Conceptos de Obra. Obras Marginales. Registros para tritubos para fibra óptica en Carreteras Nuevas.
- Cable coaxial
 - El medio suministrado soportará y operará el estándar IEEE 802.3AE.
- Transmisión inalámbrica
 - Las redes WiFi soportarán y operarán el estándar IEEE 802.11
 - Las redes WiMAX soportarán y operarán el estándar IEEE802.16
- Estándares NTCIP aplicables, de acuerdo a los dispositivos.

5.4 CÁMARAS DE CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN



Cámaras de CCTV en Infraestructura Carretera

El Subsistema de Circuito Cerrado de Cámaras de Televisión (CCTV) captura y transmite las imágenes de video captados por las cámaras, muestra y registra estas imágenes de video en el Centro de Control y Operación (CCO).

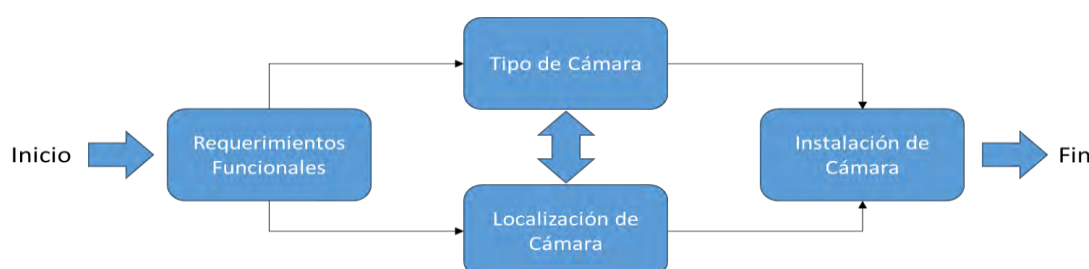
La función principal del subsistema de CCTV es proveer vigilancia del sistema de transporte y mejorar el conocimiento que se tiene acerca de las situaciones que ocurren en el mismo. El subsistema de CCTV le permite a los departamentos dedicados a la operación, realizar un gran número de actividades valiosas para la monitorización, detección y verificación de incidentes, así como la respuesta que se dará a éstos.

Los usos más comunes del subsistema de cámaras CCTV son:

- Detectar y verificar incidentes.
- Monitorizar las condiciones del tránsito.
- Dar seguimiento a las actividades de respuesta a incidentes.

- Verificar los mensajes desplegados en señales de mensaje cambiabile.
- Apoyar a los cuerpos de respuesta ante emergencias.
- Monitorización de las condiciones ambientales.
- Monitorización de la seguridad en la infraestructura.

Para maximizar la eficacia de una cámara CCTV y con tal de reducir las amenazas potenciales para la seguridad de los usuarios, se debe considerar cuidadosamente el tipo de cámara y el sitio de instalación. El proceso de diseño se ilustra de forma simple en la siguiente figura. En primer lugar, deben considerarse las necesidades y requerimientos de funcionamiento de la cámara para determinar su tipo y ubicación general que cumpla con dichos requerimientos. Una vez que se han definido tipo de cámara y su localización, estos conceptos determinarán las características de instalación que se requiere.



F-37 Diagrama de tipificación de cámaras según requerimientos

Consideraciones de Diseño

A continuación se establecen consideraciones para dar soporte a quien diseñe un subsistema de CCTV en un proyecto que parte de cero. No obstante los conceptos ofrecen ayudas generales, éstos no sustituyen la responsabilidad del diseño específico que cada proyecto ITS deberá desarrollar.

La siguiente tabla contiene un panorama general de las consideraciones de diseño y funciona como una guía de lo que se contempla para CCTV en el manual.

Elementos Físicos

El subsistema de Circuito Cerrado de Televisión consta de los siguientes elementos básicos:

- Cámaras de video
- Medios de transmisión. Existen diferentes tipos, los más comunes son:
 - Cable coaxial
 - Fibra óptica
 - Transmisión inalámbrica
- Sistema de control
- Sistema de visualización
 - Monitores/ Pantallas
 - Secuenciador
 - Compresor
- Sistema de grabación
- Software de gestión
- Elementos de instalación
 - Estructura
 - Carcasa
 - Elementos de fijación
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica

Función del elemento físico:

- Cámaras de vigilancia: Obtiene la información visual y la transforma en señal de vídeo.
- Medios de transmisión: Conducción de la señal de video de las cámaras al sistema de visualización, y conducción de las señales de control desde el centro de gestión hasta la cámara.
- Sistema de control: Interfaz por medio de la cual es posible controlar la cámara de forma remota.
- Sistema de visualización: Procesa y muestra las imágenes obtenidas por la cámara a través de una pantalla o monitor. Usualmente las imágenes se visualizan en el Centro de Control de Tránsito.
- Sistema de grabación: Almacena las imágenes, de acuerdo al periodo definido por el usuario.
- Software de gestión: Programa de cómputo por medio del cual es posible controlar la cámara, observar y gestionar las imágenes provenientes de la misma, y administrar la grabación de las imágenes.
- Elementos de instalación: Proporcionan a la cámara fijación, estabilidad y protección.
 - Estructuras: Lugar donde se fijará la cámara. Proporcionará las condiciones suficientes para obtener una imagen clara y estable. La estructura más usual y estable son los postes de concreto. Existen alternativas que deben evaluarse como puentes y túneles.
 - Carcasa: Proporciona protección a la cámara.
 - Elementos de fijación: Soportes, tuercas, tornillos, pernos, etc. usados para mantener unidos los elementos de la cámara.
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica: Proporcionará energía eléctrica para la operación de los dispositivos.

Especificaciones:

Las especificaciones de un subsistema CCTV variarán de acuerdo a las necesidades de cada proyecto, las cuales se deberán tomar en cuenta, además de los siguientes puntos.

- Un subsistema de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) consiste en cámaras de vigilancia conectadas a un sistema donde se puedan visualizar las imágenes captadas por las cámaras. Generalmente dicha visualización se lleva a cabo desde el CCO.
- Los componentes del subsistema serán diseñados para operación continua.
- El subsistema de CCTV transmitirá el video en tiempo real, tanto las imágenes que un operador está visualizando en el Centro de Control como las que en ese momento se estén produciendo en la carretera.
- El control a distancia para las cámaras corresponderá a la orden enviada por el operador desde el Centro de Control y la imagen deberá corresponder a la orden enviada desde el Centro de control.
- Se analizarán las necesidades de visibilidad y el costo beneficio para calcular el número de cuadros por segundo que serán requeridos.
- Monitores
 - Los monitores se pueden utilizar en los centros de control con requisitos de visualización muy básicos, en los que la ubicación de varios monitores sea suficiente, o en combinación con módulos de retroproyección, para centros de control más completos.
 - Se recomienda el uso de monitores LCD con resolución HD, y relación de aspecto 16:9, a menos que el proyecto indique otra cosa.
- Cámara Fija vs Cámara PTZ
 - Se preferirá el uso de cámara con desplazamiento vertical, horizontal y acercamiento, debido a la relación costo/beneficio que presentan.
 - En caso de requerir una cámara fija para una aplicación muy específica, su uso se evaluará y justificará caso a caso.
 - Las cámaras fijas sólo deben considerarse para instalaciones en las que se enfocará a un solo punto, y donde no existan vientos fuertes (como túneles y corredores con ráfagas).
 - El uso de una cámara PTZ permite a los operadores cambiar la posición de la cámara 360° de forma horizontal, y ajustar la elevación de la cámara en un rango de hasta 90°.
 - La característica de una cámara PTZ para realizar acercamientos le permite a un operador ver una escena en cualquier dirección posible para la cámara y ajustar el rango de visión.
 - La velocidad del mecanismo de una cámara PTZ determina la tasa de cobertura de la cámara, mientras que el rango de movimiento horizontal y vertical de la cámara determinará el área de cobertura.
 - Los sistemas PTZ de tipo Domo generalmente proveen tanto tasas como áreas de cobertura más rápidas que las unidades externas.
 - Una de las limitaciones de los sistemas PTZ tipo domo, es que tienen limitación de horizonte, y no son capaces de brindar buenas imágenes en un ángulo de 90° hacia arriba o si se desea monitorear la parte superior de una colina muy escarpada. Sin embargo usualmente esta no es una desventaja importante para el monitoreo de tránsito.

- Cámara Analógica vs Cámara IP
 - Es recomendable en los nuevos desarrollos, usar siempre cámaras de tipo IP.
 - El uso de cámaras analógicas se considerará sólo en caso de que los Conceptos de Operaciones requieran que la cámara sea compatible con un sistema analógico existente.
- Sensibilidad
 - Se tomarán en cuenta los niveles de luminosidad, dependientes del entorno donde se instalará la cámara y su operación, por ejemplo en un túnel, un sitio muy luminoso, para operación de día y noche, etc. La sensibilidad indica la luz mínima a partir de la cual la cámara puede obtener una imagen de vídeo aceptable. Una sensibilidad más alta permite tomar imágenes con menor luz.
- Sistema de grabación
 - Permitirá consultar los eventos producidos en una infraestructura off-line.
 - La información de accidentes se guardará de acuerdo a las especificaciones de cada proyecto, sin embargo se recomienda mantenerla por lo menos un (1) año.
 - Se podrán usar configuraciones, ya sea de Cabina de Discos, o de Red de almacenamiento masivo.

Disposición física:

- Operación
 - Se recomienda localizar la cámara en sitios con congestión vial recurrente y tránsito pesado.
 - Los sitios con accidentes recurrentes son también recomendables para la instalación de cámaras.
 - Si es posible, se recomienda que las cámaras se instalen cerca de un tablero de mensaje cambiante (SMC) con tal de verificar los mensajes desplegados.
 - Las intersecciones con dos o más vías principales usualmente requieren de más de una cámara para lograr obtener todas las vistas necesarias.
 - Se evitará la instalación de cámaras en estructuras de puentes, debido a la posible afectación de la imagen por la vibración.
- Visibilidad
 - Las cámaras a ser instaladas en condiciones de poca luz, como en túneles por ejemplo, deben situarse en donde la línea de visión principal evite fuentes de luz brillante.
 - Cerca de curvas horizontales, se preferirá instalar la cámara por fuera de la curva.
 - Cerca de curvas verticales, se preferirá la instalación de la cámara en el punto más alto.
 - En intersecciones principales, se situará la cámara de modo que las vías secundarias también puedan ser monitoreadas.
 - El punto ciego creado por el poste debe orientarse hacia un sitio no crítico.
- Disponibilidad de Servicios
 - Considerar la cercanía del sitio a servicios de energía eléctrica y comunicaciones.
 - En caso de que la comunicación por fibra óptica sea posible, es preferible localizar la cámara del mismo lado de la vía, evitando la necesidad de realizar

cruces, sólo en caso de que se cumpla con los requerimientos de visibilidad.

- Localización de elementos de protección
 - Se puede proteger la estructura con protección perimetral de cerca metálica, siempre considerando la deflexión lateral y el acceso para vehículos de mantenimiento.
 - Los sitios en el medio de la carretera (camellones o barreras jersey) no son localizaciones recomendadas de instalación, sin embargo los camellones pueden ser considerados si no existen otras opciones a los lados de la carretera.
 - Con tal de reducir la erosión del sitio, reducir costos de construcción y proporcionar una vida útil mayor, se evitará localizar las estructuras en secciones con pendientes pronunciadas.
 - Es recomendable proteger la cámara con una carcasa adecuada al sitio donde será instalada, considerando las condiciones climáticas y dando prioridad a la visibilidad de la cámara.
- Consideraciones de Mantenimiento
 - En cualquier caso en el que sea posible, la cámara estará localizada de modo que un vehículo de mantenimiento sea capaz de estacionarse en la proximidad de la misma, sin la necesidad de bloquear el tránsito.
 - Para cada instalación, existirá una losa de concreto que permita una superficie estable para mantenimiento en el área.
 - Los gabinetes con instalaciones pertenecientes a la cámara que se instalen en la misma estructura, se ubicarán del lado opuesto al arroyo vial con tal de incrementar la vida útil del mismo y para la seguridad del personal de mantenimiento.

Instalaciones:

El factor principal para determinar la localización de una cámara CCTV se refiere a la viabilidad del sitio para llevar a cabo la función operativa para la cual se diseñó, por lo cual el montaje se sujetará a dichas necesidades. Tomando esto en cuenta, es posible elegir uno de los siguientes tipos de montaje:

- Poste
 - Es el tipo de montaje más común. Los postes de acero, contruidos para sostener las cámaras CCTV cumplirán con lo establecido en la normatividad vigente. Los postes de aluminio, emplearán los tipos 6061-T6 o 6063 –T5, y cumplirán con la normatividad vigente.
- Estructura Existente
 - Las estructuras existentes se refieren a puentes, túneles o estructuras donde se localizan otros elementos ITS instalados.
 - Se evitará la instalación de cámaras en este tipo de estructuras, debido a la posible afectación de la imagen por la vibración.
 - En caso de ser necesario el uso de este tipo de instalación, debe asegurarse que no existirán afectaciones a la imagen.

Software

- Se contará con un programa de cómputo que permita la gestión de las cámaras CCTV de forma remota.
- Los programas de cómputo empleados para el control de las cámaras CCTV cumplirán con el protocolo de intercambio de información vigente.
- De forma adicional, se contemplará que el control se podrá realizar a través de un “Software Maestro” en caso de que el Centro de Gestión ITS cuente con un software incluyente para todos los dispositivos ITS.
- La aplicación del sistema de almacenamiento integrará de forma automática las funciones de back-up y recuperación, gestores de jerarquía de almacenamiento y recuperación de desastres.

Protecciones:

Los sistemas de CCTV incluyen dispositivos que requieren de protección, ya sea por medio de gabinetes o incluso de Protección perimetral, los cuales estarán incluidos en el proceso de diseño.

Siempre que sea posible existirá un sitio para estacionar un vehículo de mantenimiento de manera segura, sin necesidad de bloquear carriles. En caso de no existir espacio, la cámara se localizará donde sea accesible a pie. En todos los casos debe existir una losa de concreto para permitir el acceso del personal de mantenimiento.

Los elementos de campo requeridos por la cámara, tales como el controlador, serán analizados para conocer las especificaciones que tienen en cuanto a la distancia máxima que debe existir entre ellos y la cámara.

Los criterios más relevantes para la localización de estos elementos, y su correspondiente protección son los siguientes:

- Instalación del controlador en Poste
 - Siempre que sea posible, el controlador de CCTV y su protección estarán instalados en el poste en donde se encuentra instalada la cámara con tal de reducir costos.
 - Los gabinetes con instalaciones pertenecientes a la cámara que se instalen en la misma estructura, se ubicarán del lado opuesto al arroyo vial con tal de incrementar la vida útil del mismo y para la seguridad del personal de mantenimiento.

- Instalación del controlador en otro sitio
 - En sitios de difícil acceso, el controlador podrá instalarse a nivel del suelo en un sitio accesible y seguro, a un costado de la vía. En este caso se requerirá de protección perimetral.
 - Las instalaciones pertenecientes a la cámara que se instalen a nivel del suelo, se orientarán de modo que el personal de mantenimiento esté de frente al tránsito por seguridad del personal de mantenimiento.
 - El personal de mantenimiento no requerirá de una escalera para realizar las labores en el gabinete.
 - El controlador estará localizado a menos de 30 metros de la cámara.
 - En caso de que se requiera que el controlador se localice a una distancia mayor, se requerirá de amplificadores para video.
 - En el caso de cámaras IP la máxima distancia será de 90 metros debido a restricciones en la comunicación.

Relación con Subsistema de Energía:

- Determinar los requerimientos de energía para la cámara y todos los componentes del sistema.
- Localizar una fuente apropiada de energía eléctrica a una distancia razonable del sitio donde se instalará la cámara, y confirmar que esta puede ser utilizada.
- Calcular los requerimientos para transformadores
- Determinar las opciones de medición del consumo.
- Determinar y justificar las opciones de energía de respaldo.

Relación con Subsistema de Comunicaciones:

- Determinar los requerimientos de comunicación para las cámaras y sistema de detección.
- Localizar infraestructura de comunicaciones apropiada a una distancia razonable del sitio donde se instalará la cámara, y confirmar que esta puede ser utilizada
- Si existen diversas opciones para la comunicación, estudiar las ventajas y desventajas de cada una.
- Realizar acuerdos que permitan el uso de la infraestructura de comunicaciones, asegurando la calidad del servicio.

Variables para operar:

- Video en vivo de las condiciones de la carretera, en diversos puntos.
- Control sobre la imagen obtenida por la cámara, gracias al control de la cámara (PTZ).
- Grabación de la imagen actual.
- Acceso a grabaciones almacenadas.

Reportes:

- Video en vivo de las condiciones de la vía, contando con la referencia de la localización de la cámara.
- Grabaciones de incidentes y eventos, contando con la referencia de la localización de la cámara y la fecha y hora de grabación.

Análisis de Información:

La función principal del subsistema de CCTV es proveer vigilancia del sistema de transporte y mejorar el conocimiento que se tiene acerca de las situaciones que ocurren en el mismo. El subsistema de CCTV le permite a los departamentos dedicados a la operación, realizar un gran número de actividades valiosas para el monitoreo, detección y verificación de incidentes y la respuesta que se dará a estos.

Los usos más comunes del subsistema de cámaras CCTV son:

- Detectar y confirmar incidentes.
- Monitorear las condiciones del tránsito.
- Seguimiento de actividades de respuesta y despeje de incidentes.
- Registro de incidentes para su posterior análisis.
- Apoyo en labores de operación.
- Apoyar a los cuerpos de respuesta a emergencias.
- Monitoreo de las condiciones ambientales.
- Monitoreo de la infraestructura.
- Información al usuario.

Toma de decisiones:

- Aplicación de planes de acción ante eventos e incidentes.
- Aplicación de planes de acción preventivos.
- Planeación de eventos agendados.
- Aplicación de desvíos

Colaboraciones con externos:

- Servicios de emergencia.
- Concesionarios de infraestructura colindante.
- Centros de Control Nacional
- Policía Federal

Normas:

La gran mayoría de las características deseadas en una cámara CCTV se encuentran en los productos ofrecidos en el mercado. Actualmente se encuentran en desarrollo documentos respectivos a la normativa para la infraestructura del transporte relacionados a dichos dispositivos. En cuanto dichas normas sean publicadas serán tomadas como referencia para las características específicas en cada caso.

- NMX-W-039-1996
- NMX-W-081-SCFI-2004.
- NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas.
- N-CMT-5-02-002 Láminas y Estructuras para Señalamiento Vertical.
- N-LEG-3 Ejecución de Obras.
- N-CTR-CAR-1-01-007 Excavación para Estructuras.
- N-CTR-CAR-1-02-003 Concreto Hidráulico
- N-CTR-CAR-1-02-006 Estructuras de Concreto Reforzado.

5.5 SEÑALAMIENTO DE MENSAJE CAMBIABLE



Panel de Mensajes Cambiables en Formato de Pórtico

Elementos Físicos

El subsistema de Tableros de señalamiento de mensaje cambiable (SMC) consta de los siguientes elementos básicos:

- Área de visualización del mensaje
- Controlador
- Medios de transmisión. Existen diferentes tipos, los más comunes son:
 - Cable coaxial
 - Fibra óptica
 - Transmisión inalámbrica
- Sistema de grabación
- Software de gestión
- Elementos de instalación
 - Estructura
 - Carcasa
 - Elementos de fijación
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica

Función del elemento físico:

- Área de visualización del mensaje: Parte visible de un Tablero de señalamiento de mensaje cambiable (SMC), que contiene los elementos que pueden ser activados para mostrar el mensaje a los usuarios.
- Controlador: Equipo utilizado para gestionar las configuraciones para los tableros de SMC.
- Medios de transmisión: Conducción de las señales de control desde el centro de gestión hasta el tablero de SMC.
- Software de gestión: Programa de cómputo por medio del cual se conoce el estado actual del tablero, y se define el mensaje a desplegar de forma remota.
- Elementos de instalación: Proporcionan al tablero, estabilidad y protección.
 - Estructuras: Lugar donde se fijará el tablero. Proporcionará las condiciones suficientes para mostrar a los conductores un mensaje claro. Puede ser de tipo Bandera (también conocido como Cantilever) o tipo Portal.
 - Elementos de fijación: Soportes, tuercas, tornillos, pernos, etc. usados para mantener unidos los elementos del tablero.
- Sistema de alimentación de energía eléctrica: Proporcionará energía eléctrica para la operación de los dispositivos.

Especificaciones:

- Visualización
 - La tecnología empleada para la presentación de los mensajes en la pantalla de los tableros de señalamiento cambiable será la tecnología LED.
 - El tablero será preferentemente del tipo matriz completa, a menos que el proyecto lo especifique de forma diferente.
 - El área grafica mínima será de sesenta y cuatro por sesenta y cuatro (64 x 64) pixeles, permitiendo la presentación de caracteres y gráficos.
 - La altura mínima de carácter de los tableros de señalamiento cambiable podrá ser de quince (15), treinta (30) o cuarenta (40) centímetros de acuerdo con lo indicado en el proyecto.
 - La unidad mínima de matriz de LEDs para la presentación de un carácter podrá estar formada por cuando menos cinco columnas y siete líneas.
 - La matriz será formada de tal manera que la intensidad de la luz junto con el espaciado de los pixeles den la impresión de que se tienen líneas y superficies continuas.
 - Los mensajes y caracteres que el tablero muestre, estarán disponibles en español incluyendo caracteres como la “Ñ”.
 - El tablero permitirá la elección entre distintos estilos de fuente.
 - Permitirá la alineación del texto
 - Será posible controlar la intensidad luminosa.
 - Cada pixel estará formado LEDs que estarán soldados al circuito impreso de la matriz.
 - El fallo de uno o más LEDs o píxeles no causará el fallo de otra cadena o píxel del tablero de señalamiento cambiable.

- Las matrices de LEDs serán monocromáticas o a todo color. En el caso de pantallas monocromáticas se escogerá el color ámbar. La gama cromática permitida se apegará a lo dispuesto en la normativa para la Infraestructura del Transporte, o en caso de que no exista en la misma una referencia, lo dispuesto en la norma NOM-034-SCT2-2011.
- El ángulo de visión de las matrices de LEDs del tablero de señalamiento cambiante podrá ser de quince (15) grados, treinta (30) grados, setenta (70) grados o mayor.
- Vida útil
 - La vida útil (MTBF) de las matrices de LEDs será de cincuenta mil (50 000) horas como mínimo, con un desgaste máximo del veinte (20) por ciento.
 - Los componentes electrónicos del tablero de señalamiento cambiante cumplirán con lo indicado en la norma internacional IEC 60664-1.
- Controlador
 - Cada tablero de señalamiento cambiante será controlado y supervisado por su propio controlador, que será un sistema electrónico que no requerirá de la constante comunicación con el programa de cómputo del centro de control de tránsito.
 - El controlador permitirá realizar funciones como: Ajuste de luminosidad, detección de fallo, supervisión del estado de energía, supervisión del estado de comunicación remota, gestión de mensajes
 - La comunicación entre el controlador y el centro de control de tránsito se realizará cumpliendo con el protocolo de intercambio de información NTCIP 1203 v02.35
 - El controlador incluirá al menos los puertos de comunicación: Puerto serie RS-232, RS-422 ó RS-485. Puerto Ethernet mediante conector RJ45.
 - El controlador contará con firmware, para supervisar el estado del tablero y permitir su control de forma remota.
 - El controlador estará instalado, ya sea dentro de un gabinete debidamente protegido, o bien, en el interior de la carcasa del tablero de señalamiento cambiante.
- Estructura del tablero
 - Será capaz de resistir vibraciones.
 - Será capaz de resistir un impacto de noventa y ocho coma uno (98,1) metros por segundo cuadrado, sin sufrir daños físicos y de funcionamiento.
 - Será capaz de resistir corrientes de viento frontales de una velocidad mínima de ciento ochenta (180) kilómetros por hora sin sufrir daños o deformaciones permanentes.
- Funciones básicas
 - A través de la conexión por alguno de los puertos será posible visualizar el estado del tablero de señalamiento cambiante.
 - Monitorear estado de sistema de energía.
 - Activar, crear y borrar mensajes almacenados en la memoria.

- Activación de mensajes basados en programaciones por hora y fecha
 - Configurar color, tamaño y tipo de los caracteres.
- Memoria
 - El controlador tendrá memoria no volátil intercambiable, del tipo FLASH o RAM con batería de seguridad, con capacidad de almacenar al menos 100 mensajes.
- Si se requiere o así lo estipula el proyecto, el tablero contará con sistemas de ventilación y calefacción y sensor de humedad.

Disposición física:

Las características del área cercana al sitio donde se planea instalar el tablero de señalamiento dinámico deben ser analizadas. Estas características determinan la cantidad de información que puede ser mostrada. Las características más relevantes son:

- Velocidad de operación de las carreteras;
- La presencia y las características de las curvas verticales que afectan la visibilidad a distancia;
- Presencia de curvas horizontales y obstrucciones tales como árboles o columnas de puentes que limitan la visibilidad a cierta distancia de los SMC alrededor de la curva;
- Ubicación de los SMC relativos a la posición del sol (para condiciones diurnas);
- La presencia, número, y la información sobre la guía estática de señales en las proximidades;
- Frecuencia de niebla que puede reducir la visibilidad de la señal.

Localización Longitudinal

Los principales aspectos relacionados con la localización longitudinal de un SMC tienen como objeto minimizar las obstrucciones de y hacia el SMC, para proporcionar la máxima visibilidad del mensaje del SMC, y permitir el tiempo suficiente al usuario para leer, procesar y reaccionar ante el mensaje.

El acercamiento a una señal se puede dividir en 3 zonas:

- Zona de detección: A velocidades típicas en carreteras de aprox. 100 km/hr, la señal debe ser visible en el tablero para el conductor que se aproxima entre 0.3 km y 0.6km de distancia. La distancia de visibilidad también se debe incrementar si el SMC se coloca con inclinación respecto a los carriles.

- Zona de lectura y de toma de decisión: Como regla general, los tableros de mensajes implementados en una carretera usualmente contienen espacio para 3 líneas de 12-21 caracteres cada uno.
 - Para la implementación en las carreteras con límites de velocidad de menos de 70 kilómetros por hora, la zona de lectura y de toma de decisión deben ser mínimo de 240m.
 - Para las implementaciones en las carreteras con límites de velocidad superior a 70 kilómetros por hora, la zona de lectura y de toma de decisión deben ser como mínimo de 300m o mayor.
 - Los caracteres individuales de 30cm de altura serán visibles desde 200m en condiciones normales.
 - Los caracteres individuales de 40cm de altura serán visibles desde 300m en condiciones normales.

Los conductores necesitan aproximadamente un segundo por palabra para leer y comprender el mensaje. Cuando se viaja a 100 kilómetros por hora, la zona de lectura y toma de decisión permite comprender un mensaje de 10 palabras. Tanto la altura de los caracteres, como de visibilidad y la colocación lateral deben tenerse en consideración al determinar la colocación de la señal para cumplir con los requisitos de distancia de visión.

- Zona fuera de visión: Una vez que el conductor se acerca a la señal, no será capaz de leer el mensaje. La distancia se determina por el ángulo de visión de la señal, la estructura en la cual la señal es colocada y la colocación lateral de la señal.
- **Visibilidad:**
 - La ubicación de la señal debe proporcionar una distancia de detección a los conductores de al menos 240 m, y de manera óptima 300-370m.
 - Se colocarán por lo menos a 250m de una señal estática que indique dirección.
 - Se preferirá su instalación en los tramos rectos de la vía, cuando sea posible.
 - Si es necesario que el tablero esté en una curva, estará orientado hacia la carretera.
- Tiempo de reacción
 - Dos tableros de mensaje cambiante se colocarán a no menos de 250m de separación entre ellos; de forma óptima a 1.5km o más.
 - Un tablero de mensaje cambiante, se colocará al menos 250 m antes de una reducción o expansión de carriles.
 - Se colocará a una distancia de 1.6km-3 km antes de la intersección con una ruta alterna o punto de decisión importante.
 - no se colocarán en las proximidades de una intersección señalizada.

- Otros factores
 - Se procurará colocar el tablero lo más cerca posible de los puntos de comunicaciones y de energía para minimizar los costos.
 - Se debe evitar la ubicación en secciones que tienen una pendiente pronunciada, con tal de reducir la erosión del sitio, los costos de construcción y prolongar la vida de la estructura del dispositivo.

Localización Lateral

- La estructura del SMC se colocará a una distancia suficiente de los carriles, que cumpla con los valores de espacio libre mínimos a las especificaciones de seguridad presentes en el sitio.
- La distancia horizontal desde la señal en función del carril de circulación, permitirá ver con el tablero con claridad y reaccionar ante él.
- Todos los tableros deben colocarse fuera de la zona de riesgo, o bien, estar protegidos con una barrera.
- La distancia entre el centro del tablero y la línea de visión delantera del conductor debe tenerse en cuenta en la colocación del tablero.
- Para carreteras con un límite de velocidad de 100 km/hr o más, el centro del tablero debe estar a no más de 10m de la línea lateral de visión hacia delante del conductor

Localización Vertical

- Se deben colocar en segmentos de carretera tan planos como sea posible.
- En caso de que el segmento no sea plano, se preferirá colocar el tablero en un punto elevado.

Ángulo de visión

- El ángulo de visión de las matrices de LEDs del tablero de señalamiento cambiabile podrá ser de quince (15) grados, treinta (30) grados, setenta (70) grados o mayor.
- La selección del ángulo dependerá de la visibilidad del tablero, sin embargo, se preferirán ángulos de visión de cuando menos 30 grados, y nunca menores a 15 grados.

Instalaciones:

- La estructura de soporte de los tableros se instalará de tal manera que los postes de apoyo queden verticales, a no menos de cincuenta (50) centímetros del hombro de la carretera.
- Los tableros electrónicos se instalarán en la estructura de soporte, de tal manera que queden orientados perpendicularmente a la dirección del tránsito con el ángulo de inclinación vertical adecuado.
- Las señales se instalarán en una de las siguientes configuraciones:
 - Bandera: Cuando la señal se ubica en una orilla del arroyo vial y se integran por un tablero electrónico colocado a un solo lado del poste que lo sostiene.
 - Puente: Cuando la señal se integra por uno o más tableros electrónicos ubicados sobre el arroyo vial y colocados en una estructura apoyada en ambos lados del mismo.

Protecciones:

Los tableros de mensaje cambiable incluyen dispositivos que requieren de protección, ya sea por medio de gabinetes o incluso de Protección perimetral, los cuales estarán incluidos en el proceso de diseño.

- Siempre que sea posible existirá un sitio para estacionar un vehículo de mantenimiento de manera segura, sin necesidad de bloquear carriles. En caso de no existir espacio, se localizará donde sea accesible a pie. En todos los casos debe existir una losa de concreto para permitir el acceso del personal de mantenimiento.
- El acceso a los componentes alojados en la carcasa del tablero de señalamiento cambiable podrá hacerse a través de puertas frontales, posteriores o laterales. En caso de que la carcasa permita el ingreso del operario, las dimensiones de la puerta serán tales que permitan el libre acceso de éste.
- La carcasa será capaz de proteger los componentes internos del tablero contra agentes medioambientales como lluvia, hielo, y polvo que puedan provocar corrosión.
- La carcasa cumplirá al menos con un grado de protección IP66, cumpliendo con lo establecido en la normatividad.
- En el área frontal de visión del tablero, existirá una protección frontal que Será de policarbonato anti reflexivo con tratamiento para evitar daños por rayos ultra violeta.

Programas de cómputo:

- El tablero de señalamiento cambiabile dispondrá de un firmware, o programa básico, que contendrá el bloque de instrucciones de más bajo nivel para el tablero.
- Se contará con un programa de cómputo que permita la gestión del tablero de mensaje cambiabile de forma remota.
- Los programas de cómputo empleados para el control del tablero de señalamiento cambiabile cumplirán con los protocolos señalados en la normatividad.
- De forma adicional, se contemplará que el control se podrá realizar a través de un “Software Maestro” en caso de que el Centro de Gestión ITS cuente con un software incluyente para todos los dispositivos ITS.

Relación con Subsistema de Energía:

- El tablero de señalamiento cambiabile dispondrá de un sistema eléctrico aterrizado, que admita tensiones de alimentación eléctrica alterna monofásica de ciento veinte a ciento veintisiete (120/127) volts y trifásica de doscientos siete a doscientos veinte (207/220) volts.
- El sistema eléctrico soportará las siguientes variaciones de la tensión:
 - Variaciones de más menos trece (± 13) por ciento en la tensión eléctrica.
 - Variaciones de sesenta (60) más menos un (± 1) Hertz en la frecuencia de la tensión eléctrica.
- El sistema eléctrico del tablero de señalamiento cambiabile estará protegido por un dispositivo, que evite daños en caso de cambios repentinos de tensión.
- Se verificará que exista una fuente apropiada de energía eléctrica a una distancia razonable del sitio donde se instalará el tablero, y se confirmará que esta puede ser utilizada.
- Se considerará la necesidad de contar con un sistema de energía de respaldo que garantice el suministro de energía eléctrica para el funcionamiento del tablero, con un tiempo de funcionamiento de al menos treinta (30) minutos.

Relación con Subsistema de Comunicaciones:

- Se determinarán los requerimientos de comunicación para el tablero.
- Se verificará que exista infraestructura de comunicaciones apropiada a una distancia razonable del sitio donde se instalará el tablero, y se confirmará que esta pueda ser utilizada.
- Si existen diversas opciones para la comunicación, se estudiarán las ventajas y desventajas de cada una.
- Se realizarán acuerdos que permitan el uso de la infraestructura de comunicaciones, asegurando la calidad del servicio.

Variables para operar:

- Control sobre los mensajes a desplegar en los tableros de mensaje cambiable.

Reportes:

- Diccionario de mensajes estándar.
- Reporte de los mensajes desplegados, incluyendo tiempo de inicio y fin del mensaje.
- Reporte de estado del tablero de señalamiento cambiable.

Análisis de Información:

La función principal de los dispositivos SMC es proporcionar información a los usuarios que transitan por la vía. La naturaleza de la información provista es variada, sin embargo el propósito de estos dispositivos es informar acerca de las condiciones de la vía con tal de que los usuarios puedan tomar decisiones informadas durante su viaje.

Algunos de los usos más comunes de los SMC son los siguientes:

- Cierre completo de la vialidad
- Cierre de carriles (por incidente, mantenimiento, construcción, eventos)
- Condiciones climáticas
- Condiciones de la vía
- Alerta AMBER
- Eventos especiales
- Tiempos de Viaje
- Trabajos próximos de mantenimiento

Toma de decisiones:

- Aplicación de planes de acción, informando ante eventos e incidentes.
- Información a los usuarios sobre eventos agendados.
- Informe oportuno a los conductores sobre la aplicación de desvíos.

Colaboraciones con externos:

- Servicios de emergencia.
- Concesionarios de infraestructura colindante.
- Centros de Control Nacional
- Policía Federal.
- Alerta AMBER.

Normas:

Los tableros de señalamiento cambiable ya han sido considerados dentro de la normativa de la SCT, siendo las principales referencias a este tipo de dispositivos las siguientes:

- NOM-034-SCT2-2011, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas.
- N•CTR•CAR•1•11•001/13, Construcción. Conceptos de Obras. Sistemas Inteligentes de Transporte. Señales verticales de Mensaje Cambiable.
- Simple Network Management Protocol (SNMP)
- NTCIP 1203 v02.35 Object Definitions for Dynamic Message Signs (SMC).

5.6 PESAJE EN MOVIMIENTO O PESAJE DINÁMICO



Diagrama de una Estación de Pesaje Dinámico

Elementos Físicos

Los subsistemas de pesaje en movimiento (WIM) constan de los siguientes elementos básicos:

- Sensores de Pesaje
- Sensor de Presencia
- Controlador
- Medios de transmisión. Existen diferentes tipos, los más comunes son:
 - Cable coaxial
 - Fibra óptica
 - Transmisión inalámbrica
- Software de gestión
- Elementos de instalación
 - Carcasa
 - Elementos de fijación
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica

Función del elemento físico:

- Sensores de Pesaje: Sensores de fuerza, instalados en la carpeta de la vía usualmente en forma de tira, que utilizan el efecto piezoeléctrico para obtener el peso de un vehículo, sin necesidad de que este se detenga.
- Sensor de Presencia: Formado por uno o más lazos inductivos, detecta la presencia de vehículos y mide su longitud.
- Controlador: Equipo utilizado para gestionar las configuraciones de los sensores de pesaje.
- Medios de transmisión: Conducción de las señales de control desde el centro de gestión hasta los sensores en campo.
- Software de gestión: Programa de cómputo por medio del cual se conoce el estado actual de los sensores y se ajusta la configuración de los mismos.
- Elementos de instalación: Proporcionan al sistema estabilidad y protección.
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica: Proporcionará energía eléctrica para la operación de los dispositivos.

Especificaciones:

- El subsistema de pesaje en movimiento detectará el peso de cada eje, y estimará el peso total de cada vehículo que cruce por los sensores del carril donde está instalado.
- El subsistema de pesaje en movimiento obtendrá información para vehículos que transiten en el rango de cinco (5) a ciento ochenta (180) kilómetros por hora.
- El subsistema identificará el peso de cada eje con una exactitud del 80%, grupos de ejes con una exactitud del 85% y una exactitud del 90% para el peso bruto vehicular.
- El subsistema permitirá un error de medición máximo de:
 - Más, menos dos (± 2) por ciento en la velocidad.
 - Más, menos cinco (± 10) por ciento en la distancia entre ejes.
 - Más, menos diez (± 10) por ciento en la longitud
- El subsistema tendrá la capacidad de pesar y clasificar dos mil (2000) vehículos por hora por carril, independientemente del número de ejes por vehículo.
- El subsistema identificará y clasificará los vehículos en cuando menos catorce (14) categorías, además permitirá personalizar y agregar clases de vehículos al esquema de tal forma que el esquema contemple las clasificaciones de vehículos establecidas en la norma correspondiente.
- El subsistema permitirá el monitoreo de al menos ocho (8) carriles en un solo sitio.
- Sensores de pesaje
 - La estimación del peso bruto vehicular se hará de acuerdo al peso de cada eje del vehículo que cruce por los sensores del carril.
 - El subsistema de pesaje en movimiento contará con dos (2) sensores de fuerza en forma de tira.
 - Los sensores de pesaje funcionarán dentro del rango de temperatura de menos veinte (-40) a sesenta (80) grados Celsius. Cabe mencionar que esta temperatura no se trata de la temperatura del ambiente, sino el rango de operación del dispositivo.

- Los sensores de pesaje funcionarán bajo condiciones de exposición a agua y sal.
 - Los sensores de pesaje resistirán la carga de un vehículo de 60 toneladas sin que presenten daños que afecten su funcionamiento.
 - Los sensores de pesaje deberán cubrir el ancho total del carril de circulación.
- El subsistema permitirá al operador realizar las siguientes operaciones:
 - Visualizar el estado actual del controlador, incluyendo el estado de los sensores y el estado general del subsistema de pesaje en movimiento.
 - Visualizar en tiempo real la información de tiempo y carril de cruce, clase, velocidad, peso y número de ejes de los vehículos que crucen por los carriles donde se ha instalado el subsistema.
 - Realizar diagnósticos de diversos componentes del subsistema, incluyendo sistemas de energía y sensores.
 - Activar el subsistema, ya sea localmente, remotamente o por calendario.
 - Configurar fecha y hora.
 - Configurar ajustes del puerto de comunicaciones y opciones del protocolo de comunicaciones.
 - Configurar los permisos según el usuario.
 - Restablecer el controlador.
 - Calibración de los sensores en carriles.
 - Configurar los parámetros de los sensores.
 - Editar el esquema de las clasificaciones.
 - Configurar parámetros de los carriles de seguimiento como el sentido de tránsito.
- Memoria
 - El controlador tendrá memoria no volátil tipo Flash o RAM, con batería de seguridad.
 - Los datos permanecerán en la memoria durante un mínimo de treinta (30) días después de la interrupción del suministro de energía eléctrica.
 - La información almacenada de cada uno de los carriles de seguimiento, será el peso por eje, el peso bruto vehicular y la velocidad.
 - La memoria permitirá guardar los datos de al menos cinco millones de vehículos con cualquier número de ejes.
- El subsistema, por medio del controlador realizará las siguientes funciones automáticamente:
 - Detección de fallo de sensores.
 - Muestreo y revisión del estado de funcionamiento del subsistema de pesaje en movimiento.
 - Revisión del estado del sistema de baterías, carga y descarga de acuerdo a los valores preestablecidos.
- El controlador permitirá realizar la configuración de las siguientes funciones:
 - Tiempo máximo sin comunicaciones, antes de reportar un error;
 - Ajuste y calibración de sensores.
 - Valores para la activación de carga y descarga de baterías.

Disposición física:

Las características del área cercana al sitio donde se planea instalar el subsistema de pesaje en movimiento deben ser analizadas. Las características más relevantes son:

- En cada carril de detección se colocan dos (2) sensores piezoeléctricos y un lazo inductivo. Con los sensores piezoeléctricos se calcula para cada vehículo la velocidad de los ejes, el peso y el espaciamiento entre ellos. El lazo inductivo detecta la presencia de vehículos y mide su longitud.
- El sitio de instalación cumplirá con lo siguiente, tanto en el sitio de instalación, como 60 metros antes y 30 metros después del lugar de instalación:
 - Radio de curvatura horizontal mayor o igual a un mil setecientos cincuenta (1 750) metros.
 - Inclinação del camino menor o igual a uno (1) por ciento.
 - Pendiente en cruz (lateral) menor o igual a dos (2) por ciento.
 - Anchura del camino de tres 3 a 4.5 metros.
 - Será liso antes de la instalación de los sensores.
 - La estructura y rugosidad de la superficie del pavimento será la adecuada para acomodar los sensores del subsistema de pesaje en movimiento a lo largo de su vida de servicio, conforme a las recomendaciones de la normatividad.

Instalaciones:

- Los sensores de pesaje deberán permanecer fijos en el pavimento o en la carretera, hasta su remoción o cambio de pavimento.
- Los sensores de pesaje deberán cubrir el ancho total del carril de circulación.
- Los materiales y elementos que se utilicen en su instalación, cumplirán con lo establecido en las Normas N•CMT•4•01•02 de Materiales para Pavimentos.
- Una vez ubicado el sitio en donde se instalará el dispositivo de Pesaje en movimiento, se realizará la excavación para la cimentación, atendiendo lo indicado en la normatividad correspondiente.

Protecciones:

El subsistema de pesaje en movimiento incluye dispositivos que requieren de diferentes niveles de protección. Incluso, algunos elementos requerirán protección por medio de gabinetes, los cuales estarán incluidos en el proceso de diseño.

- Los sensores de pesaje cumplirán al menos con un grado de protección IP68, cumpliendo con lo establecido en la normatividad vigente.
- La carcasa será capaz de proteger los dispositivos contra agentes medioambientales como lluvia, hielo, y polvo que puedan provocar corrosión.
- La carcasa cumplirá al menos con un grado de protección IP66, cumpliendo con lo establecido en la normatividad vigente.

Programas de cómputo:

- El subsistema de pesaje en movimiento dispondrá de un firmware, o programa básico, que contendrá el bloque de instrucciones de más bajo nivel.
- Se contará con un programa de cómputo que permita la gestión del subsistema, y obtención de información de forma remota.
- Los programas de cómputo empleados para el control del subsistema de pesaje en movimiento observarán el contenido de los protocolos considerados en la normatividad correspondiente.
- De forma adicional, se contemplará que el control se podrá realizar a través de un “Software Maestro” en caso de que el Centro de Gestión ITS cuente con un software incluyente para todos los dispositivos ITS.

Relación con Subsistema de Energía:

- El subsistema de pesaje en movimiento dispondrá de un sistema eléctrico aterrizado, que admita tensiones de alimentación eléctrica alterna monofásica de ciento veinte a ciento veintisiete (120/127) volts y trifásica de doscientos siete a doscientos veinte (207/220) volts.
- El sistema eléctrico soportará las siguientes variaciones de la tensión:
 - Variaciones de más menos trece (± 13) por ciento en la tensión eléctrica.
 - Variaciones de sesenta (60) más menos un (± 1) Hertz en la frecuencia de la tensión eléctrica.
- El sistema eléctrico del sistema de pesaje en movimiento estará protegido por un dispositivo, que evite daños en caso de cambios repentinos de tensión.
- Se verificará que exista una fuente apropiada de energía eléctrica a una distancia razonable del sitio donde se instalará el subsistema, y se confirmará que esta puede ser utilizada.
- Se considerará la necesidad de contar con un sistema de energía de respaldo que garantice el suministro de energía eléctrica para el funcionamiento del sistema.

Relación con Subsistema de Comunicaciones:

- Se determinarán los requerimientos de comunicación para el sistema de pesaje en movimiento.
- Se verificará que exista infraestructura de comunicaciones apropiada a una distancia razonable del sitio donde se instalará el subsistema, y se confirmará que esta pueda ser utilizada.
- Si existen diversas opciones para la comunicación, se estudiarán las ventajas y desventajas de cada una.
- Se realizarán acuerdos que permitan el uso de la infraestructura de comunicaciones, asegurando la calidad del servicio.

Variables para operar:

- Número de identificación de la estación a la que esté conectado.
- Número de identificación del equipo al cual esté conectado.
- Número y sentido del carril donde se encuentre instalado.
- Fecha y hora del cruce del vehículo.
- Número de secuencial del vehículo
- Separación entre ejes y total de llantas por eje.
- Longitud del vehículo.

Reportes:

- Reporte de pesos y dimensiones de vehículos.
- Reporte de vehículos infractores.
- Reporte de estado del subsistema de pesaje en movimiento

Análisis de Información:

La función principal del subsistema de pesaje en movimiento es obtener el peso y la clasificación de los distintos vehículos que circulan por la carretera, sin interrumpir el tránsito.

- Analizar el número de vehículos infractores que circulan, y el impacto que esto tiene en la infraestructura.
- Aplicar sanciones a vehículos infractores.
- Suspender el tránsito al vehículo infractor, en caso de existir condiciones de riesgo.
- Se debe tomar en cuenta que el subsistema de pesaje dinámico es un instrumento que puede ser de gran utilidad para que en conjunto con otros medios se cumpla con lo estipulado en la norma oficial mexicana NOM-012-SCT-2-2008, sobre el peso y dimensiones máximas para vehículos de autotransporte.

Toma de decisiones:

- Aplicación de planes de acción, en conjunto con la autoridad competente para aplicar sanciones a los vehículos infractores.
- Uso de la información para la programación de mantenimiento de la infraestructura.

Colaboraciones con externos:

- Policía Federal.
- Cámara Nacional del Autotransporte de Carga (CANACAR)

Normas:

El subsistema de pesaje en movimiento ya ha sido considerado dentro de la normativa de la SCT. Se espera que en el futuro cercano se cuente con más normas específicas para el subsistema de pesaje en movimiento, por lo cual se debe revisar de forma constante la normativa para la infraestructura del transporte vigente.

- NOM-012-SCT-2-2008
 - NOM-001-sede-2005 Instalaciones Eléctricas.
 - NOM-012-SCT-2-2008, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.
 - NMX-J-529-ANCE-2006 Grados de Protección.
 - N•CMT•4•01•02 de Materiales para Pavimentos.
 - N•CTR•CAR•1•01•007, Excavación para Estructuras.
-
- ASTM E 1318-09.
 - Simple Network Management Protocol.
 - NTCIP 1209.
 - NTCIP 1206.

5.7 DETECCIÓN DE CONDICIONES METEOROLÓGICAS ADVERSAS



Estación Meteorológica en Sitio

Elementos Físicos

El subsistema de detección de condiciones meteorológicas adversas consta de los siguientes elementos básicos:

- Sensor de temperatura
- Sensor de humedad
- Barómetro
- Visibilímetro
- Anemómetro
- Veleta
- Pluviómetro
- Piranómetro
- Sensor de condiciones de la vía
- Controlador

- Medios de transmisión. Existen diferentes tipos, los más comunes son:
 - Cable coaxial
 - Fibra óptica
 - Transmisión inalámbrica
- Software de gestión
- Elementos de instalación
 - Estructura
 - Carcasa
 - Elementos de fijación
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica

Función del elemento físico:

- Sensor de temperatura: Dispositivo que mide automáticamente la temperatura. Los principales tipos de sensores son resistivos, electrónicos y termopares.
- Sensor de humedad: Dispositivo que mide automáticamente la humedad, su principio básico de medida se basa en la variación de la capacidad del dieléctrico del sensor.
- Barómetro: Dispositivo que mide automáticamente la presión
- Visibilímetro: Dispositivo que estima automáticamente el grado de visibilidad para largas distancias.
- Anemómetro: dispositivo que proporciona automáticamente el valor de la resultante horizontal de la velocidad del viento, midiendo un número de pulsos en la unidad de tiempo, y dando el valor de la velocidad
- Veleta: Dispositivo que proporciona automáticamente la dirección del viento medida en grados sexagesimales.
- Pluviómetro: Dispositivo que mide la precipitación de lluvia que cae en un lugar y tiempo dados.

- Piranómetro: También llamado solarímetro o actinómetro es un dispositivo utilizado para medir la radiación solar incidente sobre la superficie de la tierra.
- Sensor de condiciones de la vía: Dispositivo multi-paramétrico que proporciona una serie de medidas sobre el estado de la calzada.
- Controlador: Equipo utilizado para gestionar las configuraciones de los sensores.
- Medios de transmisión: Conducción de las señales de control desde el centro de gestión hasta el dispositivo.
- Software de gestión: Programa de cómputo por medio del cual se conoce el estado actual de los sensores y de sus mediciones
- Elementos de instalación: Proporcionan al tablero, estabilidad y protección.
 - Estructuras: Lugar donde se fijará el dispositivo. Proporcionará las condiciones suficientes para permitir un muestreo adecuado.
 - Elementos de fijación: Soportes, tuercas, tornillos, pernos, etc. usados para mantener unidos los elementos de las estaciones y dispositivos.
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica: Proporcionará energía eléctrica para la operación de los dispositivos.

Especificaciones:

El subsistema de detección de condiciones meteorológicas adversas podrá basarse en diferentes tecnologías y principios de medida para obtener las características físicas para las que cada uno de sus sensores atmosféricos está diseñado.

- Sensor de temperatura.
 - Unidad de medida: Grados centígrados (°C).
 - Rango de medida mínimo: -35°C - +50°C
 - Precisión: $\leq \pm 1$ °C
 - Sensibilidad: $\leq 0,5$ °C
 - Tiempo de respuesta: ≤ 20 s
 - Alimentación y consumo
 - Tensión: 3 Vcc - 50 Vcc
 - Intensidad máxima: 50 mA
- Sensor de humedad
 - Unidad de medida: La humedad relativa se mide en porcentaje (%).
 - Rango de medida mínimo: 10% - 95%
 - Precisión: $\leq \pm 5$ %
 - Sensibilidad: ≤ 3 %
 - Tiempo de respuesta: ≤ 15 s
 - Alimentación y consumo
 - Tensión: 3 Vcc - 50 Vcc
 - Intensidad máxima: 50 mA
- Barómetro
 - Unidad de medida: La presión atmosférica se mide en hectopascales, medida equivalente al milibar (1mb = 1hPa).
 - Rango de medida mínimo de 0 a 2000 m: 800 hPa - 1100 hPa
 - Rango de medida mínimo superior a 2000 m: 600 hPa - 1060 hPa
 - Resolución: ≤ 1 hPa
 - Precisión: $\leq \pm 0,5$ hPa
 - Sensibilidad: $\leq \pm 0,5$ hPa
 - Tiempo de respuesta: ≤ 20 s
 - Temperatura de operación: -25°C a 50°C
 - Alimentación y consumo
 - Tensión: 5 - 40 Vcc
 - Intensidad máxima: 50 mA
- Visibilímetro
 - Unidad de medida: El rango visual, visibilidad, se medirá en metros (m).
 - Rango de medida mínimo: 10 m – 1000 m
 - Resolución: ≤ 1 m
 - Precisión: $\leq \pm 15$ %
 - Temperatura de operación: -25°C a 50°C

- Alimentación y consumo
 - Tensión en DC: 10 - 50 Vcc
 - Tensión en AC:
 - Monofásica: 127 Vca ($\pm 15\%$)
 - Trifásica: 220 Vca ($\pm 15\%$)
 - Intensidad máxima: 800 mA
- Anemómetro
 - Unidad de medida: La velocidad del viento se mide en metros por segundo (m/s).
 - Rango de medida mínimo: 0 km/h – 180km/h
 - Resolución: $\leq 0,2$ m/s
 - Precisión: $\leq \pm 0,5$ m/s
 - Sensibilidad: $\leq \pm 0,5$ m/s
 - Distancia de respuesta: 2 m - 5 m
 - Temperatura de operación: -25°C a 50°C
 - Alimentación y consumo
 - Tensión: 5 - 40 Vcc
 - Intensidad máxima: 1,5 A
- Velela
 - Unidad de medida: La dirección del viento se mide en grados sexagesimales, donde 0° es el norte geográfico.
 - Rango de medida: 0° - 360°
 - Resolución: $\leq 11,25^{\circ}$ (32 rumbos)
 - Precisión: $\leq \pm 5^{\circ}$
 - Sensibilidad: $\leq \pm 5^{\circ}$
 - Relación de amortiguamiento: 0,3 – 0,8
 - Temperatura de operación: -25°C a 50°C
 - Alimentación y consumo
 - Tensión: 5 - 40 Vcc
 - Intensidad máxima: 1,5 A
- Pluviómetro
 - Unidad de medida: La cantidad de precipitación se mide en l/m² o mm de precipitación.
 - Intensidad máxima de precipitación admisible: 420 mm/h
 - Resolución: $\leq 0,2$ mm
 - Precisión: $\leq \pm 5\%$
 - Temperatura de operación: -25°C a 50°C
 - Alimentación y consumo
 - Tensión: 9 - 50 Vcc
 - Intensidad máxima: 3 A
- Piranómetro
 - Unidad de medida: La radiación se mide en watts por metro cuadrado (w/m²).
 - Estabilidad: $\leq \pm 2\%$ por año
 - No linealidad: $\pm 2,5\% < 1000$ w/m²
 - Gama espectral: 0,4 μm a 1,1 μm
 - Constante de tiempo: ≤ 60 s

- Respuesta a la inclinación: $\pm 2\%$
- Dependencia de la sensibilidad de la temperatura: $\pm 0,15\%/^{\circ}\text{C}$
- Alimentación y consumo
 - Tensión: 9 Vcc - 50 Vcc
 - Intensidad máxima: 1 A
- Sensor de condiciones de la vía
 - Temperatura superficie de calzada:
 - Rango: -40°C a $+60^{\circ}\text{C}$
 - Precisión: $\pm 1^{\circ}\text{C}$
 - Resolución: 0.5°C
 - Espesores de capa agua:
 - Rango de medida: 0.00 – 2 mm
 - Resolución: 0.01 mm
 - Espesores de capa hielo:
 - Rango de medida: 0.00 – 2 mm
 - Resolución: 0.01 mm
 - Espesores de capa nieve:
 - Rangos de medida: 0.00 – 10 mm
 - Resolución: 0.01 mm
 - Rango de nivel de adherencia:
 - Rango de medida: 0.01 – 1.00 unidades
 - Resolución: 0.1 unidades
 - Punto de congelación de líquido en la vía:
 - Rango: -25°C a $+0^{\circ}\text{C}$
 - Precisión: 0.01mm
 - Resolución: 0.1°C
 - Humedad en la vía:
 - Rango: 0% - 100%
 - Factor químico:
 - Rango: 0% - 100%
 - Precisión: 10%
 - Resolución: 1%
 - Estado de la vía
 - Seca, húmeda, mojada, hielo y nieve/escarcha
 - Alimentación y consumo
 - Sin proceso de enfriamiento / calentamiento forzado
 - Tensión: 12 Vcc - 24 Vcc
 - Consumo: $< 0,5\text{ W}$
 - Con proceso de enfriamiento / calentamiento forzado (captoreos activos)
 - Tensión: Variable
 - Consumo: 10 W – 96 W

Disposición física:

Las características del área donde se planea instalar el subsistema de condiciones meteorológicas adversas deben ser analizadas. Estas características determinan los dispositivos que deban ser instalados. Las características más relevantes son:

- Condiciones de clima históricas detectadas en el sitio.
- Geometría de la vía y sus implicaciones de riesgo de visibilidad.
- Se buscará que la ubicación de la estación, no interfiera ni sea interferido por otros dispositivos.
- La distancia entre la carretera y la estación sea la suficiente para que los efectos del tráfico no afecten a la precisión de las medidas y que a su vez las medidas sean representativas del área de cobertura que se desee muestrear.

Instalaciones:

- Las estructuras de soporte y su altura se seleccionarán en función de las consideraciones de instalación de cada uno de los sensores atmosféricos que se sujetaran a la estructura, de acuerdo a lo indicado en el proyecto en una de las siguientes estructuras:
 - Mástil: para alturas de hasta diez (10 m) metros.
 - Torre: para alturas superiores de diez (10) metros.
- Las estructuras de soporte se encontraran en un rango de siete (7 m) a quince (15 m) metros de distancia de la carretera
- Los sensores y dispositivos (excepto los sensores de vía) se instalarán en la estructura de soporte.

Protecciones:

El subsistema de detección de condiciones meteorológicas adversas incluye dispositivos que requieren de protección, ya sea por medio de gabinetes o incluso de Protección perimetral, los cuales estarán incluidos en el proceso de diseño.

- Siempre que sea posible existirá un sitio para estacionar un vehículo de mantenimiento de manera segura, sin necesidad de bloquear carriles. En caso de no existir espacio, se localizará donde sea accesible a pie. En todos los casos debe existir una losa de concreto para permitir el acceso del personal de mantenimiento.
- La carcasa será capaz de proteger los componentes internos del sistema contra agentes medioambientales como lluvia, hielo, y polvo que puedan provocar corrosión.
- La carcasa no interferirá con los componentes de medición.
- La carcasa cumplirá al menos con un grado de protección IP56, cumpliendo con lo establecido en la normatividad.

Programas de cómputo:

- El subsistema de detección de condiciones meteorológicas adversas dispondrá de un firmware, o programa básico, que contendrá el bloque de instrucciones de más bajo nivel.
- Se contará con un programa de cómputo que permita la gestión del subsistema de detección de condiciones meteorológicas adversas de forma remota.
- Los programas de cómputo empleados para el control del subsistema cumplirán con el protocolo de intercambio de información considerados en la normatividad vigente.
- De forma adicional, se contemplará que el control se podrá realizar a través de un “Software Maestro” en caso de que el Centro de Gestión ITS cuente con un software incluyente para todos los dispositivos ITS.

Relación con Subsistema de Energía:

- El subsistema de detección de condiciones meteorológicas adversas dispondrá de un sistema eléctrico aterrizado, que admita tensiones de alimentación eléctrica alterna monofásica de ciento veinte a ciento veintisiete (120/127) volts y trifásica de doscientos siete a doscientos veinte (207/220) volts.
- El sistema eléctrico soportará las siguientes variaciones de la tensión:
 - Variaciones de más menos trece (± 13) por ciento en la tensión eléctrica.
 - Variaciones de sesenta (60) más menos un (± 1) Hertz en la frecuencia de la tensión eléctrica.
- El sistema eléctrico del sistema de detección de condiciones meteorológicas adversas estará protegido por un dispositivo, que evite daños en caso de cambios repentinos de tensión.
- Se verificará que exista una fuente apropiada de energía eléctrica a una distancia razonable del sitio donde se instalará el sistema, y se confirmará que esta puede ser utilizada.
- Se considerará la necesidad de contar con un sistema de energía de respaldo que garantice el suministro de energía eléctrica para el funcionamiento del sistema.

Relación con Subsistema de Comunicaciones:

- Se determinarán los requerimientos de comunicación para el subsistema.
- Se verificará que exista infraestructura de comunicaciones apropiada a una distancia razonable del sitio donde se instalará el subsistema, y se confirmará que esta pueda ser utilizada.
- Si existen diversas opciones para la comunicación, se estudiarán las ventajas y desventajas de cada una.
- Se realizarán acuerdos que permitan el uso de la infraestructura de comunicaciones, asegurando la calidad del servicio.

Variables para operar:

- Temperatura.
- Humedad
- Existencia e intensidad de Lluvia / Granizo
- Existencia de neblina

Reportes:

- Reporte de condiciones de neblina.
- Reporte de condiciones de lluvia y granizo.
- Reporte de temperatura, humedad y velocidad del viento.
- Reporte de estado de la vía.
- Reporte de estado de los sensores.

Análisis de Información:

Las estaciones de detección de condiciones meteorológicas adversas, son las encargadas de muestrear las variables atmosféricas y el estado de la vía en los sistemas de control de tránsito.

Los sensores que componen una estación de detección de condiciones meteorológicas adversas pueden basarse en diferentes tecnologías y principios de medición para obtener las características físicas para las que cada uno está diseñado.

Algunos de los análisis más comunes son los siguientes:

- Detección de neblina y su gravedad.
- Detección de lluvia, detección de riesgo de encharcamientos, inundaciones o posibles daños a la infraestructura.
- Detección de estado del pavimento, en especial congelamiento o presencia de sustancias extrañas.
- Detección de las condiciones ambientales generales de la vía para registro histórico.

Toma de decisiones:

- Aplicación de planes de acción, informando a los usuarios y tomar medidas precautorias.
- Evaluación de condiciones para la aplicación de desvíos.
- Cierre de carriles o de la vía, dependiendo de la gravedad de las condiciones.
- Uso del registro histórico para tomar acción ante situaciones que pudieran ser similares a las ocurridas.

Normas:

Los sensores de condiciones meteorológicas adversas ya han sido considerados dentro de la normativa de la SCT. Estas normas serán la referencia principal al momento de diseñar y construir estos sistemas.

- NMX-J-529-ANCE-2006 Grados de Protección.

5.8 CONTROL DE VELOCIDAD



Radar para Control de Velocidad en Infraestructura Carretera

Elementos Físicos

El subsistema de control de velocidad consta de los siguientes elementos básicos:

- Sensores de velocidad
- Subsistema de Identificación vehicular
- Controlador
- Medios de transmisión. Existen diferentes tipos, los más comunes son:
 - Cable coaxial
 - Fibra óptica
 - Transmisión inalámbrica
- Software de gestión
- Elementos de instalación
 - Carcasa
 - Elementos de fijación
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica

Función del elemento físico:

- Sensores de velocidad: Sensores instalados a un lado de la vía, que obtienen la velocidad del vehículo. Para dicho propósito pueden usar la tecnología Doppler o láser.
- Subsistema de identificación vehicular: Permite obtener la información de la placa de un vehículo infractor de los límites de velocidad.
- Controlador: Equipo utilizado para gestionar las configuraciones de los sensores.
- Medios de transmisión: Conducción de las señales de control desde el centro de gestión hasta los sensores en campo y la información de los dispositivos al centro de control.
- Software de gestión: Programa de cómputo por medio del cual se conoce el estado actual de los sensores y se ajusta la configuración de los mismos.
- Elementos de instalación: Proporcionan al subsistema estabilidad y protección.
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica: Proporcionará energía eléctrica para la operación de los dispositivos.

Especificaciones:

- Doppler
- Laser

Disposición física:

Las características del área cercana al sitio donde se planea instalar el subsistema de control de velocidad deben ser analizadas. Las características más relevantes son:

- Usualmente los sensores se instalarán a un lado de la vía.
- Se instalarán en puntos detectados como problemáticos.
- Se instalarán en tramos rectos, propensos a ser transitados a altas velocidades.
- Se sugiere instalarlos 500 metros antes de curvas peligrosas.

Instalaciones:

- La estructura de soporte se instalará de tal manera que los postes de apoyo queden verticales, a no menos de cincuenta (50) centímetros del hombro de la carretera.
- El subsistema de control de velocidad se instalará en la estructura de soporte, de tal manera que quede orientados paralelamente a la dirección del tránsito con el ángulo de inclinación horizontal adecuado.

Protecciones:

El subsistema de control de velocidad incluye dispositivos que requieren de diferentes niveles de protección. Incluso, algunos elementos requerirán protección por medio de gabinetes, los cuales estarán incluidos en el proceso de diseño.

- La carcasa será capaz de proteger los dispositivos contra agentes medioambientales como lluvia, hielo, y polvo que puedan provocar corrosión.
- La carcasa cumplirá al menos con un grado de protección IP66, cumpliendo con lo establecido en la normatividad vigente.

Programas de cómputo:

- El subsistema de control de velocidad dispondrá de un firmware, o programa básico, que contendrá el bloque de instrucciones de más bajo nivel.
- Se contará con un programa de cómputo que permita la gestión del subsistema, y obtención de información de forma remota.
- Los programas de cómputo empleados para el control del subsistema de control de velocidad cumplirán con el protocolo de intercambio de información Simple Network Management Protocol (SNMP).
- De forma adicional, se contemplará que el control se podrá realizar a través de un “Software Maestro” en caso de que el Centro de Gestión ITS cuente con un software incluyente para todos los dispositivos ITS.

Relación con Subsistema de Energía:

- El subsistema de control de velocidad dispondrá de un sistema eléctrico aterrizado, que admita tensiones de alimentación eléctrica alterna monofásica de ciento veinte a ciento veintisiete (120/127) volts y trifásica de doscientos siete a doscientos veinte (207/220) volts.
- El sistema eléctrico soportará las siguientes variaciones de la tensión:
 - Variaciones de más menos trece (± 13) por ciento en la tensión eléctrica.
 - Variaciones de sesenta (60) más menos un (± 1) Hertz en la frecuencia de la tensión eléctrica.
- El sistema eléctrico del sistema de control de velocidad estará protegido por un dispositivo, que evite daños en caso de cambios repentinos de tensión.
- Se verificará que exista una fuente apropiada de energía eléctrica a una distancia razonable del sitio donde se instalará el subsistema, y se confirmará que esta puede ser utilizada.
- Se considerará la necesidad de contar con un sistema de energía de respaldo que garantice el suministro de energía eléctrica para el funcionamiento del subsistema.

Relación con Subsistema de Comunicaciones:

- Se determinarán los requerimientos de comunicación para el subsistema de control de velocidad.
- Se verificará que exista infraestructura de comunicaciones apropiada a una distancia razonable del sitio donde se instalará el subsistema, y se confirmará que esta pueda ser utilizada.
- Si existen diversas opciones para la comunicación, se estudiarán las ventajas y desventajas de cada una.
- Se realizarán acuerdos que permitan el uso de la infraestructura de comunicaciones, asegurando la calidad del servicio.

Variables para operar:

- Velocidad del vehículo.
- Fecha y hora del cruce del vehículo.
- Número de secuencial del vehículo
- Fotografía y número de placa del vehículo.

Reportes:

- Reporte de infractores del límite de velocidad, un número de placa y fotografía.
- Reporte de estado del subsistema de clasificación en base a ejes

Análisis de Información:

La función principal del subsistema de control de velocidad es obtener la velocidad y placas de los vehículos infractores que circulan por la carretera. Este subsistema funge como herramienta para la aplicación de las leyes y Reglamento de Tránsito vigentes con respecto a la velocidad máxima permitida.

- Aplicar las sanciones correspondientes a los vehículos infractores.
- Deslindar responsabilidades en casos de incidentes.

Toma de decisiones:

- Aplicación de sanciones por parte de la autoridad correspondiente.

Colaboraciones con externos:

- Concesiones
- Policía Federal y estatal.

Normas:

- NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas.
- NMX-J-529-ANCE-2006, Grados de Protección.
- N•CMT•4•01•02 de Materiales para Pavimentos.
- N•CTR•CAR•1•01•007, Excavación para Estructuras.
- Simple Network Management Protocol.

5.9 DETECCIÓN AUTOMATIZADA DE INCIDENTES



Imagen de Vídeo - Detección Automatizada de Incidentes

Elementos Físicos

El subsistema de Detección Automatizada de Incidentes (DAI) consta de los siguientes elementos básicos:

- Cámaras de vigilancia HD
- Medios de transmisión. Existen diferentes tipos, los más comunes son:
 - Cable coaxial
 - Fibra óptica
 - Transmisión inalámbrica
- Plataforma de detección automatizada de incidentes
- Sistema de alarma
- Sistema de control

- Sistema de visualización
 - Monitores/ Pantallas
 - Secuenciador
 - Compresor
- Sistema de grabación
- Software de gestión
- Elementos de instalación
 - Estructura
 - Carcasa
 - Elementos de fijación
- Sistema de alimentación de energía eléctrica

Función del elemento físico:

- Cámaras de vigilancia de alta definición: Obtiene la información visual y la transforma en señal de vídeo. En este caso las cámaras serán de alta definición para el correcto funcionamiento del subsistema.
- Medios de transmisión: Conducción de la señal de video de las cámaras al sistema de visualización, y conducción de las señales de control desde el centro de gestión hasta la cámara.
- Plataforma de detección automatizada de incidentes: Sistema de detección y procesamiento de imágenes, que permite realizar el análisis automático de las imágenes y detectar posibles incidentes.
- Sistema de alarma: Sistema formado por alarmas audibles y visuales, cuyo propósito es informar a los operadores que se ha detectado un posible incidente.
- Sistema de control: Interfaz por medio de la cual es posible controlar la cámara de forma remota. En este subsistema solo usada para ajustar la precisión de la imagen.
- Sistema de visualización: Procesa y muestra las imágenes obtenidas por la cámara a través de una pantalla o monitor. Usualmente las imágenes se visualizan en el Centro de Control de Tránsito.
- Sistema de grabación: Almacena las imágenes, de acuerdo al periodo definido por el usuario.
- Software de gestión: Programa de cómputo por medio del cual es posible controlar la cámara y el sistema de detección automatizada. Permite ajustar los parámetros de detección de incidentes, así como observar y gestionar las imágenes provenientes de las cámaras, y administrar la grabación de las mismas.
- Elementos de instalación: Proporcionan a la cámara fijación, estabilidad y protección.
 - Estructuras: Lugar donde se fijará la cámara. Proporcionará las condiciones suficientes para obtener una imagen clara y estable. La estructura más usual y estable son los postes de concreto. Existen alternativas que deben evaluarse como puentes y túneles.
 - Carcasa: Proporciona protección a la cámara.
 - Elementos de fijación: Soportes, tuercas, tornillos, pernos, etc. usados para mantener unidos los elementos de la cámara.
- Sistema de alimentación de energía eléctrica: Proporcionará energía eléctrica para la operación de los dispositivos.

Especificaciones:

- Un subsistema de Detección Automática de Incidentes consiste en cámaras de alta definición (HD) conectadas a una plataforma donde se analicen las imágenes las imágenes captadas por las cámaras y se detecte un posible incidente, que inicie una alarma para alertar a los operadores. Generalmente la visualización se lleva a cabo desde el CCO.
- En algunos casos es posible que cada cámara ya tenga integrado un sistema de análisis de imagen.
- Los componentes del subsistema serán diseñados para operación continua.
- El subsistema de Detección Automática de Incidentes transmitirá el video en tiempo real de las imágenes que en ese momento se estén produciendo en la carretera.
- El control a distancia para las cámaras corresponderá a la orden enviada por el operador desde el Centro de Control y la imagen deberá corresponder a la orden enviada desde el Centro de control.
- El subsistema de Detección Automática de Incidentes permitirá definir y ajustar parámetros, que permitan detectar un posible incidente en una imagen de video. El subsistema será capaz de detectar cuando menos los siguientes eventos:
 - Congestionamiento vial (detención total o parcial de los vehículos)
 - Bloqueo de un carril (vehículo detenido u objeto)
 - Objetos extraños en la vía.
 - Circulación de vehículos en sentido contrario
 - Humo
 - Cambio repentino en condiciones ambientales
- Monitores
 - Los monitores se pueden utilizar en los centros de control con requisitos de visualización muy básicos, en los que la ubicación de varios monitores sea suficiente, o en combinación con módulos de retroproyección, para centros de control más completos.
 - Se recomienda el uso de monitores LCD con resolución HD, y relación de aspecto 16:9, a menos que el proyecto indique otra cosa.
- Cámaras
 - En este caso es justificable usar cámaras fijas, ya que se trata de una aplicación específica en la cual, los parámetros se han definido para una imagen que enfocará a un solo punto.
 - Se usarán siempre cámaras de tipo IP.
 - No se permitirá el uso de cámaras analógicas para estos desarrollos.
 - La sensibilidad de la cámara permitirá tomar imágenes de día y de noche en alta definición (HD).
 - Las cámaras usarán el método de escaneo progresivo.
 - La tecnología de procesamiento de las imágenes será cuando menos de 15 bits.
- Plataforma de Detección Automática de Incidentes
 - Contará con decodificadores de video que permitan la visualización de las imágenes de las cámaras.
 - Contará con una tarjeta de detección que permita el análisis de las imágenes.

- El subsistema centralizará e iniciará las alarmas.
- Los algoritmos usados por el subsistema buscarán minimizar la detonación de falsas alarmas.
- Sistema de grabación
 - Permitirá consultar los eventos producidos en una infraestructura off-line.
 - La información de accidentes se guardará de acuerdo a las especificaciones de cada proyecto, sin embargo se recomienda mantenerla por lo menos un (1) año.
 - Se podrán usar configuraciones, ya sea de Cabina de Discos, o de Red de almacenamiento masivo.
 - Si se considera conveniente, se podrá compartir el sistema de grabación con el subsistema de CCTV.

Disposición física:

- Operación
 - Los sitios con accidentes recurrentes son recomendables para la instalación de cámaras del Subsistema de Detección Automática de Incidentes.
 - Los entronques, así como salidas y entradas a la vía son puntos idóneos para la instalación de este tipo de sistemas.
 - Se recomienda instalar este subsistema en puntos donde se ha detectado cruce intempestivo de peatones o vehículos.
 - Se recomienda instalar este subsistema, antes de las casetas de cobro con tal de detectar congestionamientos.
 - Las intersecciones con dos o más vías principales requerirán siempre de más de una cámara para lograr obtener todas las vistas necesarias.
 - Se evitará la instalación de cámaras en estructuras de puentes, debido a la posible afectación de la imagen por la vibración.
- Visibilidad
 - Las cámaras serán instaladas a una altura mínima de 13 metros y máxima de hasta 18 metros.
 - Las cámaras a ser instaladas en condiciones de poca luz, como en túneles por ejemplo, deben situarse en donde la línea de visión principal evite fuentes de luz brillante.
 - Cerca de curvas horizontales, se preferirá instalar la cámara fuera de la curva.
 - Cerca de curvas verticales, se preferirá la instalación de la cámara en el punto más alto.
 - Al ser fijas, no existirá un punto ciego creado por el poste.
- Disponibilidad de Servicios
 - Considerar la cercanía del sitio a servicios de energía eléctrica y comunicaciones.
 - En caso de que la comunicación por fibra óptica sea posible, es preferible localizar la cámara del mismo lado de la vía, evitando la necesidad de realizar cruces, sólo en caso de que se cumpla con los requerimientos de visibilidad.

- Localización de elementos de protección
 - Se puede proteger la estructura con protección perimetral de cerca metálica, siempre considerando la deflexión lateral y el acceso para vehículos de mantenimiento.
 - Los sitios en el medio de la vía no son localizaciones recomendadas de instalación, sin embargo los camellones pueden ser considerados si no existen otras opciones a los lados de la vía.
 - Con tal de reducir la erosión del sitio, reducir costos de construcción y proporcionar una vida útil mayor, se evitará localizar las estructuras en secciones con pendientes pronunciadas.
 - Es recomendable proteger la cámara con una carcasa adecuada al sitio donde será instalada, considerando las condiciones climáticas y dando prioridad a la visibilidad de la cámara.
- Consideraciones de Mantenimiento
 - En cualquier caso en el que sea posible, la cámara estará localizada de modo que un vehículo de mantenimiento sea capaz de estacionarse en la proximidad de la misma, sin la necesidad de bloquear el tránsito.
 - Para cada instalación, existirá una losa de concreto que permita una superficie estable para mantenimiento en el área.
 - Los gabinetes con instalaciones pertenecientes a la cámara que se instalen en la misma estructura, se ubicarán del lado opuesto al arroyo vial con tal de incrementar la vida útil del mismo y para la seguridad del personal de mantenimiento.

Instalaciones:

El factor principal para determinar la localización de una cámara del subsistema de Detección Automática de Incidentes se refiere a la viabilidad del sitio para llevar a cabo la función operativa para la cual se diseñó, por lo cual el montaje se sujetará a dichas necesidades. Tomando esto en cuenta, es posible elegir uno de los siguientes tipos de montaje:

- Poste
 - Es el tipo de montaje más común. Los postes de acero, contruidos para sostener las cámaras CCTV cumplirán con lo establecido en la normatividad. Los postes de aluminio, emplearán los tipos 6061-T6 o 6063 –T5, y cumplirán con las normas vigentes.
- Estructura Existente
 - Las estructuras existentes se refieren a puentes, túneles o estructuras donde se localizan otros elementos ITS instalados.
 - Se evitará la instalación de cámaras en este tipo de estructuras, debido a la posible afectación de la imagen por la vibración.
 - En caso de ser necesario el uso de este tipo de instalación, debe asegurarse que no existirán afectaciones a la imagen.

Software

- Se contará con un programa de cómputo que permita la gestión de las cámaras del subsistema de forma remota. Contará con decodificadores de video que permitan la visualización de las imágenes de las cámaras.
- La Plataforma de detección automática de incidentes contará con programa computacional que mediante algoritmos, realice el análisis de las imágenes y detecte posibles incidentes.
- El programa computacional permitirá ajustar los parámetros para aumentar la precisión en la detección, de acuerdo a las características dadas en cada punto.
- El programa de cómputo permitirá centralizar y programar cuándo se deben iniciar las alarmas y de qué tipo serán las mismas.
- El programa de cómputo permitirá al operador del., clasificar un evento detectado como “falsa alarma”. El sistema guardará un registro de dichos eventos y las condiciones que fueron detectadas.
- Los algoritmos usados por el subsistema buscarán minimizar la detonación de falsas alarmas.
- Los programas de cómputo empleados para el control de las cámaras cumplirán con el protocolo de intercambio de información Simple Network Management Protocol (SNMP).
- De forma adicional, se contemplará que el subsistema de Detección Automática de Incidentes, podrá incluirse dentro de un “Software Maestro” en caso de que el Centro de Gestión ITS cuente con un software incluyente para todos los dispositivos ITS.
- La aplicación del sistema de almacenamiento integrará de forma automática las funciones de back-up y recuperación, gestores de jerarquía de almacenamiento y recuperación de desastres.

Protecciones:

El subsistema de Detección Automática de incidentes, incluye dispositivos que requieren de protección, ya sea por medio de gabinetes o incluso de Protección perimetral, los cuales estarán incluidos en el proceso de diseño.

Siempre que sea posible existirá un sitio para estacionar un vehículo de mantenimiento de manera segura, sin necesidad de bloquear carriles. En caso de no existir espacio, la cámara se localizará donde sea accesible a pie. En todos los casos debe existir una losa de concreto para permitir el acceso del personal de mantenimiento.

Los elementos de campo requeridos por la cámara, serán analizados para conocer las especificaciones que tienen en cuanto a la distancia máxima que debe existir entre ellos y la cámara. Los criterios más relevantes para la localización de estos elementos, y su correspondiente protección son los siguientes:

- Instalación del controlador en Poste
 - Siempre que sea posible, el controlador de CCTV y su protección estarán instalados en el poste en donde se encuentra instalada la cámara con tal de reducir costos.
 - Los gabinetes con instalaciones pertenecientes a la cámara que se instalen en la misma estructura, se ubicarán del lado opuesto al arroyo vial con tal de incrementar la vida útil del mismo y para la seguridad del personal de mantenimiento.
- Instalación del controlador en otro sitio
 - En sitios de difícil acceso, el controlador podrá instalarse a nivel del suelo en un sitio accesible y seguro, a un costado de la vía. En este caso se requerirá de protección perimetral.
 - Las instalaciones pertenecientes a la cámara que se instalen a nivel del suelo, se orientarán de modo que el personal de mantenimiento esté de frente al tránsito por seguridad del personal de mantenimiento.
 - El personal de mantenimiento no requerirá de una escalera para realizar las labores en el gabinete.
 - El controlador estará localizado a menos de 30 metros de la cámara.
 - En caso de que se requiera que el controlador se localice a una distancia mayor, se requerirá de amplificadores para video.
 - En el caso de cámaras IP la máxima distancia será de 90 metros debido a restricciones en la comunicación.

Relación con Subsistema de Energía:

- Determinar los requerimientos de energía para la cámara y todos los componentes del subsistema.
- Localizar una fuente apropiada de energía eléctrica a una distancia razonable del sitio donde se instalará la cámara, y confirmar que esta puede ser utilizada.
- Calcular los requerimientos para transformadores
- Determinar las opciones de medición del consumo.
- Determinar y justificar las opciones de energía de respaldo.

Relación con Subsistema de Comunicaciones:

- Determinar los requerimientos de comunicación para las cámaras y subsistema de detección.
- Localizar infraestructura de comunicaciones apropiada a una distancia razonable del sitio donde se instalará la cámara, y confirmar que esta puede ser utilizada
- Si existen diversas opciones para la comunicación, estudiar las ventajas y desventajas de cada una.
- Realizar acuerdos que permitan el uso de la infraestructura de comunicaciones, asegurando la calidad del servicio.

Variables para operar:

- Video en vivo, enfocado en un solo punto de la carretera, ubicados en diversas localizaciones.
- Alarma visual y audible por detección de un posible incidente.
- Grabación de la imagen actual.
- Acceso a grabaciones almacenadas.
- Posibilidad de clasificación del incidente detectado como “falsa alarma”

Reportes:

- Video en vivo de las condiciones de la vía, contando con la referencia de la localización de la cámara.
- Indicación visual del posible incidente detectado.
- Grabaciones de incidentes y eventos, contando con la referencia de la localización de la cámara y la fecha y hora de grabación.
- Reporte de falsas alarmas detectadas.

Análisis de Información:

El uso de Sistemas de Detección Automática de Incidentes debe ser evaluado cuidadosamente, ya que su uso ha estado limitado debido al alto número de falsas alarmas y la complejidad en su calibración.

Debido a esto, el subsistema de Detección Automática de Incidentes presenta los resultados más favorables y le permite a los departamentos dedicados a la operación, realizar el monitoreo, detección y verificación de incidentes y la respuesta que se dará a estos, especialmente para los siguientes casos:

- Conductores en sentido contrario
- Vehículos detenidos
- Congestionamiento vial (detención total o parcial de los vehículos)

En cada proyecto se evaluará la necesidad y la precisión del subsistema de detección, para la detección de los siguientes casos:

- Objetos extraños en la vía.
- Humo
- Cambio repentino en las condiciones ambientales

Cuando el subsistema detecte un caso clasificado como incidente, iniciará una alarma audible y visual. A continuación los operadores procederán a verificar la veracidad de la alarma, por medios visuales.

En caso de ser falsa alarma, esta se registrará como tal en el sistema. Estos eventos se usarán posteriormente para realizar ajustes al sistema.
En caso de que la alarma sea real se llevarán a cabo los procedimientos determinados para cada caso.

Toma de decisiones:

- Verificación de alarmas.
- Aplicación de planes de acción ante eventos e incidentes.
- Coordinación con autoridades para tomar acción contra vehículos infractores.
- Aplicación de planes de acción preventivos.
- Aplicación de desvíos.

Colaboraciones con externos:

- Servicios de emergencia.
- Centros de Control Nacional
- Policía Federal

Normas:

No existe normativa respecto a los elementos de Detección Automática de Incidentes, debido a que presentan diferentes arreglos y algoritmos de detección. Sin embargo, la gran mayoría de las características deseadas para las cámaras se encuentran en los productos ofrecidos en el mercado.

- NMX-W-039-1996.
- NMX-W-081-SCFI-2004.
- NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas.
- N-CMT-5-02-002 Láminas y Estructuras para Señalamiento Vertical.
- Ejecución de Obras N-LEG-3.
- Excavación para Estructuras N-CTR-CAR-1-01-007.
- Concreto Hidráulico N-CTR-CAR-1-02-003.
- Estructuras de Concreto Reforzado N-CTR-CAR-1-02-006.
- Simple Network Management Protocol.

5.10 DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR



Dispositivo de Medición y Clasificación de Vehículos en Infraestructura Carretera

Elementos Físicos

El subsistema de clasificación en base a Ejes consta de los siguientes elementos básicos:

- Sensores Piezoeléctricos
- Controlador
- Medios de transmisión. Existen diferentes tipos, los más comunes son:
 - Cable coaxial
 - Fibra óptica
 - Transmisión inalámbrica
- Software de gestión
- Elementos de instalación
 - Carcasa
 - Elementos de fijación
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica

Función del elemento físico:

- Sensores Piezoeléctricos: Sensores de fuerza, instalados en la carpeta de la vía usualmente en forma de tira, que utilizan el efecto piezoeléctrico para obtener la distancia entre ejes, número de los mismos y longitud del vehículo, sin necesidad de que este se detenga.
- Controlador: Equipo utilizado para gestionar las configuraciones de los sensores piezoeléctricos.
- Medios de transmisión: Conducción de las señales de control desde el centro de gestión hasta los sensores en campo.
- Software de gestión: Programa de cómputo por medio del cual se conoce el estado actual de los sensores y se ajusta la configuración de los mismos.
- Elementos de instalación: Proporcionan al subsistema estabilidad y protección.
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica: Proporcionará energía eléctrica para la operación de los dispositivos.

Especificaciones:

- El subsistema de clasificación en base a ejes clasificará todos los vehículos con una exactitud mínima de un 90%.
- El subsistema permitirá un error de medición máximo de:
 - Más, menos dos (± 2) por ciento en la velocidad.
 - Más, menos cinco (± 10) por ciento en la distancia entre ejes.
 - Más, menos diez (± 10) por ciento en la longitud
- El rango de operación del subsistema de clasificación en base a ejes será de cinco (5) a ciento ochenta (180) kilómetros por hora.
- El subsistema tendrá la capacidad de pesar y clasificar dos mil (2000) vehículos por hora por carril, independientemente del número de ejes por vehículo.
- El subsistema identificará y clasificará los vehículos en cuando menos catorce (14) categorías, además permitirá personalizar y agregar clases de vehículos al esquema de tal forma que el esquema contemple las clasificaciones de vehículos de la norma NOM-012-SCT-2-2008.
- El subsistema permitirá el monitoreo de al menos ocho (8) carriles en un solo sitio.
- El subsistema tendrá la capacidad de llevar a cabo procedimientos establecidos remotamente para cada carril, incluyendo configuración y calibración de los sensores.
- Sensores piezoeléctricos
 - El subsistema detectará y obtendrá el peso de cada eje del vehículo que cruce por los sensores del carril.
 - El subsistema de pesaje en movimiento contará con cuando menos dos (2) sensores de fuerza en forma de tira.
 - Los sensores funcionarán dentro del rango de temperatura de menos veinte (-40) a sesenta (80) grados Celsius. Cabe mencionar que esta temperatura no se trata de la temperatura del ambiente, sino el rango de operación del dispositivo.
 - Los sensores funcionarán bajo condiciones de exposición a agua y sal.

- Los sensores resistirán la carga de un vehículo de 60 toneladas sin que presenten daños que afecten su funcionamiento.
 - Los sensores deberán cubrir el ancho total del carril de circulación.
- El subsistema permitirá al operador realizar las siguientes operaciones:
 - Visualizar el estado actual del controlador, incluyendo el estado de los sensores y el estado general del subsistema de clasificación.
 - Visualizar en tiempo real la información de tiempo y carril de cruce, clase, velocidad y número de ejes de los vehículos que crucen por los carriles donde se ha instalado el subsistema.
 - Realizar diagnósticos de diversos componentes del subsistema, incluyendo sistemas de energía y sensores.
 - Activar el subsistema, ya sea localmente, remotamente o por calendario.
 - Configurar fecha y hora.
 - Configurar ajustes del puerto de comunicaciones y opciones del protocolo de comunicaciones.
 - Configurar los permisos según el usuario.
 - Restablecer el controlador.
 - Calibración de los sensores en carriles.
 - Configurar los parámetros de los sensores.
 - Editar el esquema de las clasificaciones.
 - Configurar parámetros de los carriles de seguimiento como el sentido de tránsito.
- Memoria
 - El controlador tendrá memoria no volátil tipo Flash o RAM, con batería de seguridad.
 - Los datos permanecerán en la memoria durante un mínimo de treinta (30) días después de la interrupción del suministro de energía eléctrica.
 - La información almacenada de cada uno de los carriles de seguimiento, será el peso por eje, el peso bruto vehicular y la velocidad.
 - La memoria permitirá guardar los datos de al menos cinco millones de vehículos con cualquier número de ejes.
- El subsistema, por medio del controlador realizará las siguientes funciones automáticamente:
 - Detección de fallo de sensores.
 - Muestreo y revisión del estado de funcionamiento del subsistema.
 - Revisión del estado del sistema de baterías, carga y descarga de acuerdo a los valores preestablecidos.
- El controlador permitirá realizar la configuración de las siguientes funciones:
 - Tiempo máximo sin comunicaciones, antes de reportar un error;
 - Ajuste y calibración de sensores.
 - Valores para la activación de carga y descarga de baterías.

Disposición física:

Las características del área cercana al sitio donde se planea instalar el sistema de clasificación en base a ejes deben ser analizadas. Las características más relevantes son:

- En cada carril de detección se colocan dos (2) sensores piezoeléctricos. Con los sensores piezoeléctricos se calcula para cada vehículo la velocidad de los ejes, el peso y el espaciamiento entre ellos.
- El sitio de instalación cumplirá con lo siguiente, tanto en el sitio de instalación, como 60 metros antes y 30 metros después del lugar de instalación:
 - Radio de curvatura horizontal mayor o igual a un mil setecientos cincuenta (1 750) metros.
 - Inclinación del camino menor o igual a uno (1) por ciento.
 - Pendiente en cruz (lateral) menor o igual a dos (2) por ciento.
 - Anchura del camino de tres 3 a 4.5 metros.
 - Será liso antes de la instalación de los sensores.
 - La estructura y rugosidad de la superficie del pavimento será la adecuada para acomodar los sensores del subsistema a lo largo de su vida de servicio, conforme a las recomendaciones de la normatividad vigente.

Instalaciones:

- Los sensores deberán permanecer fijos en el pavimento o en la carretera, hasta su remoción o cambio de pavimento.
- Los sensores deberán cubrir el ancho total del carril de circulación.
- Los materiales y elementos que se utilicen en su instalación, cumplirán con lo establecido en las normatividad correspondiente.
- Una vez ubicado el sitio en donde se instalará el subsistema de clasificación en base a ejes, se realizará la excavación para la cimentación, atendiendo lo indicado en la normatividad.

Protecciones:

El subsistema de clasificación en base a ejes incluye dispositivos que requieren de diferentes niveles de protección. Incluso, algunos elementos requerirán protección por medio de gabinetes, los cuales estarán incluidos en el proceso de diseño.

- Los sensores piezoeléctricos cumplirán al menos con un grado de protección IP68, cumpliendo con lo establecido en la norma mexicana correspondiente.
- La carcasa será capaz de proteger los dispositivos contra agentes medioambientales como lluvia, hielo, y polvo que puedan provocar corrosión.
- La carcasa cumplirá al menos con un grado de protección IP66, cumpliendo con lo establecido en la norma mexicana correspondiente.

Programas de cómputo:

- El subsistema de clasificación en base a ejes dispondrá de un firmware, o programa básico, que contendrá el bloque de instrucciones de más bajo nivel.
- Se contará con un programa de cómputo que permita la gestión del subsistema, y obtención de información de forma remota.
- Los programas de cómputo empleados para el control de la clasificación en base a ejes cumplirán con el protocolo de intercambio de información Simple Network Management Protocol (SNMP).
- De forma adicional, se contemplará que el control se podrá realizar a través de un “Software Maestro” en caso de que el Centro de Gestión ITS cuente con un software incluyente para todos los dispositivos ITS.

Relación con Subsistema de Energía:

- El subsistema de clasificación en base a ejes dispondrá de un subsistema eléctrico aterrizado, que admita tensiones de alimentación eléctrica alterna monofásica de ciento veinte a ciento veintisiete (120/127) volts y trifásica de doscientos siete a doscientos veinte (207/220) volts.
- El sistema eléctrico soportará las siguientes variaciones de la tensión:
 - Variaciones de más menos trece (± 13) por ciento en la tensión eléctrica.
 - Variaciones de sesenta (60) más menos un (± 1) Hertz en la frecuencia de la tensión eléctrica.
- El sistema eléctrico del sistema de clasificación en base a ejes estará protegido por un dispositivo, que evite daños en caso de cambios repentinos de tensión.
- Se verificará que exista una fuente apropiada de energía eléctrica a una distancia razonable del sitio donde se instalará el subsistema, y se confirmará que esta puede ser utilizada.
- Se considerará la necesidad de contar con un sistema de energía de respaldo que garantice el suministro de energía eléctrica para el funcionamiento del subsistema.

Relación con Subsistema de Comunicaciones:

- Se determinarán los requerimientos de comunicación para el subsistema de clasificación en base a ejes.
- Se verificará que exista infraestructura de comunicaciones apropiada a una distancia razonable del sitio donde se instalará el subsistema, y se confirmará que esta pueda ser utilizada.
- Si existen diversas opciones para la comunicación, se estudiarán las ventajas y desventajas de cada una.
- Se realizarán acuerdos que permitan el uso de la infraestructura de comunicaciones, asegurando la calidad del servicio.

Variables para operar:

- Número de identificación de la estación a la que esté conectado.
- Número de identificación del equipo al cual esté conectado.
- Número y sentido del carril donde se encuentre instalado.
- Fecha y hora del cruce del vehículo.
- Número de secuencial del vehículo
- Separación entre ejes y total de llantas por eje.

Reportes:

- Reporte de clasificación y número de ejes de los vehículos.
- Reporte de estado del subsistema de clasificación en base a ejes

Análisis de Información:

La función principal del subsistema de clasificación en base a ejes es obtener la clasificación y longitud de los distintos vehículos que circulan por la carretera, sin interrumpir el tránsito.

- Obtener la clasificación y ejes para aplicar las tarifas correspondientes en las casetas de peaje.
- Usar la información para realizar análisis de aforo, tipo de vehículos que transitan por la carretera, estadísticas.

Toma de decisiones:

- Aplicación de tarifas en autopistas.
- Uso de la información para la programación de mantenimiento de la infraestructura.

Colaboraciones con externos:

- Concesiones
- SHCP y otros organismos relacionados a la fijación de tarifas

Normas:

El subsistema de clasificación en base a ejes ya ha sido considerado dentro de la normativa de la SCT.

- NOM-012-SCT-2-2008
- NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones Eléctricas.
- NMX-J-529-ANCE-2006 Grados de Protección.
- N•CMT•4•01•02 de Materiales para Pavimentos
- N•CTR•CAR•1•01•007, Excavación para Estructuras
- ASTM E 1318-09.
- NTCIP 1206.
- NTCIP 1209.
- Simple Network Management Control

5.11 CONTROL DINÁMICO DE DIMENSIONES



Señalamiento en Control de Gálbo Automatizado

Elementos Físicos

El subsistema de control dinámico de dimensiones consta de los siguientes elementos básicos:

- Sensores
- Controlador
- Medios de transmisión. Existen diferentes tipos, los más comunes son:
 - Cable coaxial
 - Fibra óptica
 - Transmisión inalámbrica
- Software de gestión
- Elementos de instalación
 - Carcasa
 - Elementos de fijación
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica

Función del elemento físico:

- Sensores: Sensores, instalados, que utilizan diferentes métodos para obtener la altura y longitud del vehículo, sin necesidad de que este se detenga.
- Controlador: Equipo utilizado para gestionar las configuraciones de los sensores.
- Medios de transmisión: Conducción de las señales de control y la información obtenida desde el centro de gestión hasta los sensores en campo y viceversa.
- Software de gestión: Programa de cómputo por medio del cual se conoce el estado actual de los sensores y se ajusta la configuración de los mismos.
- Elementos de instalación: Proporcionan al subsistema estabilidad y protección.
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica: Proporcionará energía eléctrica para la operación de los dispositivos.

Especificaciones:

- El subsistema de control dinámico de dimensiones clasificará todos los vehículos con una exactitud mínima de un 90%.
- El subsistema permitirá un error de medición máximo de:
 - Más, menos dos (± 2) por ciento en la altura.
 - Más, menos diez (± 10) por ciento en la longitud
- El rango de operación del subsistema de control dinámico de dimensiones será de cinco (5) a ciento ochenta (180) kilómetros por hora.
- El subsistema permitirá personalizar y agregar clases de vehículos al esquema de tal forma que el esquema contemple las clasificaciones de vehículos de la norma NOM-012-SCT-2-2008.
- El subsistema tendrá la capacidad de llevar a cabo procedimientos establecidos remotamente para cada carril, incluyendo configuración y calibración de los sensores.
- El subsistema permitirá al operador realizar las siguientes operaciones:
 - Visualizar el estado actual del controlador, incluyendo el estado de los sensores y el estado general del subsistema.
 - Visualizar en tiempo real la información de tiempo y carril de paso, altura y longitud de los vehículos que transiten por los carriles.
 - Realizar diagnósticos de diversos componentes del subsistema, incluyendo sistemas de energía y sensores.
 - Activar el subsistema, ya sea localmente (en sitio), remotamente (desde el centro de gestión) o por calendario (fechas y horarios configurados).
 - Configurar fecha y hora.
 - Configurar ajustes del puerto de comunicaciones y opciones del protocolo de comunicaciones.
 - Configurar los permisos según el usuario.
 - Restablecer el controlador.
 - Calibración de los sensores.
 - Configurar los parámetros de los sensores.
 - Editar el esquema de las clasificaciones.
 - Configurar parámetros de los carriles de seguimiento como el sentido de tránsito.

- Memoria
 - El controlador tendrá memoria no volátil tipo Flash o RAM, con batería de seguridad.
 - Los datos permanecerán en la memoria durante un mínimo de treinta (30) días después de la interrupción del suministro de energía eléctrica.
 - La información almacenada de cada uno de los carriles de seguimiento, será la longitud y altura de los vehículos.
 - La memoria permitirá guardar los datos de al menos cinco millones de vehículos de cualquier altura y longitud.
- El subsistema, por medio del controlador realizará las siguientes funciones automáticamente:
 - Detección de fallo de sensores.
 - Muestreo y revisión del estado de funcionamiento del subsistema.
 - Revisión del estado del subsistema de baterías, carga y descarga de acuerdo a los valores preestablecidos.
- El controlador permitirá realizar la configuración de las siguientes funciones:
 - Tiempo máximo sin comunicaciones, antes de reportar un error;
 - Ajuste y calibración de sensores.
 - Valores para la activación de carga y descarga de baterías.

Protecciones:

El subsistema de control dinámico de dimensiones incluye dispositivos que requieren de diferentes niveles de protección. Incluso, algunos elementos requerirán protección por medio de gabinetes, los cuales estarán incluidos en el proceso de diseño.

- La carcasa será capaz de proteger los dispositivos contra agentes medioambientales como lluvia, hielo, y polvo que puedan provocar corrosión.
- La carcasa cumplirá al menos con un grado de protección IP66, cumpliendo con lo establecido en la normatividad correspondiente.

Programas de cómputo:

- El subsistema de control dinámico de dimensiones dispondrá de un firmware, o programa básico, que contendrá el bloque de instrucciones de más bajo nivel.
- Se contará con un programa de cómputo que permita la gestión del subsistema, y obtención de información de forma remota.
- Los programas de cómputo empleados para el control del control dinámico de dimensiones cumplirán con el protocolo de intercambio de información señalado en la normatividad.
- De forma adicional, se contemplará que el control se podrá realizar a través de un “Software Maestro” en caso de que el Centro de Gestión ITS cuente con un software incluyente para todos los dispositivos ITS.

Relación con Subsistema de Energía:

- El subsistema de control dinámico de dimensiones dispondrá de un subsistema eléctrico aterrizado, que admita tensiones de alimentación eléctrica alterna monofásica de ciento veinte a ciento veintisiete (120/127) volts y trifásica de doscientos siete a doscientos veinte (207/220) volts.
- El sistema eléctrico soportará las siguientes variaciones de la tensión:
 - Variaciones de más menos trece (± 13) por ciento en la tensión eléctrica.
 - Variaciones de sesenta (60) más menos un (± 1) Hertz en la frecuencia de la tensión eléctrica.
- El sistema eléctrico del subsistema de control dinámico de dimensiones estará protegido por un dispositivo, que evite daños en caso de cambios repentinos de tensión.
- Se verificará que exista una fuente apropiada de energía eléctrica a una distancia razonable del sitio donde se instalará el subsistema, y se confirmará que esta puede ser utilizada.
- Se considerará la necesidad de contar con un sistema de energía de respaldo que garantice el suministro de energía eléctrica para el funcionamiento del subsistema.

Relación con Subsistema de Comunicaciones:

- Se determinarán los requerimientos de comunicación para el subsistema de control de dimensiones.
- Se verificará que exista infraestructura de comunicaciones apropiada a una distancia razonable del sitio donde se instalará el subsistema, y se confirmará que esta pueda ser utilizada.
- Si existen diversas opciones para la comunicación, se estudiarán las ventajas y desventajas de cada una.
- Se realizarán acuerdos que permitan el uso de la infraestructura de comunicaciones, asegurando la calidad del servicio.

Variables para operar:

- Altura del vehículo
- Longitud del vehículo
- Fecha y hora del cruce del vehículo.
- Número de secuencial del vehículo.

Reportes:

- Reporte de clasificación y número de ejes de los vehículos.
- Reporte de estado del subsistema de control dinámico de dimensiones.

Análisis de Información:

La función principal del subsistema de control dinámico de dimensiones es obtener la clasificación y longitud de los distintos vehículos que circulan por la carretera, sin interrumpir el tránsito.

- Obtener las dimensiones de los vehículos e informar tanto al Centro de Control como al conductor acerca de vehículos infractores.
- Detección temprana de vehículos infractores para evitar incidentes en túneles o puntos bajos.
- Usar la información para realizar análisis de aforo, tipo de vehículos que transitan por la carretera, estadísticas.

Toma de decisiones:

- Aplicación de infracciones.
- Posibilidad de envío de los vehículos infractores por rutas alternas.
- Uso de la información para la programación de mantenimiento de la infraestructura.

Colaboraciones con externos:

- Concesiones
- Policía Federal

Normas:

El subsistema de control dinámico de dimensiones ya ha sido considerado dentro de la normativa de la SCT.

- NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones Eléctricas.
- NMX-J-529-ANCE-2006.
- NTCIP 1209.
- NTCIP 1206.
- Simple Network Management Protocol.

5.12 IDENTIFICACIÓN VEHICULAR



Reconocimiento Óptico de Placas en Sistema de Identificación Vehicular

Elementos Físicos

El subsistema de Identificación Vehicular consta de los siguientes elementos básicos:

- Cámara
- Iluminador
- Programa de cómputo para reconocimiento de placa
- Medios de transmisión. Existen diferentes tipos, los más comunes son:
 - Cable coaxial
 - Fibra óptica
 - Transmisión inalámbrica
- Sistema de grabación
- Software de gestión
- Elementos de instalación
 - Estructura
 - Carcasa
 - Elementos de fijación
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica

Función del elemento físico:

- Cámara: Cámara fotográfica para captura de la imagen delantera o trasera del vehículo
- Iluminador: Elemento que permitirá obtener mejores imágenes en condiciones de poca luz.
- Programa de cómputo para reconocimiento de placa: Permitirá procesar las imágenes tomadas por la cámara, identificando la posición de la placa y sus caracteres.
- Medios de transmisión: Conducción de la señal de las cámaras al sistema de visualización, y conducción de las señales de control desde el centro de gestión hasta la cámara.
- Sistema de grabación: Almacena las imágenes, de acuerdo al periodo definido por el usuario.
- Software de gestión: Programa de cómputo por medio del cual es posible observar y gestionar las imágenes provenientes de la misma, y administrar la grabación de las imágenes.
- Elementos de instalación: Proporcionan a la cámara fijación, estabilidad y protección.
 - Estructuras: Lugar donde se fijará la cámara. Proporcionará las condiciones suficientes para obtener una imagen clara y estable.
 - Carcasa: Proporciona protección a la cámara.
 - Elementos de fijación: Soportes, tuercas, tornillos, pernos, etc. usados para mantener unidos los elementos de la cámara.
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica: Proporcionará energía eléctrica para la operación de los dispositivos.

Especificaciones:

- Un subsistema de identificación vehicular, consiste en cámaras que en conjunto con otros dispositivos electrónicos, hacen uso de una forma especial del reconocimiento óptico de caracteres (OCR) para identificar automáticamente los caracteres de las placas de los vehículos.
- El subsistema de identificación vehicular transformará los píxeles de la imagen digital de la placa de un vehículo en texto en forma de código ASCII.
- La lectura de placa consiste en tomar la imagen de la placa delantera o trasera del vehículo, y procesar dicha imagen por medio de un programa de cómputo que analiza las imágenes o extractos de imagen para localizar la placa y reconocer los caracteres que la forman.
- En condiciones de poca luz, se utiliza iluminación, que no actúe como distractor para el usuario, con tal de lograr una lectura exitosa.
- Los componentes del subsistema serán diseñados para operación continua.
- El subsistema de identificación vehicular transmitirá la imagen y lectura en tiempo real, especificando la fecha y hora del momento de captura.

- El subsistema de identificación vehicular realizará la captura y envío las imágenes de la placa del vehículo, así como el resultado del reconocimiento óptico de las placa del vehículo en formato ASCII.
- La captura de imágenes y el reconocimiento de la placa se activarán por medio de sensores de detección externos al subsistema. La configuración de los eventos
- El sistema de disparo y la capacidad de captura de imágenes asegurarán que el noventa y nueve por ciento (99%) de las matrículas se capturan de manera completa y nítida, en al menos una imagen.
- Las imágenes capturadas de la placa incluirán al menos los siguientes datos:
 - Fecha y hora de la captura de la imagen
 - Sitio de captura de la imagen
 - Identificador de la cámara de captura
 - Longitud de la placa
 - Placa en código ASCII
- Cámara Fija
 - En este caso se utiliza una cámara fija al tratarse de una aplicación muy específica.
 - La cámara enfocará a un solo punto, y no se instalará en zonas de vientos fuertes (como túneles y corredores con ráfagas).
 - Será posible configurar el número de imágenes por segundo que se requerirán para el muestreo.
 - La cámara para captura de imágenes de placa permitirá una captura mínima de quince (15) imágenes por segundo
- Cámara IP
 - Es recomendable en los nuevos desarrollos, usar siempre cámaras de tipo IP.
 - No se hará uso de cámaras de tipo analógico.
- Sensibilidad
 - Se tomarán en cuenta los niveles de luminosidad, dependientes del entorno donde se instalará la cámara y su operación.
 - Los sensores para la adquisición de la imagen serán digitales y podrán ser del tipo semiconductor metal oxido complementario (CMOS) o dispositivo de carga acoplada (CCD) y cumplirán con los parámetros siguientes.
 - Resolución mínima de mil ciento veinticuatro (1024) por setecientos sesenta y ocho (768) píxeles.
 - Sensor de ocho coma cinco (8,5) milímetros (1/3”) para distancias hasta diez (10) metros.
 - Sensor de doce coma siete (12,7) milímetros (1/2”) para distancias de tres (3) a veinticinco (25) metros.
 - Sensor de dieciséis coma nueve (16,9) milímetros (2/3”) para distancias de diez (10) a cuarenta (40) metros

- Lente
 - La elección de la lente a emplearse dependerá del campo de visión deseado, es decir de la distancia del objetivo a la lente y de la altura/anchura del objetivo.
 - La relación entre altura y anchura tendrá en cuenta las posibles posiciones de placas, en función de los tipos de vehículos objeto del reconocimiento de placa. La altura de la placa respecto del suelo varía en función del tipo de vehículo.
- Sistema de disparo
 - Con base en una entrada de control de disparo externa, se le indicará a la cámara el momento de disparo. El sistema externo podrá ser un subsistema de detección de vehículos basado en espiras, láser, infrarrojo, o el indicado en el proyecto.
- Sistema de iluminación
 - El iluminador estará compuesto por una fuente de luz LED infrarroja.
 - Espectro de luz LED infrarroja de más de ochocientos (800) nanómetros y capaz de permitir la lectura de día y de noche.
 - Duración del flash mínima superior al tiempo de obturación.
 - Ángulo de radiación vertical mayor a cinco (5) grados y menor a cincuenta (50) grados.
 - Ángulo de radiación horizontal máximo de ochenta (80) grados.
 - La capacidad de repetición máxima no será limitante para el número de capturas de imágenes requerido por segundo
 - Será posible configurar la potencia y duración del iluminador de forma remota.
 - Además contará con un modo de control automático de intensidad infrarroja, que supervisará los sensores de luz ambiental de la cámara de reconocimiento de placa y usará un algoritmo matemático para seleccionar automáticamente uno de los niveles de intensidad de los LEDs.
- Sistema de grabación
 - Permitirá consultar las imágenes e información capturada, producidos en una infraestructura off-line.
 - La información se guardará de acuerdo a las especificaciones de cada proyecto, sin embargo se recomienda mantenerla por lo menos un (1) año.
 - Se podrán usar configuraciones, ya sea de Cabina de Discos, o de Red de almacenamiento masivo.

Disposición física:

- Operación
 - La ubicación dependerá en gran medida del uso que se planee dar al subsistema.
 - Las vías de tres o más carriles, usualmente requieren de más de una cámara

- para lograr obtener todas las vistas necesarias.
- Se evitará la instalación de cámaras en estructuras de puentes, debido a la afectación de la imagen por la vibración.
- Visibilidad
 - La cámara se instalará a una altura tal, que el campo de visión sea adecuado para el procesamiento de la imagen.
 - Las cámaras a ser instaladas en condiciones de poca luz, como en túneles por ejemplo, deben situarse en donde la línea de visión principal evite fuentes de luz brillante.
 - Cerca de curvas horizontales, se preferirá instalar la cámara por fuera de la curva.
 - Cerca de curvas verticales, se preferirá la instalación de la cámara en el punto más alto.
 - El punto ciego creado por el poste debe orientarse hacia un sitio no crítico.
- Disponibilidad de Servicios
 - Considerar la cercanía del sitio a servicios de energía eléctrica y comunicaciones.
 - En caso de que la comunicación por fibra óptica sea posible, es preferible localizar la cámara del mismo lado de la vía, evitando la necesidad de realizar cruces, sólo en caso de que se cumpla con los requerimientos de visibilidad.
- Localización de elementos de protección
 - Se puede proteger la estructura con protección perimetral de cerca metálica, siempre considerando la deflexión lateral y el acceso para vehículos de mantenimiento.
 - Los sitios en el medio de la vía (camellones o barreras jersey) no son localizaciones recomendadas de instalación, sin embargo los camellones pueden ser considerados si no existen otras opciones a los lados de la vía.
 - Con tal de reducir la erosión del sitio, reducir costos de construcción y proporcionar una vida útil mayor, se evitará localizar las estructuras en secciones con pendientes pronunciadas.
 - Es recomendable proteger la cámara con una carcasa adecuada al sitio donde será instalada, considerando las condiciones climáticas y dando prioridad a la visibilidad de la cámara.
- Consideraciones de Mantenimiento
 - En cualquier caso en el que sea posible, la cámara estará localizada de modo que un vehículo de mantenimiento sea capaz de estacionarse en la proximidad de la misma, sin la necesidad de bloquear el tránsito.
 - Para cada instalación, existirá una losa de concreto que permita una superficie estable para mantenimiento en el área.
 - Los gabinetes con instalaciones pertenecientes a la cámara que se instalen en la misma estructura, se ubicarán del lado opuesto al arroyo vial con tal de incrementar la vida útil del mismo y para la seguridad del personal de mantenimiento.

Instalaciones:

El factor principal para determinar la localización de un subsistema de identificación vehicular se refiere a la viabilidad del sitio para llevar a cabo la función operativa para la cual se diseñó, por lo cual el montaje se sujetará a dichas necesidades. Tomando esto en cuenta se usará el siguiente tipo de montaje:

- Poste
 - Es el tipo de montaje más común. Los postes de acero, contruidos para sostener las cámaras CCTV cumplirán con lo establecido en la normatividad correspondiente. Los postes de aluminio, emplearán los tipos 6061-T6 o 6063-T5, y cumplirán con las normatividad vigente.
- Estructura Existente
 - No se instalará el subsistema en estructuras existentes debido a la afectación de la imagen.

Software

- Se contará con un programa de cómputo que haga uso de una forma especial del reconocimiento óptico de caracteres (OCR) para identificar automáticamente los caracteres de las placas de los vehículos.
- El subsistema de identificación vehicular transformará los píxeles de la imagen digital de la placa de un vehículo en texto en forma de código ASCII.
- Los programas de cómputo empleados cumplirán con el protocolo de intercambio de información señalado en la normatividad.
- De forma adicional, se contemplará que se podrá incluir el subsistema en un “Software Maestro” en caso de que el Centro de Gestión ITS cuente con un software incluyente para todos los dispositivos ITS.
- La aplicación del sistema de almacenamiento integrará de forma automática las funciones de back-up y recuperación, gestores de jerarquía de almacenamiento y recuperación de desastres.

Protecciones:

Los sistemas de identificación vehicular incluyen dispositivos que requieren de protección, ya sea por medio de gabinetes o incluso de Protección perimetral, los cuales estarán incluidos en el proceso de diseño.

Siempre que sea posible existirá un sitio para estacionar un vehículo de mantenimiento de manera segura, sin necesidad de bloquear carriles. En caso de no existir espacio, la cámara se localizará donde sea accesible a pie. En todos los casos debe existir una losa de concreto para permitir el acceso del personal de mantenimiento.

Los elementos de campo requeridos por la cámara, serán analizados para conocer las especificaciones que tienen en cuanto a la distancia máxima que debe existir entre ellos y la cámara.

Los criterios más relevantes para la localización de estos elementos, y su correspondiente protección son los siguientes:

- Instalación en Poste
 - Los dispositivos de reconocimiento, en caso de ser externos a la cámara, así como el elemento de iluminación, y la protección de todo el sistema estarán instalados en el poste en donde se encuentra instalada la cámara con tal de reducir costos.
 - Los gabinetes con instalaciones pertenecientes a la cámara que se instalen en la misma estructura, se ubicarán del lado opuesto al arroyo vial con tal de incrementar la vida útil del mismo y para la seguridad del personal de mantenimiento.

Relación con Subsistema de Energía:

- Determinar los requerimientos de energía para la cámara y todos los componentes del subsistema.
- Localizar una fuente apropiada de energía eléctrica a una distancia razonable del sitio donde se instalará la cámara, y confirmar que esta puede ser utilizada.
- Calcular los requerimientos para transformadores
- Determinar las opciones de medición del consumo.
- Determinar y justificar las opciones de energía de respaldo.

Relación con Subsistema de Comunicaciones:

- Determinar los requerimientos de comunicación para las cámaras y subsistema de detección.
- Localizar infraestructura de comunicaciones apropiada a una distancia razonable del sitio donde se instalará la cámara, y confirmar que esta puede ser utilizada
- Si existen diversas opciones para la comunicación, estudiar las ventajas y desventajas de cada una.
- Realizar acuerdos que permitan el uso de la infraestructura de comunicaciones, asegurando la calidad del servicio.

Variables para operar:

- Imagen trasera o delantera de un vehículo, relacionada a un número de placa, con fecha y hora de la toma.
- Acceso a grabaciones almacenadas.

Reportes:

- Listado de placas capturadas, con fecha y hora en formato ASCII, transferible a una base de datos.
- Reporte de imágenes en las cuales no pudo ser identificada la placa.

Análisis de Información:

La función principal del subsistema de identificación vehicular, es obtener el número de placa de vehículos de interés. La captura de la imagen de dichos vehículos será iniciada por dispositivos externos que iniciarán el proceso de toma de imagen e identificación de la placa del vehículo.

Los usos más comunes del subsistema de cámaras CCTV son:

- Identificación de infractores del límite de velocidad.
- Identificación de vehículos que hacen uso de entradas ilegales en las vías.
- Identificación de infractores.
- Monitoreo de la infraestructura.
- Identificación de vehículos robados.
- Cobro de peaje por medio de la identificación de placa.
- Confirmación de coincidencia entre un dispositivo de telepeaje y la placa registrada.

Toma de decisiones:

- Aplicación infracciones.
- Cobro de peaje.
- Reporte de vehículos robados.
- Reporte de inconsistencias para cobro de peaje.

Colaboraciones con externos:

- Operadoras de telepeaje.
- Concesionarios de infraestructura colindante.
- Centros de Control Nacional.
- Policía Federal

Normas:

La gran mayoría de las características deseadas en un subsistema de identificación vehicular se encuentran en los productos ofrecidos en el mercado.

- NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones Eléctricas.
- NMX-W-039-1996
- NMX-W-081-SCFI-2004.
- N-CMT-5-02-002 Láminas y Estructuras para Señalamiento Vertical.
- N-LEG-3 Ejecución de Obras.
- N-CTR-CAR-1-01-007 Excavación de Estructuras
- N-CTR-CAR-1-02-003 Concreto Hidráulico.
- N-CTR-CAR-1-02-006 Estructuras de Concreto Reforzado.
- Simple Network Management Protocol.

5.13 ASISTENCIA A USUARIO / POSTES SOS



Estación de Asistencia al Usuario – Poste SOS – en Infraestructura Carretera

Elementos Físicos

El subsistema de Postes SOS consta de los siguientes elementos básicos:

- Sistema de comunicación bidireccional (audio)
- Medios de transmisión. Existen diferentes tipos, los más comunes son:
 - Cable coaxial
 - Fibra óptica
 - Transmisión inalámbrica
- Software de gestión
- Elementos de instalación
 - Carcasa
 - Elementos de fijación
- Sistema de alimentación de energía eléctrica con placas solares

Función del elemento físico:

- Sistema de comunicación bidireccional: Permite la comunicación entre un usuario y el centro de control o centro de atención de emergencias en ambas direcciones.
- Medios de transmisión: Conducción de las señales de voz y control desde el centro de gestión hasta los dispositivos en campo.
- Software de gestión: Programa de cómputo por medio del cual se conoce qué dispositivo está en uso, se gestionan las llamadas de emergencia y se conoce el estado del dispositivo.
- Elementos de instalación: Proporcionan al sistema estabilidad y protección.
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica: Proporcionará energía eléctrica para la operación de los dispositivos.

Especificaciones:

- El servicio de postes SOS será accionado directamente por el usuario, posibilitando su comunicación automática con el Centro de Control.
- Cuando el usuario active el botón de llamada, los operadores del sistema de atención serán avisados inmediatamente, con la identificación del dispositivo del que se trate.
- El operador del sistema de atención podrá comunicarse con dispositivo, independientemente del orden cronológico de las llamadas.
- El subsistema hará uso de paneles solares como fuente de energía principal.
- Altavoz con impedancia mayor o igual a 4 Ω y con una potencia total superior a los 5 watts.
- Micrófono.
- Sistema para la cancelación de ruido
- Botón normalmente abierto para la llamada de usuario.
- Sensor para la detección de puerta abierta.
- Los postes serán de color amarillo, según el patrón aprobado en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

Disposición física:

- Ubicación Longitudinal: Los Postes S.O.S. se colocan a cada 2.5 km uno de otro y en posición tresbolillo.
- Ubicación Lateral. Los Postes S.O.S. se fijan en postes, colocados a una distancia de 3 metros de la orilla de la calzada.
- Altura. En todas las autopistas, el Postes S.O.S. se sitúan a 1.20 m sobre el hombro del camino.
- Ángulo de Colocación. Los Postes S.O.S. se colocarán siempre en posición paralela sobre el eje del camino.

Instalaciones:

- Los altavoces deberán estar lo más lejos posible del micrófono de captación de voz.

- El micrófono deberá aislarse de la carcasa con algún material absorbente de vibraciones.
- Los sensores de alarma y botones de llamada deberán estar colocados firmemente de forma que las vibraciones de la carcasa (debidas al aire etc.) no provoquen el cierre indeseado de los contactos.
- Los cableados de estos elementos deberán estar bien aislados para que la humedad o condiciones ambientales no provoquen corto circuito.

Protecciones:

El sistema de postes SOS incluye dispositivos que requieren de diferentes niveles de protección. Incluso, algunos elementos requerirán protección por medio de gabinetes, los cuales estarán incluidos en el proceso de diseño.

- Poste
 - Los postes de acero, contruidos para sostener el subsistema SOS cumplirán con lo establecido en la normatividad. Los postes de aluminio, emplearán los tipos 6061-T6 o 6063 –T5, y cumplirán con la normatividad vigente.
- La carcasa será capaz de proteger los dispositivos contra agentes medioambientales como lluvia, hielo, y polvo que puedan provocar corrosión.
- La carcasa cumplirá al menos con un grado de protección IP66, cumpliendo con lo establecido en la norma vigente.

Programas de cómputo:

- Se contará con un programa de cómputo que permita la gestión del subsistema, transmisión de voz de forma bidireccional, y obtención de información de forma remota.
- De forma adicional, se contemplará que el control se podrá realizar a través de un “Software Maestro” en caso de que el Centro de Gestión ITS cuente con un software incluyente para todos los dispositivos ITS.

Relación con Subsistema de Energía:

- El subsistema de postes SOS dispondrá de un subsistema eléctrico aterrizado.
- La fuente de alimentación de los Postes SOS estará basado en celdas solares.
- La fuente de alimentación debe ser capaz de entregar al menos 10 W, con una tensión continua de 9 a 36 volts.
- El sistema eléctrico soportará las siguientes variaciones de la tensión:
 - Variaciones de más menos trece (± 13) por ciento en la tensión eléctrica.
- El sistema eléctrico estará protegido por un dispositivo, que evite daños en caso de cambios repentinos de tensión.
- Se requerirá de un sistema de energía de respaldo, basado en baterías, que garantice el suministro de energía eléctrica para el funcionamiento del subsistema.

Relación con Subsistema de Comunicaciones:

- Se determinarán requerimientos de comunicación para subsistema de postes SOS.
- Se verificará que exista infraestructura de comunicaciones apropiada a una distancia razonable del sitio donde se instalará el subsistema, y se confirmará que esta pueda ser utilizada.
- Si existen diversas opciones para la comunicación, se estudiarán las ventajas y desventajas de cada una.
- Se realizarán acuerdos que permitan el uso de la infraestructura de comunicaciones, asegurando la calidad del servicio.

Variables para operar:

- Localización del dispositivo desde el cual se realiza la llamada.
- Fecha y hora de la llamada.
- Reporte del usuario.

Reportes:

- Reporte de incidente
- Reporte de solicitud de auxilio
- Reporte de llamadas de falsa alarma
- Reporte de estado del dispositivo

Análisis de Información:

La función principal del subsistema de postes SOS es recibir llamadas de solicitud de ayuda y reportes de los usuarios en carretera, y llevar a cabo los procedimientos necesarios.

- Obtener la localización desde la cual se está llevando a cabo la llamada.
- Obtener detalles de la situación para evaluarla y actuar en consecuencia.

Toma de decisiones:

- Envío de Servicios de Emergencia

Colaboraciones con externos:

- Servicios de emergencia
- Policía Federal

Normas:

- NMX-J-529-ANCE-2006 Grados de Protección.
- NMX-W-039-1996.
- NMX-W-081-SCFI-2004.
- N-CMT-5-02-002 Láminas y Estructuras para Señalamiento Vertical.
- Manual de Dispositivos para control de Tránsito en Calles y Carreteras.

5.14 TELEPEAJE



Carril de Telepeaje en Plaza de Cobro

Elementos Físicos

La Antena de Telepeaje consta de los siguientes elementos básicos:

- Antena
- Unidad Central de Procesamiento
- Medios de transmisión. Existen diferentes tipos, los más comunes son:
 - Cable coaxial
 - Fibra óptica
 - Transmisión inalámbrica
- Software de gestión
- Elementos de instalación
 - Carcasa
 - Elementos de fijación
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica

Función del elemento físico:

- Antena: Dispositivo que por medio de ondas de radiofrecuencia, recibe y transmite información a los vehículos que transitan.
- Unidad central de procesamiento: Equipo que interpreta y gestiona las señales obtenidas por la antena, y las señales a enviar.
- Medios de transmisión: Conducción de la información obtenida de los vehículos y envío de las señales de control desde el centro de gestión hasta los dispositivos en campo.
- Software de gestión: Programa de cómputo por medio del cual se conoce el estado actual de los dispositivos y se ajusta la configuración de los mismos.
- Elementos de instalación: Proporcionan al subsistema estabilidad y protección.
- Subsistema de alimentación de energía eléctrica: Proporcionará energía eléctrica para la operación de los dispositivos.

Especificaciones:

- Antena:
 - Funcionará por medio de ondas de radiofrecuencia dentro del rango de 902 a 928 Megahertz
 - Su polarización será horizontal.
 - La potencia radiada será como máximo de 4 Watts, de acuerdo con la normatividad.
 - Recibirá y transmitirá información a una distancia de cuando menos 5.5 metros.
 - Se comunicarán con los transpondedores de telepeaje portados por los vehículos, que circulen a una velocidad de hasta 110 Kilómetros por hora.
 - Serán capaces de realizar lecturas simultáneas,
 - La tasa mínima de lectura válida de transpondedores de telepeaje será de 99.9%
- Unidad Central de Procesamiento
 - Ejecutará, controlará y supervisará todas las funciones de la antena.
 - Contará con una memoria no volátil, intercambiable y que conserve por cuando menos 30 días la información almacenada.
 - Contará con un puerto para conectarse con la antena, y deseablemente con los siguientes puertos de comunicación:
 - Puerto serie RS-232,
 - Puerto serie RS-422,
 - Puerto serie RS-485,
 - Puerto de entrada lógica para dispositivo externo
- El subsistema, por medio del controlador realizará las siguientes funciones automáticamente:
 - Control de emisión y lectura de señal, a partir de una señal de control externa.
 - Detección de fallo de antena.
 - Muestreo y revisión del estado de funcionamiento del subsistema.
 - Revisión del estado del subsistema de alimentación.

- El controlador permitirá realizar la configuración de las siguientes funciones:
 - Tiempo máximo sin comunicaciones, antes de reportar un error;
 - Ajuste y calibración de sensores.
 - Valores para la activación de carga y descarga de baterías.

Disposición física:

- Verticalmente, la antena será instalada a una altura de 5.5 metros o mayor.
- Longitudinalmente, estará colocada en el centro del carril.
- Cuando la antena se coloque en una estación de peaje donde exista la posibilidad de pago en efectivo como segunda forma de pago, ésta se instalará a un mínimo de 3 metros antes de la cabina de peaje y la barrera.

Instalaciones:

- Las antenas de telepeaje se instalarán en la estructura de soporte, de tal manera que queden orientadas perpendicularmente a la dirección del tránsito con el ángulo de inclinación vertical adecuado.
- Las señales se instalarán en una de las siguientes configuraciones:
- Bandera: Cuando la antena se ubica en una orilla del arroyo vial y se encuentra colocada a un solo lado del poste que lo sostiene.
- Puente: Cuando se integra por una o más antenas ubicadas sobre el arroyo vial y colocadas en una estructura apoyada en ambos lados del mismo.

Protecciones:

La antena de telepeaje incluye dispositivos que requieren de diferentes niveles de protección. Incluso, algunos elementos requerirán protección por medio de gabinetes, los cuales estarán incluidos en el proceso de diseño.

- La carcasa de la antena y unidad central de procesamiento cumplirá al menos con un grado de protección IP66, cumpliendo con lo establecido en la normatividad.
- La carcasa será capaz de proteger los dispositivos contra agentes medioambientales como lluvia, hielo, y polvo que puedan provocar corrosión.

Programas de cómputo:

- La antena de telepeaje dispondrá de un firmware, o programa básico, que contendrá el bloque de instrucciones de más bajo nivel.
- Se contará con un programa de cómputo que permita la gestión del subsistema, y obtención de información de forma remota.
- Los programas de cómputo empleados para el control de la antena de telepeaje cumplirán con el protocolo de intercambio señalado en la normatividad.
- De forma adicional, se contemplará que el control se podrá realizar a través de un “Software Maestro” en caso de que el Centro de Gestión ITS cuente con un software incluyente para todos los dispositivos ITS.

Relación con Subsistema de Energía:

- La antena de telepeaje dispondrá de un sistema eléctrico aterrizado, que admita tensiones de alimentación eléctrica alterna monofásica de ciento veinte a ciento veintisiete (120/127) volts y trifásica de doscientos siete a doscientos veinte (207/220) volts.
- El sistema eléctrico soportará las siguientes variaciones de la tensión:
 - Variaciones de más menos trece (± 13) por ciento en la tensión eléctrica.
 - Variaciones de sesenta (60) más menos un (± 1) Hertz en la frecuencia de la tensión eléctrica.
- El sistema eléctrico estará protegido por un dispositivo, que evite daños en caso de cambios repentinos de tensión.
- Se verificará que exista una fuente apropiada de energía eléctrica a una distancia razonable del sitio donde se instalará el subsistema, y se confirmará que esta puede ser utilizada.
- Se considerará la necesidad de contar con un sistema de energía de respaldo que garantice el suministro de energía eléctrica para el funcionamiento del subsistema.

Relación con Subsistema de Comunicaciones:

- Se determinarán los requerimientos de comunicación para el subsistema de antena de telepeaje.
- Se verificará que exista infraestructura de comunicaciones apropiada a una distancia razonable del sitio donde se instalará el subsistema, y se confirmará que esta pueda ser utilizada.
- Si existen diversas opciones para la comunicación, se estudiarán las ventajas y desventajas de cada una.
- Se realizarán acuerdos que permitan el uso de la infraestructura de comunicaciones, asegurando la calidad del servicio.

Variables para operar:

- Número de identificación de la antena.
- Número y sentido del carril donde se encuentre instalada la antena.
- Fecha y hora del cruce del vehículo.
- Número serial del transpondedor detectado.

Reportes:

- Reporte de los vehículos detectados y sus características asociadas de acuerdo a la base de datos correspondiente.
- Reporte de puntos donde fueron detectados los vehículos (para detección de entradas y salidas)
- Reporte de estado del subsistema

Análisis de Información:

La función principal de la antena de telepeaje es obtener la información de serie del transponder con el que cuentan los vehículos que circulan por la carretera, sin interrumpir el tránsito.

- Para aplicar las tarifas correspondientes.
- Usar la información para realizar análisis de aforo, tipo de vehículos que transitan por la carretera, estadísticas.

Toma de decisiones:

- Aplicación de tarifas en autopistas.
- Uso de la información para detección de vehículos infractores (entradas irregulares).
- Detección de vehículos robados.
- Uso de la información con fines estadísticos, planeación de capacidad, etc.

Colaboraciones con externos:

- Concesiones
- Empresas proveedoras de servicios de telepeaje
- SHCP y otros organismos relacionados a la fijación de tarifas
- Policía Federal

Normas:

El subsistema de Antena de Telepeaje ya ha sido considerado dentro de la normativa de la SCT, por lo cual se debe revisar de forma constante la normativa para la infraestructura del transporte vigente.

- NOM-121-SCT1-2009.
- NMX-J-529-ANCE-2006
- N-EIP-2-01-007, Protocolos de Comunicación para Antenas de Telepeaje.
- N-EIP-1-01-007, Antenas de Telepeaje.
- Simple Network Management Protocol.



6. ELEGIBILIDAD DE SUBSISTEMAS ITS

6. ELEGIBILIDAD DE SUBSISTEMAS ITS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA

Objetivo General:

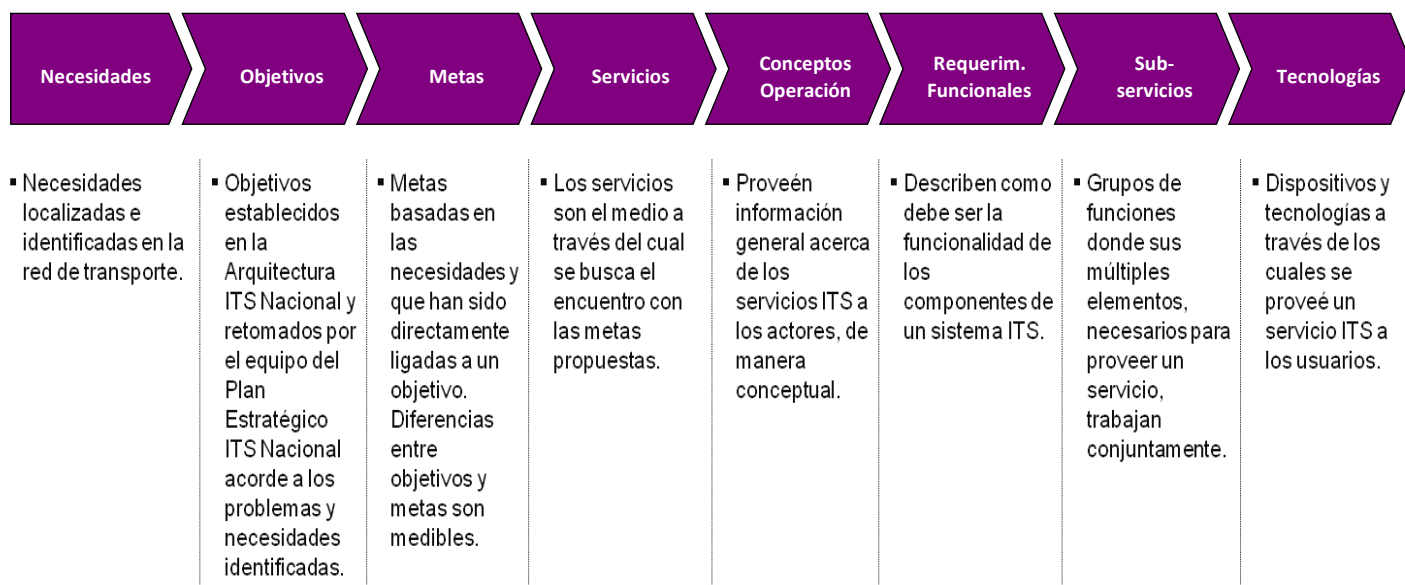
Identificación de los Subsistemas ITS elegibles y recomendados para su implantación en la infraestructura carretera, con base en las características relevantes de cada tramo carretero a equipar.

Desarrollo:

En capítulos anteriores de este manual, se ha realizado una identificación y explicación detallada de los diversos subsistemas, módulos y equipamientos que conforman el universo de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) orientados para su implantación en infraestructura carretera.

Una de las funciones relevantes del presente manual es ofrecer al consultante, criterios para la elección de subsistemas ITS a implementar considerando las características físicas, orográficas, regionales, demográficas, climatológicas y de plataforma logística que involucran al tramo carretero objeto de equipamiento tecnológico ITS.

La elegibilidad de los subsistemas ITS a implantar en un tramo carretero responde a una esfera de necesidades propias del tramo, así como a una serie de variables específicas que deben ser analizadas a detalle en cada caso. No obstante, la elegibilidad de los subsistemas en ocasiones pudiese tener un origen subjetivo, por lo cual, los criterios a continuación presentan elementos objetivos para la satisfacción de las necesidades planteadas en tramo, en concordancia con la trazabilidad en los diseños de equipamiento ITS planteados en el Plan Estratégico ITS Nacional, donde se plantea la implementación de tecnología como la resultante del análisis de necesidades, conceptos operaciones, requerimientos funcionales y esferas de servicio a mitigar.



Fuente: Plan Estratégico ITS Nacional (2010)

Cada tramo de autopista, carretera o ruta auxiliar cuenta con características que lo hacen único en relación a las necesidades que satisface y las condiciones que le dan sentido. No se considera el mismo nivel y tipo de equipamiento para una autopista de altas especificaciones que para un camino secundario, para una vía clasificada como A4S que para una A2. Un tramo carretero puede estar destinado mayoritariamente a autotransporte de carga o pasajeros que a vehículos particulares y viceversa, lo cual implica equipamiento ITS distinto en función de las necesidades a cubrir.

Para la elegibilidad de los subsistemas ITS adecuados a cada emprendimiento es menester considerar las diversas variables que definen al tramo y las funcionalidades a cubrir. A continuación se muestran algunos de los criterios de definición:

CARACTERÍSTICAS	FUNCIONALIDAD A CONTROLAR
FÍSICAS	Tipo de Carretera / Ancho de corona / Tipo de construcción y servicio / Vía libre o de Cuota / Origen de Recursos para su Construcción / Operador Público o Privado / Jurisdicción Federal, Estatal o Municipal
TDPA	Controles de Tránsito / Controles de Velocidad / Información de Tiempos en Vía / Toma Automática de Datos de Tránsito / Clasificación Vehicular / Control de Ingresos (Cuota) / Estadística y Comportamiento Vehicular / Fidelización y Preferencia
OROGRAFÍA	Control de Velocidad / Frecuencia de Equipos CCTV / Detección Automatizada de Incidentes / Señalamiento Dinámico / Iluminación Inteligente / Cobertura de Comunicación Redundante / Control de Tránsito / Equipamiento para Túneles y Estructuras Especiales
METEOROLOGÍA	Señalamiento Dinámico / Iluminación Inteligente / Meteorología / Control de Visibilidad / Señalamiento de Emergencia / Atención a Desperfectos por Clima / Sistemas SOS de Atención / Sensores de Humedad y Temperatura en Vía / Sensores de Viento y Tolvaneras / Detección Automatizada de Incidentes
CONECTIVIDAD	Vía Troncal o Auxiliar / Estructuras de Interconexión (Entronques) / Plazas de Cobro (Cuota) / Interacción Urbana y Tránsito Local / Libramientos / Cercanía de Recursos (Infraestructura de Energía y Comunicaciones).

F-38 Cuadro de Criterios de Definición por Funcionalidad

Para su análisis, se realiza una tipificación de tramos carreteros considerando sus características para posteriormente establecer que equipamiento con tecnologías ITS resulta elegible y con qué nivel de importancia en su aplicación.

Los Subsistemas ITS a considerar en infraestructura carretera, en congruencia con las fichas técnicas elaboradas en capítulos anteriores del manual, se establecen a continuación:

1	CCOP	SUBSISTEMA DE CENTRO DE CONTROL Y OPERACIÓN
2	ENRG	SUBSISTEMA DE ENERGÍA TRONCAL Y REMOTA
3	COMM	SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN
4	CCTV	SUBSISTEMA DE TELEVIGILANCIA Y MONITORIZACIÓN
5	DAI	SUBSISTEMA DE DETECCIÓN AUTOMATIZADA DE INCIDENTES
6	CVEL	SUBSISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD
7	DETV	SUBSISTEMA DE DETECCIÓN DE TRÁNSITO VEHICULAR
8	WIM	SUBSISTEMA DE PESAJE DINÁMICO (WEIGHT IN MOTION)
9	DIMG	SUBSISTEMA DE CONTROL DINÁMICO DE DIMENSIONES Y GÁLBO
10	ALPR	SUBSISTEMA DE IDENTIFICACIÓN VEHICULAR
11	METR	SUBSISTEMA DE CONTROL E INFORMACIÓN METEOROLÓGICA
12	PSOS	SUBSISTEMA DE ASISTENCIA CON POSTES SOS
13	SMC	SUBSISTEMA DE SEÑALIZACIÓN DE MENSAJES CAMBIABLES
14	PJTP	SUBSISTEMA DE PEAJE Y TELEPEAJE

F-40 Subsistemas ITS y su Nomenclatura

6.1 CLASIFICACIÓN DE TRAMOS CARRETEROS POR DENSIDAD Y TIPO DE FLUJO VEHICULAR

La densidad de tránsito vehicular es uno de los factores donde los Sistemas Inteligentes de Transporte pueden incidir con mayor efectividad en el control de flujo con fines de seguridad vial, en la disminución drástica de la accidentalidad, eficiencia en los tiempos de recorrido y monitorización de la operación. Se define como alta densidad vehicular aquella que se acerca al límite de la capacidad de la carretera en cuestión.

CARRETERAS CON ALTA DENSIDAD DE FLUJO VEHICULAR		
SUBSISTEMA ITS ELEGIBLE	NIVEL DE ELEGIBILIDAD	OBSERVACIONES ESPECÍFICAS
CCOP	ALTO	Subsistema de Centro de Control y Procesamiento de datos necesario para la operación
ENRG	ALTO	Infraestructura de Energía necesaria en todos los subsistemas
COMM	ALTO	Infraestructura de Comunicaciones necesaria en enlaces
CCTV	ALTO	Monitorización con Cámaras en un alto porcentaje del tramo, con énfasis en entronques y áreas críticas
DTAI	ALTO	Detección automática en entronques y estructuras susceptibles de bloqueo del flujo vehicular
CVEL	ALTO	Controles de velocidad fijos en tramos peligrosos por exceso y móviles en roles aleatorios
DETV	ALTO	Detección de Flujo Vehicular necesaria en todos los accesos del tramo para alimentar sistema de control
WIM	BAJO	Control de Peso, por cumplimiento de norma y evitando impacto en infraestructura
DIMG	BAJO	Control de Gálibo si hubiese estructuras de techo bajo
ALPR	MEDIO	Identificación de Vehículos en accesos al tramo
METR	MEDIO	Alimentación automática Subsistema Señales de Mensaje Cambiable
PSOS	ALTO	Asistencia al usuario en puntos establecidos por norma
PMVR	ALTO	Información al usuario en puntos de toma de decisión oportuna respecto a condiciones de vía
PJTP	CASO	Peaje/Telepeaje necesario en autopistas de cuota

F-41 Cuadro de elegibilidad de subsistemas ITS para carreteras de alta densidad vehicular

Recomendable la implantación de Subsistemas ITS de VideoVigilancia en vías de baja densidad de flujo vehicular, tanto para monitorización de la operación, como para disminuir los índices de inseguridad.

CARRETERAS CON BAJA DENSIDAD DE FLUJO VEHICULAR		
SUBSISTEMA ITS ELEGIBLE	NIVEL DE ELEGIBILIDAD	OBSERVACIONES ESPECÍFICAS
CCOP	ALTO	Subsistema de Centro de Control y Procesamiento de datos necesario para la operación
ENRG	ALTO	Infraestructura de Energía necesaria en todos los subsistemas
COMM	ALTO	Infraestructura de Comunicaciones necesaria en enlaces
CCTV	ALTO	Monitorización con Cámaras en el tramo, con énfasis en entronques y áreas críticas
DTAI	BAJO	Detección automática en entronques y estructuras susceptibles de bloqueo del flujo vehicular
CVEL	MEDIO	Controles de velocidad fijos en tramos peligrosos por exceso
DETV	ALTO	Detección de Flujo Vehicular necesaria en todos los accesos del tramo para alimentar sistema de control
WIM	MEDIO	En caso de Tránsito Pesado identificado en zona
DIMG	BAJO	Control de Gálibo si hubiese estructuras de techo bajo
ALPR	NA	
METR	BAJO	En caso de zonas de clima adverso por estacionalidad o permanente
PSOS	ALTO	Asistencia al usuario en puntos establecidos por norma
PMVR	MEDIO	Señalamiento recomendable en puntos de toma de decisión
PJTP	CASO	Peaje/Telepeaje necesario en autopistas de cuota

F-42 Cuadro de elegibilidad de subsistemas ITS para carreteras de baja densidad vehicular

Por el contrario al concepto de alta densidad, se asume como baja densidad vehicular aquella que no llega al 25% del límite de la capacidad de la carretera en cuestión. Notar que el nivel de equipamiento, si bien es menor en elegibilidad de Subsistemas ITS, esta reducción no es proporcional al TDPA³ estimado para el tramo carretero, algunos subsistemas persisten en su calidad de necesarios, independientemente del flujo vehicular esperado.

La incidencia de vehículos con exceso de peso y dimensiones impacta directamente en las estructuras de la vía, tanto en su operación como en su mantenimiento. La utilización de tecnologías ITS permite mantener información permanente de las violaciones a las normas de pesos y dimensiones, ya sea en un ámbito de control estadístico o con acciones dirigidas a disuadir los excesos, como el establecimiento de sanciones y multas, en tanto el marco jurídico lo permita.

(3) **Tránsito Diario Promedio Anual** según la estadística de cada carretera

CARRETERAS CON ALTA INCIDENCIA DE VEHÍCULOS DE CARGA		
SUBSISTEMA ITS ELEGIBLE	NIVEL DE ELEGIBILIDAD	OBSERVACIONES ESPECÍFICAS
CCOP	ALTO	Subsistema de Centro de Control necesario para la operación
ENRG	ALTO	Infraestructura de Energía necesaria en todos los subsistemas
COMM	ALTO	Infraestructura de Comunicaciones necesaria en enlaces
CCTV	ALTO	Monitorización con Cámaras en un alto porcentaje del tramo, con énfasis en entronques a nivel
DTAI	MEDIO	Detección automática en entronques por bloqueo de unidades pesadas
CVEL	ALTO	Controles de velocidad fijos en tramos peligrosos por exceso en vehículos pesados
DETV	MEDIO	Detección de Flujo Vehicular destinada a clasificación vehicular
WIM	ALTO	Control de Peso en cumplimiento de norma y verificando impacto en infraestructura
DIMG	ALTO	Control Dinámico de Dimensiones para vehículos en verificación de norma y reglamento SCT
ALPR	MEDIO	Identificación de Vehículos en accesos al tramo, en especial en traslado de mercancías peligrosas
METR	MEDIO	Alimentación automática Subsistema Señales de Mensaje Cambiable
PSOS	ALTO	Asistencia al usuario en puntos establecidos por norma
PMVR	MEDIO	Información al usuario en puntos de toma de decisión oportuna respecto a condiciones de vía
PJTP	CASO	Peaje/Telepeaje necesario en autopistas de cuota

F-43 Cuadro de elegibilidad de subsistemas ITS para carreteras con alta incidencia de vehículos pesados

Existe una diferencia entre el equipamiento necesario para carreteras transitadas esencialmente por vehículos de carga y las que son mayoritariamente transitadas por vehículos ligeros, como podrá apreciarse en el cuadro anterior.

El índice de accidentalidad en la Red Nacional de Carreteras puede ser sensiblemente abatido mediante la implementación de Herramientas ITS, bajo control del binomio [exceso de peso - exceso de velocidad] demostradamente nocivo en las vías de la red.

Las carreteras con intersecciones urbanas requieren de herramientas ITS orientadas a la toma de decisión para los usuarios y a la prevención de accidentes por cambio de dinámica en los accesos poblacionales. Por esquemas de seguridad, la identificación vehicular cobra especial interés para el control de vehículos que ingresan o salen de alguna mancha urbana.

CARRETERAS CON CRUCE CONTINUO DE POBLACIONES		
SUBSISTEMA ITS ELEGIBLE	NIVEL DE ELEGIBILIDAD	OBSERVACIONES ESPECÍFICAS
CCOP	ALTO	Subsistema de Centro de Control necesario para la operación
ENRG	ALTO	Infraestructura de Energía necesaria en todos los subsistemas
COMM	ALTO	Infraestructura de Comunicaciones necesaria en enlaces
CCTV	MEDIO	Monitorización con Cámaras en accesos a áreas y corredores urbanos
DTAI	NA	
CVEL	ALTO	Controles de velocidad en accesos poblacionales
DETV	MEDIO	Detección de Flujo Vehicular necesaria en todos los accesos del tramo para alimentar sistema de control
WIM	BAJO	Control de Peso, por cumplimiento de norma y evitando impacto en infraestructura
DIMG	BAJO	Control de Gálibo si hubiese estructuras de techo bajo
ALPR	ALTO	Identificación de Vehículos en ingresos a los tramos interpoblacionales
METR	NA	
PSOS	MEDIO	Asistencia al usuario en puntos establecidos por norma
PMVR	ALTO	Información al usuario en puntos de acceso para toma de decisión
PJTP	CASO	Peaje/Telepeaje necesario en autopistas de cuota

F-44 Cuadro de elegibilidad de subsistemas ITS para carreteras que cruzan poblaciones contiguas

6.2 CLASIFICACIÓN DE TRAMOS CARRETEROS POR OROGRAFÍA

El tipo de equipamiento ITS susceptible de implementarse en tramos de infraestructura carretera puede tener una identificación orientada al control y prevención de siniestros en carreteras con una composición accidentada, donde las curvas y pendientes abundan o donde las estructuras especiales como túneles, viaductos y puentes suplen las irregularidades del terreno. A continuación, los criterios de elegibilidad para esta tipología.

CARRETERAS EN CONDICIONES DE OROGRAFÍA ACCIDENTADA		
SUBSISTEMA ITS ELEGIBLE	NIVEL DE ELEGIBILIDAD	OBSERVACIONES ESPECÍFICAS
CCOP	ALTO	Subsistema de Centro de Control necesario para la operación
ENRG	ALTO	Infraestructura de Energía necesaria en todos los subsistemas
COMM	ALTO	Infraestructura de Comunicaciones necesaria en enlaces
CCTV	ALTO	Monitorización con Cámaras en un alto porcentaje del tramo, con énfasis en curvas y pendientes
DTAI	ALTO	Detección automática en entronques a nivel y tramos con pendientes pronunciadas
CVEL	MEDIO	Controles de velocidad fijos en tramos peligrosos por ingreso a curvas peligrosas
DETV	MEDIO	Detección de Flujo Vehicular en los accesos al tramo
WIM	MEDIO	Control de Peso, por cumplimiento de norma y evitando impacto en taludes y PIVs
DIMG	ALTO	Control Dinámico de Dimensiones para evitar accidentes en curvas por vehículos con exceso
ALPR	NA	
METR	MEDIO	Alimentación automática Subsistema Señales de Mensaje Cambiable
PSOS	MEDIO	Asistencia al usuario en puntos establecidos por norma
PMVR	ALTO	Información al usuario en puntos en zona de peligro y condiciones climáticas adversas
PJTP	CASO	Peaje/Telepeaje necesario en autopistas de cuota

F-45 Cuadro de elegibilidad de subsistemas ITS para carreteras de orografía accidentada

CARRETERAS QUE INCLUYEN TÚNELES EN SU CONSTRUCCIÓN		
SUBSISTEMA ITS ELEGIBLE	NIVEL DE ELEGIBILIDAD	OBSERVACIONES ESPECÍFICAS
CCOP	ALTO	Subsistema de Centro de Control necesario para la operación, pudiendo requerir más de uno
ENRG	ALTO	Infraestructura de Energía necesaria en todos los subsistemas
COMM	ALTO	Infraestructura de Comunicaciones necesaria en enlaces
CCTV	ALTO	Monitorización con Cámaras en un alto porcentaje del tramo y aumento de frecuencia en túneles
DTAI	ALTO	Detección automática al interior de los túneles, aumentando frecuencia si existe curvatura
CVEL	MEDIO	Controles de velocidad fijos en túneles con pendiente prolongada
DETV	ALTO	Detección de Flujo Vehicular necesaria en todos los ingresos y salidas de túneles
WIM	BAJO	Control de Peso, por cumplimiento de norma y evitando impacto en infraestructura
DIMG	ALTO	Control de Gálibo previo a los ingresos a túnel, donde los vehículos sean susceptibles de desvío
ALPR	BAJO	Identificación de Vehículos en accesos al tramo
METR	ALTO	Para túneles que exceden 400 m de longitud, instalación en ingresos y salidas
PSOS	ALTO	Asistencia al usuario en interior de túneles con una frecuencia de cada 150 m, con bahías de emergencia
PMVR	ALTO	Paneles de Información de condiciones de túnel y emergencias a lo largo de las estructuras
PJTP	CASO	Peaje/Telepeaje necesario en autopistas de cuota

F-46 Cuadro de elegibilidad de subsistemas ITS para carreteras que incluyen túneles

La cantidad de dispositivos en túnel se incrementa considerablemente, incluyendo en su composición elementos como sensores de temperatura, opacímetros, cable radiante y ventiladores/extractores de humos de gran capacidad, múltiples elementos orientados a la seguridad al interior de las estructuras, cumpliendo con normas internacionales de construcción y operación.

La normativa en ITS para túneles en nuestro país es aún incipiente, no obstante, de forma paralela a la publicación del presente manual, se preparan recomendaciones y lineamientos oficiales por parte de la dependencia, para hacer frente al equipamiento tecnológico en la actividad creciente de implementación de túneles.

CARRETERAS QUE INCLUYEN PUENTES EN SU COMPOSICIÓN		
SUBSISTEMA ITS ELEGIBLE	NIVEL DE ELEGIBILIDAD	OBSERVACIONES ESPECÍFICAS
CCOP	ALTO	Subsistema de Centro de Control necesario para la operación, pudiendo requerir más de uno
ENRG	ALTO	Infraestructura de Energía necesaria en todos los subsistemas
COMM	ALTO	Infraestructura de Comunicaciones necesaria en enlaces
CCTV	MEDIO	Instalación en viaductos y puentes de riesgo alto
DTAI	MEDIO	Instalación en viaductos y puentes de riesgo alto
CVEL	MEDIO	Controles de velocidad en estructuras de alto riesgo
DETV	MEDIO	Detección de Flujo Vehicular para fines estadísticos
WIM	ALTO	Pesaje Dinámico en puntos con posibilidad de desvío, previos al ingreso de puentes y viaductos
DIMG	ALTO	Control Dinámico de Dimensiones previo al ingreso a puentes, con posibilidad de desvío por exceso
ALPR	NA	
METR	NA	
PSOS	NA	
PMVR	NA	
PJTP	CASO	Peaje/Telepeaje necesario en autopistas de cuota

F-47 Cuadro de elegibilidad de subsistemas ITS para carreteras que incluyen puentes

6.3 CLASIFICACIÓN DE TRAMOS CARRETEROS POR CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

Considerando la variedad climatológica del territorio nacional, la Red Nacional Carretera cruza por todo tipo de ecosistemas, desde bosque y selva hasta grandes territorios de zonas áridas, sin omitir los corredores que entrelazan múltiples zonas urbanas. La tecnología ITS permite al usuario estar plenamente informado sobre las condiciones meteorológicas de la vía, bajo condiciones adversas, ya sea lluvia profusa, hielo en calzada, bancos de neblina o tolvánicas que afectan la visibilidad, como es el caso de las autopistas que cruzan por el lecho de lagos desecados.

CARRETERAS BAJO CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS ADVERSAS		
SUBSISTEMA ITS ELEGIBLE	NIVEL DE ELEGIBILIDAD	OBSERVACIONES ESPECÍFICAS
CCOP	ALTO	Subsistema de Centro de Control necesario para la operación, pudiendo requerir más de uno
ENRG	ALTO	Infraestructura de Energía necesaria en todos los subsistemas
COMM	ALTO	Infraestructura de Comunicaciones necesaria en enlaces
CCTV	ALTO	Monitorización en vía de la visibilidad y condiciones de calzada
DTAI	ALTO	Instalación en lugares de riesgo climático para detonar alarmas de detención o colas
CVEL	ALTO	Controles de velocidad en tramos bajo condiciones climatológicas adversas
DETV	BAJO	Detección de Flujo Vehicular para fines estadísticos
WIM	MEDIO	Pesaje Dinámico en puntos previos a zonas de riesgo climático
DIMG	NA	
ALPR	NA	
METR	ALTO	Instalación de Estaciones Meteorológicas en puntos de incidencia para Información Automatizada
PSOS	MEDIO	Asistencia a Usuarios bajo condiciones climatológicas adversas
PMVR	ALTO	Información a usuarios de riesgo y límites de velocidad bajo condiciones climatológicas adversas
PJTP	CASO	Peaje/Telepeaje necesario en autopistas de cuota

F-48 Cuadro de elegibilidad de subsistemas ITS para carreteras bajo condiciones climatológicas adversas

6.4 CLASIFICACIÓN DE TRAMOS CARRETEROS CONSIDERADOS CORREDOR LOGÍSTICO

Los tramos carreteros que forman parte de corredores logísticos, enlace multimodal con puertos marítimos, aeropuertos, transporte ferroviario, puertos interiores, recintos fiscales y puentes internacionales (border crossing), son considerados componentes de plataforma logística, prioritarios para el desarrollo y competitividad del país. Las herramientas de ITS juegan una labor importante en la operación eficiente de estos tramos.

CARRETERAS CONSIDERADAS CORREDOR LOGÍSTICO		
SUBSISTEMA ITS ELEGIBLE	NIVEL DE ELEGIBILIDAD	OBSERVACIONES ESPECÍFICAS
CCOP	ALTO	Subsistema de Centro de Control necesario para la operación
ENRG	ALTO	Infraestructura de Energía necesaria en todos los subsistemas
COMM	ALTO	Infraestructura de Comunicaciones necesaria en enlaces
CCTV	ALTO	Monitorización con Cámaras en un alto porcentaje del tramo, con énfasis en enlaces multimodales
DTAI	ALTO	Detección automática en áreas de enlace multimodal, verificación de estadías y colas de servicio
CVEL	MEDIO	Controles de velocidad fijos para fines estadísticos
DETV	ALTO	Detección de Flujo Vehicular necesaria en todos los accesos del tramo para alimentar sistema estadístico
WIM	ALTO	Control de Peso, por cumplimiento de norma y protección de infraestructura multimodal
DIMG	ALTO	Control Dinámico de Dimensiones para protección de infraestructura multimodal
ALPR	ALTO	Identificación de Vehículos en accesos a infraestructura multimodal y recintos fiscalizados
METR	BAJO	Alimentación automática Subsistema de Mensaje Cambiable
PSOS	MEDIO	Asistencia al usuario en puntos establecidos por norma
PMVR	ALTO	Información al usuario en puntos de toma de decisión oportuna respecto a condiciones de vía
PJTP	CASO	Peaje/Telepeaje necesario en autopistas de cuota

F-49 Cuadro de elegibilidad de subsistemas ITS para carreteras consideradas corredor logístico

CARRETERAS QUE INCLUYEN PUENTES INTERNACIONALES Y CRUCES FRONTERIZOS

SUBSISTEMA ITS ELEGIBLE	NIVEL DE ELEGIBILIDAD	OBSERVACIONES ESPECÍFICAS
CCOP	ALTO	Subsistema de Centro de Control necesario para la operación
ENRG	ALTO	Infraestructura de Energía necesaria en todos los subsistemas
COMM	ALTO	Infraestructura de Comunicaciones necesaria en enlaces
CCTV	ALTO	Monitorización con Cámaras con énfasis en áreas de cruce fronterizo
DTAI	ALTO	Detección automática en áreas de enlace multimodal, verificación de estadías en cruce fronterizo
CVEL	BAJO	Controles de velocidad fijos para fines estadísticos
DETV	ALTO	Detección de Flujo Vehicular para información y estadística de tiempos de cruce y llegada a frontera
WIM	ALTO	Control de Peso, por cumplimiento de norma y verificación de acuerdos internacionales
DIMG	ALTO	Control Dinámico de Dimensiones para verificación de acuerdos internacionales
ALPR	ALTO	Identificación de Vehículos en ingreso y salida de cruce fronterizo
METR	NA	
PSOS	MEDIO	Asistencia al usuario en puntos establecidos por norma
PMVR	ALTO	Información al usuario de condiciones de cruce y toma oportuna de decisión
PJTP	CASO	Peaje/Telepeaje necesario en puentes de cuota

F-50 Cuadro de elegibilidad de subsistemas ITS para carreteras que incluyen cruces fronterizos

La información generada por la actividad en cruces fronterizos es de importancia total para la actividad de comercio internacional. Las tecnologías ITS implementadas en cruce fronterizo deben responder a necesidades locales, pero con creciente importancia, a interoperabilidad con sistemas internacionales. La actividad de cruce en la frontera norte del territorio nacional es la de mayor complejidad por la convivencia de estructuras tecnológicas a considerar.

6.5 LINEAMIENTOS POR TIPO DE CARRETERAS / GUÍAS PARA PROYECCIÓN

6.5.1 Autopistas

Nos referimos como autopistas, a los caminos que son de cuota y diseñados para altas velocidades y altas especificaciones para su diseño, construcción y conservación.

Para el caso de autopistas nuevas, esto normalmente se cumple sin problemas; para el caso de autopistas en operación, algunas veces existen deficiencias en el diseño, construcción o conservación de la autopista, en cuyo caso es importante considerar la necesidad de solventar las deficiencias existentes, a la par de implementar el uso de un Sistema Inteligente de Transporte; por ejemplo, deficiencias en la superficie de rodamiento, falta de acotamientos, bajos niveles de servicio.

Características

- Vías de cuota.
- Altas velocidades, normalmente velocidad de proyecto de 110 Km/hr. y velocidad de operación inclusive superior al límite indicado.
- Nivel de servicio A, B o C. En caso de que se reduzca el nivel de servicio aceptable, deberán preverse las obras de ampliación necesarias.

Clasificación

De acuerdo con la Normativa de la SCT, los caminos se clasifican de acuerdo a sus características geométricas, tomando además como referencia el tránsito diario promedio anual (TDPA). A continuación se resume el tipo de autopistas en México.

Tabla 6.5.1: Clasificación de autopistas de cuota en México.

TIPO DE AUTOPISTA	No. DE CUERPOS	No. DE CARRILES	ANCHO DE CORONA	ANCHO DE CALZADA	ACOTAMIENTOS EXTERNOS	ACOTAMIENTOS INTERNOS	TDPA
A6-S o superior.	2, con faja separadora entre ellos	6 o más	14.0 m por cuerpo	10.5 m por cuerpo	2.5 m	1.0 m	3000
A6 o superior.	1	6 o más	29 m	10.5 m por sentido	2.5 m	1.0 m más barrera separadora	
A4-S	2, con faja separadora entre ellos	4	10.5 m por cuerpo	7.0 m por cuerpo	2.5 m	1.0 m	
A4	1	4	22 m	7.0 m por sentido	2.5 m	1.0 m más barrera separadora	
A2	1	2	12 m	7 m	2.5 m	No tiene	
B	1	2	9 m	7 m	1.0 m	No tiene	1500 a 3000

Fuente: Elaboración propia, conforme a Normativa SCT.

Necesidades

- Incremento en la velocidad de operación de los usuarios, sin rebasar los límites. Esto implica utilizar un alineamiento horizontal y vertical acorde con el diseño y construcción de la autopista conforme a la velocidad de proyecto y tomando en cuenta el tipo de vehículos predominantes en la autopista.
- Reducción en la longitud de las autopistas, con respecto a las rutas que suelen tener carreteras libres de peaje. Lo anterior se traduce, salvo el caso de terrenos sensiblemente planos, en diseñar rutas más directas, lo que suele requerir mayores costos de construcción y conservación.
- Aumento de la seguridad en el tránsito de los usuarios, en todos los aspectos relacionados con la adecuada construcción y conservación de la autopista. Es importante mencionar que uno de los aspectos que más influyen en dicha seguridad es tener en buenas condiciones la superficie de rodamiento de la autopista, entre otros elementos claves a los que debe dársele seguimiento mediante la evaluación de estándares de desempeño.
- Mayor seguridad y comodidad en las instalaciones de la autopista, tanto vigilancia del tramo, como servicios conexos para los usuarios.

- Mejor información para los usuarios, tanto en el tramo de la autopista como por medios remotos, tales como el internet.
- Disminución del desgaste de la infraestructura.
- Reforzar la participación de elementos de seguridad pública.

Equipamiento sugerido

Se sugiere la implementación de cuando menos los siguientes sistemas ITS.

1. Centro de gestión de tránsito
2. Telepeaje
3. Subsistema de cámaras de video CCTV
4. Señales de Mensaje Cambiable (SMC)
5. Subsistema de control de velocidad
6. Teléfonos SOS
7. Detector de condiciones meteorológicas adversas
8. Subsistema de pesaje en movimiento
9. Control dinámico de dimensiones.

Secuencia de equipamiento

Se propone que en una primera etapa, se implementen los siguientes sistemas.

1. Centro de gestión de tránsito

La implementación del Centro de gestión es primordial, debido a que desde este sitio se realizará el monitoreo y control del resto de los sistemas ITS de la autopista. Asimismo, desde este punto se coordinarán las diversas acciones que se llevarán a cabo, tal como envío de servicios de emergencia o contacto con las autoridades.

El centro de gestión de tránsito supervisará a la autopista en cuestión, y en caso de que existan acuerdos con otras vías colindantes será posible obtener y brindar información acerca de las condiciones de las mismas, exclusivamente por medio de comunicación entre los Centros de gestión.

2. Telepeaje

Debido a que una de las principales características de las autopistas es brindar servicios superiores que las vías de tránsito libre, por lo cual se cobra una cuota a los usuarios, es importante realizar la actividad de recaudación de la forma más eficiente posible. El telepeaje es un subsistema ITS que coadyuva a realizar esta actividad de forma más conveniente, tanto para el usuario como para el encargado de realizar la recaudación, mejorando la fluidez en los puntos de cobro.

3. Subsistema de cámaras de video CCTV

El servicio superior brindado por las autopistas requiere que estas sean monitoreadas de forma exhaustiva. La recomendación en general es contar con una cobertura total de la autopista por medio del subsistema de cámaras CCTV, con tal de detectar oportunamente incidentes, y verificar las condiciones de la misma, así como para iniciar las acciones pertinentes lo antes posible.

4. Subsistema de control de velocidad

Al contar con mejores condiciones que otras vías de comunicación, es posible que los usuarios infrinjan el límite de velocidad aumentando el riesgo de sufrir un accidente. Por esta razón es necesaria la instalación de sistemas de control de velocidad, tanto para desalentar las altas velocidades en los usuarios como para deslindar responsabilidades en caso de accidentes.

5. Teléfonos SOS

Los teléfonos SOS son importantes para que los usuarios den aviso de algún incidente, o reporten alguna situación ocurrida en la autopista. A pesar de que con el subsistema de cámaras CCTV se estará monitoreando continuamente la autopista, a través de este subsistema se podría brindar información más detallada al centro de gestión y también se le daría mayor seguridad al usuario, al mantener una

comunicación asegurando que el caso o reporte ha sido verificado y las acciones a seguir.

6. Señales de Mensaje Cambiable (SMC)

Este tipo de señales permitirán dar aviso a los usuarios acerca de eventos o incidentes en la infraestructura, reduciendo la posibilidad de accidentes secundarios y permitiendo a los usuarios tomar decisiones informadas acerca de su viaje. Lo más recomendable es contar en un inicio con este tipo de señales en puntos clave de la carretera y donde sea posible para los usuarios la toma de alternativas. Se comienza instalando SMC en los puntos más relevantes, manteniéndolos en estado óptimo con tal de que sean realmente útiles, y paulatinamente se añadirán SMC en donde se considere útil, en función de los recursos disponibles.

Los tres sistemas restantes, a pesar de ser relevantes para aumentar el nivel de servicio y mejorar el monitoreo de las condiciones existentes, y disminuir el desgaste de la infraestructura, se podrán implementar paulatinamente, en función de los recursos disponibles.

6.5.2 Carreteras Federales

Las carreteras federales son caminos libres de peaje y que comunican dos o más Estados de la República Mexicana. Las carreteras nuevas también son diseñadas para altas velocidades y altas especificaciones de diseño, construcción y conservación.

En cuanto a las carreteras existentes, la mayoría de ellas fueron diseñadas y construidas hace varias décadas, por lo que se han tenido que modernizar por tramos, de acuerdo al tránsito y demás condiciones de cada carretera. Es importante considerar que, para una carretera en específico, se deben verificar las condiciones geométricas y físicas del camino, para que en caso de ser necesario, se corrijan las deficiencias existentes, a la par de implementar el uso de un Sistema Inteligente de Transporte; por ejemplo, deficiencias en la superficie de rodamiento, falta de acotamientos, bajos niveles de servicio, etc.

Características

- Caminos libres de cuota.
- Comunican dos o más Estados.
- El diseño, construcción y conservación de las carreteras federales está a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes federal.
- Carreteras nuevas, se diseñan con acotamientos y características similares a las autopistas de cuota.
- Las carreteras federales existentes pueden tener características físicas y geométricas muy diferentes, dependiendo del tipo de terreno donde se encuentren.
- Velocidades de proyecto máximas de 100 Km/hr., en terreno plano. En terrenos de lomeríos fuertes y montañosos, la velocidad de proyecto puede reducirse inclusive hasta 40 Km/hr. en el caso de tramos que cruzan las zonas serranas.
- Nivel de servicio A, B, C o D. En caso de carreteras existentes con nivel de servicio D, se busca la manera de programar obras de modernización y ampliación necesarias, para mejorar el nivel de servicio.

Clasificación

De acuerdo con la Normativa de la SCT, los caminos se clasifican por sus características geométricas, tomando además como referencia el tránsito diario promedio anual (TDPA). A continuación se resume el tipo de carreteras federales en México.

Tabla 6.5.2: Clasificación de carreteras federales en México.

TIPO DE CARRETERA	No. DE CUERPOS	No. DE CARRILES	ANCHO DE CORONA	ANCHO DE CALZADA	ACOTAMIENTOS EXTERNOS	ACOTAMIENTOS INTERNOS	TDPA
A6-S o superior.	2, con faja separadora entre ellos	6 o más	14.0 m por cuerpo	10.5 m por cuerpo	2.5 m	1.0 m	3000
A6 o superior.	1	6 o más	29 m	10.5 m por sentido	2.5 m	1.0 m más barrera separadora	
A4-S	2, con faja separadora entre ellos	4	10.5 m por cuerpo	7.0 m por cuerpo	2.5 m	1.0 m	
A4	1	4	22 m	7.0 m por sentido	2.5 m	1.0 m más barrera separadora	
A2	1	2	12 m	7 m	2.5 m	No tiene	
B	1	2	9 m	7 m	1.0 m	No tiene	1500 a 3000
C	1	2	7 m	6 m	0.5 m	No tiene	500 a 1500

Fuente: Elaboración propia, conforme a Normativa SCT.

Necesidades

- Comunicar dos o más Estados, estableciendo rutas de largo itinerario que integren una red a nivel nacional.
- Contar con una vía de alta velocidad con las características físicas y geométricas necesarias para una velocidad de proyecto de 100 Km/hr.
- Ofrecer las condiciones de seguridad, fluidez y comodidad para la adecuada circulación de los usuarios y de mercancías.

Equipamiento sugerido

Se sugiere la implementación de cuando menos los siguientes sistemas ITS.

- Centro de Control y Operación(Nivel regional, SCT)
- Subsistema de cámaras de video CCTV
- Señales de Mensaje Cambiable (SMC)
- Teléfonos SOS
- Sistemas de detección vehicular

Secuencia de equipamiento

a. Centro de Control y Operación Regional.

En este caso, la implementación del Centro de control es también primordial, debido a que desde este sitio se realizará el monitoreo y control del resto de los sistemas ITS de la carretera. Asimismo, desde este punto se coordinarán

las diversas acciones que se llevarán a cabo, tal como envío de servicios de emergencia o contacto con las autoridades.

Para las carreteras Federales, no se requerirá de un centro de control para cada tramo, sino que la gestión se llevará a cabo desde el Centro de Control y Operación a Nivel Regional, a cargo de la SCT y será posible compartir información con otros organismos o centros de control si se cuenta con los acuerdos correspondientes.

b. Subsistema de cámaras de video CCTV

La recomendación en general es contar con una cobertura total de la carretera por medio del subsistema de cámaras CCTV, sin embargo en el caso de las carreteras federales el presupuesto suele ser más limitado. Por esta razón se recomienda instalar cámaras CCTV en los puntos más conflictivos y puntos relevantes para la operación, con tal de detectar oportunamente incidentes, y verificar las condiciones de la carretera, así como para iniciar las acciones pertinentes lo antes posible.

c. Teléfonos SOS

Los teléfonos SOS son importantes para que los usuarios den aviso de algún incidente, o reporten alguna situación ocurrida en la carretera. A través de este subsistema se podría brindar información más detallada al centro de gestión y también se le daría mayor seguridad al usuario, al mantener una comunicación asegurando que el caso o reporte ha sido verificado y las acciones a seguir.

El subsistema de detección vehicular para el Aforo, es recomendable instalarlo desde un inicio con tal de contar con estadísticas acerca del número de vehículos que transitan por la carretera, e incluso si se considera necesario, instalar sistemas para obtener su clasificación. La implementación de este subsistema queda a consideración de la autoridad correspondiente al momento de la realización del proyecto.

El único subsistema que podría postergarse para una segunda etapa, son las Señales de Mensaje Cambiable (SMC), en el caso de que no existan puntos críticos para la seguridad vial de los usuarios al transitar por la carretera.

6.5.3 Carreteras Estatales

Las carreteras estatales son caminos libres de peaje que comunican localidades en una región o Estado del país.

Las carreteras estatales existentes suelen ser libres de peaje y se integran a la red de carreteras federales, complementando la cobertura de las distintas regiones del país, para dar accesibilidad a las localidades medianas y pequeñas, sin incluir las localidades muy aisladas, tales como en las zonas serranas, a las cuales se les da servicio con las carreteras alimentadoras y caminos rurales.

En cuanto a las carreteras estatales de cuota, estas se han ido implementando en función del alto tránsito potencial de ciertas regiones, lo cual permite implementar autopistas de cuota; sin embargo, para efectos del presente manual, las carreteras estatales de cuota se consideran con las mismas características que las autopistas de cuota descritas en el apartado 5.1.

La mayoría de las carreteras estatales existentes fueron diseñadas y construidas hace varias décadas, por lo que se han tenido que modernizar por tramos, de acuerdo al tránsito y demás condiciones de cada carretera. Es importante verificar las condiciones geométricas y físicas del camino, para que en caso de ser necesario, se corrijan las deficiencias existentes, a la par de implementar el uso de un Sistema Inteligente de Transporte.

Las carreteras estatales nuevas se diseñan y construyen en función del tipo de terreno, el aforo vehicular estimado y la velocidad de proyecto que se requiere, por lo que pueden considerarse carreteras tipo A, B, C, D o E, de acuerdo a lo indicado en la tabla 5.3.

Características

- Son carreteras libres de peaje. Aunque también existen carreteras estatales de cuota, estas se catalogan como parte de las autopistas que ya fueron descritas en el apartado 5.1 anterior.
- Comunican localidades de una misma región o Estado del país, que suelen funcionar como caminos integradores que complementan la red federal de carreteras.
- El diseño, construcción y conservación de las carreteras estatales está a cargo de las autoridades locales de cada caso.

- Tanto las carreteras estatales existentes como las nuevas, pueden tener características físicas y geométricas muy diferentes (alineamiento horizontal y vertical), dependiendo del tipo de terreno donde se encuentren. En general, son carreteras que no tienen acotamientos, salvo algunas carreteras estatales que están en terreno plano y en Estados en los que se han tenido recursos suficientes para invertir en la modernización de dichas carreteras.
- Velocidades de proyecto máximas de 100 Km/hr., en terreno plano. En terrenos de lomeríos fuertes y montañosos, la velocidad de proyecto puede reducirse inclusive hasta 30 Km/hr. en el caso de tramos que cruzan las zonas serranas.
- Nivel de servicio A, B, C, D, E o F. En caso de carreteras existentes con nivel de servicio E y F, se busca la manera de programar obras de modernización y ampliación necesarias, para mejorar el nivel de servicio.

Clasificación

De acuerdo con la Normativa de la SCT, los caminos se clasifican por sus características geométricas, tomando además como referencia el tránsito diario promedio anual (TDPA). A continuación se resume el tipo de carreteras en México.

Tabla 6.5.3: Clasificación de carreteras estatales en México.

TIPO DE CARRETERA	No. DE CUERPOS	No. DE CARRILES	ANCHO DE CORONA	ANCHO DE CALZADA	ACOTAMIENTOS EXTERNOS	ACOTAMIENTOS INTERNOS	TDPA
A6-S o superior.	2, con faja separadora entre ellos	6 o más	14.0 m por cuerpo	10.5 m por cuerpo	2.5 m	1.0 m	3000
A6 o superior.	1	6 o más	29 m	10.5 m por sentido	2.5 m	1.0 m más barrera separadora	
A4-S	2, con faja separadora entre ellos	4	10.5 m por cuerpo	7.0 m por cuerpo	2.5 m	1.0 m	
A4	1	4	22 m	7.0 m por sentido	2.5 m	1.0 m más barrera separadora	
A2	1	2	12 m	7 m	2.5 m	No tiene	
B	1	2	9 m	7 m	1.0 m	No tiene	1500 a 3000
C	1	2	7 m	6 m	0.5 m	No tiene	500 a 1500
D	1	2	6 m	6 m	No tiene	No tiene	100 a 500
E	1	2	4 m	4 m	No tiene	No tiene	Hasta 100

Fuente: Elaboración propia, conforme a Normativa SCT.

Necesidades

- Comunicar localidades dentro de un mismo Estado, integrando y complementando la red de carreteras federales.
- Contar con vías de velocidad moderada, con las características físicas y geométricas necesarias para cubrir las necesidades de cada región.
- Ofrecer las condiciones de seguridad, fluidez y comodidad para la adecuada circulación de los usuarios y de mercancías.

Equipamiento sugerido

- Centro de Control y Operación(Nivel estatal)
- Subsistema de cámaras de video CCTV
- Señales de Mensaje Cambiable (SMC) (sólo en puntos críticos)
- Teléfonos SOS
- Sistemas de detección vehicular (Aforo)

Secuencia de equipamiento

a. Centro de Control y Operación (Nivel Estatal)

En este caso, la implementación del Centro de control es también primordial, debido a que desde este sitio se realizará el monitoreo y control del resto de los sistemas ITS de la carretera. Asimismo, desde este punto se coordinarán las diversas acciones que se llevarán a cabo, tal como envío de servicios de emergencia o contacto con las autoridades.

Para las carreteras estatales, no se requerirá de un centro de control para cada tramo, sino que la gestión se llevará a cabo desde el Centro de Control y Operación a Nivel Estatal, y será posible compartir información con otros organismos o centros de control si se cuenta con los acuerdos correspondientes.

b. Subsistema de cámaras de video CCTV

La recomendación en general es contar con una cobertura total de la carretera por medio del subsistema de cámaras CCTV, sin embargo en el caso de las carreteras estatales el presupuesto suele ser más limitado. Por esta razón se recomienda instalar cámaras CCTV en los puntos más conflictivos y puntos

relevantes para la operación, con tal de detectar oportunamente incidentes, y verificar las condiciones de la carretera, así como para iniciar las acciones pertinentes lo antes posible.

c. Teléfonos SOS

Los teléfonos SOS son importantes para que los usuarios den aviso de algún incidente, o reporten alguna situación ocurrida en la carretera. A través de este subsistema se podría brindar información más detallada al centro de gestión y también se le daría mayor seguridad al usuario, al mantener una comunicación asegurando que el caso o reporte ha sido verificado y las acciones a seguir.

El subsistema de detección vehicular para el Aforo, es recomendable instalarlo desde un inicio con tal de contar con estadísticas acerca del número de vehículos que transitan por la carretera, e incluso si se considera necesario, instalar sistemas para obtener su clasificación. La implementación de este subsistema queda a consideración de la autoridad correspondiente al momento de la realización del proyecto.

El único subsistema que podría postergarse para una segunda etapa, son las Señales de Mensaje Cambiable (SMC), en el caso de que no existan puntos críticos para la seguridad vial de los usuarios al transitar por la carretera.

6.5.4 Carreteras que Incluyen Túneles

La modernización de la Red Nacional de Carreteras en el País tiene como característica de construcción, la inclusión de estructuras que brinden al usuario mejores niveles de seguridad y eficiencia, incluso en tramos con terreno de orografía accidentada. Es esta la razón por la cual se puede encontrar cada vez con mayor frecuencia tramos carreteros que incluyen túneles en sus proyectos constructivos.

La inclusión de Túneles en los tramos carreteros modernos hace que los tiempos y velocidades de recorrido para el usuario se reduzcan de manera sustancial. El mejor ejemplo de este efecto es el nuevo tramo carretero Durango – Mazatlán, que incluye 61 túneles y 17 viaductos en su proyecto

constructivo, reduciendo los tiempos de recorrido a 2 Horas 30 Minutos, en comparación con las más de 6 horas que tradicionalmente tomaba realizar el tramo por la carretera antigua.

Si bien, son notables los beneficios de incluir Túneles en los proyectos de construcción de carreteras, es también necesario indicar que el tránsito por estas estructuras requiere de equipamiento tecnológico especializado para realizarse de una manera segura y eficiente. Los accidentes relacionados con túneles son de consecuencias fatales y de muy alto impacto en la sociedad, basta recordar algunos casos tristemente célebres como el accidente en 1999 del Túnel Mont Blanc en la frontera entre Francia e Italia, con un saldo de 39 personas fallecidas y que tomó 53 horas de trabajo a equipos de extinción de incendios para sofocarlo.



F-51 Accidente en túnel de Mont Blanc en 1999

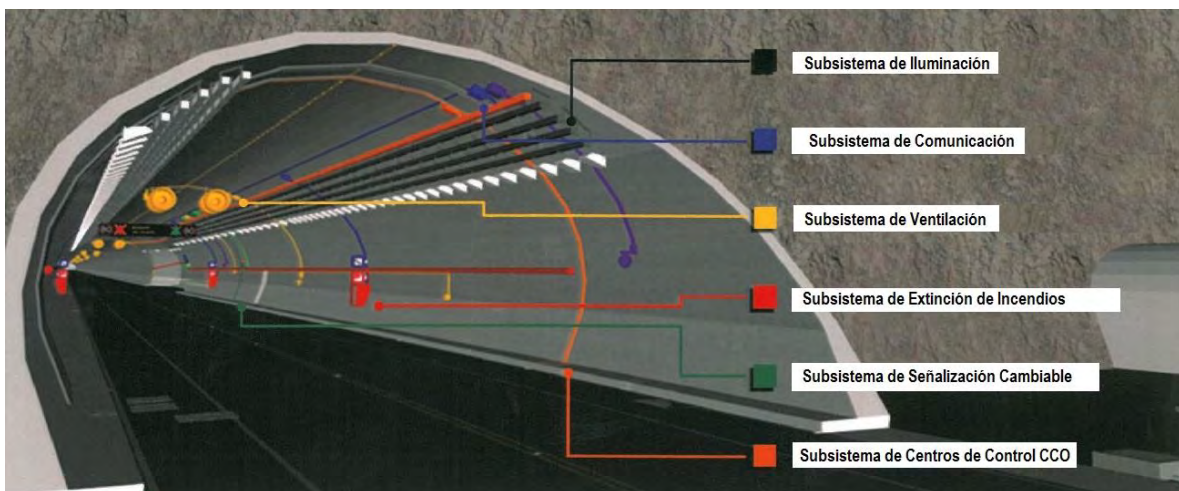
La parte positiva de las experiencias siniestralas es la toma de conciencia social hacia una cultura de prevención y la normativa que se genera por parte de las autoridades en la materia para establecer políticas y equipamientos tecnológicos que impidan que los siniestros se repitan. Es aquí donde los ITS toman un papel relevante en la prevención y en la operación especial de

tránsito en túneles, que es sustancialmente distinta a la operación a cielo abierto.

No es materia de este manual abundar en las especificaciones técnicas que se deberán cumplir para el equipamiento tecnológico de túneles en tramos carreteros, para este fin existen documentos exprofeso por parte de la dependencia (remitirse al documento denominado “*Lineamientos técnico-operativos para el diseño, implementación, operación y mantenimiento de sistemas ITS en túneles y su área de influencia*”, SCT), no obstante, es importante indicar la funcionalidad de subsistemas específicos dirigidos específicamente a la seguridad y eficiencia del tránsito de túneles.

Subsistemas ITS para Túneles

Los subsistemas ITS indicados para su aplicación en túneles no difieren sustancialmente de los subsistemas originalmente abordados ya en este documento para el caso de carreteras a cielo abierto, pero algunos cobran mayor importancia y requieren de alguna modalidad especial para su funcionamiento bajo condiciones de túnel.



F-52 Diagrama de subsistemas ITS para túneles

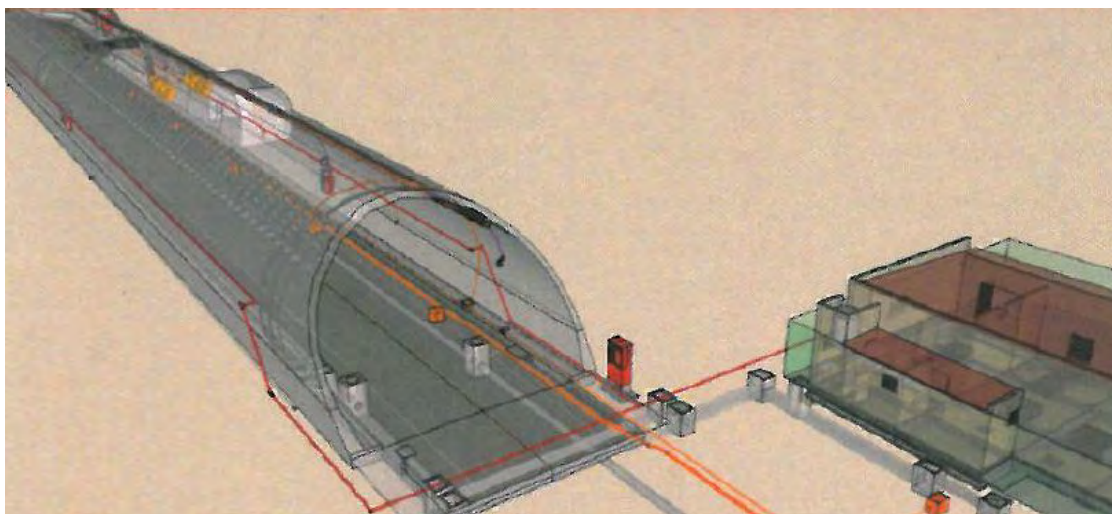
El nivel de equipamiento en túneles deberá ser en todo caso, un elemento a considerar por parte de la ingeniería especializada en ITS que desarrolle el proyecto específico de inclusión de ITS en el tramo carretero, sin embargo,

existen algunos convencionalismos de uso internacional que indican una clasificación en cuanto a su equipamiento.

Un ejemplo de esta clasificación convencional para equipamiento es la longitud del túnel y su morfología. En términos generales, se considera un **Túnel Menor** a aquel que no excede 400 metros de longitud, esta condición puede cambiar en relación al ángulo de curvatura y pendiente que presente, en medida en que se impide al usuario una visual clara entre la boca de entrada y la de salida. Aquel túnel que exceda las dimensiones o complejidad, se considerará **Túnel Mayor**, con las implicaciones del caso.

Subsistemas de Centros de Control y Operación (CCO)

Análogamente a los subsistemas de Centro de Control y Operación que se han tratado con anterioridad, el CCO del equipamiento ITS en túneles es el centro neurálgico para las acciones y registro de operación del tránsito de la totalidad de equipos y sistemas implementados en la infraestructura de túneles para un tramo carretero.



F-53 Centro de Operación y Control (CCO) de ITS en túneles

La diferencia principal respecto a los CCO de tramo abierto radica en que su operación es de mayor complejidad y su cobertura debe ser crítica, de su acción oportuna depende la prevención de catástrofes y minimizar sus consecuencias en caso de que sucedan.

Las fases de automatización para alarmas e indicadores de riesgo en equipos en sitio trabajan bajo protocolos mucho más rigurosos que la operación a cielo abierto, adicionalmente a que la cobertura de personal y sistemas de suministro de comunicación y energía deberá ser estrictamente 24 horas por todos los días que los túneles del tramo estén abiertos a la circulación.

En le CCO de túneles se deberá llevar registro permanente y se deberá ejecutar un protocolo de acciones perfectamente definido en un Manual de Explotación. La actividad a controlar proviene de la información que proveen el resto de los subsistemas que interactúan, como iluminación, comunicación, ventilación, extinción de incendios y señalización dinámica de mensajes cambiables (SMC), equipamiento mínimo indicado para túneles según su clasificación.

Subsistemas CCTV y DAI

Dentro de los Subsistemas de Control, para el caso de los túneles mayores, es menester incluir en su equipamiento sistemas de control visual de la operación, como Cámaras CCTV y equipo de Detección Automática de Incidentes DAI, para referencia, remitirse a los numerales 3.2.4 y 3.2.5 de este manual. La diferencia principal del equipamiento CCT y DAI en túneles es que la frecuencia de instalación y el rigor de sus protocolos se incrementan considerablemente, ya que la actuación automatizada de estos sistemas se vuelve crítica para la prevención y actuación oportuna en siniestros al interior de un túnel.

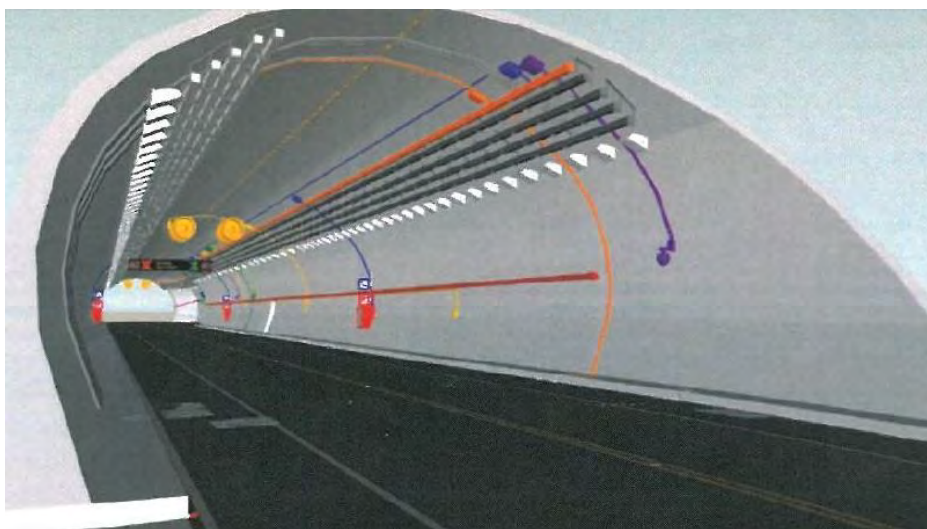


F-54 Imágenes de subsistema DAI en túneles

La monitorización de la actividad en el Centro de Control y Operación debe ser permanente, ya que las actuaciones de los subsistemas de CCTV y DAI se traducen en señales de alarma claras y evidentes, pero siempre deberán ser validadas por un criterio humano, así como la ejecución de acciones según el protocolo definido en manual de explotación de los sistemas ITS en túnel.

Subsistemas de Iluminación en Túneles

Los subsistemas de iluminación para túneles están ligados a las nuevas tecnologías de alumbrado en áreas públicas, utilizando fuentes de luz cada vez más potentes, durables y con menor consumo de energía por tiempo de utilización.



F-55 Diagrama de subsistema de iluminación en túneles

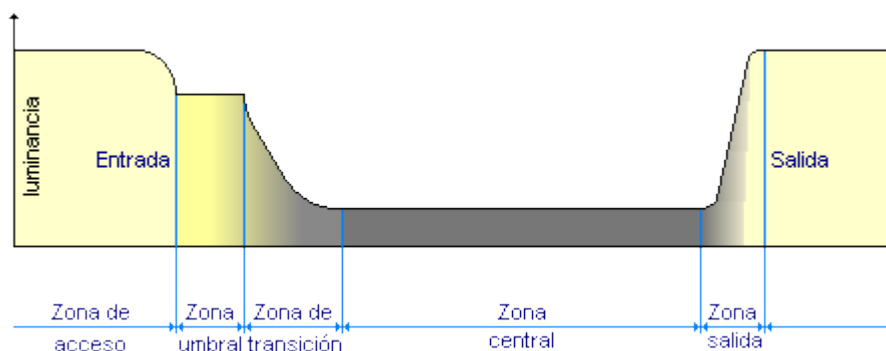
Independientemente de su longitud, un túnel deberá estar adecuadamente iluminado, garantizando visibilidad completa al usuario en cualquier momento del día y bajo cualquier condición de clima.

La iluminación inteligente de un túnel consiste en mantener una adecuada relación entre nivel de luminosidad y consumo de energía durante el

transcurso del día-noche y bajo las condiciones de clima y visibilidad que se presenten en el túnel.

Para el caso de los túneles inteligentes, es decir, aquellos que por su dimensión o complejidad inciden en la clasificación de Túneles Mayores y requieren de equipamiento tecnológico superior, los subsistemas de iluminación aprovechan los sensores de opacidad y visibilidad provenientes de subsistemas tratados más adelante, para establecer de manera automática el nivel de iluminación pertinente en todo momento.

Otros objetivos que persigue la iluminación inteligente, consiste en abatir los efectos negativos que se presentan al conductor que transita a través de un túnel. El efecto principal se denomina Umbral de Sombra y es el que resulta de la ceguera momentánea que experimenta un conductor cuando pasa de la iluminación total de un día soleado al interior de un túnel. Las pupilas oculares se adaptan a la iluminación menor de una manera gradual, de tal modo que durante unas fracciones de segundo, el conductor no puede ver al interior del túnel al que está ingresando. La iluminación en bocas de túnel deberá ser adaptativa al nivel de iluminación externa, de tal manera que la transición de mayor a menor luminosidad para el conductor esté siempre asistida.



F-56 Gráfica del efecto óptico de umbral en túneles

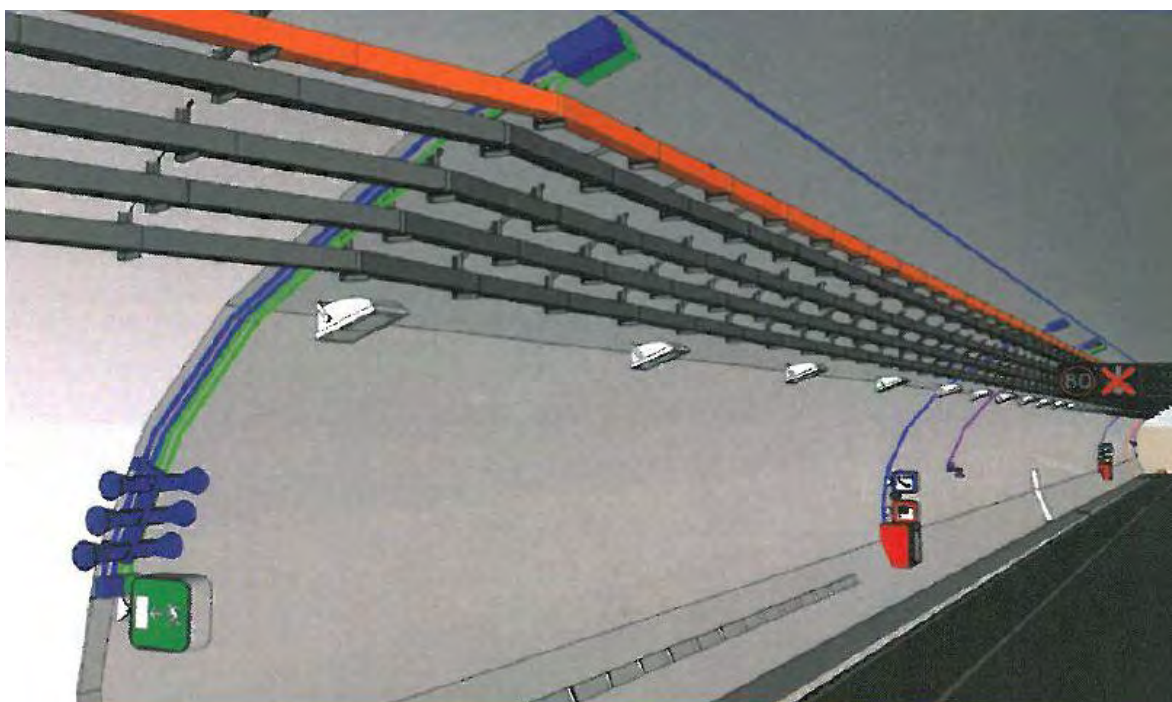
El ahorro en energía para la iluminación de un túnel no es un tema menor, ya que este rubro es probablemente el de mayores recursos energéticos consume. Para lograr un consumo eficiente, existen diversas tecnologías que avanzan cotidianamente, como es el caso de la Tecnología LED. Es importante valorar el desempeño permanente de los equipos de iluminación, no solo al

momento de su instalación, sino también en todo el desarrollo de su vida útil, ya que algunos elementos tienden a bajar su desempeño en el tiempo.

Subsistemas de Comunicación en Túneles

Los subsistemas de comunicación tienen también una condición especial al interior de los túneles de una carretera, tanto para la interacción de los equipos y sensores al interior de los túneles como para el flujo de información a Centro de Control y Operación, pasando por la comunicación con el usuario, ya sea por señalamiento dinámico de mensajes cambiables (SMC), como por comunicación de voz en puestos SOS y equipos de megafonía.

Los medios de comunicación al igual que los sistemas de energía, deben mantener al interior y exterior del túnel condiciones de operación permanente, deseablemente con esquemas de comprobación y redundancia para evitar que una caída en las comunicaciones deshabilite parcial o totalmente de los sistemas de seguridad que se indican en este capítulo.



F-57 Diagrama de subsistema de comunicación al interior de un túnel

Uno de los sistemas especiales de comunicación al interior del túnel es el concepto de Cable Radiante, que consiste en la instalación de cableado especial con la capacidad de conducir información y a la vez comportarse como una antena de transmisión-recepción para equipos de comunicación inalámbrica y canales de frecuencia en amplitud modulada (AM), frecuencia modulada (FM), RDS y microondas. Esta modalidad permite mantener sin interrupción la señal de radiocomunicación entre equipos móviles y estaciones fijas, dando servicio tanto aplicaciones de radio y telefonía comercial, como a servicios de emergencia, evitando el molesto efecto de cortar las comunicaciones móviles al internarse en un túnel.

Subsistemas SOS y Megafonía

Otras modalidades de comunicación al interior de túneles mayores consisten en los subsistemas SOS, muy similares a los que han sido tratados en el numeral 3.2.12 de este manual, pero con algunas características especiales, como mayor frecuencia de instalación y señalamiento especial para su reconocimiento al interior de los túneles.

Los equipos de comunicación con el usuario mantienen el mismo formato de voz sobre IP que los postes SOS en cielo abierto, pero observan un protocolo de registro y seguimiento de la información más robusto y riguroso para la atención de emergencias. Se instalan tanto al interior del túnel como al exterior, en las bocas de entrada y salida.

Los equipos de megafonía completan los sistemas de comunicación por voz, permiten la transmisión de mensajes a los usuarios del túnel brindando información sobre instrucciones de actuación en caso de presentarse algún incidente.

Subsistemas de Señalización de Mensaje Cambiable (SMC)

La información al usuario de túneles es de vital importancia, desde la notificación de túnel y carril abierto/cerrado hasta información de tiempos de cruce, clima imperante en ambos extremos y precauciones existentes.

Los subsistemas de señalización dinámica en bocas e interior de túneles llevan el peso de la información primaria tanto de operación como de restricción y auxilio para el usuario de carreteras que ingresa y transita por esta estructura.



F-58 Subsistemas de señal de mensaje cambiable en túneles

La señalización dinámica permite informar al conductor desde el Centro de Control y Operación, las condiciones de cruce, información pertinente para el tránsito seguro en el túnel. Adicionalmente el sistema automático de alarmas interactúa con el sistema de información desplegando de manera autorizada, mensajes predefinidos sobre situaciones de peligro o instrucciones de evacuación.

El subsistema incide en la operación automatizada del túnel con la semaforización de tránsito y control de flujo vial, como es el caso de aperturas, cierres y cambios de carril.



Carril Cerrado



Carril Abierto



Cierre Inminente

Los conceptos de señalización van más allá de la información, como es el caso del control de gálibos para vehículos en exceso de dimensiones y el cierre físico de túnel, el caso crítico que resulta de la identificación automática de un incidente y acciones de cierre de túnel ante el peligro que representaría el ingreso de nuevos vehículos al punto de conflicto. Una de las razones del enorme número de víctimas que tuvo el accidente de Mont Blanc en 1999 fue la falta de acción de cierre en el ingreso de vehículos al túnel.



F-59 Boca de túnel con cierre automatizado y señalamiento

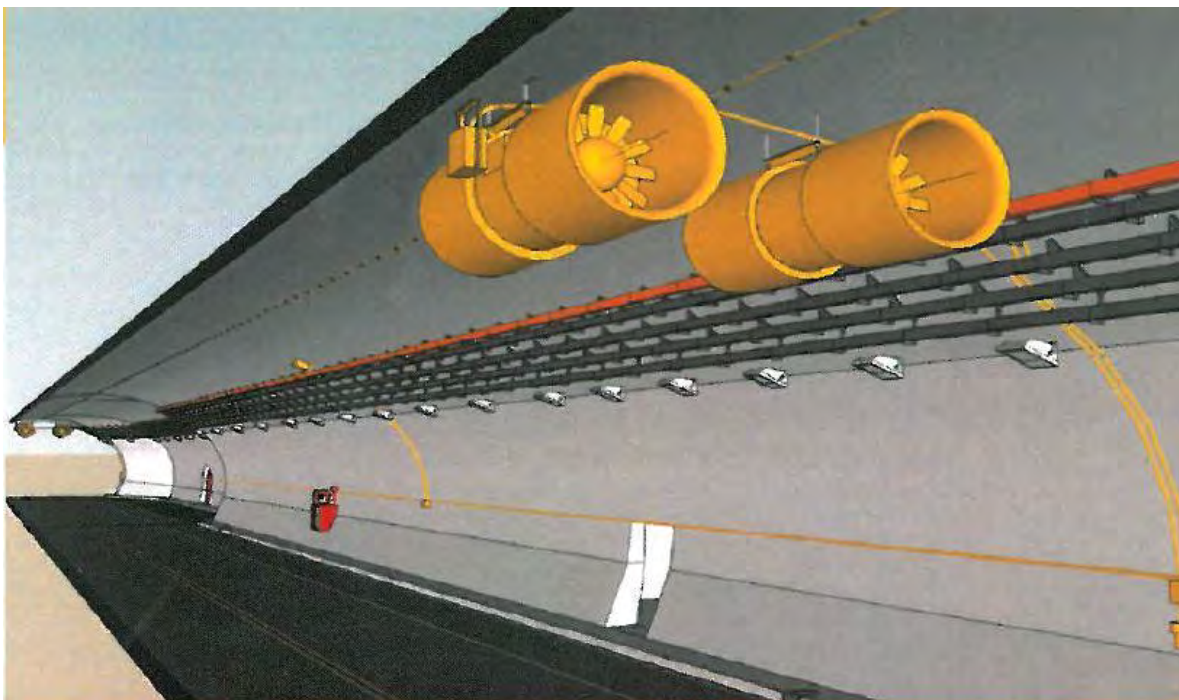
Subsistemas de Detección de Gases y Ventilación

Complementando los subsistemas automatizados y de control en túneles mayores, el equipamiento tecnológico para detección de niveles de presencia de gases y humos de un túnel, permite tomar acciones encaminadas a la plena visibilidad y confort hacia el interior del mismo.

La detección automatizada se realiza por un conjunto de sensores que evalúan la calidad del aire y visibilidad, principalmente: Detectores de CO procedente de la combustión incompleta en motores, Detectores de NOx propio de la combustión de diésel, Opacímetros que indican visibilidad al interior y

Anemómetros que identifican la velocidad y sentido de las corrientes de aire dentro del túnel.

Con la información combinada que proporcionan los sensores, el Centro de Control y Operación establece mecanismos de actuación para llevar los niveles de gases y humos a condiciones confortables. Los equipos de actuación son dispositivos jet de ventilación que desalojan los humos y particulado para dar entrada a aire fresco.



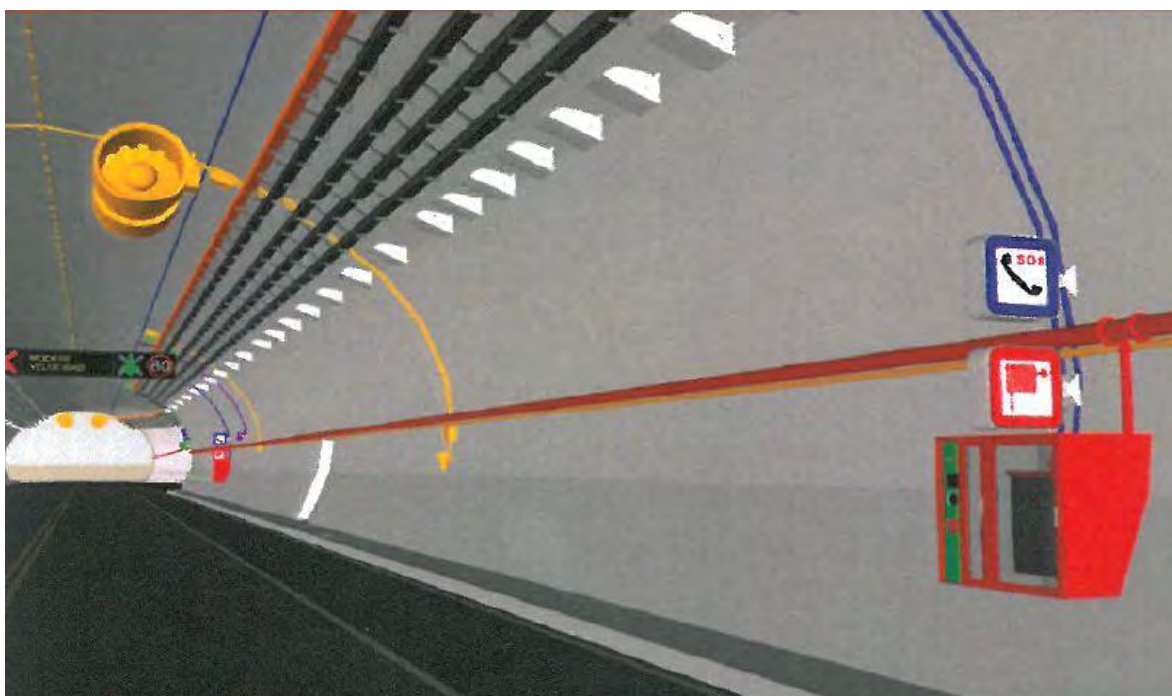
F-60 Diagrama de subsistema de ventilación en túneles

Es importante conocer que los equipos de ventilación direccional trabajan con cierto nivel de automatización, pero también en conjunto con los sistemas de detección de incendios que se mencionan a continuación y con los anemómetros que identifican el sentido de las corrientes de aire en un túnel, evitando que la acción de los ventiladores inyectaran aire en contrasentido a la base del incendio, empeorando una situación de fuego.

El CCO que controla los túneles deberá tener un protocolo riguroso para los esquemas de ventilación en el Manual de Explotación específico.

Subsistema de Detección y Extinción de Incendios

De manera similar al resto de los sensores desplegados puntualmente en la estructura, se instalarán herramientas de detección para elevación anormal de temperaturas hacia el interior del túnel que permitirán activar protocolos de actuación ante un posible incendio, indicando con precisión la ubicación de la fuente de calor.



F-61 Diagrama de subsistema de detección y extinción de incendios

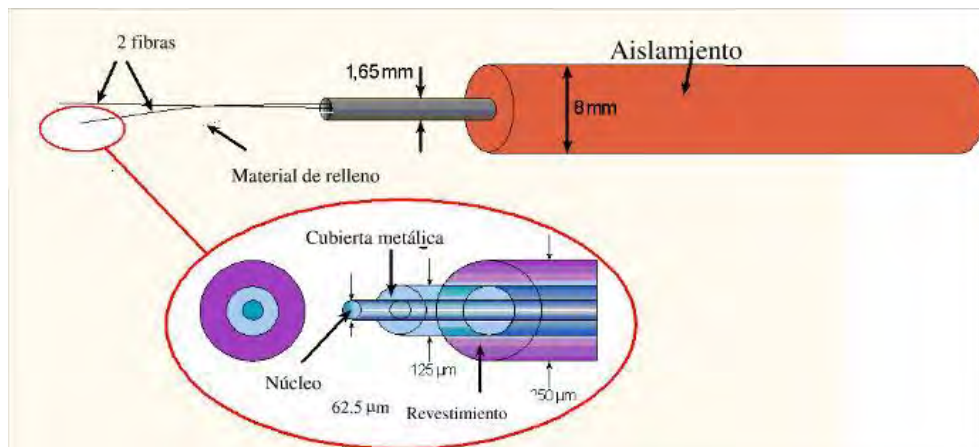
Existen diversas tecnologías para la detección de fuentes de calor, sintetizando en 2 tipos las de probada eficiencia tecnológica:

- Tecnología LISTEC consistente en una red de cable y sensores de temperatura basados en dispositivos electrónicos y que mantienen una dirección fija para la identificación de la ubicación del punto de calor.



F-62 Diagrama de tecnología LISTEC para detección de incendios

- Tecnología FIBROLÁSER, basada en Fibra Óptica circundada por tubo de acero, que permite detectar el punto de calor y adicionalmente, la velocidad con que el fuego se incrementa y se desplaza.



F-63 Diagrama de tecnología Fibroláser para detección de incendios

A la par de la instalación de las tecnologías de detección, la estructura de túnel deberá contar con los equipamientos de actuación para la extinción de los incendios en sitio, como son extintores diseminados e identificados a lo largo del túnel, red de hidrantes, tomas accesibles, cisternas y estación de bombeo a disposición de los cuerpos de bomberos.



7. CONCEPTOS Y AGENTES DEL MERCADO ITS

7. CONCEPTOS Y AGENTES DEL MERCADO ITS

7.1 CONCEPTO DE INTEROPERABILIDAD

Una característica inherente a los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) es la capacidad de sus módulos y subsistemas de operar de manera integral, interrelacionada, soportada y adaptativa a las causas y efectos de sus funciones.

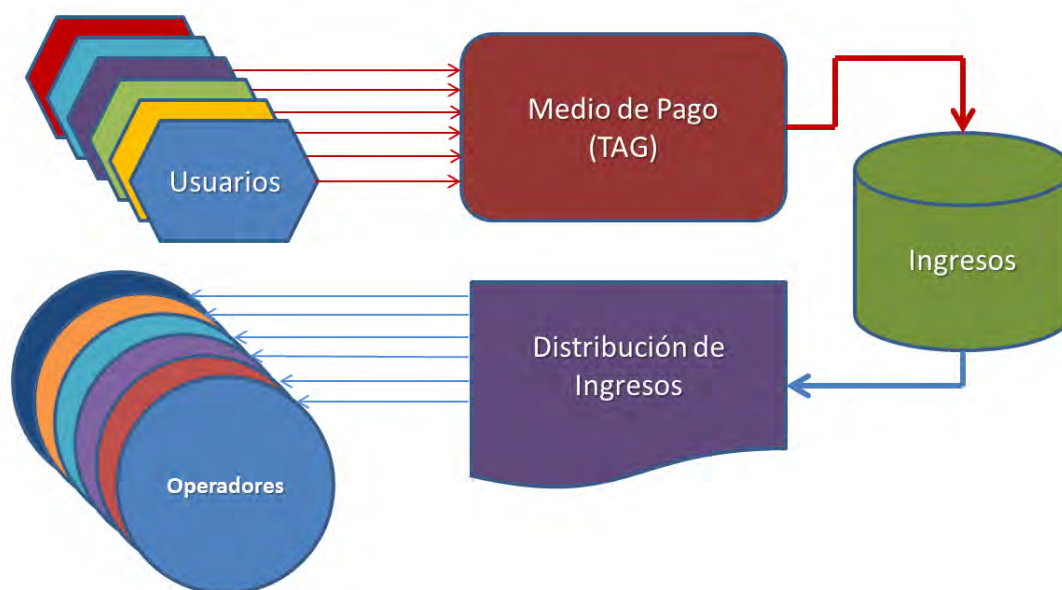
Esta filosofía de operación se define con el término de *INTEROPERABILIDAD* y permanece desde lo más íntimo de un módulo, pasando por el equipamiento integral de un tramo carretero bajo responsabilidad de un operador/concesionario, inclusive alcanzando niveles de operación - información de carácter nacional, como la Red Nacional de Carreteras y si avanzamos un poco más, permanecería en la información coordinada de organismos internacionales, como es el caso de información bi-nacional compartida, con ejemplo en los cruces carreteros fronterizos, o multi-nacional, como se presenta en diversos países con comunidades económicas asociadas.

Un ejemplo de interoperabilidad en el nivel de un tramo carretero bajo un mismo operador responsable, se podría apreciar en la relación existente entre un módulo de telemetría que realiza una estación meteorológica y un módulo de Señalamiento de Mensajes Cambiables (SMC) dando aviso de manera automatizada a los usuarios sobre las condiciones climatológicas que presenta el tramo en cuestión.



F-64 Ejemplo de interoperabilidad al interior de un sistema

A medida que el nivel de operación compartida es de mayor amplitud, la complejidad de la interoperabilidad crece también. Un ejemplo de interoperabilidad de complejidad elevada, se presenta en el caso del Pago Electrónico de Peaje/Telepeaje con operación compartida entre dos o más operadores de vías concesionadas, utilizando un mismo medio de pago electrónico.



F-65 Ejemplo de interoperabilidad entre medios automatizados de pago

La inclusión de ITS en los tramos carreteros **implica de origen, el establecimiento de una ingeniería de proyecto** que además de garantizar la operación integral de la totalidad de los subsistemas definidos para el tramo en responsabilidad, incluya en su composición la observancia de lineamientos y estándares para la interoperabilidad en términos de la Red Nacional de Carreteras y acuerdos internacionales cuando sea este el caso.

Es menester mencionar lo relevante de la observancia de los conceptos vertidos en este documento, que tiene como objetivo principal orientar y establecer lineamientos válidos para un emprendimiento carretero que contemple la inclusión de Sistemas Inteligentes de Transporte en su proyecto constructivo, pero de ninguna manera pretende sustituir la función de una ingeniería en ITS que necesariamente acompañaría a cualquier proyecto. Para la visión general y suficiente de los conceptos de *INTEROPERABILIDAD* en un

proyecto carretero, la ingeniería y anteproyecto ITS deberá integrar como parte de su función, un capítulo robusto de cumplimiento y seguimiento de los conceptos interoperables al interior y exterior del proyecto a desarrollar.

7.1.1 Interoperabilidad de Equipos en Carretera

La operación integral del equipamiento ITS diseñado para un tramo carretero tiene un lugar de origen/destino donde la actividad destinada a cada una de las funciones de cada módulo o subsistema puede ser registrada, verificada, procesada y utilizada, ya sea como un producto final o como un subproducto para otra función superior. Este lugar común es el Centro de Control y Operación (CCO) del proyecto.

La actividad de cada equipamiento en tramo, mediante los diversos modos de comunicación establecidos en el tramo, es monitorizada y centralizada para la explotación de su funcionalidad de origen, ya sea una señal de entrada como es el caso de una lectura telemétrica de clima, como una función de salida, como puede ser típicamente un mensaje a través del señalamiento dinámico de información al usuario. El Centro de Control y Operación será la entidad responsable de la correcta utilización para el equipamiento ITS diseminado en el tramo.

Una parte representativa y característica de la tecnología ITS a implantarse en un proyecto carretero es la capacidad de automatización de los procesos, a diferentes niveles de explotación. Un buen diseño para la explotación en condiciones óptimas de los sistemas ITS implantados incluirá necesariamente la proyección de las capacidades de interacción de los equipamientos seleccionados para las funciones específicas definidas. El éxito o fracaso del equipamiento está estrechamente relacionado con la capacidad de operar distintos equipos como un solo sistema.

La correcta prospección de esta coordinación está definida como *Diseño de Integración* y tiene una definición conceptual en el anteproyecto ITS mencionado en párrafos anteriores, no obstante, la definición constructiva y práctica tiene lugar durante la fase de proyecto ITS de integración, concepto que se desarrolla en capítulos subsecuentes.

El concepto de interoperabilidad para el equipamiento ITS propio de un diseño se define en las capacidades de interfaz que diferentes equipos de tecnología presentan para intercambiar datos de manera eficiente y con interpretaciones equivalentes, de tal forma que los datos producto de un equipamiento puedan ser los datos insumo de otro.

Adicionalmente al diseño de integración en el propio proyecto, los requerimientos de interoperabilidad que un emprendimiento carretero deberá afrontar estarán dirigidos hacia el cumplimiento de lineamientos de compartición de información a los que se encuentra sujeto actualmente un proyecto carretero, tanto para tramos nuevos como para planes de modernización de vía. En la sección de referencia de este manual, relativo a Arquitectura Nacional ITS, Planes Estratégicos, Estándares y Lineamientos ITS, se pueden consultar los diversos documentos emanados de la dependencia, los cuales incluyen prácticas y lineamientos a observar sobre interoperabilidad, dependiendo del tipo de equipamiento necesario en vía.

7.1.2 Compartición de la Información

Los conceptos de interoperabilidad requerida o recomendable para un proyecto carretero que incluye equipamiento ITS están ligados a la información validada registrada, inmediata o estadística, que se genera en la gestión de operación de los subsistemas que le conforman.

Con la expansión de la utilización de sistemas ITS en la Red Nacional Carretera, es cada vez más común e importante que la información emanada de los sistemas de tecnología pueda compartirse, mediante algunos procesos y bajo ciertas circunstancias, en aprovechamiento y difusión global de la información, característica de las nuevas tecnologías.

Un ejemplo claro de las capacidades de compartición de la información entre tramos carreteros, aún con diversos operadores responsables involucrados, consiste en la información dinámica que se ofrece al usuario mediante los señalamientos de mensaje cambiante. Es común que dos tramos carreteros de un mismo corredor o trayectos complementarios, puedan ser operados por entidades responsables distintas tanto públicas como privadas. La información de eventos, naturales o fortuitos que afectan de manera inmediata o mediata el trayecto completo de un usuario, será más oportuna si se ofrece al usuario

al momento de poder tomar una decisión en consecuencia, cuando todavía existe alguna alternativa de camino.

En asuntos relativos a la seguridad del usuario, la información oportuna y global es una herramienta definitiva para la disminución de los incidentes carreteros, uno de los principales objetivos de la inclusión de ITS en los proyectos de vías terrestres.

7.2 AGENTES DEL MERCADO ITS EN EL PAÍS

Uno de los primeros retos que afronta un proyecto carretero de origen público, privado o mixto y que incluye equipamiento ITS en su definición, es tener claridad en los pasos a realizar, garantizando un máximo aprovechamiento de la tecnología definida para el proyecto, pero garantizando también la inversión acotada y suficiente para lograr la funcionalidad requerida en la tecnología a implantar.

La inclusión de Tecnologías ITS en proyectos carreteros es una actividad relativamente nueva en el país, a diferencia de las relaciones y contrataciones pertinentes para la componente de obra civil del proyecto, donde existe conocimiento pleno de las instancias necesarias para llevar a cabo la planeación, construcción, supervisión y liberación de obras, en relación a la inclusión de tecnologías ITS es común que se adolezca del conocimiento de instancias válidas para la ejecución de cada parte del proceso de integración. Es materia de este manual abordar los aspectos, relaciones y responsabilidades de los distintos actores del creciente mercado ITS nacional y globalizado.

7.2.1 Ingenierías Especializadas en Tecnologías ITS

Análogamente al proyecto de ingeniería que se requiere para el establecimiento de estructuras, movimiento de tierras, definición de pavimentos, señalamiento vertical, horizontal y todas las etapas de planeación que acompañan la obra civil de un desarrollo carretero, el proyecto de equipamiento de vía con tecnologías ITS requiere de una planeación original que observe desde sus funcionalidades primarias hasta sus últimas consecuencias.

Cada tramo carretero es único en sus requerimientos, asistencias, necesidades y funcionalidades tecnológicas, es por eso que no existe una receta universal para el equipamiento de un desarrollo. Cada emprendimiento requerirá necesariamente de un proyecto conceptual para la inclusión de ITS en su definición. Los despachos de ingeniería especializados en ITS serán las entidades más indicadas para la realización de ante-proyectos conceptuales de implementación de tecnologías en el equipamiento de un tramo carretero.

Las características mínimas elegibles que presentaría un despacho de ingeniería especializado en la elaboración y acompañamiento de proyectos ITS, están relacionadas con lo siguiente:

- Una currícula empresarial demostrable que ofrezca experiencia plena en la realización y acompañamiento de proyectos específicos de Sistemas Inteligentes de Transporte en infraestructura carretera. Debido a lo incipiente de los proyectos carreteros que formalmente incluyen equipamiento ITS en el país, es muy probable que las experiencias en participación o co-participación hagan referencia a proyectos en el extranjero.
- Una plantilla permanente de profesionales con experiencia personal demostrable en la ejecución de proyectos ITS de infraestructura carretera de manera exitosa. Una buena cantidad de instituciones y empresas acostumbran extender certificaciones de buena ejecución para los despachos que acompañan un proceso exitoso.
- Generalmente, los despachos especializados en ingeniería ITS no están ligados o involucrados económicamente a ninguna marca comercial de equipos o desarrollos tecnológicos, ya que esta relación inhibiría la recomendación desinteresada que se requiere de un proyecto funcional y no comercial.
- Es deseable que cuenten con un capital contable sólido o al menos, equivalente a la envergadura de los proyectos, como garante de poder asumir cierto nivel de responsabilidad compartida.

Entre las responsabilidades asociadas a la labor de la Ingeniería especializada en ITS se observan las siguientes:

- La elaboración de proyecto conceptual para el equipamiento ITS del emprendimiento carretero, considerando la definición de equipos con base en funcionalidad para atender las necesidades de asistencia tecnológica propias del tramo.
- El proyecto conceptual incluye deseablemente, memorias de cada aplicación y función de cada módulo definido, planos de ubicación para equipos en vía, infraestructura de comunicaciones, infraestructura de

energía y Centro(s) de Control y Operación asociado(s) a la funcionalidad integral del equipamiento, análisis costo-beneficio de la inclusión de subsistemas ITS y presupuesto global soportado.

- Es recomendable también que el despacho de ingeniería participe en la selección o concurso de los demás actores de la ejecución del proyecto, asumiendo co-responsabilidad de implantación. De la misma manera, es deseable que el acompañamiento del despacho de ingeniería se mantenga durante el proceso de ejecución de obra, como garante o supervisor interno de funcionalidad integral e inclusive hasta la finalización de obra, en la etapa integral de pruebas y seguimiento.

La ingeniería especializada en ITS se asume como la entidad de conocimiento integral para un emprendimiento para la inclusión de tecnologías ITS en el mismo. La contratación de los servicios de un despacho especializado en tecnologías ITS así como los costos de gestión de la misma estarán sujetos a los alcances definidos para la actividad en el emprendimiento, pasando por garantes de solvencia técnica, tiempos de acompañamiento definidos y responsabilidades asignadas.

Las recomendaciones de contratación para los servicios de ingeniería especializada en ITS son similares tanto para los emprendimientos públicos como para los privados o mixtos, es menester la elaboración de un concurso de habilidades y experiencias, donde se observe equilibrio en el costo de los servicios, pero ponderando de manera determinante la solvencia del despacho en capacidades metodológicas y acompañamiento experto.

La relación e interacción de las ingenierías especializadas con el resto de los actores del mercado ITS se aborda a detalle en la descripción de cada perfil a continuación.

7.2.2 Desarrolladores de Tecnologías ITS

Durante los últimos años, el mercado internacional de tecnologías se ha diversificado y especializado de tal manera que los desarrolladores tecnológicos, para obtener mayor eficiencia y liderazgo en su actuación, han investigado y se han focalizado en nichos de especialidad.

Tal es el caso de las tecnologías ITS, donde podemos encontrar desarrolladores especializados en diversas áreas de interés para el equipamiento de infraestructura vial. Como se ha indicado en múltiples citas de este documento, el equipamiento con tecnologías ITS abarca una amplia gama de especialidades y disciplinas, de tal manera que un proyecto de infraestructura carretera que incluya tecnologías ITS en su construcción, seguramente estará involucrando a un importante número de desarrolladores ITS, que en mayor o menor medida, aporten la totalidad de los componentes que conforman los subsistemas ITS elegidos para el emprendimiento.

Dentro de la gama de desarrollo de componentes tecnológicos en los subsistemas ITS se observan distintas orientaciones funcionales, por citar algunas:

- Tecnologías ópticas y algoritmos de vídeo para vigilancia, identificación vehicular por reconocimiento óptico de placas, detección automatizada de incidentes y supervisión operativa.
- Tecnologías RFID para control de accesos, aplicaciones de cobro automatizado, control vehicular y seguridad.
- Desarrollo de paneles y desplegados de señalamiento dinámico, avistamiento a distancia, dispositivos de comunicación, tecnologías de información y software de administración para sistemas de apoyo al usuario de infraestructura vial.
- Desarrollo de sistemas telemétricos y de registro electrónico de datos en sitio, para información de condiciones en vías, capacidad de flujo vehicular y adversidad climática.
- Tecnologías de información, procesamiento de datos, procesamiento de comunicaciones e imágenes para equipamientos de Centros de Control y Operación.
- Tecnologías de detección y medición dinámica para control y supervisión de normas de conducción, velocidades seguras de desempeño, pesos y medidas autorizadas en infraestructura y reglas de seguridad vial.
- Desarrollo de sistemas y medios de comunicación para el equipamiento troncal de infraestructura de carreteras digitales, necesidades de última milla, cobertura redundante, procesamiento integral y soporte 24x7 para la comunicación total de los subsistemas ITS que interactúan en vía.

- Desarrollo de tecnologías de suministro de energía para soporte ininterrumpido de alimentación eléctrica en subsistemas troncales, auxiliares y remotos de la totalidad de equipamiento ITS en vía.

La entidad responsable de un emprendimiento, difícilmente podría conocer o relacionarse de manera directa con todos los desarrolladores de tecnologías orientadas al equipamiento ITS, de la misma forma que un solo desarrollador de tecnologías ITS difícilmente podría abarcar la totalidad de disciplinas necesarias para el equipamiento de un proyecto. Es por esta razón que las tecnologías ITS, sobre todo las más modernas y funcionales, se desarrollan con una enorme vocación de interacción e interoperabilidad, bajo protocolos abiertos de comunicación que facilitan la integración.

La labor y responsabilidad de integración tecnológica la tiene otra figura dentro de los actores del mercado ITS nacional e internacional, como se observa en los perfiles a continuación.

7.2.3 Empresas Integradoras de Tecnologías ITS

En la descripción de perfiles anteriores se deja en claro la gran diversidad de tecnologías involucradas en la implantación de subsistemas ITS en un emprendimiento carretero. Ante la complejidad que representa una implementación exitosa de la totalidad de subsistemas ITS en un proyecto de infraestructura carretera, de manera global se ha consolidado una figura en el mercado ITS, con capacidad para afrontar esta responsabilidad; las empresas integradoras de tecnologías ITS.

El integrador de tecnologías ITS, generalmente empresas de considerable envergadura, se caracteriza por una cartera basta en la ejecución exitosa de proyectos de infraestructura que incluyen equipamiento ITS en su construcción. Son también, por lo general, empresas especializadas en esta disciplina, con un perfil eminentemente técnico-comercial y que para su función, realizan fuertes alianzas tecnológicas con desarrolladores del ramo para la integración de soluciones finales. Nuevamente, debido a lo incipiente de la integración formal ITS en la Red Nacional Carretera, la gran mayoría de los integradores ITS serán empresas globales, con alguna componente nacional que tenderá a crecer con el desarrollo de los ITS en la infraestructura carretera del país.

La integración, colocación y puesta en marcha de equipamiento en carretera definido para un desarrollo, es la labor más compleja, además, en la inmensa mayoría de los casos, la que más recursos en tiempos y economía demanda de un proyecto ITS, por tanto, se recomienda que la selección, evaluación y adjudicación del proyecto de integración ITS sea un proceso cuidadosamente acompañado. Las acreditaciones de experiencia, solvencia técnica y económica de un integrador ITS deberán ser sobradamente suficientes para poder concursar, ya sea de en formatos de administración pública o de organismos privados, por la adjudicación del proyecto. La participación de la ingeniería especializada original en éste proceso selectivo, suele ser de gran ayuda para la elección asertiva de un candidato con capacidad suficiente.

Análogamente a las empresas de ingeniería, los integradores de ITS tienen responsabilidades de alcances definibles en un proyecto y estos alcances deben establecerse con la mayor precisión posible al momento de contratar la ejecución de obra. Entre las responsabilidades asociadas a la labor del integrador en el proyecto se encuentran las siguientes:

- La elaboración de proyecto constructivo para el equipamiento ITS del emprendimiento carretero, considerando la definición de equipos y sistemas con base en los Conceptos de Operación y funcionalidad para el equipamiento previamente establecidas en el proyecto conceptual elaborado conjuntamente por la entidad responsable del emprendimiento y la ingeniería especializada.
- El proyecto constructivo ITS consiste en el diseño completo y detallado, cuantitativo y cualitativo, de equipos y sistemas a integrar en la totalidad del tramo, así como su infraestructura de energía, comunicaciones, centralización de control y operación, considerando sus alcances de interoperabilidad con externos e interfaces de compatibilidad de la información generada.
- La empresa integradora es también responsable de entregar y acordar un presupuesto asequible y responsable del costo total de ejecución de obra ITS, detallando rubro a rubro los conceptos que le componen, sin omitir ningún elemento que posteriormente pudiese impactar en la explotación cotidiana de los sistemas. Los alcances de presupuesto deberán incluir, no limitativamente, aspectos de adquisición de sistemas y equipos, gastos de obra civil de instalación, conexión, operación, todo

tipo de licencias de software y equipo, capacitación, puesta en marcha, operación, mantenimiento, costos de reposición y planes de sustitución por obsolescencia tecnológica, por citar algunos de los aspectos a considerar.

- También es responsabilidad de la empresa integradora la consecución en tiempo y forma de un programa de trabajo previamente acordado y autorizado dentro de un proyecto de ejecución de obra, detallando tiempos de implementación, avances porcentuales, plazos de verificación, prueba y liberación de sistemas a óptima operación.
- Una responsabilidad insoslayable del integrador de ITS es la operación final de la totalidad de los subsistemas instalados bajo el concepto de integralidad, es decir, que el sistema opere como un solo organismo, sin incompatibilidades o disfunciones que pudiesen surgir de la operación conjunta de diversos equipos de tecnología manufacturados por distintos desarrolladores. El integrador deberá resolver tecnológicamente las áreas de interoperabilidad internas y externas para la correcta función objetivo de los equipamientos y sistemas con base en su experiencia de implementación e integración tecnológica.
- El aprovisionamiento de Manuales de Explotación, sistemas operativos, planes de contingencia, además de la totalidad de la documentación relativa a la explotación cotidiana y por excepción del sistema ITS en su conjunto, es responsabilidad de la empresa integradora, así como el acompañamiento antes, durante y posterior a la liberación de los sistemas, acordado en contrato de adquisición y servicios. Es altamente recomendable que los alcances del acompañamiento, garantías de operación de equipos tecnológicos, así como planes de reposición por obsolescencia tecnológica queden establecidos en anexos de contrato bajo los términos libres de cualquier ambigüedad.
- Como se planteaba con anterioridad, es deseable que el acompañamiento del despacho de ingeniería se mantenga durante el proceso de ejecución de obra, inclusive hasta la finalización de obra, en la etapa integral de pruebas, seguimiento y verificación funcional de los objetivos de equipamiento, como co-responsable de calidad.

Es común encontrar en la gestión comercial de un integrador de tecnologías ITS el ofrecimiento de soluciones denominadas “llave en mano” es decir, paquetes de equipamiento modular pre-definido de probado funcionamiento integral y con un ahorro relativo en su adquisición. La problemática de aceptar soluciones modulares probadas en otros proyectos es la falta de visión global. Una declaración reiterativa en este documento ha sido que cada proyecto de implementación ITS en tramos carreteros es único y con necesidades específicas. Es menester que el equipamiento ITS siga el proyecto conceptual y posteriormente el proyecto constructivo, orientados a solucionar y asistir tecnológicamente a la totalidad de las necesidades del tramo.

Otro error común en el proceso de implementación necesaria de ITS en un proyecto carretero es la ilusión óptica del supuesto ahorro que se podría generar si se evita el proceso de contratación de una ingeniería especializada, haciendo responsable completo del proyecto directamente a la empresa integradora ITS. Una premisa que muchos emprendedores de proyectos carreteros que integran tecnología han aprendido dolorosamente es la siguiente: en los procesos tecnológicos no existen descuentos, las ofertas ni las gangas. Todo lo que se “ahorra” por una desviación, se termina desembolsando con creces al llegar al destino final. Lo que se ahorra en diseño de implementación, se pierde en objetivos de funcionalidad.

No es recomendable la omisión de alguno de los agentes del proceso, cada uno tiene una función y responsabilidades asociadas. Por mucho que una empresa integradora esté comprometida con los objetivos funcionales del proyecto, las relaciones comerciales bajo mejores condiciones económicas pueden sesgar definitivamente la elección de equipos y sistemas a montar, comprometiendo la funcionalidad global final del equipamiento. La supervisión de calidad funcional del proyecto es indispensable, este objetivo no se logra siendo juez y parte.

7.2.4 Otros Gestores y Operadores de Aplicaciones ITS

CONCESIONARIOS

Los concesionarios son organismos o empresas, tanto públicas como privadas, a las cuales por medio de un contrato se les otorga la capacidad para la explotación de una parte de la red carretera recibiendo a cambio beneficios en

diferentes formas, y que se acuerdan en el contrato. Estos concesionarios pueden ser empresas privadas, gobiernos estatales y organismos públicos (por ejemplo Banobras y CAPUFE).

En general, las responsabilidades de los Concesionarios incluyen la operación, mantenimiento y administración del tramo a su cargo, sin embargo no se requiere que estas tareas las lleven a cabo ellos mismos, siendo posible la realización de convenios con terceros para dichos trabajos.

Los Concesionarios generalmente deben coordinarse y dar respuestas a las solicitudes de la SCT en cuanto al nivel de servicio prestado, la construcción o reconstrucción de la infraestructura y la explotación de la misma.

OPERADORES

Se trata al igual que en los casos anteriores, de un organismo estatal o empresa privada, dedicados a la explotación directa de la infraestructura. Sus tareas incluyen la gestión, medición del aforo vehicular, almacenamiento, labores de mercadotecnia y en su caso, cobro de peajes y venta (por ejemplo, en el caso de operadores de Telepeaje). Es importante resaltar, que usualmente se encargan también de la gestión de la información de los usuarios y de la información obtenida mediante los diferentes dispositivos ITS.

Cabe señalar, que al momento de realizar un contrato, un concesionario debe prestar especial atención a los permisos que otorga dentro de su concesión, así como a la rendición de cuentas a la que debe atarse un operador, puesto que el Operador suele tener un contrato que lo liga exclusivamente al Administrador. Es por esta razón que cuando un Concesionario requiere información acerca de su concesión por parte de un Operador, este último no tiene la obligación legal de brindársela, incluyendo listas de usuarios, información de aforos, etc.

MANTENEDORES

Empresas dedicadas al mantenimiento y conservación de equipos y procesos que serán usados en la infraestructura. La mayoría de los equipos y procesos de los mantenedores cumplen con ciertos estándares de calidad, sin embargo, se deben tomar en cuenta principalmente las funciones especificadas en el

ConOps y requerimientos funcionales de un proyecto, es decir, cuál es el fin del equipo para evaluar si el ofertado cumple con lo requerido, y también tomar en cuenta factores como la compatibilidad con otros sistemas actuales o planeados, facilidad de reemplazo, viabilidad de financiamiento a largo plazo, etc.

USUARIOS

Son las personas, tanto físicas como morales que transitan por la infraestructura y son los principales beneficiarios de los sistemas ITS. Asimismo las personas que planean transitar en un corto plazo por la misma son usuarios potenciales, y se les brindan ciertos servicios como información previa al viaje.

BANCOS OPERADORES / FINANCIAMIENTO

Son organizaciones autorizadas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) para realizar las funciones de intermediario financiero, y su principal función suele ser la de captar recursos del público por medio de las transacciones realizadas por medios electrónicos de pago, como Tarjetas de crédito y telepeaje.

El origen de las empresas financieras puede ser público (como el caso de BANOBRAS) o privado, como la gran mayoría de empresas en el ramo.

COORDINACIÓN ITS

Como se ha mencionado con anterioridad, para desarrollar de manera coordinada el Programa ITS, se recomienda que exista un grupo de coordinación interinstitucional con objetivos como lograr la cooperación, coordinación e intercambio de información entre instituciones, esfuerzos de planeación a diversos niveles y orientado al desarrollo de un sistema de transporte tenga la posibilidad de ser interoperable, y por lo tanto crear un conjunto altamente funcional que brinde mayores beneficios por medio del uso de las tecnologías de la comunicación e información; con objetivos generales de mejorar la seguridad y fluidez, entre otros. Aunque la SCT actualmente asume varias de las responsabilidades de esta figura coordinadora, es

necesario definir de forma precisa qué entidad coordinaría el desarrollo de sistemas ITS, sus funciones específicas y qué organismos e instituciones tienen la obligación de coordinarse con dicha entidad. Es en parte gracias a este tipo de coordinación que se han logrado varios desarrollos exitosos en materia de ITS.

Existen varias posibilidades para la estructura de este ente coordinador, la cual igual podría diseñarse como una combinación de estas alternativas:

- Grupo especializado al interior de alguna entidad existente
- Asociación de diversas entidades públicas / privadas
- Comisiones interinstitucionales
- Convenios entre entidades de los niveles central y descentralizado

En todo caso, la coordinación estará dedicada a organizar y dar seguimiento de algunas de las principales funciones para que el programa ITS se desarrolle con éxito, tales como la coordinación de las instituciones y estandarización de la tecnología; siempre apoyado por diversos organismos gubernamentales que pueden aplicar dichos esquemas, fundamentados en leyes y sus respectivos desarrollos normativos.

La coordinación también estaría encargada de promover el desarrollo, en cuanto a vanguardia en sistemas de transporte inteligente, y con base en este tipo de objetivos, podrían desarrollar planes de actualización, mejora e implementación de sistemas más innovadores.

Un objetivo más de esta institución, sería estipular como parte del marco normativo, el uso obligatorio de la Arquitectura Nacional ITS en cualquiera de los proyectos de esta índole, que se tengan contemplados, con el objetivo de maximizar el aseguramiento de la interoperabilidad y la funcionalidad de los nuevos diseños.

Adicionalmente, la coordinación lideraría la recolección de sugerencias e ideas del resto de los grupos de interés, en específico de los proveedores del nivel

central como puede ser el caso de la SCT. Así mismo, tomar el liderazgo de los procesos de documentar los lineamientos y estándares, propios de cada organismo para formar un acervo de información que contribuya al desarrollo de aplicación en nuevas tecnologías y procesos, así como a la administración del sistema ITS.

7.3 ASPECTOS RELEVANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ITS EN INFRAESTRUCTURA CARRETERA

7.3.1 Aspectos Tecnológicos

Una de las principales problemáticas tecnológicas que se presentan suele ser la incompatibilidad de sistemas nuevos con los que se encuentran en actual operación, así como también se mencionaba la problemática de reemplazo y los costos que esto implica debido en numerosas ocasiones a las leyes de protección industrial e intelectual.

Es necesario también considerar que se debe de brindar constante mantenimiento a los equipos, con tal de que estos operen de manera adecuada. Finalmente, lo ideal es que se tengan documentos de regulación técnica, principalmente normas, por medio de las cuales será posible evaluar si las características generales de un equipo cumplen con lo especificado para operar en las carreteras del País.

7.3.2 Aspectos Legales

Reglamentos de tránsito y su modificación – La principal problemática de los ITS es que al ser relativamente nuevos en el ámbito carretero, las leyes no estipulan de qué forma pueden usarse estos en la aplicación de verificaciones o sanciones, así como tampoco se encuentra claro quién es responsable de verificar el cumplimiento de normas en el campo a través de este medio.

Objeto de un contrato – Es necesario definir puntual y detalladamente cuál es el objeto del contrato entre dos partes, ya que con frecuencia se refieren distintas obligaciones que deben cumplirse, sin definir sus alcances, ni quién será en específico responsable o en qué medida. Adicionalmente, el artículo 45 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público (LAASSP) indica que es necesario que los Contratos contengan una descripción pormenorizada de los bienes o servicios que se otorgarán, por lo cual es necesario que los mismos estén especificados desde la publicación de la Convocatoria.

Un ejemplo común, es que en un contrato se encuentre que “El Concesionario será responsable de instalar, mantener y operar los sistemas descritos” sin contar con el detalle de las obligaciones de cada una de las partes. Esta clase de cláusulas son útiles en las primeras fases de un proyecto, e incluso durante el desarrollo de un proyecto ejecutivo. Sin embargo al momento de la implementación, cada una de las partes asume diferentes posturas que suelen dañar los alcances y costos de un proyecto.

Pagos y Contraprestaciones – Usualmente en un proyecto ITS intervienen varios actores, como se ha expuesto en el presente documento. Si bien al momento en el que se concursa un proyecto usualmente quedan establecidos los pagos y contraprestaciones que se harán por la venta, instalación, mantenimiento y prestación de un servicio, no se describe de qué forma y bajo qué fuente de información operarán en el largo plazo los procedimientos por medio de los cuales se corrobore efectivamente la prestación de dichos bienes o servicios. Para bienes tecnológicos en específico, no suele requerirse desde un inicio un reporte que indique la depreciación de los bienes y un inventario detallado, por lo cual aunque se establezcan en un contrato los servicios de reemplazo que se cubrirán, es posible que sólo se esté dando mantenimiento a los equipos prolongando su uso más allá de lo establecido. Usualmente la fuente de información de los servicios prestados, y de los bienes existentes es única, y proviene del mismo proveedor del bien o servicio, omitiendo otros mecanismos de supervisión. Esta situación hace complicada la realización de auditorías eficientes por parte de las autoridades y por tanto la imposición de penalizaciones o demanda de mejoras, teniendo que cubrir las contraprestaciones al proveedor sin obtener los resultados óptimos que se esperan del proyecto.

Vigencia – Para este tipo de proyectos, las vigencias son extensas, y usualmente se sujetan a que el proveedor del servicio alcance ciertos indicadores de desempeño. En muchas ocasiones no es posible verificar dichos indicadores en el largo plazo, o en su caso, existen condiciones extraordinarias que imposibilitan al proveedor para cumplir dichas metas, por lo cual las vigencias se extienden, muchas veces complicando las condiciones bajo las cuales se provee un servicio relacionado a ITS.

Subcontrataciones – Debido a que para este tipo de proyectos se requiere de la participación de terceros, es necesario definir claramente las obligaciones de cada uno y a quién deberán reportar sus actividades y resultados, así como estipular a qué figura pertenecerán los bienes y datos.

7.3.3 Aspectos de Viabilidad

Existen diferentes problemáticas en cuanto a la viabilidad de un proyecto. Por ejemplo, muchas veces los proyectos cumplen con los beneficios que se deben ofrecer a los usuarios pero existen conflictos de interés entre las diferentes partes. Algunos ejemplos de este tipo de conflictos es que tal vez no resultan rentables para el que lo implementará, los usuarios no están dispuestos a cubrir el costo que representa, no se puede hacer uso de patrocinios, cobro por servicios ofrecidos o existe demasiado riesgo para implementarlo. Haciendo un análisis adecuado es posible en la gran mayoría de los casos encontrar una solución que convenga a todas las partes para la adecuada implementación y uso de un sistema ITS.

7.3.4 Ejemplos sobre la Aplicación de Tecnologías ITS

Ejemplo 1. Accidente debido a exceso de velocidad.

Un sábado por la mañana en el Centro de Control y Operación (CCO) que brinda servicio a una autopista, los operadores identifican por medio del subsistema de Detección de Condiciones Meteorológicas Adversas, que existe lluvia en un tramo de la autopista. Los operadores proceden en primer lugar a confirmar dichas condiciones de forma visual por medio del uso del sistema de cámaras CCTV, percatándose de que la lluvia es intensa, y el pavimento tiene ya algunos charcos. Por tal motivo proceden a informar a los usuarios por medio de los tableros de señalamiento de mensaje cambiable (SMC) de las condiciones desfavorables en dicho tramo con tal de informarlos e instarlos a que tomen las precauciones pertinentes.

Veinte minutos más tarde los operadores en el CCO reciben una alarma del subsistema de Detección Automatizada de Incidentes (DAI) y una vez más,

proceden a confirmar la alarma por medios visuales. En efecto se trata de un vehículo deportivo que se ha impactado contra la barrera jersey y se encuentra atravesado, bloqueando casi dos carriles de la autopista.

La primera acción que toman los operadores del TMC es la de informar a los actores que tienen acuerdos con el TMC, en especial a una ambulancia, una grúa y a la policía para que puedan tomar acciones. Con tal de informar a los viajeros del accidente para que tomen otras rutas, y para también evitar accidentes secundarios y congestionamientos, los operadores proceden inmediatamente a dar de alta dicho evento en el Software Maestro. Al dar de alta el evento se llena el formato predeterminado, el cual permitirá registrar la información básica y adicional del incidente. El siguiente paso es reducir la velocidad máxima permitida en los tableros de velocidad variable y real con tal de que los usuarios bajen su velocidad y de este modo se prevengan accidentes secundarios, así mismo se alerta a los usuarios acerca del accidente y bloqueo por medio de los tableros de mensaje cambiabile, de acuerdo a las prioridades establecidas por el plan de acción con el que cuentan los operadores del CCO.

Mientras tanto, los actores que tienen acuerdos con el CCO y que han sido notificados por este acerca del incidente comienzan a tomar acciones. La Cruz Roja envía una ambulancia para atender a los heridos. La Policía Estatal envía dos patrullas para coordinar el tránsito en la zona y una grúa, una que posibilite el retiro del automóvil. Por su parte la Policía Federal envía una patrulla con elementos que determinen las causas del accidente y las responsabilidades.

La primera en llegar al lugar del incidente es la ambulancia, cuyo personal informa a su respectivo contacto de su hora de llegada y le indica que al parecer hay dos personas heridas gravemente, y que serán trasladadas de inmediato al hospital. La policía estatal informa de su hora de llegada y procede a agilizar el tránsito, previniendo que se den accidentes secundarios. La policía Federal comienza con las averiguaciones, contactando a las personas que pueden autorizar el acceso a la información que tiene el CCO respecto al subsistema de Control de Velocidad. Una vez que se han dado dichas autorizaciones, el personal que se encuentra en campo brinda información del número de placa del automóvil, por medio de la cual se busca en el sistema dicha referencia y se encuentra que el automóvil en cuestión fue detectado

viajando a exceso de velocidad (195km/hr) esa mañana por el subsistema de control de velocidad, y que sus placas fueron detectadas y registradas por el subsistema de identificación vehicular como infractor. Por lo tanto la autoridad determina que el accidente fue causado debido al exceso de velocidad del automovilista, situación agravada debido a las malas condiciones climáticas y a la falta de precaución del mismo al no prestar atención a las oportunas advertencias brindadas por los tableros SMC.

Finalmente después de aproximadamente dos horas la autopista queda libre al tránsito, situación de la cual informan los cuerpos de emergencia al operador del CCO, y que es monitoreada por el mismo por medio de las cámaras CCTV, quien remueve los mensajes de bloqueo de los tableros SMC y cierra el incidente en el software maestro, quedando la vía en operación normal de nuevo. Al cerrar el incidente se envía de forma automática un email a los grupos de interés informándoles del cierre del incidente.

Ejemplo 2. Incendio debido a un choque grave en la Autopista

Un martes a las 10:20 P.M. ocurre un accidente que involucra un tráiler en el kilómetro 15 de la autopista. Uno de los operadores en el Centro de Control y Operación (CCO) detecta el accidente por medio de las cámaras CCTV pocos minutos después de ocurrido y se percató de que el vehículo accidentado se trata de un camión que transportaba perecederos. Este vehículo al parecer se impactó contra una estructura en la orilla de la vía, se volcó y comenzó a incendiarse. Además se pueden observar algunos automóviles chocados. Asimismo, dos minutos más tarde se reciben dos llamadas desde los postes SOS localizados en la cercanía del lugar del incidente, realizadas por usuarios reportando dicho incidente.

La primera acción que toman los operadores del TMC es la de informar a los actores que tienen acuerdos con el TMC, en especial a los bomberos y a la policía para que puedan tomar acciones. Con tal de informar a los viajeros del accidente para que tomen otras rutas, y para también evitar accidentes secundarios y congestionamientos que podrían poner en riesgo la seguridad de los viajeros debido al incendio que se presenta, y a la poca visibilidad que existe debido a la hora que es, los operadores proceden inmediatamente a dar

de alta dicho evento en el Software Maestro. Al dar de alta el evento se llena el formato predeterminado, el cual permitirá registrar la información básica y adicional del incidente. El software maestro automáticamente manda una serie de emails y mensajes de texto a otros actores importantes, además de los que ya fueron notificados, y que tienen acuerdos con el TMC para tal efecto.

El siguiente paso es reducir la velocidad máxima permitida en los tableros de velocidad variable y real (VVR) con tal de que los usuarios bajen su velocidad y de este modo se prevengan accidentes secundarios, así mismo se alertará a los usuarios por medio de los tableros de mensajes dinámicos (DMS). Para este propósito se indica en los tableros que la vía se encuentra cerrada y que es necesario tomar otra ruta. Por medio de la información de tiempos de recorrido e imágenes de las cámaras CCTV en diferentes vías en la zona, el operador del TMC puede sugerir por medio del tablero DMS las rutas más convenientes debido al punto en el que se está dando la indicación y las salidas más próximas.

Mientras tanto, los actores que tienen acuerdos con el CCO y que han sido notificados por este acerca del incidente comienzan a tomar acciones. Los bomberos proceden a despachar dos unidades para apagar el fuego y evitar que éste se propague o que se suscite una explosión. La Cruz Roja envía dos ambulancias para atender a los heridos, a pesar de que se desconoce su número, pero se estima que no se requiere de más unidades. La Policía de Tránsito envía dos patrullas para coordinar el tránsito en la zona y dos grúas, una que posibilite el retiro del camión y otra de menor tamaño para retirar los automóviles. Por su parte la Policía Estatal envía una patrulla con elementos que determinen las causas del accidente, las responsabilidades y que averigüen a quién pertenece la mercancía que transportaba el camión con tal de informarle una vez que se ponga en custodia. La Policía Federal envía también una unidad con elementos para deslindar responsabilidades y determinar si no existen anomalías con la mercancía que transportaba el camión.

Los primeros en llegar al lugar del incidente son los bomberos los cuales inician acciones con tal de apagar el incendio e informan al despachador en el CCO la hora de su llegada y la gravedad de la situación. El personal de las ambulancias informa a su respectivo contacto de su hora de llegada y le indica que al parecer sólo hay 4 personas con heridas leves debido a que tuvieron choques

por alcance al frenar de manera brusca al ver el percance y que al parecer no hay ningún fallecido. La policía de tránsito informa de su hora de llegada y también comunica que la situación vial no es tan grave, ya que gracias a los tableros SMC, el escaso tránsito a esa hora ha optado por tomar las rutas alternas que sugiere el CCO. También informa que en cuanto se apague el incendio y sea seguro, las grúas que ya se encuentran en el lugar procederán a retirar los vehículos. La policía Estatal comienza con las averiguaciones, encuentra que el chofer del camión ha huido, y encuentra que la estructura contra la que se impactó el camión fue una barrera de concreto, y determina como posible causa del accidente que el chofer del camión se haya quedado dormido y ante ello la unidad se haya impactado, volcando la unidad y comenzando un incendio. La Policía Federal espera también a que se apague el incendio para comenzar con su investigación.

Aproximadamente hora y media más tarde los bomberos informan a su contacto en el CCO que se ha controlado el incendio, acción que se registra en el sistema y cinco horas y diez minutos después de que se recibió el primer informe del accidente (es decir, a las 3:30 A.M. del miércoles) uno de los operadores de las grúas informa al despachador de Policía de Tránsito que se ha logrado despejar la vía, por lo que se cierra el evento.

En este momento el operador en el CCO enterado de que se ha despejado la vía, procede a cerrar el evento, quitando los mensajes que respectan al accidente de los tableros SMC y regresando el límite de velocidad al valor usual. Al cerrar el incidente en el software maestro se envían de forma automática mensajes acerca del cierre del evento a los actores de interés.

Ejemplo 3. Tráiler con exceso de peso y dimensiones

En la mañana de un viernes, aproximadamente a las 10:00 A.M, el operador en el CCO detecta mediante una alarma en el subsistema de Pesaje en Movimiento y al subsistema de control dinámico de dimensiones, que por la carretera circula un tráiler que excede el peso permitido para ese tramo por la norma NOM-012-SCT-2-2008. Por medio del subsistema de identificación vehicular que trabaja en conjunto con el subsistema de Pesaje en Movimiento se obtienen las placas del vehículo, y se procede a notificar a la policía Federal.

La policía Federal procede a iniciar el seguimiento al tráiler, y a la vez realiza acciones para obtener más información acerca de la clasificación del vehículo, por medio del centro de control y operación de la autopista colindante con la carretera en cuestión. El vehículo abandonó la autopista pasando por una de sus plazas de cobro hace aproximadamente una hora. En dicha plaza de cobro el subsistema de Detección y Clasificación Vehicular obtuvo las dimensiones y clasificación de dicho vehículo, confirmando de este modo a la autoridad que para dichas dimensiones, el peso que registra el vehículo excede lo permitido.

La policía Federal da alcance al tráiler y le pide detenerse en el acotamiento, indicándole que debe seguirlo al Centro de Verificación de Peso y Dimensiones más cercano. De este modo se logra detener y sancionar al vehículo en cuestión, evitando el desgaste excesivo de la infraestructura. La policía informa al CCO que se ha detenido al vehículo infractor y en este momento el operador responsable en el Centro de Control y Operación, procede a cerrar el evento.



8. GLOSARIO

8. GLOSARIO DE TÉRMINOS

TÉRMINO O SIGLAS	DESCRIPCIÓN
ANSI	American National Standards Institute (Instituto de Estándares Nacionales Americanos)
BOS	Tableros de Encendido-Apagado
CAPUFE	Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos
CCO	Centro de Control y Operación
CCTV	Closed Circuit Television (Circuito Cerrado de Televisión)
CMS	Tableros de Mensaje Cambiable (Ver SMC en Glosario)
ConOps	Concepto de Operaciones. Documento básico que proporciona información sobre el sistema ITS propuesto.
COTS	Commercial off-the-Shelf (Solución Comercial Lista para su Uso, generalmente se refiere a Software)
DAI	Detección Automatizada de Incidentes
EIA	Electronic Industries Alliance (Alianza de Industrias Electrónicas)
FONADIN	Fondo Nacional de Infraestructura. / Fideicomiso operado por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. (Banobras)
Free Flow	Flujo libre. Sistema de Peje usualmente asociado a un sistema sin barreras físicas.
HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)
IT	Information Technologies (Tecnologías de la Información)
ITS	Intelligent Transportation Systems (Sistemas Inteligentes de Transporte)
LPR	Sistema de Identificación Vehicular (por sus siglas en inglés Licence Plate Recognition)
MET	Sistema de información meteorológica/ condiciones meteorológicas adversas
NEMA	National Electrical Manufacturers Association (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos)
NFPA	National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego)

TÉRMINO O SIGLAS	DESCRIPCIÓN
NTCIP	National Transportation Communications for ITS Protocol (Protocolo Nacional ITS de Comunicaciones para el Transporte)
OCR	Reconocimiento Óptico de Caracteres (por sus siglas en inglés Optical Character Recognition)
PTZ	Pan – Tilt – Zoom (Cámara con funciones Panorámica – Barrido – Acercamiento)
RWIS	Road Weather Information System (Sistema de Información del Clima en el Camino)
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SMC	Señalamiento de Mensaje Cambiable (Tableros Dinámicos)
Subsistema	Requerimientos de alto nivel que pueden ser desarrollados en forma conjunta para proveer diferentes servicios ITS. Cada sistema ITS que quiera ofrecerse contiene un conjunto de dichos subsistemas los cuales constituyen los requerimientos funcionales que se desarrollen para proveer la funcionalidad requerida.
TIA	Transportation Intermediaries Association
UPS	Uninterruptible Power Supply (Sistemas de Energía No-Interrumpible)
VMS	Tableros de Señalamiento Cambiable (Ver SMC en Glosario)
VVR	Tableros de Velocidad Variable y Real
WiFi	Punto de acceso a una red de forma inalámbrica
WIM	Sistema de pesaje dinámico o pesaje en movimiento (por sus siglas en inglés Weight In Motion)
WiMAX	Norma de transmisión de datos por ondas de radiofrecuencia en el rango de 2.3 a 3.5 GHz. Tiene cobertura operativa hasta 50 km

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Subsecretaría de Infraestructura

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán N° 1895

Col. Acacias

Delegación Benito Juárez

03240 México, D.F.

Derechos Reservados ®

Prohibida su reproducción para fines comerciales

Primera Edición 2016

