

Control de tránsito en una Smart City

Juan Pablo Murdolo¹, Marcelo Taruschio², Rodolfo Bertone³,

¹ Alumno de Grado FACEI UCALP

² Profesor Titular, FACEI UCALP

³ Director de Carrera FACEI UCALP

jpmurdolo@gmail.com, mtarus2012@gmail.com, rodolfo.bertone@ucalp.edu.ar

Abstract. Este trabajo surge a partir de la siguiente premisa ¿cómo resolver los problemas de tránsito de una ciudad como La Plata aplicando tecnología? Teniendo varios factores en cuenta, se plantean soluciones novedosas a problemas conocidos. Se aplican conceptos ligados a GPS, sensores y placas Arduino e Internet, así como la posibilidad de contar con información en línea de un número de usuarios considerables, lo que permitiría organizar al tránsito en forma automática, a partir de la utilización de la tecnología.

El proyecto plantea generar una aplicación de control automático de semáforos de manera de hacer el tránsito más eficiente. Así, los stakeholders relacionados optimizarán el tiempo requerido para el traslado, se reducirán las emisiones y, en general, se mejorará las condiciones de vida. Además, se propone una solución donde se utiliza hardware (Arduino y sensores) cuyo valor económico es acotado, haciendo el proyecto viable para cualquier municipio.

Keywords: SmartCity, Sensores, Arduino, Aplicaciones, Automatización

1 Introducción

En control del tránsito en las ciudades de una forma eficiente, rápida, segura y principalmente en tiempo real es uno de los objetivos que se presentan en las políticas de servicios públicos municipales. El tiempo perdido, la contaminación generada (auditiva y polución) y las pérdidas económicas producidas a partir de una situación caótica en el tránsito, pueden ser evitadas o al menos morigeradas a partir del uso de aplicaciones que adquieran información en tiempo real y tomen decisiones que permita agilizar el movimiento automotor en una zona determinada.

Por ejemplo, la empresa Here Mobility, con sede en la ciudad holandesa de Amsterdam, propone la idea de Smart Traffic Management. Este sistema consiste en la utilización de pequeñas luces, sensores y detectores integrados a la infraestructura. La empresa propone un sistema utilizado solo para regular el tránsito. Para ello, utiliza los sensores y las señales de tránsito para monitorear, controlar y responder a las condiciones de tráfico. Los objetivos que se proponen son: reducir la congestión día a día, priorizar el tráfico en base a condiciones reales del mismo, reducir la

polución, dar prioridad a los micros que ingresan a las intersecciones y usar semáforos para garantizar el flujo de buses a través de la ciudad, y, además, mejorar el tiempo de respuesta en caso de accidentes de tránsito. Su método de implementación es mediante, un sistema de control centralizado, la colocación de semáforos smart y cámaras. La aplicación de big data e IoT hace que el proyecto a gran escala sea una excelente opción para ciudades de gran envergadura como New York [1].

Uno de los proyectos obtenidos de la sección smartcity de la página de Viena del Gobierno de Austria, implementa cuatro ideas sobre semáforos que “piensan y se comunican”. Estas ideas son:

- algoritmos para reconocer el deseo de cruzar de los peatones
- luces de tráfico interconectadas,
- integración con sistemas de navegación
- y sensores de clima y ambiente.

En septiembre de 2019 las “luces de tráfico inteligente” reemplazaron aproximadamente 200 semáforos con botones de cruce. El algoritmo planteado fue desarrollado por TU Graz. consta de una cámara que detecta no solo el paso de personas, sino que, además, registra si esa persona tiene o no el deseo de cruzar. La conexión con sistemas de navegación indica que los semáforos no deben comunicarse entre sí, sino que deben pasar información respecto al tráfico a dispositivos de navegación y smartphones.

En ese proyecto y en una etapa posterior, se pretende colocar en los semáforos sensores de clima y ambiente. Estos sensores permitirán obtener datos estadísticos que permitan lograr una mejora en la calidad del aire de la ciudad.[2]

La revista Times en una presentación de enero de 2019 plantea la evolución, o quizá la “involución”, de los semáforos a lo largo del tiempo. En el trabajo se remarca que sólo el 3% de los semáforos son considerados smart en Estados Unidos. Entre otros datos presentados, se indica que algunos sistemas son anticuados, porque no tienen en cuenta a los peatones y ciclistas. Además, muchos de los sensores se encuentran debajo de las calles y se ven afectados por el clima.[3]

La revista presenta un proyecto surgido en el Carnegie Mellon Institute donde se propone utilizar una red descentralizada de semáforos inteligentes equipados con radares, cámaras y otros sensores para gestionar los flujos de tráfico. El proyecto, denominado Surtrac, despliega sensores para identificar la aproximación de vehículos, calcular trayectoria y velocidad, y así ajustar la duración de la luz verde (o roja) de los semáforos de la zona evaluada. Esto permite manejar en tiempo real el volumen de tránsito que se tiene en cada momento y no utilizar predicciones matemáticas para el mismo.[4]

Un último estudio analizado está relacionado con el trabajo académico, presentado por estudiantes y docentes de la universidad del Líbano en 2016. Aquí se plantea un circuito de semáforos inteligentes, con dos configuraciones, basándose en el ritmo de tránsito, y cambiando los tiempos de los 4 semáforos pertenecientes a una misma intersección. Esto se logra por medio de un microcontrolador programable 16F877A, una pantalla de LCD, transceiver XBee, sensores IR, botones para el cruce y luces LED de tres colores que reemplazarían a los semáforos actuales. [5]

2 Estudio de Caso general

Para el desarrollo de la solución propuesta se analizaron en una primera etapa algunos aspectos considerados fundamentales para el proyecto. En primer lugar, la solución promueve no realizar cambios en equipamiento o infraestructura de los semáforos existentes. Esta situación resulta muy importante por una cuestión de costos asociadas. Un municipio que pueda implementar una solución efectiva, no debería encontrarse con un costo excesivo para implantarla.

Por tal motivo, y como segunda consideración, se propone agregar sobre la base existente una nueva funcionalidad para que sea más atractivo para el usuario final.

Un aspecto adicional sería contar con una buena comunicación. Para ello se prevé que en un futuro no demasiado lejano los municipios tengan o contraten fibra óptica. La utilización de la misma generaría ventajas importantes para el proyecto de los semáforos, pero, además, permitirá desarrollar nuevas ideas de SmartCity e IoT, a partir de una base sólida y calidad de servicio. Si bien en el contexto nacional la utilización de fibra óptica parece aun demasiado lejana, a paso lento se vienen realizando cada vez una mayor cantidad de tendidos. Además, el advenimiento de la comunicación 5G permitiría mejorar los enlaces de comunicación, pero en este punto los costos asociados pueden ser más importantes.

2.1 ¿Como hacer viable al Proyecto?

El proyecto debe preservar el equipamiento disponible sin generar costos adicionales muy importantes. Bajo estas dos premisas se trabajó en la solución propuesta.

Para responder a la pregunta planteada se propone realizar primero un estudio de calidad y factibilidad, previniendo así que el municipio deba desembolsar dinero en una idea innovadora que después no pueda implementar. Asimismo, se deben plantear las soluciones y requerimientos que serán necesarios para que el usuario perciba y valore las mejoras propuestas.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, la finalidad es que una vez implementado el proyecto se note una mejora para todos los stakeholders involucrados, desde los peatones, conductores, vecinos y hasta las mismas autoridades que lo hicieron posible.

Los peatones deben ver una mejoría en el momento de cruzar cuando la luz se lo permite. Además, los peatones con capacidades diferentes serán considerados y se les propondrá soluciones inclusivas.

Los conductores notarán una disminución en los tiempos de llegada y salida, reduciendo la famosa “ira de carretera” y favoreciendo que la circulación se desarrolle de una forma más cómoda y descongestionada. Las planificaciones de horarios podrán ser mejoradas y la ganancia en tiempo y por ende, disminución, debería ser considerable.

Por último, e igual de importante, es el cuidado del medio ambiente. Un control eficiente del tránsito tendrá consecuencias positivas en el cuidado de nuestro entorno. Un automotor que este menos tiempo ocioso, generará menos emisiones de carbono. Un automovilista menos alterado, generara menos polución sonora.

3 Solución propuesta

La figura 1 presenta el esquema genérico para la solución propuesta. Como se puede observar se presentan dos elementos constitutivos básicos:

- la red interna del municipio
- la conexión exterior de sensores relacionados con cada semáforo.

La conexión entre los mismos es a partir de un medio físico (red óptica, como plantea el gráfico, o eventualmente conexión 4 o 5 G).

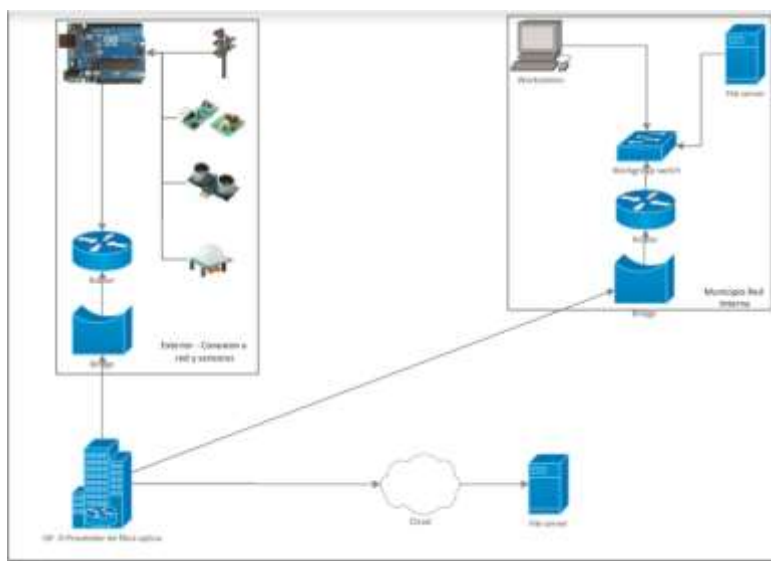


Fig. 1. Esquema gráfico de la solución propuesta.

3.1 Red de sensores

En cada semáforo se propone la instalación de los siguientes sensores:

- Interruptor para cruce peatonal,
- Sensores de proximidad,
- Sensores de movimiento.

El interruptor para cruce peatonal permite su activación por parte de un transeúnte que desee cruzar. En Argentina se permite el cruce de un peatón cuando el semáforo de paso vehicular está con la luz roja, en función del sentido de cruce del peatón. Esta solución tiene un inconveniente, los vehículos que doblan se encuentran con peatones cruzando. Esta solución genera situaciones donde el vehículo no respeta al peatón o que ante una determinada cantidad alta de peatones el tránsito que gira se vea afectado. La utilización de este tipo de botones de cruce permitirá activar un modo, donde todos los peatones de todas las esquinas afectadas por el semáforo podrían

cruzar, estando todos los vehículos detenidos. Esta solución se implanta en grandes ciudades como Tokio, Los Ángeles y Nueva York.

Se debe tener en cuenta, además, que pueden existir semáforos pensados solamente para el cruce peatonal. Esto es, detener el tránsito para que peatones crucen la calle sin que haya necesariamente en ese lugar un cruce de arterias. Estos semáforos deben permitir el paso de una persona cuando sea requerido. Es decir, semáforos que están en onda verde, hasta tanto sea pulsado un botón y no por tiempo de espera. La colocación de este tipo de interruptores tiene ventajas desde varias perspectivas.

Los sensores de proximidad son una alternativa cada vez más viable para integrar a las personas con capacidades diferentes. Si bien disponer de semáforos que emiten sonidos para personas no videntes ya es una realidad en muchos municipios; hay alternativas superadoras cuyo costo no es elevado. A modo de ejemplo, se puede disponer de sensores de proximidad de bastones para personas no vidente. Estos sensores detectan al bastón del peatón y generan la señal necesaria para que el semáforo pase a luz roja, permitiendo así el cruce. De esta forma no es necesario pulsar un botón para generar el evento.

Esta solución puede adaptarse para personas con capacidad de movilidad reducida, obteniendo la misma funcionalidad que el ejemplo anterior. Los módulos RF de 433Mhz son muy populares por su bajo costo, facilidad de uso y su simple integración con un Arduino. Los mismos trabajan en modo emisor (FS1000A) y receptor (XY-MK-5V)². Se pueden conectar receptores en puntos claves donde haya bajada para sillas de ruedas. Cada silla de rueda puede contar con un emisor, así al acercarse a una distancia adecuada, el receptor recibirá la señal del emisor y se activará la señal para el evento.

Para el control del tránsito vehicular, se propone el uso de sensores de movimiento. En este caso las alternativas son sensores tipo (SENSOR PIR) (SEN0171) + Sensor Ultrasonido Hc-sr04³. Este tipo de sensores se pueden utilizar para medir el tiempo en que un automóvil se encuentre detenido. Otra opción, es utilizar sensores ubicados en el asfalto y por presión determinar si un auto está o no en movimiento y por cuanto tiempo. La utilización de estos sensores permitirá evaluar la cantidad de automotores detenidos y de esta forma encontrar un tiempo óptimo para la luz verde del semáforo.

Una ventaja adicional de este tipo de sensores es alertar a los controladores de tránsito del municipio del mal funcionamiento de equipos o en su defecto de la posibilidad de un accidente. Estas posibles situaciones se presentan en caso que un sensor no emita cambios durante un tiempo prudencial.

Estos sensores se conectarán a una placa Arduino, con un shield Mini Ethernet W5100, necesario para la conexión entre el Mikrotik (hEX RB750Gr3) y la placa⁴.

Cada panel de semáforos debe tener un código único identificatorio. El arduino que se conectará al panel del semáforo también será identificado unívocamente. Cada arduino tendrá conectados un conjunto de los sensores como los descriptos anteriormente.

La figura 2 describe gráficamente el conjunto de sensores y arduino. Se representa no solo la posición, si no el arco de funcionamiento de los sensores infrarrojos

2 Costo inferior a los 5US\$

3 Costo inferior a los 10 US\$.

4 Costo inferior a los 15 US\$.

trabajando en conjunto con los sensores de ultrasonido, permitiendo conseguir datos que reflejen el estado del tránsito en tiempo real.

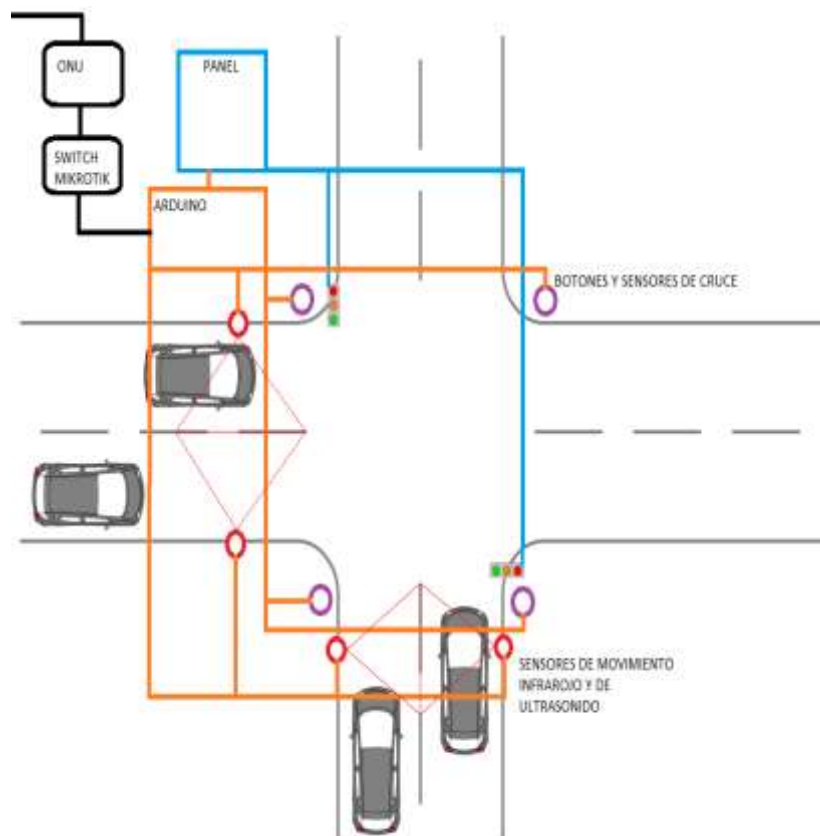


Fig. 2. Colocación estratégica de sensores.

A fin de mantener una correcta trazabilidad de componentes cada sensor deberá ser identificado a fin de permitir realizar tareas de mantenimiento mas efectivas. La conexión prevista es mediante cables UTP categoría 6, para minimizar el error en el envío de las señales respectivas. La figura 3 presenta un esquema de conexión del equipamiento y su vinculación con el municipio.

Como se indicó anteriormente, la elección de los elementos de hardware fue realizada tratando de minimizar al máximo los costos de instalación. Si bien el equipamiento necesario (Arduino + sensores) es por semáforo, cuando se analizan los costos se mantienen por debajo de los 100 US\$ por unidad.

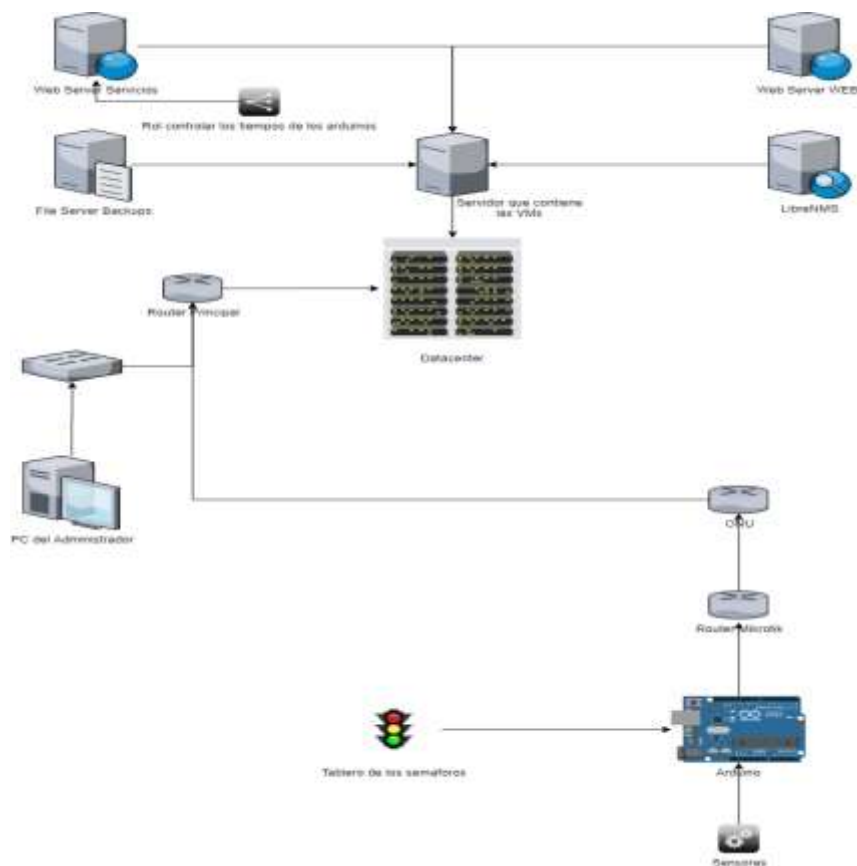


Fig. 3. Esquema de conexión y almacenamiento de datos.

3.2 Servidores

Una de las variantes analizadas para administrar la información del problema consiste en disponer de un servidor físico con cuatro máquinas virtuales. Dichas máquinas virtuales serán responsables de:

- BackEnd: se propone utilizar una versión de Ubuntu, con Java, Apache Maven y una BD MySQL
- FrontEnd: se propone utilizar Ubuntu con Angular
- LibreNMS: es un sistema de monitorización simple, orientado a la monitorización de infraestructuras de mediana envergadura. Esta herramienta permite monitorizar por SNMP diversos hosts y graficar el mapa de red según las conexiones, pudiendo crear alertas personalizadas sobre herramientas como telegram.
- Backup

3.3 Aplicación

El prototipo de aplicación tiene dos componentes básicos: un módulo automático de toma de decisiones y un sistema WEB de monitoreo de tránsito.

El módulo de toma de decisiones, a partir de la información recibida por el conjunto de sensores, y luego de su procesamiento determinará los tiempos de luz de un semáforo para que optimice el tránsito. Se debe tener en cuenta que la configuración definida para un semáforo afectará necesariamente los dispositivos circundantes. De esta forma, el modulo envía señales de configuración al entorno geográfico involucrado.

Este módulo no interviendrá de manera automática exclusivamente. Puede haber factores externos al tránsito puntual que necesiten alterar el funcionamiento de los semáforos. Así, desde el sistema de monitorización se pueden enviar señales manuales que afecten el comportamiento de las luces. Ejemplo de estas situaciones pueden darse en casos de accidentes o catástrofes.

Además, se dispone de un módulo de monitorización del sistema. Esta página web es el medio de comunicación entre el usuario y el sistema de control de semáforos. La figura 4 presenta un prototipo de interfaz tomando como base el municipio de La Plata. Se presenta la vista del Administrador del sistema. Consiste de un mapa donde se marcan los semáforos. Si se selecciona alguno de ellos se despliega el estado de funcionamiento actual del mismo.



Fig. 4. Vista parcial del sistema de monitorización

4 Resultados Obtenidos

Los prototipos de hardware y de software fueron desarrollados y probados en un entorno simulado. La configuración de la placa Arduino y el conjunto de sensores pudo ser desarrollado en un ambiente de laboratorio de forma rápida y efectiva.

El posterior enlace de comunicaciones no presentó mayores inconvenientes y, en general, en el entorno de pruebas el comportamiento del módulo de control se mostro eficiente.

Los resultados obtenidos fueron considerados satisfactorios. Sin embargo, la prueba final de este prototipo se puede lograr en un entorno parcialmente real donde se trabaje con una mayor cantidad de semáforos operando en tiempo real. De esta forma se podrá depurar con mayor certeza el comportamiento del módulo de toma de decisiones.

Aquí el proyecto no pudo realizar mayores avances debido a que por la situación conocida de pandemia no se pudo realizar convenio con algún municipio de la zona.

5 Conclusiones

El trabajo original fue propuesto como tesina de grado para obtener el título de Licenciado en Sistemas. A partir del análisis del estado del arte se pudo ver que existen varias soluciones propuestas y desarrolladas a nivel mundial.

En la mayoría de esas soluciones el presupuesto a invertir por parte del municipio es importante. Por dicho motivo, se analizó el problema desde un punto de vista innovador en base a lo económico, pero que pueda presentar mejoras notorias en el tránsito y que las mismas sean observadas por Stakeholders (transeúntes, automovilistas, administradores del municipio, etc.).

Para ello se propone la utilización de material de hardware que reúna varias características: la calidad, el bajo costo, disponibilidad, y además que permitan una conexión simple y rápida.

El impacto en la calidad de tránsito en un municipio resultaría muy evidente. Cualquier ciudad necesita un cambio en la forma en que funciona su control de tránsito. La aplicación de nuevas tecnologías es fundamental para crear ciudades inteligentes (Smart City).

Como trabajos futuros las posibilidades son variadas. Primeramente comprobar el funcionamiento de la solución en el campo real. Ante este contexto se deberían realizar ajustes en los módulos de software desarrollados y en los prototipos de hardware propuestos.

En una segunda etapa, se propone estudiar el comportamiento de la red de cámaras de video que normalmente cuentan los municipios y utilizar la misma como medio de comunicación de la red de sensores. Este acción permitiría abaratar aún más el costo final del proyecto.

Otra opción futura propone integrar la aplicación del sistema de control de tránsito con la aplicación de un sistema de estacionamiento. Aquí las posibilidades son varias. Si se colocan sensores de estacionamiento se podría controlar el principio y el fin del mismo de manera automática. Esto evitaría, lo que sucede muy a menudo, que

el automovilista pague de más, al terminar el estacionamiento y olvidar mandar el mensaje respectivo. Otra posibilidad concreta es poder brindar información en tiempo real a un conductor de los lugares libres para estacionar. El tiempo que se pierde y la polución que se genera buscando donde aparcar puede ser notoriamente reducido. Además, un potencial conductor puede ser disuadido de utilizar el vehículo si antes de iniciar su trayecto ya sabe que no dispondrá de lugares de estacionamiento.

Referencias

1. Here Mobility, <https://www.here.com/platform/mobility-solutions>
2. Smart City, <https://smartcity.wien.gv.at/en/smart-traffic-lights/>
3. Times, <https://time.com/5502192/smart-traffic-lights-ai/>
4. Surtrac, <https://www.rapidflowtech.com/surtrac>.
5. Ghazal, B., ElKhatib, K., Chachine, K., Kherfan, M.: Smart Traffic Light Control System. Conference: 2016 third International Conference on Electrical, Electronics, Computer Engineering and their Applications (EECEA) Abril 2016