

“SISTEMA PREDICTIVO, INTEGRADO E INTELIGENTE PARA EL CONTROL DE TIEMPOS EN SEMÁFOROS DE TRÁNSITO”

[01] La presente patente de invención se refiere a un sistema predictivo, integrado e inteligente para control de tiempos de apertura y cierre de semáforos de control de flujo de vehículos que utiliza el conjunto de datos e informaciones suministradas por los diversos sistemas de geoprocesamiento (GPS) disponibles y sistemas de control de tránsito (equipos electrónicos de fiscalización y monitorización de tránsito) para generar inteligencia computacional y ajustar los tiempos de cada semáforo de acuerdo con el flujo de personas y vehículos previstos para cada intersección. El sistema permite mejorar la fluidez de vehículos, peatones y vehículos de emergencia en vías públicas, a través del uso de informaciones disponibles. Esto permite que puedan salvarse vidas, puesto que estos vehículos tendrán sus caminos desobstruidos del tráfico normal.

[02] Como es del conocimiento de los medios técnicos vinculados al control de tráfico de vehículos, los actuales sistemas de control de tiempo de apertura/cierre de semáforos del tipo “inteligente” trabajan con la información de volumen de vehículos en cada vía que forma una intersección, cruzando las informaciones para ajustar los tiempos de los semáforos en cada sesión de tráfico de acuerdo con la demanda. También consideran el historial diario, y por horario, del tráfico en las vías y, de esta forma, proyectan el flujo de vehículos y el comportamiento de los semáforos en cada corredor de tráfico (vías consideradas las “arterias” dentro del sistema vial).

[03] Entre las desventajas de los actuales sistemas

podemos citar:

[04] 1) Las decisiones de ajustes de tiempos semafóricos están basadas en el flujo momentáneo de vehículos y en su historial (pasado) y no en relación a la previsión del flujo que llegará a cada intersección, sea de vehículos y/o peatones.

[05] 2) No existe cualquier interacción entre los vehículos de emergencia con los semáforos y con los demás vehículos, dificultando substancialmente su desplazamiento en operaciones de emergencia.

[06] 3) Las actuales señales sonoras colocadas en los semáforos son completamente ineficaces para portadores de necesidades especiales por dificultad de audición, visión y/o locomoción.

[07] La principal limitación de los sistemas actuales es que ellos consiguen “ver” solamente el pasado, es decir, lo que ya ocurrió, e “intentan” con esto prever el futuro, lo que es extremadamente ineficiente, ya que cualquier variable adicional que sea incorporada la ecuación (lluvia, obra en la vía, accidente, mantenimiento que involucren en obstrucción total o parcial, volumen de vehículos no considerados en el historial, entre otros), hace con que las modificaciones de los tiempos semafóricos sean ineficientes y a veces “catastróficas”, ya que generan más congestionamiento.

[08] Realizándose búsquedas en los bancos de patentes brasileño e internacionales, encontramos las siguientes revelaciones de sistemas de control de semáforos:

[09] La patente brasileña BR 10 2015 0103662, de autoría de la presente patente, revela un dispositivo de control inteligente de semáforos de tránsito para optimizar dinámicamente la duración de los estados de los semáforos de un cruce de vías a partir del flujo de vehículos. Este

dispositivo procesa informaciones obtenidas a partir de las cámaras de vídeo-vigilancia orientadas para la monitorización de tránsito en tiempo real y, con base en la masa de vehículos presente en cada una de las vías, define las duraciones de cada estado de los semáforos. El dispositivo monitorea el tránsito constantemente en tiempo real, por lo tanto, en el caso que la masa de vehículos en una vía que esté con la luz de señal roja activado se torne mayor que la masa de vehículos de la otra vía, el dispositivo inicia el proceso de inversión de estado entre los semáforos para equilibrar el porcentaje de vehículos en espera. Este método pertenece al campo de la visión computacional y reconocimiento de estándares en imágenes, consistiendo en la aplicación de una serie de procesamientos sobre los frames obtenidos de las cámaras de vídeo orientadas para la monitorización de tránsito;

[010] La patente Estadunidense 4.390.951 describe un aparato concebido para monitorizar el tráfico en una sección de la vía con una longitud determinada para modificar el funcionamiento de un semáforo en una intersección de la vía, y comprende circuitos de detección de velocidad en los extremos opuestos de la sección de la carretera investigada. El circuito también emite trenes de pulso reflejando las longitudes de los vehículos que pasan. Una calculadora determina, a partir de las velocidades de entrada y salida medidas, una velocidad general promedio que es inversamente proporcional al tiempo medio de tránsito y permite la computación de una densidad de ocupación de la cual, a su vez, una función de sobrecarga es derivada. El semáforo puede ser controlado directamente por una señal que es proporcional a esa sobrecarga. Una modificación adicional del ciclo operacional de ese semáforo puede ser provocada por una señal que indica la aproximación de un vehículo de longitud poco común en la sección de la carretera investigada;

[011] La patente estadounidense 5,172,113 revela un método de transmisión óptica de datos de un emisor óptico para un detector montado a lo largo de una ruta de tráfico que es usado en un sistema óptico de priorización de tráfico. El método permite que datos variables sean transmitidos en una corriente de pulsos de luz intercalando pulsos de datos entre pulsos de prioridad. Al permitir que los datos sean transmitidos en una corriente de impulsos de luz, un emisor óptico transmite una señal óptica que puede incluir un código de identificación que identifica el emisor de forma exclusiva, un código de desplazamiento que hace con que un selector de fase cree un desplazamiento de la señal de tránsito, un código de operación que hace con que las luces de la señal de tránsito asuman por lo menos una fase y un código de ajuste del intervalo que hace que un selector de fase establezca un límite para el cual futuras transmisiones ópticas serán comparadas. Los selectores de fase contruidos de acuerdo con la presente invención están provistos de un algoritmo de discriminación que es capaz de rastrear una pluralidad de transmisiones ópticas con cada canal de detección. Los emisores ópticos contruidos de acuerdo con la invención están provistas de un mecanismo para evitar coincidencias que provoquen la superposición de la transmisión óptica de emisores ópticos separados. La invención proporciona un formato de señal óptico que permite la transmisión de datos variables, manteniendo la compatibilidad con los sistemas ópticos de priorización de tráfico anteriores.

[012] La patente WO2016202009 revela un método de coordinación y control de semáforos de carreteras basado en el aprendizaje de refuerzo, que comprende: un dispositivo de monitorización que es suministrado correspondiente a cada intersección y cada dispositivo de monitorización está conectado a un servidor remoto a través de un módulo de

red. El método de control comprende: 1) el servidor remoto calcula un tiempo de espera S al recibir una señal de vídeo; 2) el servidor remoto realiza análisis para obtener una condición de congestionamiento de estrada en cada estado de fase $a(i)$; 3) el servidor remoto obtiene un grado viable $c(i)$ a $a(i)$ bajo el estado de fase $a(i)$, en que, cuando un flujo de tráfico puede pasar por la vía, la carretera está descongestionada y el grado viable $C(i)$ de $a(i)$ es 1; Caso contrario, la carretera está congestionada y el grado viable $c(i)$ de $a(i)$ es 0; (4) el tiempo de espera S y el grado viable $c(i)$ a $a(i)$ son usados para calcular un estado de fase de conducción óptimo $a(i)$ de la intersección; 5) Los semáforos son ajustados. Con base en informaciones de vídeo adquiridas en tiempo real y por medio de coordinación y control de semáforos de una pluralidad de intersecciones en un área, la eficiencia del tráfico es mejorada, el flujo de tráfico del área es maximizado y la condición de congestionamiento del tráfico de carretera es atenuada.

[013] La patente china de Modelo de Utilidad CN205722426 describe un Sistema de control de semáforos con retardo de tiempo inteligente basado en PLC (Controlador Lógico Programable), con teledetección local por sensor piezoeléctrico, circuito de detección de flujo de tráfico, y sistema de control con fórmula que permite calcular y actuar sobre el tiempo de actuación de los semáforos conforme el aumento del flujo en las horas de “rush”.

[014] La patente china CN105957357 revela un sistema inteligente de control de semáforos que comprende terminales de semáforos dispuestos en todas las intersecciones, sistemas de adquisición de informaciones de detección de presión dispuestos en zonas de espera de semáforos, terminales de emergencia y un centro de monitorización. Los

sistemas de adquisición de informaciones de detección de presión que consisten en dispositivos sensores de presión y circuitos de comunicación. Los terminales de emergencia incluyen botones de emergencia, cámaras y circuitos de comunicación. El centro de monitorización es usado para obtener informaciones de control de pasaje de vehículos en carreteras de acuerdo con la información del número de peatones en espera e informaciones de las condiciones de la carretera recopiladas en tiempo real. Con el sistema, el flujo del tráfico puede ser realizado de acuerdo con una condición de la carretera, de tal modo que la operación de tránsito se torne suave y eficiente y, por lo tanto, la tasa de accidentes en el cruce de tránsito del peatón pueda reducirse en forma efectiva.

[015] La patente china del modelo de utilidad CN205582271 describe un sistema de semáforo inteligente basado en la monitorización dinámica del flujo, incluyendo el sistema de semáforo inteligente con adquisición de imagen de vehículo en tiempo real. El modelo de utilidad revela un sistema de supervisión en tiempo real, por monitorización del flujo local de un semáforo, buscando la eficiencia operacional de la red terrestre de tránsito urbano.

[016] La patente china CN105788302 describe un método de temporización dinámico basado en optimización tipo “double target” un semáforo de tránsito urbano. El método comprende: una relación de tiempo verde, tiempo máximo de luz verde, tiempo mínimo de luz verde y un ciclo de señal T de una intersección y una longitud de etapa de conversión B es designado; Durante el ciclo de señal dato T , una señal de luz verde de la intersección es activado sucesivamente de acuerdo con una fase; Los datos de tránsito en la intersección son monitoreados en tiempo real, y se calcula una longitud de fila de vehículo de fase de luz verde p y una longitud de fila de

vehículo que de una próxima fase de luz verde de la intersección y un controlador basado en lógica “fuzzy” ajusta las proporciones de tiempo verde de todas las fases del cruce en tiempo real.

[017] La patente china CN105608914 describe un sistema de control de tráfico basado en el flujo de tráfico que incluye un dispositivo de monitorización en tiempo real, semáforos y una unidad de cálculo, donde el dispositivo de monitorización en tiempo real incluye un dispositivo de monitorización de flujo de tráfico que es usado para detectar el flujo de tráfico y un dispositivo de control de semáforo que es usado para comunicarse con los semáforos; La unidad de cálculo es utilizada para calcular el estado del tráfico en tiempo real de acuerdo con el resultado monitoreado por el dispositivo de monitorización del flujo de tráfico, generando una señal para el dispositivo de control de semáforo de acuerdo con el estado de tráfico en tiempo real e controlando el estado de exhibición de cada canal del semáforo; Y el estado del tráfico en tiempo real incluye la información de flujo del vehículo del cruce donde existen los semáforos, un segmento de carretera S1 a partir de un cruce en sentido ascendente del cruce donde existen semáforos para el cruce, y un segmento de carretera S2 del cruce donde los semáforos existen para un cruce en sentido descendente del cruce donde existen los semáforos.

[018] La patente china de modelo de utilidad CN205211172 revela un sistema inteligente de control de semáforos basado en el control GPRS, que comprende un centro de monitorización, el centro de vigilancia es suministrado con la interfaz hombre máquina (IHM), la IHM está conectada con la computadora de gestión de red GPRS y memoria, el centro de vigilancia está conectado con una estación básica de transmisión de señal, la estación básica de transmisión de señal está conectada con un monitor, el

monitor interno está conectado con un sensor y el semáforo, y también con el módulo de transmisión de datos GPRS, el módulo de transmisión de datos GPRS está conectado con el servidor en la nube, el servidor en la nube está conectado con un terminal inteligente, para controlar el semáforo conforme el flujo de tráfico calculado para él.

[019] La patente china CN104916066 describe un sistema de control adaptativo de semáforo de tránsito. El sistema de control comprende una pluralidad de cámaras, una pluralidad de controladores de semáforos y una plataforma de monitorización remota, donde las cámaras y los controladores de semáforos están en correspondencia uno para uno, cada cámara es conectada de forma correspondiente a un controlador de semáforo y usada para fotografiar una intersección donde las luces de señal controladas por el controlador del semáforo correspondiente están localizadas de modo a adquirir imágenes de intersección, los controladores del semáforo ejecutan la codificación de compresión y el protocolo UDP (“User Datagram Protocol”) en las imágenes de intersección de modo a producir la red de imagen de intersección y la plataforma de monitorización remota está conectada a la pluralidad de controladores de semáforos a través de una red 4G de modo a adquirir datos de red de una serie de imágenes de intersección y ejecutar el control adaptativo en una serie de semáforos basado en los datos de red de la serie de imágenes de intersección. A través del sistema de control adaptativo de semáforo de tránsito, el tiempo de duración de las luces de semáforo en la serie de intersecciones puede ser determinado de forma adaptable de acuerdo con condiciones de cruce específicas de una serie de intersecciones de la misma sección de carretera, realizando de este modo una programación razonable del flujo de tráfico.

[020] La patente China CN104282159 describe un sistema de control de coordinación difusa de tráfico urbano basado en el módulo de comunicación de red inalámbrica de bajo alcance estándar ZigBee, y una computadora. El sistema de control de tráfico urbano está compuesto por un centro de monitorización central, varios centros de monitorización de subregión y monitores de múltiples señales. Cada centro de monitorización de la subregión comprende un relé inalámbrico y un monitor de subregión. Cada monitor de señal comprende un módulo de comunicación de red inalámbrica de bajo alcance estándar “ZigBee”, un colector de informaciones del vehículo, un microprocesador y un semáforo.

[021] La patente china CN103366585 describe un sistema de control de semáforos autoadaptable basado en la red del sensor inalámbrico. Los nudos del sensor que son colocados en las superficies viales y provistas de módulos transceptores de ultrasonidos son usados para detectar el flujo de tráfico en las pistas de varias direcciones y el tiempo de liberación del vehículo de la franja correspondiente es alterado en tiempo real de acuerdo con el flujo de tráfico. El sistema comprende un controlador integrado, nudos de sensores inalámbrico y luces de señal, en que el controlador integrado desempeña un papel de “SinkNode” en una red de sensores inalámbrica, los datos recolectados por cada nudo son convergidos para el controlador integrado, el controlador integrado se comunica con el sensor de Nodos inalámbrico, operando un algoritmo de programación, controla las luces de señal y se comunica con una computadora remota de monitorización.

[022] La patente china CN103337161 describe un método de optimización de un sistema amplio de evaluación y control de semáforo basado en un modelo de simulación en tiempo real. El análisis

estadístico es realizado en una ley de distribución de tiempo de llegada del vehículo de intersección y una ley de distribución de tiempo de saturación, el control de simulación es realizado en vehículos monitorizados en tiempo real, el cálculo analítico de los parámetros de flujo de tráfico de una intersección, como la longitud media de la fila, el tiempo de la fila y la velocidad del vehículo, y características como escape del vehículo, consumo de hidrocarburos y ruido, las informaciones adquiridas son compartidas y un esquema de control de señal optimizado es implementado por una plataforma de control de terceros.

[023] La patente china CN202120450 revela un sistema de control de semáforo que comprende un subsistema de monitorización del flujo de tráfico, un subsistema de procesamiento de datos y un subsistema de control de semáforos; El subsistema de monitorización del flujo de tráfico está conectado al subsistema de procesamiento de datos y el subsistema de procesamiento de datos está conectado al subsistema de control de semáforos; Y el subsistema de monitorización del flujo de tráfico comprende cámaras de monitorización distribuidas en la carretera y un módulo de control de flujo de tráfico. En el sistema, el tiempo de permanencia de los semáforos de cada dirección de un cruce puede ser razonable distribuido de acuerdo con el flujo de tráfico, la tasa de utilización del tiempo es aumentada.

[024] La patente china CN1928948 revela un sistema de detección y alarma de embotellamientos de tráfico vial urbano que comprende: un detector de vehículo, un sistema de control de semáforo de tránsito y la computadora de análisis y alarma con base de datos y programa correspondientes. El sistema construye la lista de monitorización del estado para el detector del vehículo, modifica la lista en tiempo real de acuerdo con el estado actual del semáforo recibido y el estado del detector. Luego, analiza los

datos en la lista para enviar señal de embotellamiento para que la ventana de tiempo de apertura de la luz verde corresponda al tiempo límite de la alarma.

[025] Las revelaciones de las patentes citadas anteriormente, aunque hayan traído una evolución, aún presentan limitaciones, desventajas e inconvenientes en el área de control de flujo de tráfico de vehículos en las vías con intersecciones, tales como:

[026] a) Las patentes de la actual tecnología de punta, dependen de cámaras y sensores locales que, con diferentes grados de exactitud, solamente consiguen estimar el flujo de vehículos momentáneo o pasado, y sólo consiguen actuar basados en datos de eventos ya ocurridos, no son sistemas predictivos de flujos futuros, ya que no poseen ninguna conexión con fuentes de datos predictivos de probabilidad de alta ocurrencia, tales como trayectos ya previstos por los usuarios, salida ya ocurrida o prevista de vehículos de emergencia, eventos ya programados, y otros, que hoy están disponibles en forma de datos de la nube y de redes extensas en la Internet;

[027] b) La mayor parte de las patentes presenta controles locales, que actúan bajo flujo calculado para determinada intersección, sin correlación con los otros semáforos por donde los vehículos en trayecto deberán pasar o tienen mayor probabilidad de pasar a lo largo de sus trayectos;

[028] c) Incluso cuando se presenten sistemas que gestionan una red de semáforos correlacionando múltiples informaciones locales, las patentes actuales no tienen informaciones provistas por ningún sistema que contenga informaciones predictivas tales como previsiones de clima o tiempo, rutas previstas por usuarios, previsión de cruce de usuarios prioritarios, como vehículos de emergencia, de seguridad pública, deficientes y

otras;

[029] d) Ninguno de los sistemas desarrollados actualmente aprovecha la inmensa cantidad y calidad de los datos disponibles en la Internet, y en las redes particulares de administradores de aplicaciones, redes sociales, y otras;

[030] e) Los sistemas actualmente existentes o patentados no están haciendo uso totalmente de la Internet y de las redes en la Internet, la inmensa plataforma de computadores personales y dispositivos móviles existentes, estando sólo sujetos a las informaciones reactivas que llegan de los diversos tipos de sensores locales.

[031] f) Ninguno de los sistemas actuales emplea métodos de inteligencia artificial avanzada, tales como “machine learning” para optimización continua y automatizada del sistema.

[032] “SISTEMA PREDICTIVO, INTEGRADO E INTELIGENTE PARA CONTROL DE TIEMPOS EN SEMÁFOROS DE TRÁNSITO” fue desarrollado para resolver las desventajas, inconvenientes y limitaciones de los sistemas actuales de control de tiempo en semáforos de tránsito, ya que presenta el concepto integrado de gestión del tránsito a través del empleo simultáneo de tecnologías emergentes, a saber: monitorización de sistemas de “crowdsourcing”/”big data” de informaciones (tránsito, clima, eventos, feriados, obras, entre otros), algoritmos inteligentes y capacitivos de toma de decisión basados en “Machine Learning” y “IoT” (internet de las cosas). Esta central apoyada en inteligencia artificial y “big data” interactúa con semáforos, “PMVs”, Smartphones, sistemas personales (computadores, tabletas, entre otros), sistemas WEB, entre otros, pero no limitados a estos, para crear un sistema dinámico, inteligente y realmente predictivo de control de flujo

vehicular y de personas para que estas se puedan desplazar de forma inteligente por las vías públicas.

[033] El sistema presenta ventajas de informar también a los usuarios de las vías públicas, a través de Paneles de Mensajes Variables, sistemas personales para celular, entre otros, las condiciones de tránsito en cada lugar, así como saber cuál es la mejor ruta para su destino, e interactuar adicionalmente con los vehículos de servicio público de emergencia (policía, ambulancias, bomberos, entre otros), para saber su origen y destino, dando a estos la mejor ruta posible y controlando los vehículos que están en la ruta definida para buscar caminos alternativos a medida que el vehículo de emergencia se aproxima. Esto permite que vidas puedan ser salvadas, ya que estos vehículos tendrán sus caminos desobstruidos del tráfico normal. El sistema permite mejorar la fluidez de vehículos, peatones y vehículos de emergencia en vías públicas, a través del uso de informaciones disponibles provenientes de los datos de “crowdsourcing” (“Waze”, “Google Maps”, etc.).

[034] Los problemas presentados por el estado de la técnica actual, y que la presente patente resolvió, son los siguientes:

[035] A. Los sistemas de cálculos actuales del tiempo de actuación trabajan a través de análisis de datos pasados, tales como número de vehículos detectados e historial del volumen de vehículos en las últimas horas, días o meses y no en lo que ocurrirá más adelante. Estos datos históricos, o basados apenas en las detecciones del volumen de vehículos en cada intersección, son extremadamente ineficientes para el cálculo de los tiempos semafóricos cuando existe cualquier cambio en el ambiente (lluvia, obra en la vía, accidente, mantenimiento que impliquen en obstrucción total o parcial, volumen de vehículos no considerados en el historial, entre otros). Este

problema es solucionado en la presente patente a través del empleo simultáneo de tecnologías emergentes, a saber: monitorización de sistemas de “crowdsourcing”/”big data” de informaciones (tránsito, clima, eventos, feriados, obras, entre otros), algoritmos inteligentes y capacitivos de toma de decisión basados en “Machine Learning” e “IoT” (internet de las cosas). Esta central con soporte en inteligencia artificial y “big data” interactuará con semáforos, “PMVs”, “Smartphones”, sistemas personales (computadores, tabletas, entre otros), sistemas WEB, entre otros, pero no limitados a estos, para crear un sistema dinámico, inteligente y realmente predictivo de control de flujo vehicular y de personas para que estas puedan desplazarse de forma inteligente por las vías públicas.

[036] B. Los sistemas actuales utilizan sensores físicos y locales, tales como, sensores piezoeléctricos, cámaras, contadores de vehículos, etc., que generan un procesamiento complejo para tratamiento de los datos, e implican en el tratamiento de datos para acciones solamente correctivas del comportamiento futuro. Este problema es solucionado en la presente patente por un sistema predictivo que cuenta con informaciones previas de acontecimientos futuros para una previsión exacta del control de tráfico.

[037] C. Los sistemas actuales no poseen comunicación bidireccional, es decir, las informaciones recopiladas, principalmente de flujo de vehículos, no dan retorno al conductor informando las mejores rutas ni priorizan la apertura de semáforos por mayor tiempo en las rutas alternativas cuando se presenta alguna obstrucción o embotellamiento en la ruta pretendida por el usuario. Este problema es solucionado en la presente patente a través de comunicación bidireccional con el usuario.

[038] D. Los sistemas actuales de control de tiempos

de semáforo no tienen la capacidad de interactuar con los vehículos de emergencia y demás vehículos para priorizar el cruce de estos vehículos que pueden salvar vidas. Este problema es superado por la presente patente, ya que el sistema interactúa con los vehículos de servicio público de emergencia (policía, ambulancias, bomberos, entre otros) creando siempre que sea posible una onda verde por el trayecto recorrido por el vehículo de emergencia. A través de un app y un sistema web, para saber su origen y destino, será calculada la mejor ruta posible y orientando a los vehículos presentes en la ruta definida para buscar caminos alternativos a medida que el vehículo de emergencia se aproxima.

[039] E. Los sistemas actuales no toman en cuenta y no apoyan a los portadores de necesidades especiales, principalmente los que poseen dificultades de locomoción, de audición y de visión, poseen apenas un sistema sonoro informando el estado del semáforo, lo que es extremadamente ineficiente si el portador de necesidades especiales posee dificultad de audición y visión, o de locomoción, puesto que no existe ningún feedback que sea perceptible por los usuarios que posean ambas deficiencias, visuales y auditivas, y también no existe ninguna modificación del tiempo del semáforo de peatones para quien tiene dificultad de locomoción. El sistema de la presente patente resolvió este problema, ya que estos usuarios podrán registrarse en el sistema como portadores de estas deficiencias, y siempre que ellos indiquen su destino el sistema acompañará su desplazamiento, enviando feedbacks (vibración y sonoro), en su “smartphone”, informando el estado del semáforo para facilitar su cruce. En casos especiales, el deficiente podrá informar su dificultad de desplazamiento, en estos casos, siempre que el usuario llegue próximo a un semáforo el sistema calculará un tiempo mayor para que pueda atravesar con

mayor seguridad.

[040] La solución propuesta aquí se ampara en un conjunto de tecnologías que permite generar una mejor fluidez del tránsito. Desde las votaciones por los conductores, ciclistas, peatones para la adopción de semáforos inteligentes; pasando por análisis estadística relacionada a feriados, eventos, climas; reforzando con informaciones provenientes de apps de “crowdsourcing” tales como “Waze”, “Google Maps” y otros consolidando todas estas informaciones en una solución adaptable y flexible basada en la aplicación de técnicas de “Machine Learning”/Inteligencia Artificial, que permitirá que el sistema aprenda y se autoajuste a lo largo de la operación. También resolverá el gran problema de la circulación de los vehículos de emergencia, permitiendo que estos circulen de forma más eficiente en las vías urbanas. Además apoyará a los discapacitados, principalmente a los que poseen dificultades de locomoción, de audición y de visión, pero no limitados a estos, es decir, esos usuarios podrán registrarse en el sistema como portadores de estas deficiencias, y siempre que ellos indiquen su destino el sistema acompañará su desplazamiento, enviando “feedbacks” (vibración y sonora), en su smartphone, informando el estado del semáforo para facilitar su cruce. En casos especiales, el deficiente podrá informar su dificultad de desplazamiento, en estos casos, siempre que el usuario llegue próximo a un semáforo, el sistema calculará un tiempo mayor para que pueda atravesar con mayor seguridad. Los sistemas actuales poseen apenas un sistema sonoro informando el estado del semáforo, lo que es extremadamente ineficiente si el portador de necesidades especiales tiene dificultad de audición y visión o de locomoción, ya que no hay ningún “feedback” que sea perceptible por usuarios que posean ambas discapacidades, visual y auditiva, y también no existe ninguna modificación del tiempo del

semáforo de peatones para quien tiene dificultad de locomoción.

[041] El problema de la circulación en vías públicas y la búsqueda de una solución que realmente permita conciliar los diversos factores y “atores” que utilizan y demandan necesidades en el tránsito de las ciudades e incluso en carreteras, han sido un reto con el cual el autor se ha deparado a lo largo de los años. Después de estudiar los más diferentes sistemas existentes y ver que su aplicación no contribuyó de forma significativa para resolver el problema de movilidad urbana, siendo uno de los principales motivos de insatisfacción de los usuarios de las vías públicas y de los agentes públicos de todos los niveles (gestores, técnicos y operadores), el autor buscó formas de romper el paradigma establecido y utilizar los medios tecnológicos disponibles, aliados al desarrollo de nuevas tecnologías y algoritmos para resolver el problema de no saber con antecendencia lo que ocurrirá en las vías públicas y cómo podemos actuar cuando ocurra cada evento.

[042] El proyecto comenzó con la idea de crearse un semáforo autónomo inteligente, donde el mismo utiliza datos de “crowdsourcing” del “Waze”/”Google Maps” para ajustarse automáticamente conforme el flujo de vehículos en cada vía, priorizando la vía con mayor movimiento en determinado momento. Al estudiarse y profundizarse en el asunto, fue visualizada la posibilidad de ampliación del concepto para una Central de Control Inteligente de Tránsito. Una de las grandes dificultades era como desarrollar algoritmos para optimizar el tránsito de manera integrada, para esto se decidió estudiar y desarrollar sistemas basados en la Inteligencia Artificial y se notó que esta técnica, aunada al uso de los datos del “crowdsourcing” de informaciones (tránsito, clima, eventos, feriados, obras, entre otros), algoritmos inteligentes de toma de decisión, y amparados en

“Machine Learning”, “IoT” (internet de las cosas), y “Big Data” puede ser la clave para la construcción de la solución. De esta manera, el sistema podría aprender con los datos y con el tiempo, mejorando de forma continua la optimización del tránsito.

[043] Para comprender mejor la presente patente, anexamos las siguientes figuras:

[044] **FIGURA 1.**, que muestra el diagrama esquemático de la interconexión de la Central de Control Inteligente con los componentes del sistema objeto de la presente invención;

[045] **FIGURA 2.**, que muestra un diagrama esquemático de un semáforo inteligente, su flujo de operaciones e interconexión con los componentes del sistema objeto de la presente invención;

[046] **FIGURA 3.**, que muestra un diagrama de bloques por dominio de la solución, con dominio de la inteligencia de control, dominio de adquisición de datos y dominio de señalización del sistema de la presente patente;

[047] **FIGURA 4.**, que muestra un flujograma de la arquitectura de software del sistema de control con el objetivo de presentar el ambiente operacional y tecnologías que serán empleadas para implementar y operar la solución por la presente patente;

[048] **FIGURA 5.**, que muestra el diagrama funcional de los softwares asociados a la Central de Control Inteligente, a las Aplicaciones Propietarias, y al Semáforo Inteligente, objetos de la presente patente; y

[049] **FIGURA 6.**, que muestra el diagrama de funcionamiento del Sistema de reconocimiento biométrico (“BioID”) contenido

en el Semáforo Inteligente del Sistema de Control de Tráfico objeto de la presente patente.

[050] De acuerdo con las FIGURAS 1 y 2, el sistema de control de tiempos de semáforos de tránsito objeto de la presente patente está compuesto de una Central de Control Inteligente de Tránsito (1) compuesta de hardwares y softwares de sistema y de aplicación y softwares propietarios que realizan todo el procesamiento de los datos de las fuentes de datos obtenidos por colaboración colectiva (“crowdsourcing”) de informaciones (tránsito, clima, eventos, feriados, obras, entre otros), utilizando algoritmos inteligentes de toma de decisión, y amparados en el aprendizaje automático de máquina (“Machine Learning”), “Internet de las Cosas” (“IoT”), y Datos Masivos (“Big Data”) para la definición de los tiempos de cada semáforo del sistema y para enviar feedbacks a los usuarios (vehículos, peatones y vehículos de emergencia) con las informaciones e instrucciones de circulación en las vías de tráfico; Aplicaciones fuentes de “crowdsourcing” (2) preexistentes, tales como: “Google Maps”, “Google Earth”, “Waze”, “AccuWeather”, “Climatempo”, “Maplink”, y otros, que proporcionan datos por comunicación unilateral con la Central Inteligente de Tránsito (1); Sistema de aplicaciones privativas (3), que comprende aplicaciones de peatones y de conductores apropiada para smartphone (3-A), aplicaciones propias para computadoras personales (3-B), aplicaciones privativas para dispositivos vestibles (“wearables”) (3-C), y aplicaciones de interacción física locales (3-D) del Semáforo Inteligente (5), entre otras aplicaciones para dispositivos móviles, pero no limitados a estos, estando las aplicaciones privativas (3) en comunicación bilateral con la Central Inteligente (1), y unilateral con la red de semáforos autónomos inteligentes (5), las cuales las aplicaciones privativas (3) permiten que los usuarios puedan

interactuar con los semáforos a través de la Central de Control Inteligente de Tránsito (1), para informar su destino y ruta, solicitar la instalación de nuevos sistemas y recibir feedbacks del sistema; Interfaces locales de comunicación (4) de los semáforos autónomos inteligentes (5) con los demás sistemas de comunicación con los usuarios de la vía, con datos llegados de los dispositivos tales como etiquetas (“tags”) de identificación por radiofrecuencia (RFID) (4-A), etiquetas (“tags”) de priorización de usuarios previamente registrados (sistema “sem parar”) (4-B), datos de enlaces magnéticos (4-C), informaciones provenientes de las cámaras de seguridad y sistemas de visión de lectura de placas de vehículos (4-D), y sistemas de fiscalización de infracciones de tránsito (4-E), pero no limitados a estos, estando todas las interfaces (4) en comunicación unilateral con los semáforos autónomos inteligentes (5); Semáforos autónomos inteligentes (5), que se comunican entre sí por red, y que poseen comunicación bilateral con la central de control inteligente (1), los semáforos (5) conteniendo también el sistema de identificación de prioridad de peatones (5-A), provisto de sistema de reconocimiento personal tales como la impresión digital (“huella dactilar”) o cualquier otro reconocimiento biométrico y botones de accionamiento local, donde los discapacitados y ancianos podrán tener registrados sus digitales o otros datos biométricos en el sistema para reconocimiento y priorización de ellos en el cruce, y que se comunica con el semáforo para apertura prioritaria de la señal, siendo el semáforo (5) alimentado por energía eléctrica autónoma, procedente del panel solar (5-B), y estando en comunicación unilateral con las aplicaciones fuentes de “crowdsourcing” (2) a través de la nube de datos de Internet (5-C), por Interfaces de Programación de Aplicaciones (“APIs”) (5-D) las cuales procesan datos provenientes de las aplicaciones de “crowdsourcing” (2) a través de algoritmos de Aprendizaje

Automático de Máquina (“Machine Learning”), y calculan previsiones de flujos de tránsito y eventos futuros, para permitir a la Central Inteligente (1) actuar de forma predictiva sobre los tiempos de actuación de las señales de los semáforos inteligentes (5), estando también los semáforos inteligentes (5) en comunicación unilateral con el aplicativo apropiado (3) de peatones, el cual podrá solicitar la apertura de semáforos en su camino, informar errores o eventos localizados, tales como accidentes, o accionar manualmente el botón local de apertura del semáforo inteligente (5), estando también los semáforos (5) en comunicación unilateral con la aplicación apropiada (3) del conductor, el cual está en comunicación unilateral con la nube de datos de la Internet (5-C), para que, en comunicación bilateral con la central inteligente de control (1) reciba alertas sobre la situación de las vías, informar defectos y accidentes, y votar por un mayor tiempo de apertura de semáforo en vías congestionadas, mientras el conductor (5-D), en comunicación unilateral con el semáforo inteligente (5) proporciona el sistema de informaciones a través de identificadores de radiofrecuencia (“RFIDs”). Los semáforos autónomos inteligentes (5) también pueden actuar de forma autónoma con relación a la Central inteligente (1), en caso de pérdida de comunicación, ya que contiene su propio software y sistema de comunicación local, de tal modo que puede recibir informaciones de usuarios, peatones, conductores, autoridades, mediante actuación local de las “APIs” (5-D), y efectuar el control autónomo de los semáforos de acuerdo con estas informaciones.

[051] De acuerdo con la FIGURA 3., tenemos un diagrama de bloques de los diferentes dominios de la solución, siendo estos el Dominio de Adquisición de datos (6), el cual contiene las interfaces de programación de aplicaciones (“APIs”) componentes responsables por recopilar

una gran cantidad de datos (“big data” y “crowdsourcing”) de diversas fuentes de información: a través de la Interfaz con los Sistemas de Navegación (6-A), recopila datos con sistemas tales como “Waze”, “Google Maps”, “Google Earth”, y otros, a través de la Interfaz con las redes sociales (6-B), recopila datos de redes sociales tales como “Facebook”, “Twitter”, y otros, a través de la Interfaz de Informaciones del Clima (6-C), recopila datos de redes de informaciones de clima, tales como Radar Meteorológico, Climatempo, “Accuweather” y otras, a través de la Interfaz de radares y Cámaras (6-D) recopila datos de radares y cámaras de control de flujo e identificación de vehículos, siendo que el Dominio de Adquisición de datos también recopila informaciones de los diversos aplicaciones disponibles por el sistema, siendo estos las aplicaciones del conductor (6-E), del deficiente (6-F), del peatón (6-G), del agente de tránsito (6-H) y del ciclista (6-I); Dominio de Inteligencia y Control (7), que contiene los módulos componentes de la central de inteligencia y operación de la Central de Control de Tránsito (1), los cuales procesan en tiempo real todos los datos que son recolectados y se aplican los algoritmos de “machine learning” para optimizar, priorizar, informar y comandar la señalización, siendo tales módulos: el módulo en operación normal (7-A), que actúa en casos de fallos en el sistema o reprogramación de los parámetros de los algoritmos, a través de la desconexión del sistema de inteligencia artificial, donde el sistema vuelve a operar de forma convencional con parámetros de tiempo predefinidos, módulo predictivo (7-B), responsable por prever situaciones futuras y preparar anticipadamente el sistema para picos de congestionamiento debido a eventos, situaciones climáticas, accidentes de tránsito, y otros, módulo optimizador (7-C), que acciona en tiempo real los semáforos y los “PMVs” con el objetivo de optimizar en cada momento el

tránsito como un todo, módulo prioridades (7-D), que recibe informaciones de las aplicaciones (discapacitados, agentes, entidades de seguridad) para interferir en los algoritmos y obtener prioridades para estas situaciones, el módulo configurador (7-E), que es el ambiente de administración del sistema de inteligencia para permitir registrar agentes, administradores, parámetros y demás configuraciones necesarias, el módulo de capacitación (7-F), utilizado para enseñar los algoritmos de “machine learning” a optimizar el tránsito, módulo de medición y estadística (7-G), el cual monitorea y almacena el historial de indicadores relevantes del sistema, mediciones del ambiente en modo normal, medición del ambiente y de las diversas intersecciones en modo de inteligencia artificial, módulo de programación de eventos (7-H), el cual recopila datos sobre eventos programados que impactan el flujo de vehículos, y en el cual todas las reprogramaciones serán registradas permitiendo la extracción de diversas informaciones, informes y decisiones estratégicas amparadas en un ambiente de inteligencia de negocios (“business Intelligence”), y finalmente el módulo “dashboard” (7-I) que es el panel de mensajes para informar en tiempo real la operación de la Central de Inteligencia de Tránsito presentando estadísticas, congestionamientos, decisiones del sistema, “estado” de los diversos módulos, semáforos, “PMVs”, y otras informaciones necesarias para que los operadores tengan una visión clara de cómo el sistema está operando; Dominio de Señalización (8) que contiene los módulos componentes responsables por realizar la interfaz con los semáforos, “PMVs” y entidades de seguridad y emergencia, permitiendo a la Central Inteligente (1) controlar las reprogramaciones de tiempos de apertura y cierre de cada semáforo en la red a través de las decisiones derivadas de los procesamientos de los diversos datos obtenidos, en cada momento, siendo los módulos del dominio de señalización:

módulo de interfaz con los semáforos (8-A), que efectúa el accionamiento de los semáforos inteligentes (5), módulo de interfaz con los “PMVs” (8-B), que presenta as mensajes disparadas por la central de control inteligente (1), módulo de interfaz con las autoridades de seguridad (8-C), por el cual la central inteligente (1) identifica situaciones de anomalía por el comportamiento de algún conductor, peatón o vehículo y las informa a las autoridades de seguridad, Las cuales pueden conectarse al sistema a través de las “APIs” disponibles.

[052] De acuerdo con la FIGURA 4., la arquitectura de software empleada por la Central Inteligente de Control de Tráfico (1), presenta las siguientes capas: Capa de Presentación (10), que utiliza para presentación de las aplicaciones de “World Wide Web” (10-A) para presentación al usuario (“front end”), software de rutinas preestablecidas (“framework”) (10-A-1), tal como AngularJS o similar, y para presentación “front end” de las aplicaciones en plataformas móviles (10-B) utiliza sistema operacional Android (10-B-1) o iOS (10-B-2) o similar para crear “frameworks” nativas o híbridas; Transferencia de estado (11) de la capa de presentación (10) para las capas de infraestructura y servicios en la nube (12) a través de estilo arquitectural “REST” (“Representation Estate Transfer”, Representación de Transferencia de Estado); Capas de Infraestructura y Servicios en la Nube (12), que se componen de: capa de servicios (12-A), que consiste en los servidores de aplicaciones, capa de datos (12-B), que emplea banco de datos escalable “nonSQL” (12-B-1) tal como “MongoDB” o similar, registro (“log”) de datos (12-B-2) y otras fuentes de datos (12-B-3); Y Capa de Aprendizaje de Máquina (“machine learning) (12-C), donde los datos sin tratamiento (12-C-1) son extraídos y tienen sus características analizadas por algoritmo (12-C-2), estas características son interpretadas por algoritmos de

Aprendizaje de Máquina (“Machine Learning”) (12-C-3), que genera un Modelo (12-C-4), el cual permite una Predicción sobre datos Futuros (12-C-5).

[053] De acuerdo con la FIGURA 5, los Softwares del sistema de control de tráfico objeto de la presente patente se componen de: Sistema (20) de la Central de Control Inteligente de Tráfico (1), que realiza las funciones de Integración con las soluciones de “crowdsourcing” (20-A), Integración con sistemas de terceros (20-B), para monitorización de tráfico, fiscalización, entre otras funciones de terceros tales como organismos públicos, Procesamiento y almacenamiento de informaciones (20-C) recibidas a través de algoritmos de “Machine Learning”, “Internet of Things”, “Big Data”, y otros, Generación y envío de alertas (20-D) para los Paneles de Mensajes Variadas (“PMVs”), y para usuarios a través de mensajes SMS, correo electrónico, y otras formas, y optimización de tiempos de actuación de semáforos (20-E) de acuerdo con el procesamiento y análisis de los datos; Software local (21) de los Semáforos Inteligentes (5), que realiza las funciones de apertura prioritaria por pedido de cruce realizada localmente por peatón o deficiente (21-A), y Recepción de informaciones (21-B) del Sistema Central (20) con el consecuente ajuste de los tiempos semafóricos; Software local (22) de las Aplicaciones de los usuarios finales (6-E), (6-F), (6-G), (6-H), y (6-I), que realiza las funciones de Recepción de pedido de prioridad (emergencias) e información del trayecto a priorizar (22-A), Visualización de alertas de tránsito (22-B), Pedido de instalación y envío de sugerencias de mejoras (22-C), modificación de tiempos de apertura y cierre de semáforos (22-D) por controladores del sistema de tráfico o agentes de tránsito, Información de evento u ocurrencias (22-E), y Visualización del “dashboard” (22-F) por controladores del sistema de tráfico; y Software de la aplicación del Administrador del Sistema (23), en el dominio de

Inteligencia y Control (7), que realiza las funciones de Visualización del mapa de tránsito (23-A), configuración de los parámetros de “Machine Learning” (23-B), Desactivación del “Machine Learning” (23-C) en el caso de optarse por la operación normal en el módulo (7-A), Visualización de alertas de modificación de “Machine Learning” (23-D), Parametrización de algoritmos (23-E), Configuración de tiempo semafórico “default” (23-F) en el caso de operación normal, Generación de informes (23-G), Visualización de indicadores (23-H), Configuración de priorizaciones (23-I), Gestión de usuarios (23-J), Gestión de permisos (23-K), y Configuraciones generales del sistema (23-L).

[054] De acuerdo con la FIGURA 6., el dispositivo de identificación de usuario local por biometría “BioID” contenido en el Sistema de identificación de prioridad de peatones (5-A) del semáforo inteligente (5) funciona de la siguiente manera:

[055] a) Siempre que el semáforo se encuentre con la indicación roja para el peatón, el hardware de lector de impresión digital, o otro sistema biométrico (“BioID”) espera la información de una característica biométrica que corresponde a un peatón (30) que quiere atravesar una vía de tráfico. Este proceso estará inhibido cuando el semáforo se encuentre en verde (libre) para los peatones.

[056] b) Siempre que el lector biométrico hace el reconocimiento del individuo, este envía la información con el ID (codificación generada para cada individuo) para la tarjeta de control de solicitudes (31), el cual verifica a través de un algoritmo de decisión lógica (32) si el semáforo (5) está on-line con la Central de Semáforos (33) o no. Si el semáforo se encuentre en línea, la decisión lógica es “Sí” (32-A), y la tarjeta envía la información de la digital a la Central de Semáforos (33) con la finalidad de verificar la

consistencia de la identificación (positiva (33-A) o negativa (33-B)) de acuerdo con algunos criterios tales como: tiempo entre peticiones (lectura del “BioID”), comparación con repeticiones anteriores (más de una lectura en secuencia, indicando que pueden ser informaciones diferentes de un mismo usuario), temperatura del contacto (indicando que pueden ser dedos diferentes de un mismo usuario, en el caso de lectura de la impresión digital), entre otros, pero no limitados a éstos.

[057] c) En caso de identificación positiva (33-A), el software de la Central de Semáforos (33) comanda al controlador de semáforos (34) para que modifique los tiempos semafóricos buscando dar pase a los peatones.

[058] d) En caso de identificación negativa (33-B), el software de la Central de Semáforos (33) descarta la lectura digital y solicita al usuario una nueva identificación (34).

[059] e) Si el semáforo está off-line con la Central de Semáforos (33), la tarjeta de control de solicitudes (31) verifica si la cantidad de lecturas positivas alcanzó la cantidad definida en los parámetros preconfigurados en el sistema, enviando al controlador de semáforos el pedido de prioridad. El pedido de prioridad podrá ser escalable en función de la cantidad de solicitudes, es decir, para un único usuario la prioridad es menor que un conjunto de solicitudes de diversos usuarios.

[060] f) La configuración de estos parámetros podrá ser local, realizada por el agente de tráfico, o remota, a través de la Central de Control (1), cuando el semáforo se encuentre conectado a la Central.

[061] g) Es importante destacar que el proceso de modificación de los tiempos semafóricos para la priorización del cruce de

peatones será realizado por el controlador del semáforo (5) o por la Central de Semáforos, el sistema de lectura biométrica (BioID) sólo indicará al controlador de semáforo o a la Central de Semáforos el indicador de peticiones verificado pelo sistema.