



## LÍNEA DE ACTUACIÓN 5.3: AUTOMATIZACIÓN DEL TRANSPORTE Y LA LOGÍSTICA. IMPULSO A VEHÍCULOS CONECTADOS Y AUTÓNOMOS Y A LA UTILIZACIÓN DE GALILEO EN MOVILIDAD

### CONTEXTO Y DIAGNÓSTICO

En los últimos tiempos se han producido avances en la automatización del transporte y la logística que se prevé que se aceleren en los próximos años con el despliegue de nuevas tecnologías, como la quinta generación de telefonía móvil (5G) o las aplicaciones basadas en plataformas satelitales, y que previsiblemente supondrán cambios disruptivos en las formas actuales de movilidad.

Para el Ministerio, la **conducción conectada** primero, y **autónoma** más adelante, es una herramienta para lograr una mejor movilidad en el futuro, porque presenta oportunidades para mejorar la seguridad y la eficiencia de la movilidad y porque puede, además, contribuir a mejorar la calidad de vida para la población tanto en las ciudades como en el ámbito rural.

El vehículo conectado es aquél que tiene capacidad de comunicarse con otros vehículos (V-V) y con la infraestructura (V-I). Estas comunicaciones permiten implantar distintos servicios como, por ejemplo, los que tienen por finalidad reaccionar rápidamente ante imprevistos o ante frenazos de otros vehículos, o adaptar la conducción al estado de la vía o adoptar una velocidad óptima según el estado del tráfico. En suma, redundan en mayor seguridad y eficiencia en la circulación, reduciendo congestión y emisiones.

Además, los avances en conectividad V-V y V-I son complementarios al desarrollo del llamado "vehículo autónomo" o "vehículo sin conductor". El lograr disponer de un vehículo, tanto automóvil como de otros modos, que no requiera de conductor humano presenta importantes venta-

jas, como la potencialidad de reducir al mínimo la siniestralidad al evitar el factor humano, hoy responsable de en torno al 90% de los accidentes de tráfico, potenciar la eficiencia en la conducción, repercutiendo así en la reducción de la congestión y la contaminación, y optimizar la realización de movimientos y tareas con dichos vehículos. Además, el automóvil autónomo puede contribuir a una movilidad más inclusiva, haciendo posible que personas que no pueden conducir (algunas personas de edad avanzada o con discapacidad, menores o personas sin carné) accedan a una movilidad flexible y personalizada. También dará lugar a nuevas pautas de movilidad en el transporte de viajeros y mercancías y, previsiblemente, generará nuevos modelos de negocio.

La movilidad conectada y automatizada o autónoma incluye los diferentes modos y medios de transporte, y todos los tipos de transporte y movilidad -transporte de viajeros en general, transporte público y colectivo de viajeros, movilidad compartida, transporte de mercancías, automatización en terminales logísticas, etc.- La Administración debe trabajar para que la introducción de esta nueva movilidad en el sistema existente sea complementaria y no competitiva.

En el ámbito del transporte de pasajeros, ya se han hecho varios pilotos con **autobuses autónomos** que unen destinos fijos (Málaga, con un autobús de tamaño estándar en situación de tráfico real; Madrid, con un minibús de 12 plazas en el campus de la Universidad Autónoma). La automatización de la movilidad introduce innovaciones también en el ámbito del transporte de mercancías por carretera. Así, por ejemplo, la tecnología *platooning* consistente en la

conducción de varios vehículos de **mercancías** de manera coordinada a modo de "tren de carretera", permite ahorrar en combustible, mejorar la seguridad vial y aumentar la capacidad de las vías al circular varios vehículos con muy poca separación entre ellos.

Los vehículos autónomos ofrecen también nuevas posibilidades **en entornos distintos a las carreteras**. A modo de ejemplo, algunas autoridades portuarias disponen ya de terminales intermodales totalmente automatizadas o semiautomatizadas, donde se emplean vehículos totalmente autónomos para el transporte interno de contenedores. En el ámbito del *handling* aeroportuario también se están probando soluciones con vehículos autónomos.

Además, ya existen modelos de embarcaciones autónomas que pueden mejorar la eficiencia y seguridad del transporte marítimo. Por otra parte, los sistemas de operación automática de trenes pueden optimizar las prestaciones del sistema ferroviario, con reducción de la dispersión en tiempos de recorrido, mayor puntualidad de trenes y reducción de consumos energéticos. Todo ello sin mencionar las aeronaves no tripuladas, que se tratan en la línea de actuación 4 de este Eje.

Para avanzar en la movilidad conectada y autónoma, el MITMA puede asumir distintas acciones, entre ellas las de regulador, facilitador, e impulsor de la I+D+i.

En el ámbito concreto de las competencias propias del MITMA, una pieza clave es **avanzar en la regulación** que regirá la utilización de los vehículos autónomos, labor que el MITMA deberá realizar junto a otros Ministerios implicados y otras administraciones. El papel del MITMA será también muy relevante en contribuir a mejorar la seguridad del vehículo autónomo, por ejemplo, a través del correcto mantenimiento de las vías y la señalización, colaborando plenamente con la Dirección General de Tráfico.

Por otro lado, es fundamental la **cooperación a nivel internacional** y la participación en los foros en los que se debate la estandarización de estas tecnologías, tan-

to de la Unión Europea como de la ONU y otros organismos intergubernamentales. Así, por ejemplo, España se incorporó a la plataforma C-Roads promovida por la Comisión Europea, que busca mejorar la comunicación entre la carretera y el vehículo, o entre vehículos a través de sistemas inteligentes de transporte cooperativos (C-ITS), para mejorar la seguridad vial y la eficiencia del tráfico. El proyecto europeo C-Roads se dio por finalizado el 30 de junio de 2021, aunque España continuará participando en la plataforma. También hay que destacar el Memorando de Entendimiento que se firmó en septiembre de 2020 con Francia para colaborar bilateralmente y sumar esfuerzos en la conducción automatizada y conectada.

Finalmente, se incluyen también en esta línea de actuación medidas de cara a potenciar el uso de los sistemas de posicionamiento por satélite **Galileo/EGNOS** en aplicaciones de movilidad, dado su gran potencial en la automatización de servicios de transporte, logística y movilidad, ya que permiten introducir mejoras en la eficiencia (incluyendo energética y medioambiental) y seguridad del sistema de transporte en todos los modos: aéreo, marítimo, ferroviario y carretera.

Galileo es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS por sus siglas en inglés) desarrollado por la Unión Europea, civil y bajo control civil. El sistema Galileo se encuentra ya prestando servicios iniciales. Cuenta actualmente con 22 satélites operativos (30 en un futuro), y ofrece servicios gratuitos de posicionamiento, navegación y medición de tiempo con mayor calidad de la que permite el sistema americano en la actualidad. Por su parte, EGNOS es un sistema europeo de aumentación que está totalmente operativo y que mejora las prestaciones de GPS (y en el corto plazo también las de Galileo) dotándole de integridad; esto es, proporciona la fiabilidad de la calidad de la señal, lo que es imprescindible para todo tipo de usos críticos en las que esté en juego la vida humana (servicios Safety of Life), como es el caso del transporte.

La aplicación de los sistemas de navegación por satélite está ampliamente extendida en el campo de la aviación, y los sistemas de navegación por satélite (Galileo y EGNOS) permiten hoy en día que las aeronaves realicen aproximaciones a los aeropuertos en condiciones de baja visibilidad, hasta una altura a la que el piloto ya debe finalizar el aterrizaje de forma visual. Esto ha supuesto un aumento en la seguridad del transporte aéreo tan evidente y significativo que la Unión Europea ya ha impuesto estos procedimientos instrumentales como obligatorios desde 2020 en todas las cabeceras de pista de aeródromo en las que no existan procedimientos instrumentales de precisión para la aproximación. En 2024 será obligatorio también para aquellas cabeceras de pista que dispongan de aproximaciones de precisión.

También en materia de seguridad, no debe olvidarse que Galileo, a través de su canal de retorno, permitirá un cambio

conceptual en la prevención de catástrofes aéreas y marítimas no concebible en la actualidad. En el ámbito ferroviario, la sustitución de los medios de señalización tradicionales por el balizamiento virtual basado en sistemas GNSS se perfila como una opción prometedora y fiable en el medio plazo.

Aunque los usos de los sistemas de navegación por satélite se extienden a numerosos ámbitos del transporte y la movilidad, uno de los principales está relacionado con los futuros vehículos autónomos, en los que su posición se determinará a través de los sistemas de navegación por satélite con una precisión adecuada, y con disponibilidad, continuidad e integridad de la señal. La autenticación de la señal ha sido identificada en UNECE (Naciones Unidas) como un requisito indispensable para el desarrollo del vehículo autónomo, y esta capacidad la tiene exclusivamente Galileo, por lo que GPS no es válido.

- **La automatización de la movilidad presenta potenciales ventajas como mejora de la eficiencia del transporte y la logística, incremento de la seguridad y reducción de accidentes, reducción de congestión, combustible, tiempos de viaje, mayor accesibilidad a una movilidad flexible y personalizada para grupos de población que antes no podían conducir, desarrollo de nuevas pautas de movilidad y nuevos modelos de negocio, etc.**
- **Para garantizar el éxito de la automatización del transporte es necesario avanzar en su regulación y estandarización.**
- **Es preciso potenciar el uso de los sistemas de posicionamiento por satélite Galileo/EGNOS en aplicaciones de movilidad, dado su gran potencial en la automatización de servicios de transporte, logística y movilidad, y a su capacidad para mejorar la eficiencia y la seguridad.**

## MEDIDAS PROPUESTAS

### MEDIDA 5.3.1: PROMOVER UNA CATEGORIZACIÓN DE LAS CARRETERAS

Los vehículos y usuarios deben tener información sobre el grado de adaptación de las infraestructuras a la conducción autónoma y conectada. Para ello, se debe desarrollar un sistema de clasificación de carreteras que recoja esta información. Es preciso identificar los requisitos de la infraestructura necesarios para los distintos niveles de conducción autónoma y conectada. Se ha de explorar, asimismo, de qué manera se proporcionará esta información a los usuarios.

El objetivo de esta medida es, por tanto, promover una categorización de las carreteras identificando aquellas mejor adaptadas al vehículo conectado y autónomo. Esta medida se puede llevar a cabo en la Red de Carreteras del Estado, y garantizar así un mantenimiento adecuado de las vías que esté adaptado a las necesidades de estos vehículos. Y, en su caso, podría articularse también para el conjunto de las redes de carreteras mediante la coordinación con el resto de las administraciones titulares de infraestructuras viarias.

### MEDIDA 5.3.2: AVANZAR EN LA INTRODUCCIÓN DE ITS (SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE) PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS CARRETERAS Y GESTIÓN DE LA VIALIDAD

El MITMA, a través de la Dirección General de Carreteras, proporciona a los usuarios una infraestructura al servicio de la movilidad gestionada a partir de datos fundamentalmente estáticos. Para optimizar esta situación, sería necesario integrar en la gestión y el diseño de la infraestructura la información dinámica y en tiempo real procedente tanto de dispositivos ubicados en la carretera como de los embarcados en vehículos, de forma que redunde en un beneficio para el usuario.

Caben muchas posibilidades a ese respecto. Por una parte, se podrían implantar una serie de sensores en la infraestructura que recogieran información sobre las condiciones de las vías. Por ejemplo, la velocidad de los vehículos, su peso, el grado de ocupación, la inclemencia de fenómenos meteorológicos como nieve, lluvia, niebla u otros como desprendimientos, vertidos, roturas, etc. Por otra parte, se podrían implantar una serie de balizas que permitan a la propia infraestructura o a su gestor comunicar al vehículo esas incidencias y una serie de indicaciones o recomendaciones. Todo ello sin perjuicio de mantener los sistemas de señalización convencional variable. También se podría aprovechar la información generada por los sensores embarcados en los vehículos (como puede ser el accionamiento del ABS o de los limpiaparabrisas), en función de su disponibilidad, de modo que se transmita del vehículo a la infraestructura.

Este tipo de sistemas de *"infraestructura conectada"* puede utilizarse para que el gestor conozca el estado de su infraestructura y pueda tomar decisiones de actuación, o también de comunicación a los usuarios a través de las plataformas habilitadas por los organismos competentes. Así, se podrá conocer el estado de los puentes, del drenaje, de los taludes, de los firmes, de los túneles, de las señales, de la vialidad invernal, de las barreras de seguridad o de cualquier elemento de la carretera. Esa información servirá para modelizar el comportamiento de las infraestructuras y de los equipamientos y prever y programar las actuaciones de rehabilitación o de sustitución. Serán también una fuente de datos para la mejora y calibración de los modelos.

Los datos masivos que pudieran obtenerse de los dispositivos conectados a la nube, ya sean personales o embarcados en los vehículos, también pueden ser una fuente muy valiosa de información para los gestores. Estos datos pueden suministrar información sobre posición, trayectoria, velocidades y todo tipo de aceleraciones. De esa forma se podría conocer el grado de comodidad que ofrece la uniformidad del pavimento, o la forma en que los usuarios trazan una curva, o se incorporan a la vía o frenan o cualquier reacción ante determinadas circunstancias. Los modelos empíricos que se han usado para modelizar las interacciones entre la infraestructura y los vehículos podrán ser contrastados o modificados a la luz del comportamiento real. Así los parámetros de diseño de las vías se podrían adaptar mejor a las demandas reales de los usuarios, las velocidades reales y las nuevas formas de conducción.

A estos desarrollos puede contribuir también el CEDEX, que ya trabaja en el estudio de nuevas tecnologías para su aplicación en el campo de la auscultación de carreteras y podría trabajar en la comunicación infraestructura-vehículo, analizando la viabilidad de incorporar sensores en los vehículos, o utilizar los ya implementados en los teléfonos inteligentes, para disponer de datos relativos a las características funciones del firme, de manera masiva.

### MEDIDA 5.3.3: CONTRIBUIR A LA ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍAS ACTUALIZADAS Y PRECISAS

Otro aspecto clave para el automóvil autónomo es el relativo a la cartografía, ya que para garantizar la seguridad es necesario ofrecer el posicionamiento más preciso posible del vehículo en todo momento. Es imprescindible la coordinación entre los diferentes titulares de las infraestructuras de transporte para lograr una cartografía inteligente, actualizada y precisa.

El MITMA, junto a otros actores (Dirección General de Tráfico y otros titulares de infraestructuras), puede impulsar y coordinar las iniciativas existentes entre las distintas administraciones públicas que permiten la elaboración de cartografías actualizadas y precisas y, en particular, las dirigidas a la mejora de la localización mediante servicios basados en la información de sistemas de posicionamiento en tiempo real con GNSS (Galileo, EGNOS), con los que actualmente se alcanzan precisiones centimétricas.

En este sentido, el Instituto Geográfico Nacional dispone del Servicio de Posicionamiento en Tiempo Real (SPTR), que facilita la actualización de cartografía de infraestructuras de una manera muy precisa mediante el envío de correcciones diferenciales GNSS.

### MEDIDA 5.3.4: IMPULSAR EL VEHÍCULO AUTOMATIZADO EN EL SISTEMA DE TRANSPORTES

El desarrollo del vehículo automatizado se enfrenta a una serie de retos tecnológicos y de regulación/estandarización, además de a otras cuestiones de índole económica y social.

El MITMA avanzará en la regulación de unos principios básicos que deben guiar la actuación de las administraciones públicas en la regulación y promoción de la introducción progresiva de los vehículos automatizados en el sistema de transportes.

Asimismo, la regulación abordará la creación de una oficina a modo de ventanilla única para facilitar las pruebas de vehículos automatizados en las vías públicas. En esta ventanilla única se podría acceder a información sobre los procedimientos necesarios para efectuar las pruebas, realizar los trámites preceptivos que se requieran para estas pruebas, o conocer el estado de tramitación de las solicitudes.

Asimismo, el MITMA, junto a otros Ministerios puede impulsar la colaboración con los países vecinos para el desarrollo del vehículo autónomo. A modo de ejemplo, España y Francia firmaron en 2020 un Memorando de Entendimiento sobre conducción automatizada y conectada que estrecha la colaboración en esta materia entre ambos países.

### MEDIDA 5.3.5: IMPULSAR EL USO DE EMBARCACIONES AUTÓNOMAS

La automatización de la conducción va más allá del ámbito de la carretera. Por ejemplo, ya existen modelos de embarcaciones autónomas que pueden mejorar la eficiencia y seguridad del transporte marítimo. De hecho, la UE pretende disponer de buques mercantes plenamente autónomos basados en Galileo en 2035.

Como primer paso necesario para fomentar su utilización, el Ministerio ha creado recientemente un grupo de trabajo con representantes del sector público y privado. En este marco, se analizará la normativa necesaria para impulsar el uso embarcaciones autónomas, con el fin de detectar las necesidades y posibles carencias de la regulación actual y proponer en consecuencia las mejoras normativas que resulten precisas, incluyendo los aspectos jurídicos y sociales.

### MEDIDA 5.3.6: IMPULSAR ANÁLISIS TÉCNICOS Y DE VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE OPERACIÓN AUTOMÁTICA DE TRENES

Al igual que en el caso del automóvil, la automatización de la conducción de los trenes puede conllevar importantes ventajas que redundan en una mejora de prestaciones del sistema ferroviario. Así, la automatización tiene potencial para reducir los tiempos de reacción de los maquinistas, lo que redundaría en una reducción de la dispersión en los tiempos de recorrido y, por tanto, en que más trenes por hora puedan circular con la misma infraestructura. Además, se logra una mayor calidad del servicio gracias a la mayor puntualidad y mayor confort al evitar aceleraciones/desaceleraciones. Asimismo, se optimiza el consumo energético y la flota de vehículos y personal a bordo.

El sistema de operación automática de trenes (ATO) sobre ERTMS ya se está desarrollando para la próxima versión de las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (ETI), que se publicarán a finales de 2022. El CEDEX, a través del Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria, ya está trabajando sobre esa futura versión de las ETI para incluir la funcionalidad del ATO en las pruebas de certificación de los equipos embarcados ERTMS. El laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria del CEDEX permite probar esta funcionalidad y posibilitará participar en los futuros desarrollos con mayor grado de automatización (GoA 3 y 4), que se desarrollarán en la empresa común de innovación e investigación europea ERJU (*Europe's Rail Joint Undertaking*), en la que el CEDEX participa, al igual que Renfe e Ineco, como entidades afiliadas de Adif que es miembro fundador de la misma.

Para impulsar esta automatización en el modo ferroviario, el MITMA analizará la viabilidad, desde el punto de vista técnico y de costebeneficio, de la implantación de sistemas de operación automática de trenes (sistemas ATO) en determinadas líneas de la red española, teniendo en cuenta las especificaciones que se están desarrollando a nivel europeo.

### MEDIDA 5.3.7: GRUPOS DE TRABAJO PARA LA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GALILEO) EN DIVERSOS ÁMBITOS DEL TRANSPORTE

Los sistemas globales de navegación por satélite (sistemas GNSS) resultan una pieza clave en la automatización del transporte.

El sistema europeo de posicionamiento Galileo tiene mejores prestaciones que el sistema americano GPS (en su estado actual) en cuanto a precisión, fiabilidad, disponibilidad y robustez del sistema de posicionamiento.

En la actualidad, el sistema europeo de aumentación EGNOS, usado junto con el sistema GPS, mejora las prestaciones de este último, aportando la integridad necesaria para prestar servicios de tipo Safety of Life; en breve se podrá usar también junto con Galileo y proporcionar aumentación de ambos sistemas (GPS/Galileo) en doble frecuencia, lo cual mejorará especialmente la robustez de la señal. EGNOS aporta la integridad que los sistemas globales de navegación por satélite, por sí solos, no proporcionan.

El uso de estos sistemas GNSS, conjunta o separadamente, permite numerosas aplicaciones en el transporte, que suponen importantes mejoras en la eficiencia y seguridad del sistema de transporte en todos los modos: aéreo, marítimo, ferroviario y carretera. Algunos ejemplos de estas mejoras están relacionados con:

- **Aéreo:** mayor capacidad del espacio aéreo, optimización de rutas, menor consumo de combustible, disminución de ruidos en las cercanías del aeropuerto ligado a disminución de operaciones frustradas, disminución de los costes operativos del sistema de navegación aérea, soporte a las aeronaves no tripuladas, mejor integración con el servicio SAR (*search and rescue*) e introducción de mejoras en la seguridad operacional.
- **Ferrovioario:** seguridad de aplicaciones reguladas (balizamiento virtual en sistemas ERTMS, automatización de trenes, etc.), de aplicaciones no críticas para la vida humana, en la gestión e información, y aumento de la capacidad y la fiabilidad de la infraestructura.
- **Marítimo:** servicio SAR de búsqueda y rescate, contribución a los sistemas AIS<sup>5</sup> y LRIT<sup>6</sup>, correcciones diferenciales a buques, contribución a los buques autónomos, y lucha contra la contaminación marítima. Además, el canal de retorno que ofrece Galileo se espera que aumente la supervivencia en accidentes marítimos de forma considerable. También permitirá la localización remota del barco en caso de secuestro o abordaje.
- **Carretera:** transporte de mercancías peligrosas y perecederas, monitorización del estado de las carreteras, pago por uso de las infraestructuras, y contribución al vehículo autónomo. Cabe señalar que algunas de las anteriores no son exclusivas del modo carretera, de manera que pueden ser aplicables también a otros modos de transporte.

- Todos los modos: además de lo anterior, Galileo ofrece un canal de retorno con potenciales beneficios para todos los medios de transporte. Por ejemplo, permite anunciar la llegada de ayuda en caso de catástrofe, lo que se espera que aumente la supervivencia en más de un orden de magnitud.

Muchas de las aplicaciones de GNSS en el transporte están o estarán reguladas mediante normativa europea, mientras que otras se han desarrollado o se desarrollarán por la iniciativa privada aprovechando las potencialidades que estos sistemas satelitales ofrecen en el ámbito del transporte y la movilidad.

Por otro lado, cabe señalar que el Instituto Geográfico Nacional, en colaboración con la mayoría de las comunidades autónomas, proporciona un servicio gratuito de posicionamiento preciso GNSS para toda España, el Servicio de Posicionamiento en Tiempo Real GNSS (SPTR). Este servicio genera correcciones diferenciales GNSS que el vehículo aplica a su posición, consiguiendo precisiones centimétricas en tiempo real en las coordenadas, permitiendo su uso en aplicaciones que requieren de gran precisión de posicionamiento. Este servicio puede ser estratégico en las fases de desarrollo y pruebas de los vehículos autónomos, así como en las primeras fases de implementación.

Por otro lado, el CEDEX, a través del Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria, participa en el proyecto RAILGAP. En el ámbito de este proyecto, se incluye dar un paso más hacia la integración de GNSS en el sistema de señalización europeo ERTMS, para reducir los costes de despliegue de este sistema en líneas de bajo tránsito. Y, en relación con ello, se prevé desarrollar un proyecto de ERTMS de bajo coste que incluirá las tecnologías de localización satelital en una línea piloto en la que se implantará el sistema, y que constituirá un hito de vital importancia para avanzar en la implantación del ERTMS en la red convencional con el aumento de seguridad e interoperabilidad que ello supone.

Asimismo, el MITMA mantiene una estrecha colaboración con la Agencia para el programa Espacial de la Unión Europea (EUSPA), a través de su participación en el Consejo de Administración de la misma. La EUSPA es responsable de la gestión operacional de los programas de navegación por satélite EGNOS y Galileo y de asegurar la provisión continua de sus servicios. También es responsable del desarrollo de las generaciones futuras de estos sistemas, la evolución de sus servicios y de actividades relacionadas con la extensión de su cobertura.

El MITMA ostenta también la representación española en el Comité GNSS de la Comisión Europea.

Para impulsar y dar a conocer estos usos, el Ministerio ha creado dos grupos de trabajo en el seno del MITMA para la aplicación de los sistemas de navegación por satélite (especialmente Galileo y EGNOS) en los ámbitos aéreo y ferroviario.

Estos grupos de trabajo se podrán extender a otros modos de transporte, o incluso ampliarse la participación en los grupos a otras administraciones con competencias en transporte y movilidad. El MITMA, a través de estos grupos de trabajo, impulsará la aplicación de los sistemas GNSS en el ámbito del transporte y la movilidad.

<sup>5</sup> Automatic Identification System.

<sup>6</sup> Long Range Identification Tracking System.