



Consorcio en Inteligencia Artificial

Reporte de Actividades y Plan de Trabajo

**Primer año del proyecto: “Hacia los autos
autónomos en calles de México: manejo a la
defensiva en presencia de conducción
imprudente, peatones y baches”**

Reporte Presentado por:

Dr. Héctor Hugo Avilés Arriaga
Profesor Tiempo Completo
Universidad Politécnica de Victoria

Dr. Marco Antonio Negrete Villanueva
Profesor Asociado
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México



**INTELIGENCIA
ARTIFICIAL**

Consorcio de Centros Públicos Conacyt

Resumen.

En este documento se describen los avances y evidencias de trabajo en el proyecto “Hacia los autos autónomos en calles de México: manejo a la defensiva en presencia de conducción imprudente, peatones y baches”. En este proyecto se utiliza el coche Autónomo Miny V. 4.0 desarrollado por el Dr. Raúl Rojas y su equipo en la Universidad de Berlín y otorgado en comodato a la Universidad Politécnica de Victoria (UPV) por el Consorcio en Inteligencia Artificial a través del Centro de Investigación en Matemáticas, A.C., (CIMAT). El objetivo es desarrollar modelos matemáticos basados en lógica y probabilidad que permitan a un coche autónomo tomar decisiones basadas en manejo a la defensiva frente a escenarios de colisión potencial. Durante el primer año de trabajo, los Dr. Héctor Avilés (UPV) y el Dr. Marco Negrete (FI-UNAM) realizaron 15 reuniones entre junio del 2020 y diciembre del 2020, ejecutando las siguientes acciones principales: a) homologación de puntos de vista y la instrucción en ROS, OpenCV, el simulador Gazebo y Python por parte del Dr. Marco Negrete y de elementos básicos de teoría de probabilidad, de lógica de primer orden y de swi-prolog de parte del Dr. Héctor Avilés a través de talleres teórico-prácticos, b) instrucción por el Dr. Marco Negrete en el uso del simulador Gazebo y el coche autónomo simulado EK_AutoNOMOS_Sim del Dr. Marco Morales (ITAM)* y prueba de algoritmos iniciales de control del Dr. Negrete para la navegación en una pista sobre el simulador usando imágenes RGB y teoría de control; y para el frenado frente a obstáculos usando el sensor láser y swi-prolog, por parte del Dr. Avilés, c) revisión del estado general del coche autónomo Miny, d) lectura de artículos de investigación en la literatura para analizar las propuestas actuales para el modelado de la conducción de coches autónomos, y e) gestión para realizar 3 talleres relacionados dentro de la Escuela de Invierno de Robótica 2020-2021. Como evidencia, se incluyen anexos a este reporte: i) códigos fuentes preliminares implementados en Python y swi-prolog, ii) imágenes de algunas de las videoconferencias realizadas, iii) BD de artículos científicos consultados, iv) declaración de materiales y equipos adquiridos hasta el momento para la operación del Coche Miny, y v) breve discusión de las áreas de oportunidad en el modelado de escenarios de conducción y la utilidad de la herramienta ProbLog** para la programación de modelos lógico-probabilistas. En las reuniones mencionadas anteriormente participó activamente el alumno Christian Alejandro Saldaña Calderón, alumno del programa académico de Ingeniería de Tecnologías de la Información de la UPV (matrícula 1830040) con seguimiento el M.C. Carlos Orozco García, Director del programa de Mecatrónica de la UPV. Los participantes de este proyecto agradecemos el apoyo del proyecto FORDECyT 296737 “Consorcio en Inteligencia Artificial” y al Centro de Investigación en Matemáticas, A.C., por las facilidades otorgadas que incluye el préstamo del prototipo de coche autónomo Miny V. 4 y el apoyo de viáticos y pasajes para la recepción del coche en las instalaciones del CIMAT, asimismo a Ivete Sánchez Bravo y Marcela Viramontes Gutiérrez por las atenciones otorgadas durante este año.

* Disponible en: https://github.com/ITAM-Robotica/EK_AutoNOMOS_Sim

** Disponible en: <https://dtai.cs.kuleuven.be/problog/>

1. Actividades realizadas

En la Tabla 1 se presentan las reuniones realizadas durante el periodo de junio a diciembre del 2020, cada una con duración promedio de una hora.

Tabla 1. Reuniones realizadas.

Fecha	Descripción
12/jun	Reunión de arranque para planeación de reuniones, responsabilidades, plan general
19/jun	Taller de ROS para el control de un coche inteligente EK_AutoNOMOS_Sim en Gazebo usando Python (M. Negrete)
17/jun	Revisión de funcionamiento de git-hub y creación de repositorio compartido (H. Avilés, C. Saldaña)
3/Jul	Frenado de coche simulado usando láser (H. Avilés). Taller sobre mensajes ROS para control del robot, códigos desarrollados para control manual y captura/procesamiento de imágenes con OpenCV en Python y ejemplos de construcción de escenarios con Gazebo (M. Negrete)
19/jul	Presentación para promoción de tesinas con 2 estudiantes de ITI (Isaac Wong y Jesús Galván) con el coche autónomo (H. Avilés).
21/Ago	Revisión de dudas sobre ROS, Python (M. Negrete) y propuesta de temas de lógica y probabilidad (H. Avilés)
28/Ago	Repaso lógica proposicional (H. Avilés)
4/Sep	Conceptos básicos de inferencia deductiva y ejemplos básicos en swi-prolog (H. Avilés)
11/Sep	Presentación del desarrollo del sistema visual del coche simulado con teoría de control para el seguimiento de la pista (M. Negrete)
2/Oct	Planeación para búsqueda de literatura sobre coches autónomos con Prolog (H. Avilés, M. Negrete)
9/Oct	Revisión de artículos recopilados para el modelado de escenarios de conducción usando Prolog (C. Saldaña)
15/Oct	Repaso de teoría de probabilidad (H. Avilés) y presentación del código para comunicar Python con swi-prolog (M. Negrete)
23/Oct	Código básico en Prolog para frenar el coche simulado frente a un obstáculo (H. Avilés) Inspección física inicial del coche autónomo Miny V. 4 (H. Avilés, M. Negrete, C. Saldaña)
30/Oct	Definición de equipo básico requerido (H. Avilés, M. Negrete, C. Saldaña)
6/Nov	Instrucción para la recarga de baterías (M. Negrete), discusión sobre el enfoque de los modelos de comportamiento del robot (H. Avilés, M. Negrete)

27/Nov	Pruebas básicas de conexión por ethernet, inspección de software del robot y para el movimiento de las ruedas del coche Minnie con ROS (H. Avilés, M. Negrete)
11/Dic	Revisión problemas de conexión wifi del coche Minny (H. Avilés, M. Negrete)

De las reuniones descritas en la Tabla 1, se desprenden las siguientes actividades puntuales:

- I. **Navegación por láser e imágenes.** Desarrollo de códigos en Python para: i) el control manual por medio de interfaces gráficas del robot simulado usando ROS y Gazebo, ii) para la captura de señales de láser y cámara RGB para la toma básica de decisiones de frenado, iii) para el control autónomo del robot simulado sobre una pista, lo que incluye detección y seguimiento de carriles, detección de semáforos y detección de peatones, y iv) integración de los códigos anteriores para la toma de decisiones básicas de frenado por medio de reglas usando swi-prolog.
- II. **Revisión de literatura.** Lectura de artículos sobre el modelado de escenarios de conducción frente a colisiones potenciales y selección de la herramienta ProbLog para la construcción de modelos lógico-probabilistas para el modelado de escenarios de conducción.
- III. **Difusión.** Comunicados en redes sociales y correo institucional de la UPV sobre el inicio del proyecto y la entrega/recepción del coche autónomo Minny V. 4.
- IV. **Operación de coche real.** Pruebas iniciales de funcionamiento e inspección de software del coche autónomo Minny V. 4 y selección y adquisición de equipo básico de trabajo.
- V. **Cursos y talleres.** Gestión para 3 pláticas en temas relacionados por parte del Dr. Raúl Rojas, del M.C. Julio Molina (Universidad Politécnica de Yucatán), y un taller de 7 horas del Dr. Marco Negrete, todos en el contexto de la Escuela de Invierno de Robótica 2020-2021 entre el 4 y 5 de enero del 2021.
- VI. **Adquisición de equipo y materiales.** Se adquirieron joystick, adaptador para carga paralelo batería lipo, cargador de baterías Imax B6ac 110v 12vdc 50w, monitor de carga de baterías, carrocería, lona blanca de 6x3m para pista del coche.

2. Evidencias generadas

- a. **Plan de trabajo 2020-2021.** Disponible en: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1KAVT7Sa7yw05tE5vqE088C0GvrzJWNPyu8rl1f0YIPs/edit?usp=sharing>
- b. **Evidencia de reuniones.** El Anexo 1 muestra imágenes de algunas de las reuniones de trabajo.
- c. **Detección de carriles.** Se desarrolló un paquete en ROS para la detección de carriles en un ambiente simulado. Sin embargo, se espera que los resultados

sean fácilmente extrapolables a un ambiente real. El código fuente así como ejemplos del desempeño del programa se encuentran en el repositorio en línea <https://github.com/mnegretev/UPV-SelfDrivingCars>.

- d. **Seguimiento de carriles.** Se desarrolló un algoritmo de control para el seguimiento de carriles y se probó su desempeño en un ambiente simulado en Gazebo. El código fuente se encuentra en el repositorio en línea <https://github.com/mnegretev/UPV-SelfDrivingCars>.
- e. **Detección de semáforos.** Se desarrolló también un programa para detección de semáforos. La detección se basa en una segmentación por color seguida de una Transformada Hough para segmentación círculos. El código fuente y ejemplos de la segmentación se encuentran en el repositorio en línea en <https://github.com/mnegretev/UPV-SelfDrivingCars>.
- f. **Detección de peatones.** Se desarrolló un programa que puede identificar peatones en un ambiente simulado. Este programa se implementó utilizando redes neuronales profundas mediante la biblioteca abierta YOLO. El código fuente y algunos ejemplos de ejecución se encuentran en el repositorio <https://github.com/mnegretev/UPV-SelfDrivingCars>. También se pueden encontrar videos del desempeño de los paquetes en la carpeta en Google Drive (<https://drive.google.com/drive/folders/1ssFg1r1b5O5kLxa9C4UkOac8obBwxVdD?usp=sharing>).
- g. **Revisión de literatura.** Los artículos recopilados se pueden encontrar en el subdirectorio compartido: <https://drive.google.com/drive/folders/1CX0ubLkRdGG2-B6LLyiK9XzOnDNwQwoe?usp=sharing> y sobre manejo a la defensiva disponibles en: <https://drive.google.com/drive/folders/1ZvNBisA8DaryFWvzkAz41jQ6z3Cm28k4?usp=sharing>
- h. **Difusión.** El Anexo 2 muestra imágenes de los comunicados por correo electrónico institucional y Facebook de la UPV.
- i. **Cursos y talleres impartidos en la Escuela de Invierno de Robótica 2020-2021.** La descripción de las pláticas y el taller organizado se pueden ver en: <https://www.femexrobotica.org/eir2020-2021/cursos-eir/> y <https://www.femexrobotica.org/eir2020-2021/conferencias/>.
- j. **Adquisición de equipos y materiales.** El Anexo 3 muestra fotografías del material adquirido.

3. Conclusiones y Trabajo futuro

Para sortear la situación de pandemia actual durante el arranque de este proyecto, se optó por iniciar con un robot simulado para probar ideas básicas de navegación del robot y la toma de decisiones usando teoría de control en base a sensores y con reglas lógicas simples. Se realizaron además 6 entrevistas para invitar estudiantes, de los cuales uno participa actualmente y se incorporarán 2 más para realizar estancias cortas en este proyecto. Para el diseño de los modelos lógico-probabilistas de toma de decisiones y en base a la literatura consultada, se decidió utilizar el sistema ProbLog (reglas lógicas aumentadas con valores de

probabilidad), debido a su conveniencia para la representación de relaciones e influencia entre elementos interconectados, originalmente propuesto para modelos biológicos. Este esquema permitirá describir a los elementos en distintos escenarios de conducción (baches, coches y peatones) y evaluar la posibilidad de colisión. Igualmente, se realizó la compra de material, incluyendo una lona y una plataforma que habilite el movimiento de un peatón a escala sobre la pista.

El trabajo a futuro es considerable, sin embargo. El siguiente año se propone la implementación de 3 escenarios de conducción con los elementos mencionados en el párrafo anterior usando ProbLog, en el robot simulado y en el robot real. Se espera realizar la evaluación correspondiente en cada caso. Asimismo, se propone el refinamiento de los algoritmos de control y de percepción del robot.

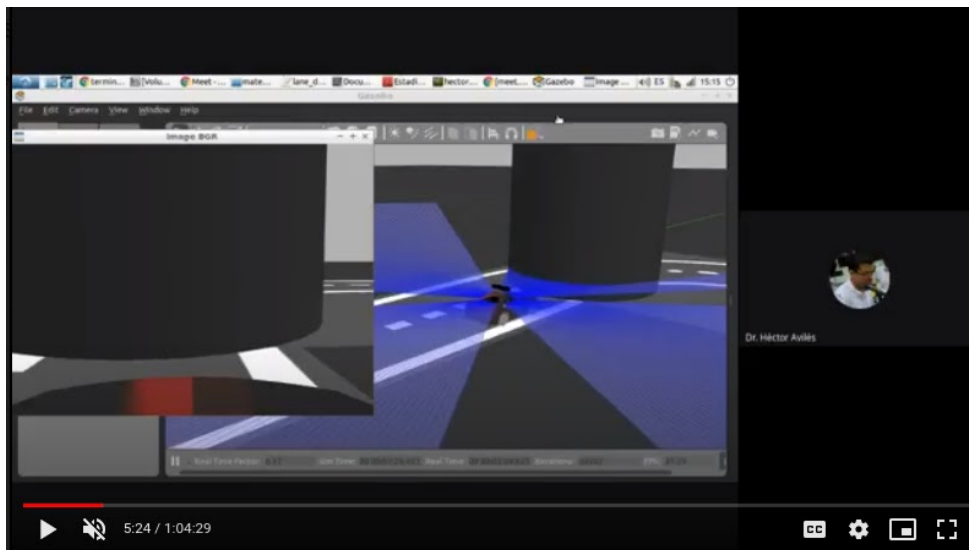
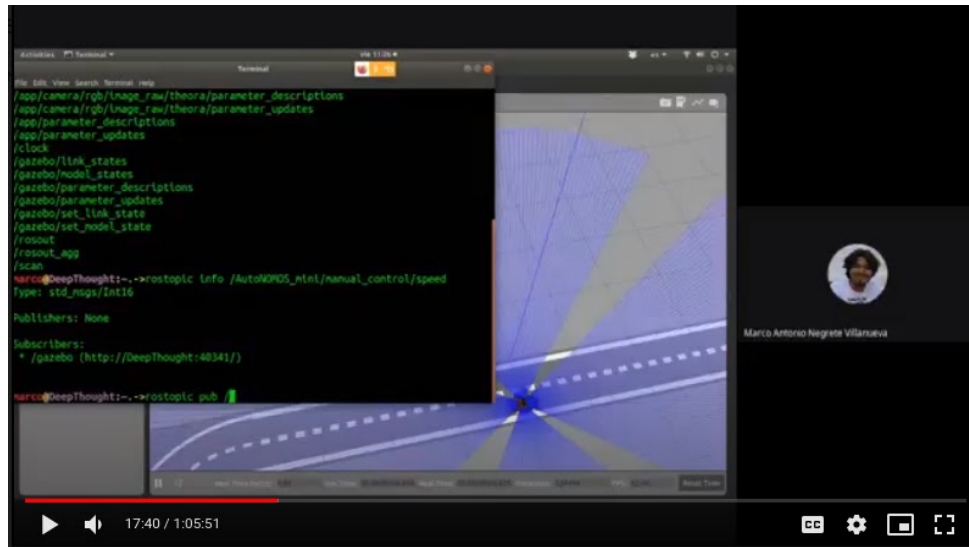
5. Gastos patrocinados por el Consorcio

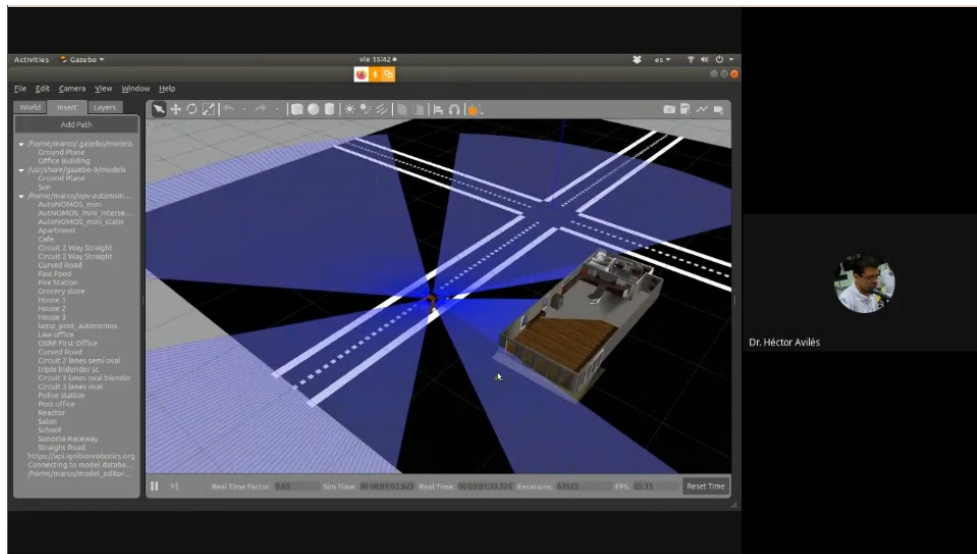
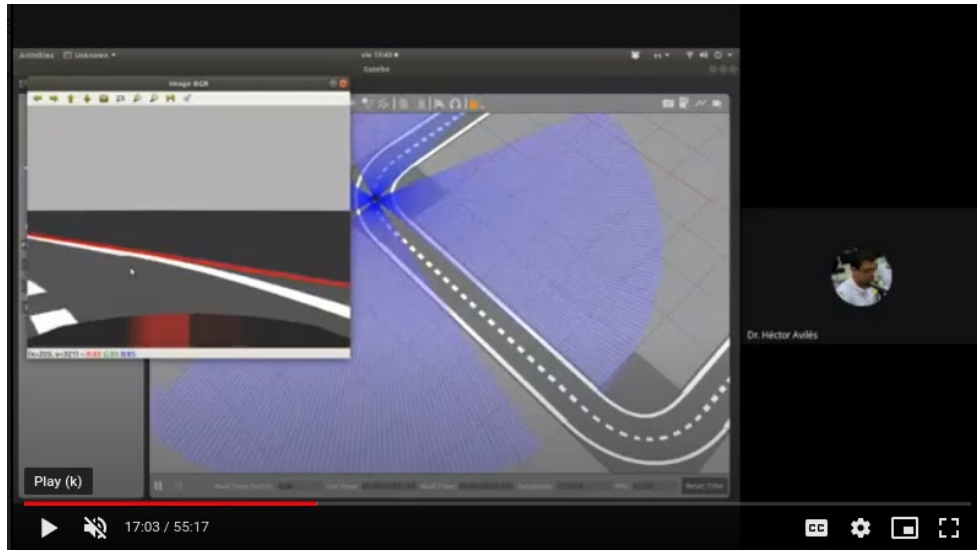
A continuación detallo la lista de gastos en los cuales apoyó el consorcio en Inteligencia Artificial.

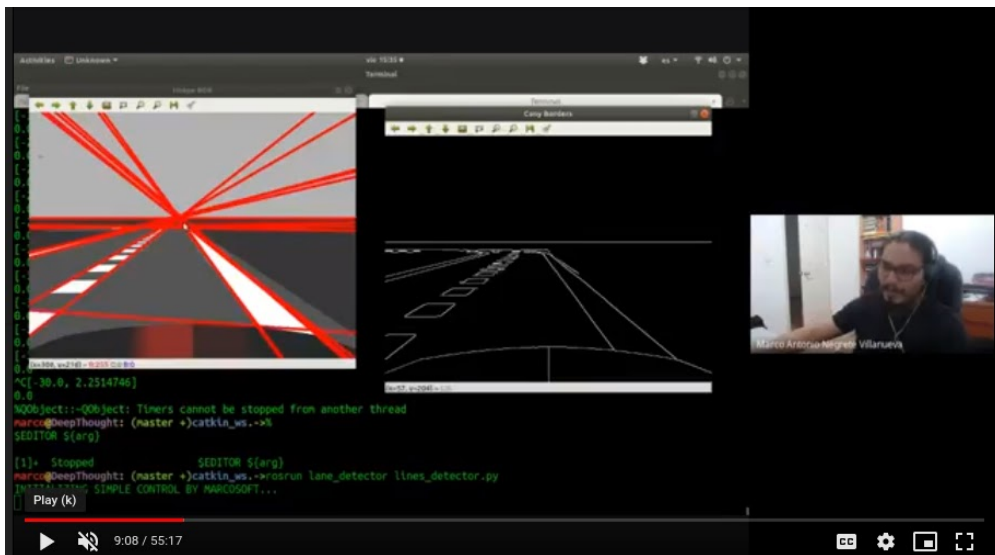
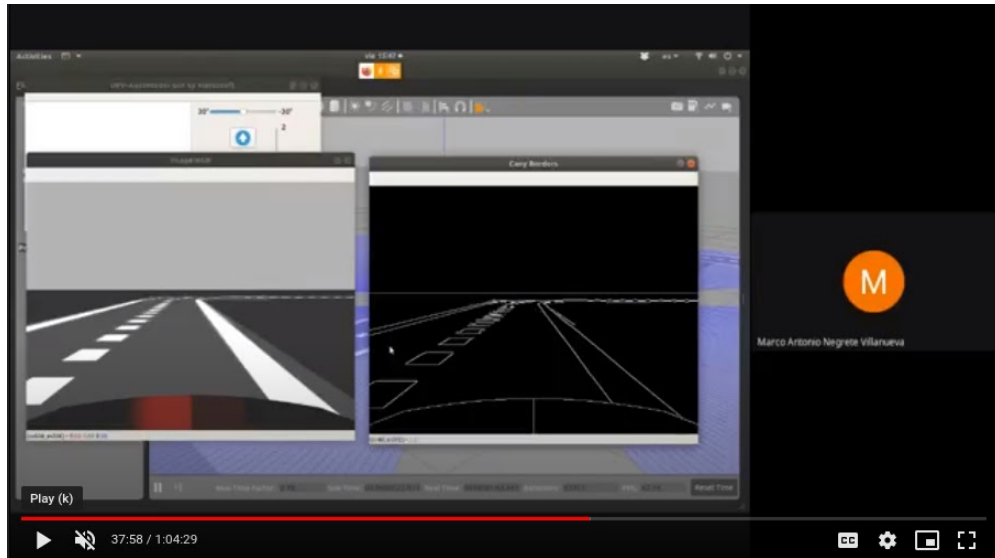
Rubro	Descripción	Proveedor	Monto Aprobado	Monto Facturado	Justificación
Pasajes y viáticos	Alimentos	Arrendamientos Inmobiliarios SA de CV	\$ 116.00	\$ 116.00	Pago de alimentos para la entrega de Auto Miny
Pasajes y viáticos	Alimentos	Operadora Comercial API SA de CV	\$ 139.00	\$ 139.00	Pago de alimentos para la entrega de Auto Miny
Pasajes y viáticos	Boletos	Transpais San Luis Potosí SA de CV	\$ 480.00	\$ 480.00	Compra de boletos de autobús para la entrega de Auto Miny
Pasajes y viáticos	Boletos	Autobuses de La Piedad SA de CV	\$ 665.00	\$ 665.00	Compra de boletos de autobús para la entrega de Auto Miny
Pasajes y viáticos	Boletos	ETN Turistar Lujo SA de CV	\$ 875.00	\$ 875.00	Compra de boletos de autobús para la entrega de Auto Miny
Total			\$ 2,275.00	\$ 2,275.00	

4. Anexos

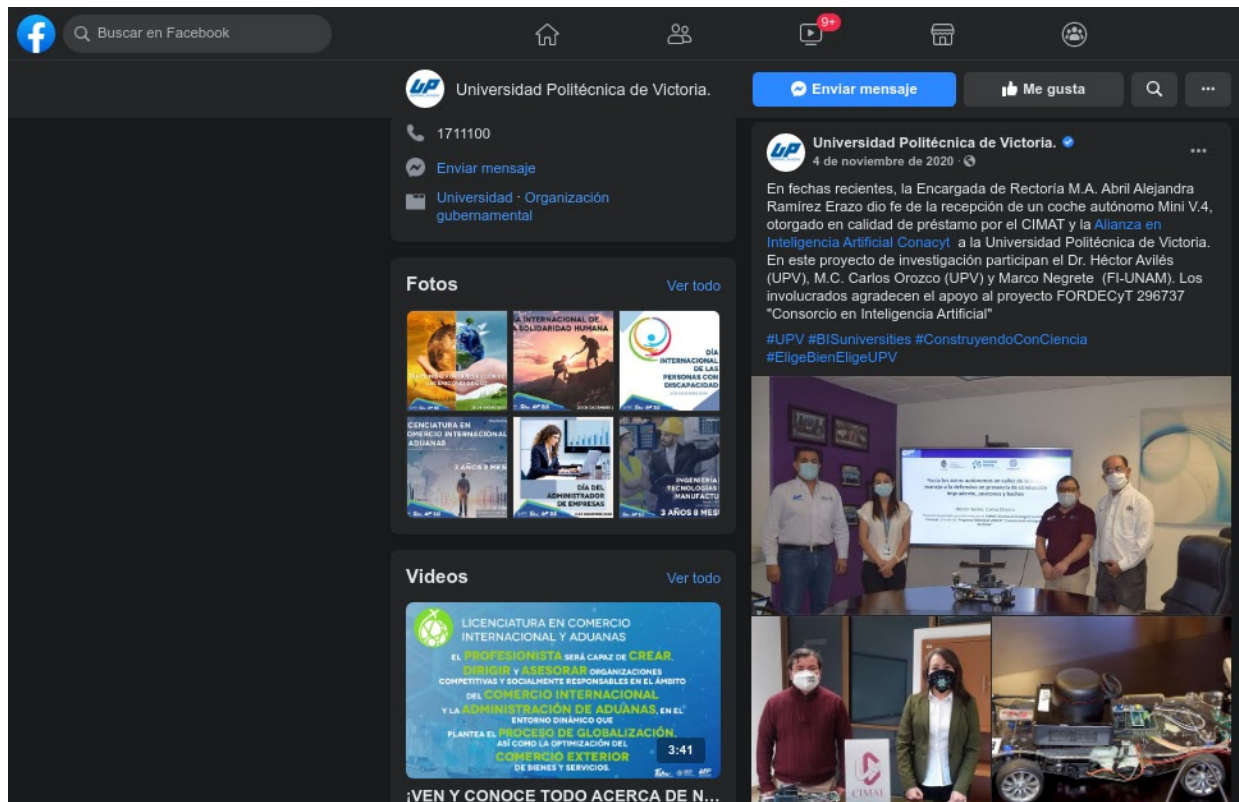
a. Anexo 1. Evidencia de reuniones.







b. Anexo 2. Evidencia de difusión.





Recibe la Universidad Politécnica de Victoria en comodato un prototipo de coche autónomo AutoMini V. 4.0

- *El Dr. Héctor Hugo Avilés Arriaga recibió un prototipo de coche autónomo AutoMini versión 4.0 en calidad de comodato, para realizar actividades de investigación y difusión en las áreas de robótica autónoma e inteligencia artificial.*

El pasado día viernes 16 de octubre del 2020, en las instalaciones del Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT) en el Estado de Guanajuato, el Dr. Héctor Hugo Avilés Arriaga profesor investigador del programa académico de Ingeniería en Tecnologías de la Información (ITI), recibió un prototipo de coche autónomo AutoMini versión 4.0 en calidad de comodato, para realizar actividades de investigación y difusión en las áreas de robótica autónoma e inteligencia artificial.

Estos robots son elaborados por el equipo del Dr. Raúl Rojas de la Universidad Libre de Berlín y poseen las siguientes características: "Chassis scale 1:10; Brushless motor from Faulhaber; Rotating Lidar; 3D frontal camera from Intel; Wifi Antenna; Intel board with memory; Ubuntu Linux and ROS, installed y Software library for autonomous navigation."

La propuesta de proyecto fue sometida a principios del presente año por el Dr. Avilés, el M.C. Carlos Orozco García y Dr. Marco Antonio Negrete Villanueva (Facultad de Ingeniería de la UNAM) a la convocatoria emitida por la Alianza en Inteligencia Artificial – CONACYT; El proyecto ya aceptado tiene duración de un máximo de dos años con evaluaciones anuales.

En esta actividad participan activamente los estudiantes Isaac Yáñez y Christian Saldaña del programa de Ingeniería en Tecnologías de la Información. Por su parte, al recibir el dispositivo robótico, la Encargada del Despacho de Rectoría de la Universidad Politécnica de Victoria, M.A. Abril Alejandra Ramírez Erazo, dejó de manifiesto el respaldo de la Universidad para el desarrollo de este proyecto, a fin de fomentar el interés por el desarrollo de tecnología de los vehículos autónomos en la comunidad académica de la UPV.

Finalmente, el Dr. Avilés agradeció al Proyecto FORDECYT 296737 "Consorcio en Inteligencia Artificial", así como al CIMAT y al resto de las instituciones educativas que conforman dicho consorcio, por su apoyo y su confianza para con la Universidad Politécnica de Victoria.



AV. NUEVAS TECNOLOGÍAS 5902
PARQUE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DE TAMAULIPAS
CARRETERA VICTORIA SOTO LA MARINA KM. 55
CD. VICTORIA, TAMAULIPAS
C.P. 87138

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE VICTORIA

TEL: (834) 1711100 AL 10
FAX EXT: 5000 Y 5001
WWW.UPVICTORIAEJ.MX

c. Anexo 3. Material adquirido.



A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Héctor'.

ATENTAMENTE
Dr. Héctor Hugo Avilés Arriaga