



Informe Final

Atta-Bots:

Adaptaciones, comportamientos y funcionalidades en el marco de los proyectos PROE

Código # 5402-1440-5101

Periodo de ejecución:

Enero 2022 - Diciembre 2023

Departamento académico responsable:

Matemática

Investigadora responsable:

Dra. Cindy Calderón-Arce, Escuela de Matemática, ITCR

Otros investigadores:

M.Sc. Rebeca Solís-Ortega, Escuela de Matemática, ITCR

M.Sc. Juan Carlos Brenes-Torres, Escuela de Ingeniería en Mecatrónica, ITCR

M.Sc. Alan Calderón-Castro, Escuela de Ciencias de la Computación e Informática, UCR

1. Grado de avance

Objetivo General: Diseñar nuevos comportamientos y funcionalidades en los Atta-Bots construidos en PROE: E1F2 para disminuir la incertidumbre entre lo simulado y lo real.				
Objetivo específico	Actividades	Productos	Fecha	Avance
OE1: Determinar protocolos de comunicación bidireccional en el enjambre de robots que permitan nuevos comportamientos colaborativos con los Atta-Bots.	1. Revisión literaria.	- Estado del arte de los protocolos y algoritmos de comunicación bidireccional actuales. - Diseño y adaptaciones de protocolos y algoritmos de comunicación bidireccional adaptados al enjambre construido en PROE E1F2. - Biblioteca computacional con los algoritmos de comunicación bidireccional adaptados al enjambre construido en PROE E1F2.	03.2022	100 %
	2. Analizar y comparar los protocolos de comunicación bidireccional existentes.		03.2022	100 %
	3. Establecer requerimientos físicos y variables necesarias para la implementación de protocolos de comunicación bidireccionales.		06.2022	100 %
	4. Realizar pruebas de concepto preliminares, considerando como posible opción simulaciones computacionales.		09.2022	100 %
	5. Definir posibles limitaciones de las tecnologías y componentes del enjambre actual, para la implementación de protocolos de comunicación bidireccionales.		09.2022	100 %
	6. Proponer soluciones y adaptaciones de los protocolos de comunicación bidireccionales a la tecnología y componentes del enjambre actual.		12.2022	100 %

Objetivo específico	Actividades	Productos	Fecha	Avance
OE1: Determinar protocolos de comunicación bidireccional en el enjambre de robots que permitan nuevos comportamientos colaborativos con los Atta-Bots.	7. Implementar, en el enjambre real, los algoritmos de comunicación bidireccional adaptados.	- Banco de pruebas de rendimiento reales y análisis de los resultados del sistema multirobot adaptado a los protocolos de comunicación bidireccional.	03.2023	100 %
	8. Diseñar y validar el conjunto de experimentos para realizar las pruebas de rendimiento del sistema multirobot con comunicación bidireccional.	- Sistema multirobot actualizado y adaptado a protocolos de comunicación bidireccional.	12.2023	100 %
	9. Realizar pruebas del rendimiento en el sistema multirobot con comunicación bidireccional.		12.2023	100 %
	10. Analizar resultados respecto a la ejecución del enjambre adaptado a los protocolos implementados.		12.2023	100 %
	11. Determinar ventajas, desventajas, limitaciones y posibles soluciones o mejoras.		12.2023	100 %
	12. Actualizar el sistema multirobot con las posibles soluciones o mejoras determinadas en base a los experimentos realizados.		12.2023	100 %
	13. Validar y analizar las modificaciones realizadas.		12.2023	100 %

Objetivo específico	Actividades	Productos	Fecha	Avance
OE2: Implementar técnicas de mapeo en tiempo real para ser ejecutadas desde un enjambre robótico formado por los Atta-Bots.	1. Revisión literaria.	<ul style="list-style-type: none"> - Estado del arte de las técnicas y algoritmos de mapeo en tiempo real actuales. - Diseño y adaptaciones de técnicas y algoritmos de mapeo en tiempo real adaptados al enjambre construido en PROE E1F2. - Biblioteca computacional con los algoritmos de mapeo en tiempo real adaptados al enjambre construido en PROE E1F2. 	03.2022	100 %
	2. Analizar y comparar las técnicas de mapeo en tiempo real existentes.		03.2022	100 %
	3. Establecer requerimientos físicos y variables necesarias para la implementación de las técnicas de mapeo en tiempo real.		06.2022	100 %
	4. Realizar pruebas de concepto preliminares, considerando como posible opción simulaciones computacionales.		09.2022	100 %
	5. Definir posibles limitaciones de las tecnologías y componentes del enjambre actual, para la implementación de técnicas de mapeo en tiempo real.		09.2022	100 %
	6. Proponer soluciones y adaptaciones de las técnicas de mapeo en tiempo real a la tecnología y componentes del enjambre actual.		12.2022	100 %
	7. Implementar, en el enjambre real, las técnicas de mapeo en tiempo real.		03.2023	100 %

Objetivo específico	Actividades	Productos	Fecha	Avance
OE2: Implementar técnicas de mapeo en tiempo real para ser ejecutadas desde un enjambre robótico formado por los Atta-Bots.	8. Diseñar y validar el conjunto de experimentos para realizar las pruebas de rendimiento del sistema multirobot mapeando en tiempo real.	- Banco de pruebas de rendimiento reales y simuladas y análisis de los resultados del sistema multirobot adaptado a los algoritmos de mapeo en tiempo real.	12.2023	100 %
	9. Realizar pruebas del rendimiento en el sistema multirobot mapeando en tiempo real.	- Sistema multirobot actualizado y adaptado a algoritmos de mapeo en tiempo real.	12.2023	100 %
	10. Analizar resultados respecto a la ejecución del enjambre adaptado a los algoritmos implementados.		12.2023	100 %
	11. Determinar ventajas, desventajas, limitaciones y posibles soluciones o mejoras.		12.2023	100 %
	12. Actualizar el sistema multirobot con las posibles soluciones o mejoras determinadas en base a los experimentos realizados.		12.2023	100 %
	13. Validar y analizar las modificaciones realizadas.		12.2023	100 %

Objetivo específico	Actividades	Productos	Fecha	Avance
OE3: Implementar algoritmos de optimización en tiempo real para determinar rutas óptimas en mapas creados por un enjambre robótico formado por los Atta-Bots.	1. Revisión literaria.	- Estado del arte de las técnicas y algoritmos de optimización en tiempo real actuales.	09.2022	100 %
	2. Analizar y comparar las técnicas de optimización en tiempo real existentes.		09.2022	100 %
	3. Establecer requerimientos físicos y variables necesarias para la implementación de las técnicas de optimización en tiempo real.	- Diseño y adaptaciones de técnicas y algoritmos de optimización en tiempo real adaptados al enjambre construido en PROE E1F2.	09.2022	100 %
	4. Realizar pruebas de concepto preliminares, considerando como posible opción simulaciones computacionales.	- Biblioteca computacional con los algoritmos de optimización en tiempo real adaptados al enjambre construido en PROE E1F2.	12.2022	100 %
	5. Definir posibles limitaciones de las tecnologías y componentes del enjambre actual, para la implementación de técnicas de optimización en tiempo real.		12.2022	100 %
	6. Proponer soluciones y adaptaciones de las técnicas de optimización en tiempo real a la tecnología y componentes del enjambre actual.		03.2023	100 %
	7. Implementar, en el enjambre real, las técnicas de optimización en tiempo real.		06.2023	100 %

Objetivo específico	Actividades	Productos	Fecha	Avance
OE3: Implementar algoritmos de optimización en tiempo real para determinar rutas óptimas en mapas creados por un enjambre robótico formado por los Atta-Bots.	8. Diseñar y validar el conjunto de experimentos para realizar las pruebas de rendimiento del sistema multirobot en conjunto con la optimización en tiempo real.	- Banco de pruebas de rendimiento reales y análisis de los resultados del sistema multirobot adaptado a los algoritmos de optimización en tiempo real.	12.2023	100 %
	9. Realizar pruebas del rendimiento en el sistema multirobot en conjunto con la optimización en tiempo real.	- Sistema multirobot actualizado y adaptado a algoritmos de optimización en tiempo real.	12.2023	100 %
	10. Analizar resultados respecto a la ejecución del enjambre adaptado a los algoritmos implementados.		12.2023	100 %
	11. Determinar ventajas, desventajas, limitaciones y posibles soluciones o mejoras.		12.2023	100 %
	12. Actualizar el sistema multirobot con las posibles soluciones o mejoras determinadas en base a los experimentos realizados.		12.2023	100 %
	13. Validar y analizar las modificaciones realizadas.		12.2023	100 %

Objetivo específico	Actividades	Productos	Fecha	Avance
OE4: Analizar las aplicaciones de forrajeo, agregación, dispersión y transporte colaborativo y su posible adaptación con el enjambre de Atta-Bots	1. Revisión literaria.	- Estado del arte de las diferentes aplicaciones o comportamientos de enjambre existentes.	09.2022	100 %
	2. Analizar y comparar las aplicaciones de forrajeo, agregación, dispersión y transporte colaborativo con enjambres de robots.	- Diseño y adaptaciones conceptuales de los Atta-Bots para poder realizar las aplicaciones de forrajeo, agregación, dispersión y transporte colaborativo.	09.2022	100 %
	3. Establecer requerimientos físicos y variables necesarias para la implementación de las aplicaciones de forrajeo, agregación, dispersión y transporte colaborativo con el enjambre de Atta-Bots.	- Adaptación física de los Atta-Bots para poder realizar al menos una de las aplicaciones de forrajeo, agregación, dispersión y transporte colaborativo.	12.2022	100 %
	4. Seleccionar la aplicación de enjambres que requiera la menor cantidad de requerimientos físicos y adaptaciones, con el fin de realizarla con el enjambre de los Atta-Bots.		12.2022	100 %
	5. Realizar, para la aplicación seleccionada, pruebas de concepto preliminares, considerando como posible opción simulaciones computacionales.		12.2022	100 %
	6. Definir posibles limitaciones de las tecnologías y componentes del enjambre actual, para la implementación de la aplicación o comportamiento de enjambres seleccionada.		03.2023	100 %

Objetivo específico	Actividades	Productos	Fecha	Avance
<p>OE4: Analizar las aplicaciones de forrajeo, agregación, dispersión y transporte colaborativo y su posible adaptación con el enjambre de Atta-Bots</p>	<p>7. Proponer soluciones y adaptaciones de la aplicación o comportamiento de enjambres seleccionada a la tecnología y componentes del enjambre actual.</p>	<p>- Banco de pruebas de rendimiento reales y análisis de los resultados del sistema multirobot adaptado a al menos una de las aplicaciones de forrajeo, agregación, dispersión y transporte colaborativo.</p>	<p>06.2023</p>	<p>100 %</p>
	<p>8. Implementar, en el enjambre real, la aplicación o comportamiento de enjambres seleccionada.</p>	<p>- Sistema multirobot actualizado y adaptado a al menos una de las aplicaciones de forrajeo, agregación, dispersión y transporte colaborativo.</p>	<p>12.2023</p>	<p>100 %</p>
	<p>9. Diseñar y validar el conjunto de experimentos para realizar las pruebas de rendimiento del sistema multirobot adaptado a nuevos comportamientos o aplicaciones.</p>	<p>- Sistema multirobot actualizado y adaptado a al menos una de las aplicaciones de forrajeo, agregación, dispersión y transporte colaborativo.</p>	<p>12.2023</p>	<p>100 %</p>
	<p>10. Realizar pruebas del rendimiento en el sistema multirobot adaptado a nuevos comportamientos o aplicaciones.</p>		<p>12.2023</p>	<p>100 %</p>
	<p>11. Analizar resultados respecto a la ejecución del enjambre adaptado a al menos una aplicación o comportamiento distinto a la determinación de rutas óptimas.</p>		<p>12.2023</p>	<p>100 %</p>
	<p>12. Determinar ventajas, desventajas, limitaciones y posibles soluciones o mejoras.</p>		<p>12.2023</p>	<p>100 %</p>

Objetivo específico	Actividades	Productos	Fecha	Avance
OE4: Analizar las aplicaciones de forrajeo, agregación, dispersión y transporte colaborativo y su posible adaptación con el enjambre de Atta-Bots	13. Actualizar el sistema multirobot con las posibles soluciones o mejoras determinadas en base a los experimentos realizados.			100 %

Resumen de cumplimiento de objetivos

Objetivo específico	Publicación de referencia	Cumplimiento
OE1: Determinar protocolos de comunicación bidireccional en el enjambre de robots que permitan nuevos comportamientos colaborativos con los Atta-Bots	Anexos A.1., B.3., B.5. y C.1.	100 %
OE2: Implementar técnicas de mapeo en tiempo real para ser ejecutadas desde un enjambre robótico formado por los Atta-Bots	Anexos A.2., B.2., B.4., B.5. y B.6.	100 %
OE3: Implementar algoritmos de optimización en tiempo real para determinar rutas óptimas en mapas creados por un enjambre robótico formado por los Atta-Bots	Anexos A.3., B.2., B.4., B.5. y B.6.	100 %
OE4: Analizar las aplicaciones de forrajeo, agregación, dispersión y transporte colaborativo y su posible adaptación con el enjambre de Atta-Bots	Anexos A.1, B.1., B.2., B.3., B.4., B.5. y C.2.	100 %

- **Anexo A.1.:** Biblioteca computacional con los algoritmos de comunicación bidireccional
- **Anexo A.2.:** Biblioteca computacional con los algoritmos de mapeo en tiempo real
- **Anexo A.3.:** Biblioteca computacional con los algoritmos de optimización en tiempo real
- **Anexo B.1.:** Magnetic Trails: A Novel Artificial Pheromone for Swarm Robotics in Outdoor Environments
- **Anexo B.2.:** Implementación de un sistema de comunicación para un sistema de enjambres de robots
- **Anexo B.3.:** Diseño de sistema para la deposición de una feromona ferromagnética desde un robot móvil para robótica de enjambres
- **Anexo B.4.:** Tracking the trajectory of a swarm of mobile robots with a computer vision system

- **Anexo B.5.:** Atta-Bot: A Do-It-Yourself approach for swarm robotics
- **Anexo B.6.:** Exploración Adaptativa: Mapeo y determinación de rutas en tiempo real a través de los Atta-Bots
- **Anexo C.1.:** Implementación de un sistema de comunicación para un sistema multirobot de enjambre
- **Anexo C.2.:** Diseño e implementación de mecanismo para la deposición de una feromona ferromagnética desde un robot móvil, utilizado para robótica de enjambres

2. Plan de difusión

Presentaciones				
Título	Estado	Indexación	Evento/Revista	Comité Científico
PROE: Planificación de rutas óptimas por medio de enjambres	Realizado	No aplica	Coloquios de Matemática Aplicada	Supervisada por el grupo de Matemática Aplicada de la Escuela de Matemática
Planejamento otimizado de rotas através de enxames	Realizado	No aplica	Seminários do GT Engenharia Matemática do CRIAB, UNICAMP, Brasil	Revisados y verificados por el coordinador general
Atta-Bots: Adaptaciones, comportamientos y funcionalidades en el marco de los proyectos PROE	Realizado	No aplica	Videos divulgativos eScience	Revisados y verificados por el coordinador del programa
Desarrollo de tecnologías y comportamientos colaborativos entre robots móviles mediante metodologías bioinspiradas	Realizado	No aplica	Coloquios de Matemática Aplicada	Supervisada por el grupo de Matemática Aplicada de la Escuela de Matemática
Implementación de un sistema de comunicación para un sistema multirobot de enjambre	Realizado	No aplica	Presentación de Trabajos Finales de Graduación de la Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica (Proyecto Adscrito a Atta-Bot)	Sí, por medio de un comité externo
Diseño e implementación de mecanismo para la deposición de una feromona ferromagnética desde un robot móvil, utilizado para robótica de enjambres	Realizado	No aplica	Presentación de Trabajos Finales de Graduación de la Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica (Proyecto Adscrito a Atta-Bot)	Sí, por medio de un comité externo

Publicaciones científicas				
Título	Estado	Indexación	Evento/Revista	Comité Científico
Magnetic Trails: A Novel Artificial Pheromone for Swarm Robotics in Outdoor Environments (https://www.mdpi.com/2079-3197/10/6/98)	Publicado	Scopus, ESCI (Web of Science)	Computation,MDPI	Sí
Implementación de un sistema de comunicación para un sistema de enjambres de robots (https://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga_tec/article/view/6713)	Publicado	No aplica	Investiga.TEC	Sí
Diseño de sistema para la deposición de una feromona ferromagnética desde un robot móvil para robótica de enjambres (https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/6704)	Publicado	Scielo, DOAJ, ESCI (Web of Science)	Tecnología en Marcha	Sí
Tracking the trajectory of a swarm of mobile robots with a computer vision system	Aceptado	Scielo, DOAJ, ESCI (Web of Science)	Tecnología en Marcha	Sí
Atta-Bot: A Do-It-Yourself approach for swarm robotics	Sometido	Scopus	Revista Ingeniería	Sí
Navegación Adaptativa: Mapeo y determinación de rutas en tiempo real a través de los Atta-Bots	En proceso de revisión, corrección y traducción	Scopus	CONCAPAN XLII, 2024	Sí
Implementación de un sistema de comunicación para un sistema multirobot de enjambre (https://repositoriotec.tec.ac.cr/)	Publicado	No aplica	Repositorio de Trabajos Finales de Graduación del ITCR	Sí, por medio de un comité externo
Diseño e implementación de mecanismo para la deposición de una feromona ferromagnética desde un robot móvil, utilizado para robótica de enjambres (https://repositoriotec.tec.ac.cr/)	Publicado	No aplica	Repositorio de Trabajos Finales de Graduación del ITCR	Sí, por medio de un comité externo

3. Participación estudiantil

I Semestre, 2022		
Actividad	Tipo de actividad	Estudiante
Calibración y pruebas del sistema de visión para el control de experimentos	Práctica	Andrés Jiménez Mora (Mecatrónica)
Seguimiento, mantenimiento y pruebas al módulo de desplazamiento y movimiento en arcos	Práctica	David Carrasquilla Gómez (Mecatrónica)
Seguimiento, mantenimiento y pruebas al módulo de comunicación	Práctica	Célimo Porras Aguilar (Mecatrónica)
Construcción, validación y verificación del prototipo del robot	Práctica	Bryan Alpízar Quesada (Mecatrónica)
Cantidad de estudiantes asistentes		4

II Semestre, 2022

Actividad	Tipo de actividad	Estudiante
Seguimiento, mantenimiento y pruebas a los módulos de desplazamiento y comunicación	Trabajo Final de Graduación	Célimo Porras Aguilar (Mecatrónica)
Seguimiento, mantenimiento y pruebas del módulo de la feromona	Trabajo Final de Graduación	Daniel Monge Chaves (Mecatrónica)
Seguimiento, mantenimiento y pruebas del módulo de la feromona	Práctica	Sharon Vásquez Díaz (Mecatrónica)
Calibración y pruebas del sistema de visión para el control de experimentos. Depuración de la trama de desplazamiento o movimiento con posiciones absolutas	Práctica	Andrés Jiménez Mora (Mecatrónica)
Calibración y pruebas al diseño y sistema de experimentos. Construcción, validación y verificación del prototipo del robot	Práctica.	Bryan Alpízar Quesada (Mecatrónica)
Estudio de la construcción, validación y verificación del prototipo del robot	Práctica	Issac Mendez Barquero (Mecatrónica)
Estudio de la construcción, validación y verificación del prototipo del robot	Práctica	José Pablo Vásquez Rojas (Mecatrónica)
Estudio de la construcción, validación y verificación del prototipo del robot y estudio de aplicaciones robóticas para la enseñanza	Práctica	Cristhian Chavez Montoya (Matemática)
Estudio de la construcción, validación y verificación del prototipo del robot y estudio de aplicaciones robóticas para la enseñanza	Práctica	José Pablo Calderón Gairaud (Matemática)
Estudio de la construcción, validación y verificación del prototipo del robot y estudio de aplicaciones robóticas para la enseñanza	Práctica	Kenneth Mejía Luna (Matemática)
Cantidad de estudiantes asistentes	10	

I Semestre, 2023

Actividad	Tipo de actividad	Estudiante
Calibración y pruebas al diseño y sistema de experimentos. Construcción, validación y verificación del prototipo del robot	Práctica.	Bryan Alpízar Quesada (Mecatrónica)
Calibración y pruebas del sistema de visión para el control de experimentos. Depuración de la trama de desplazamiento o movimiento con posiciones absolutas. Seguimiento, mantenimiento y pruebas del prototipo del robot	Práctica	Sharon Vásquez Díaz (Mecatrónica)
Calibración y pruebas del sistema de visión para el control de experimentos. Depuración de la trama de desplazamiento o movimiento con posiciones absolutas. Seguimiento, mantenimiento y pruebas del prototipo del robot	Práctica	Issac Mendez Barquero (Mecatrónica)
Seguimiento, mantenimiento y pruebas del módulo de la feromona	Práctica	José Pablo Vásquez Rojas (Mecatrónica)
Estudio de la construcción, validación y verificación del prototipo del robot y estudio de aplicaciones robóticas para la enseñanza	Práctica	Cristhian Chavez Montoya (Matemática)
Estudio de la construcción, validación y verificación del prototipo del robot y estudio de aplicaciones robóticas para la enseñanza	Práctica	José Pablo Calderón Gairaud (Matemática)
Estudio de la construcción, validación y verificación del prototipo del robot y estudio de aplicaciones robóticas para la enseñanza	Práctica	Kenneth Mejía Luna (Matemática)
Simplificación, validación y verificación del prototipo del robot para adaptarlo a aplicaciones robóticas en la enseñanza	Práctica	Leisel Carolina Villalobos Quesada (Mecatrónica)
Adaptación computación del prototipo del robot a aplicaciones robóticas en la enseñanza	Práctica	Joshua Guzmán Quesada (Computadores)
Desarrollo de aplicación para el uso y programación del robot en aplicaciones educativas	Trabajo Final de Graduación	Isaac Ortega Arguedas (Computación)
Cantidad de estudiantes asistentes	10	

II Semestre, 2023

Actividad	Tipo de actividad	Estudiante
Calibración y pruebas del sistema de visión para el control de experimentos. Depuración de la trama de desplazamiento o movimiento con posiciones absolutas. Seguimiento, mantenimiento y pruebas del prototipo del robot	Práctica	Sharon Vásquez Díaz (Mecatrónica)
Calibración y pruebas del sistema de visión para el control de experimentos. Depuración de la trama de desplazamiento o movimiento con posiciones absolutas. Seguimiento, mantenimiento y pruebas del prototipo del robot	Práctica	Issac Mendez Barquero (Mecatrónica)
Seguimiento, mantenimiento y pruebas del módulo de la feromona	Práctica	Diana Cerdas (Mecatrónica)
Seguimiento, mantenimiento y pruebas del módulo de la feromona	Práctica	César Argüello Salas (Mecatrónica)
Simplificación, validación y verificación del prototipo del robot para adaptarlo a aplicaciones robóticas en la enseñanza	Práctica	Leisel Carolina Villalobos Quesada (Mecatrónica)
Guía y diseño de la interfaz gráfica y de la carcasa del prototipo	Práctica	Sebastián Cabezas Gómez (Diseño)
Estudio de la construcción, validación y verificación del prototipo del robot y estudio de aplicaciones robóticas para la enseñanza	Práctica	Cristhian Chavez Montoya (Matemática)
Estudio de la construcción, validación y verificación del prototipo del robot y estudio de aplicaciones robóticas para la enseñanza	Práctica	José Pablo Calderón Gairaud (Matemática)
Estudio de la construcción, validación y verificación del prototipo del robot y estudio de aplicaciones robóticas para la enseñanza	Práctica	Kenneth Mejía Luna (Matemática)
Cantidad de estudiantes asistentes		9

Es importante mencionar que algunos estudiantes se han involucrado al proyecto “ad honorem”, sin recibir ningún tipo de remuneración, por interés propio.

Anexos

A continuación se indica el detalle de los anexos, los cuales sustituyen al informe general denominado Documento 1.:

A. Bibliotecas computacionales

Se habilitó un repositorio público (https://github.com/jcbrenes/Atta-Bot-STEM/tree/main/Atta-Bot_Behaviors) donde se encuentran las bibliotecas computacionales correspondientes:

1. Comunicación bidireccional: https://github.com/jcbrenes/Atta-Bot-STEM/tree/main/Atta-Bot_Behaviors/Navigation_Communication
2. Mapeo: https://github.com/jcbrenes/Atta-Bot-STEM/tree/main/Atta-Bot_Behaviors/OnLineMapping
3. Optimización: https://github.com/jcbrenes/Atta-Bot-STEM/tree/main/Atta-Bot_Behaviors/OnLineOptimization

B. Artículos científicos

1. Artículo publicado: Brenes-Torres, J.C.; Blanes, F.; Simo, J. **Magnetic Trails: A Novel Artificial Pheromone for Swarm Robotics in Outdoor Environments**. *Computation* 2022, 10, 98. <https://doi.org/10.3390/computation10060098>
2. Artículo publicado: Aguilar Porras, C.; Brenes-Torres, J.C.; Solís-Ortega, R. **Implementación de un sistema de comunicación para un sistema de enjambres de robots**. *Investiga. TEC 16.47* (2023): 4-11.
3. Artículo publicado: Monge-Chaves, D., Brenes-Torres, J.C.; Calderón-Arce, C. (2024). **Diseño de sistema para la deposición de una feromona ferromagnética desde un robot móvil para robótica de enjambres**. *Revista Tecnología En Marcha*, 37(2), Pág. 109–120. <https://doi.org/10.18845/tm.v37i2.6704>
4. Artículo aceptado: Jiménez-Mora, A.; Morales-Paz, K.; Brenes-Torres, J.C.; Solís-Ortega, R.; Calderón-Arce, C. (2024) **Tracking the trajectory of a swarm of mobile robots with a computer vision system**. *Revista Tecnología En Marcha*, 37, special issue for IEEE International Conference on Bioinspired Processing
5. Artículo sometido: Solís-Ortega, R.; Brenes-Torres, J.C.; Calderón-Arce, C. **Atta-Bot: A Do-It-Yourself approach for swarm robotics**
6. Artículo en revisión, corrección y traducción: Solís-Ortega, R.; Calderón-Arce, C.; Brenes-Torres, J.C. **Exploración Adaptativa: Mapeo y determinación de rutas en tiempo real a través de los Atta-Bots**

C. Trabajos finales de graduación

Se cuenta con dos tesis de Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica, guiadas por los investigadores de este proyecto y correspondientes a trabajos finales de graduación adscritos a Atta-Bot, las cuales pueden ser consultadas en el repositorio de la biblioteca del ITCR (<https://repositoriotec.tec.ac.cr/>):

1. Trabajo final de graduación: Célimo Porras Aguilar. **Implementación de un sistema de comunicación para un sistema multirobot de enjambre.**
2. Proyecto final de graduación: Daniel Monge Chaves. **Diseño e implementación de mecanismo para la deposición de una feromona ferromagnética desde un robot móvil, utilizado para robótica de enjambres.**