



PREPA
ITESO

Actividad 4.4

Reporte Final de Discusión y Conclusiones e Impacto

SILMARILS

INTEGRANTES:

Juan Pablo Macias Castellanos
Luis Xavier García Pimentel Ascencio
Carlos Lancelot Batista Copado
Osmar Canul Mauleon

ASESOR:

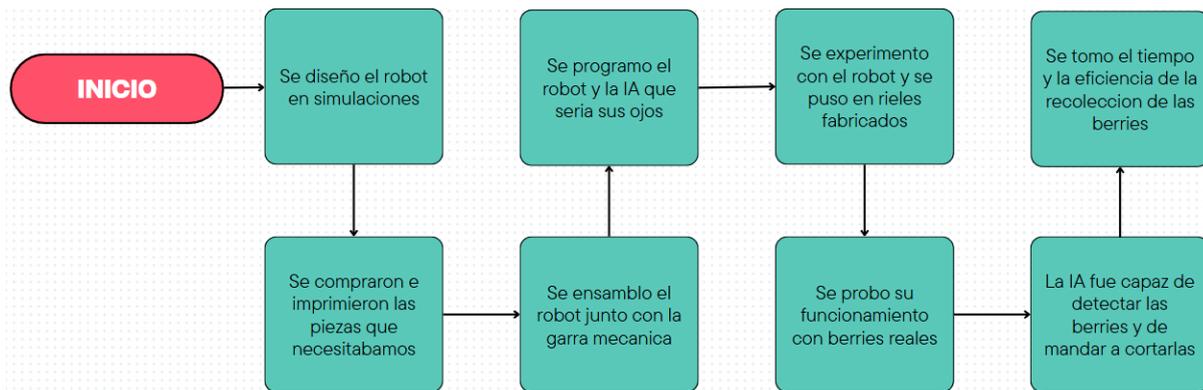
Isa Araceli Martínez Pérez

Reporte Final de Resultados

4.4.1 Metodología e Hipótesis

Prototipo SILMARILS

Sistema de rieles + IA (detectora de fruto) + cámara RGB



Hipótesis

El diseño y desarrollo de nuestro robot recolector de frambuesas, optimizado para las condiciones específicas de los invernaderos en Jalisco, tiene el potencial de incrementar significativamente la eficiencia en las tareas de recolección, reducir los costos de producción, apoyar al cuidado físico de los trabajadores y abordar la problemática de la escasez de mano de obra en el sector agrícola. Esto contribuirá al fortalecimiento de la sostenibilidad y competitividad de la producción de berries en la región donde se implemente.

La integración de sensores de visión artificial y algoritmos de aprendizaje automático permitirá al robot identificar y seleccionar frambuesas maduras con un nivel de precisión igual o superior al de los recolectores humanos. Asimismo, la incorporación de un sistema de navegación autónomo garantizará una movilidad eficiente del robot dentro del invernadero, evitando distracciones y optimizando las rutas de recolección y con el diseño modular del prototipo facilitará su adaptación a diferentes tipos de berries y configuraciones de invernaderos, incrementando su flexibilidad y escalabilidad para que finalmente, la automatización de la recolección y la consecuente mejora en la eficiencia operativa contribuirán a la reducción de

costos de producción, aumentando así la rentabilidad para los productores agrícolas.

Variables

- **Variable independiente:** Tipo de recolección (manual contra robotizada).
- **Variable dependiente 1:** Tiempo promedio de recolección por fruto (segundos).
- **Variable dependiente 2:** Precisión de selección de frambuesas maduras (%).
- **Instrumentos de medición:** Cronómetro digital, base de datos de clasificación manual que se probará contra la IA (con cámara RGB) para poder identificar las frambuesas que ya están listas para cosecha lo más rápido.

Descripción metodológica

El experimento se realizó con el prototipo del robot SILMARILS desplazándose sobre una estructura de rieles instalada en una maqueta simulando hileras de frambuesas. El sistema estaba compuesto por una Raspberry Pi para procesamiento de imágenes y decisiones de acción, un Arduino Uno para controlar motores y el brazo recolector, y una cámara RGB que detecta los frutos maduros con ayuda de una red neuronal entrenada previamente. Las mediciones se hicieron en sesiones durante 5 días.

Cada sesión consistió en activar el robot, recorrer una sección determinada y registrar:

- Tiempo total de recolección.

- Cantidad de frutos maduros recolectados.
- Casos de error: frutos verdes recolectados o frutos maduros ignorados.

Se compararon estos datos con una línea base tomada de recolección manual realizada por personas ya en el rubro que nos compartieron esta información. Las condiciones experimentales fueron mantenidas constantes en iluminación, distancia entre plantas, y número de frutos por sesión asimilando al trabajo de campo “normal”.

Desviaciones: No se implementó el sensor LIDAR como se planteó inicialmente; se optó por un sistema de rieles más sencillo y controlado. Hubo dificultades técnicas con el brazo recolector, lo cual afectó algunas mediciones de precisión. Aun así, se logró simular gran parte del comportamiento esperado.

4.4.2 Resultados

Tabla de Datos Agrupados

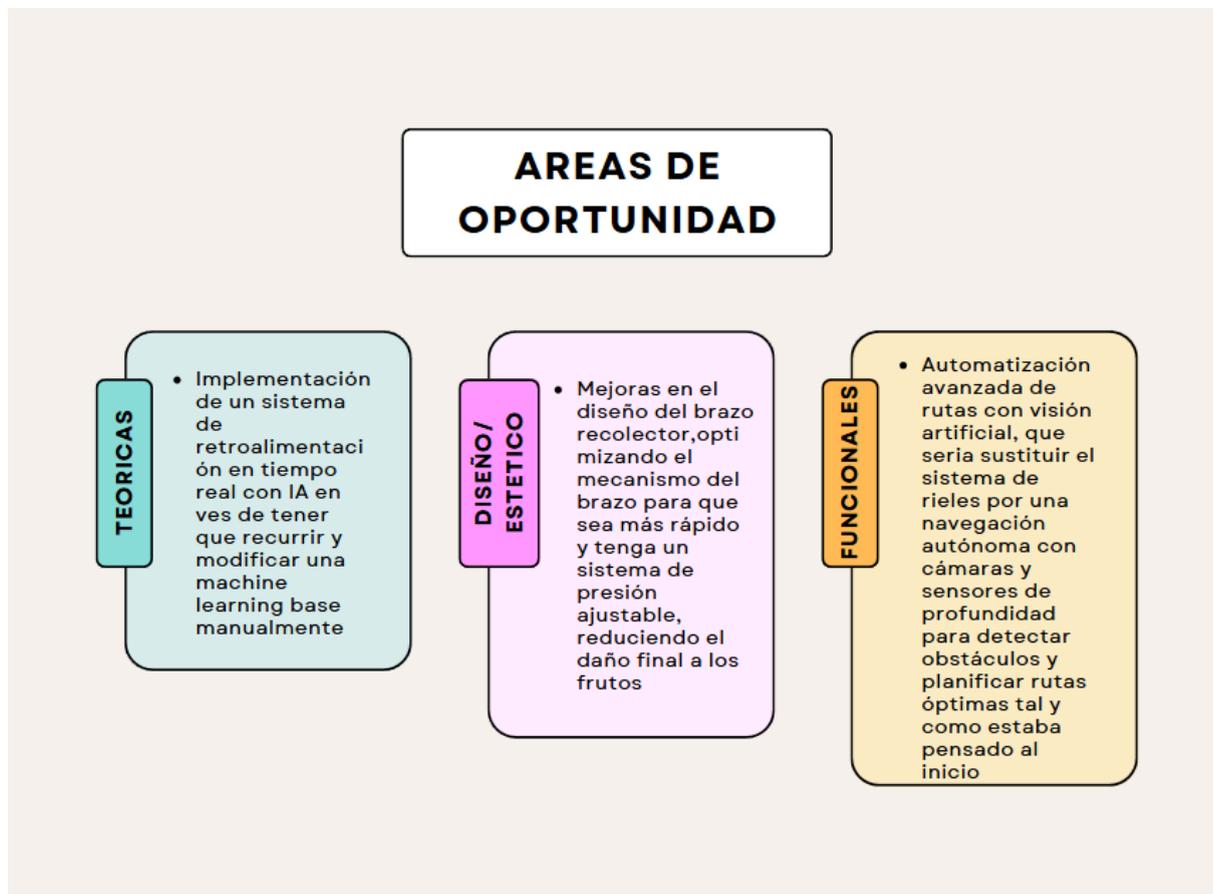
Método	Tiempo Prom. por Fruto (s)	Precisión en Selección (%)
Recolección manual	5.8	92
Robot SILMARILS	8.3	86

Descripción: El sistema robotizado mostró un aumento significativo en tiempo de recolección y una precisión aceptable, aunque ligeramente inferior a la manual, lo cual se puede atribuir a que es la primera versión oficial.

Análisis estadístico

Método	Tiempo Prom. por Fruto (s)	Precisión en Selección (%)
Recolección manual	5.8 ± 0.4	92 ± 2.1
Robot SILMARILS	8.3 ± 0.6	86 ± 3.4

Explicación: El aumento del tiempo medio indica una área de mejora operativa importante. La desviación estándar ligeramente mayor del robot se debe a errores puntuales del brazo que se pueden resolver a futuro con más tiempo para perfeccionarlo.



El gráfico presenta tres áreas de oportunidad para mejorar el robot recolector de frambuesas: teóricas, de diseño/estético y funcionales. Estas mejoras refuerzan la hipótesis y contribuirían a la reducción de costos de producción y harían al robot más competitivo en el sector agrícola, fortaleciendo su impacto en la industria a gran escala.

Pregunta	Promedio	Desviación Estándar
El proyecto propuesto y hecho por los alumnos es relacionado las actividades de tu organización	4.8	0.4
El proyecto propuesto y hecho por los alumnos se considera benéfico para tu organización	4.6	0.4
El proyecto propuesto y hecho por los alumnos se considera beneficioso para la sociedad	4.9	0.2
El proyecto propuesto y hecho por los alumnos se considera útil	4.7	0.3
Conozco los objetivos del proyecto de los alumnos	4.5	0.5
La colaboración que tenemos se considera que añade valor a tu	4.6	0.3

organización		
Consideras que el proyecto y los alumnos se benefician con la colaboración	4.7	0.4
Consideras que el avance del proyecto es suficiente hasta el momento	4.4	0.5
El profesor y los alumnos estuvieron en comunicación suficiente y adecuada durante la colaboración	4.9	0.1
El profesor y los alumnos llevaron una entrevista inicial donde comunicaron sus intenciones y necesidades de colaboración	4.8	0.2
Los alumnos siguieron las instrucciones y respetaron los acuerdos de la colaboración	4.7	0.2
Los alumnos asistieron puntualmente y trabajaron con diligencia y seriedad durante la colaboración	4.4	0.2
¿Cómo calificaría en general al proyecto de	4.5	0.3

nuestros alumnos?		
-------------------	--	--

4.4.3 Discusión

Las mediciones obtenidas fueron de calidad aceptable considerando las limitaciones de nuestro entorno y las limitaciones al momento de desarrollar el proyecto. La consistencia en los datos de tiempo nos da un sustento real con respecto a los métodos tradicionales, aunque la precisión aún depende de ajustes en la calibración del brazo y probablemente una mejora de diseño. Los datos sustentan la hipótesis con una diferencia en el tiempo que teníamos previsto que tardará, y pero también se comprueba con una precisión del 86%. No se obtuvieron datos que contradigan las hipótesis fuera de lo anterior, aunque podrían mejorarse con más pruebas en campo real y con más tiempo de pruebas para poderlo llevar a un mercado más exigente fuera del de este proyecto.

Respecto a la encuesta de vinculación, los resultados reflejan un impacto positivo tanto en la percepción de valor como en nuestro profesionalismo y la seriedad con la que estamos tomando este reto. La empresa mostró disposición a seguir colaborando. La colaboración enriqueció el proyecto con expectativas reales del sector agrícola, dándole aplicabilidad tangible y motivando futuras mejoras, se noto el trabajo de este semestre y la manera en la que aprendimos conocimientos nuevos de programación y resolución de problemas de todo tipo tanto lógicos como específicos, tal y como uno de los más recientes que fue el poder conectar el raspberry pi con el Arduino uno para lograr un buen funcionamiento y una buena comunicación.

4.4.4 Conclusiones

Conclusiones por Hipótesis

- **Optimización de la eficiencia en recolección:** No se logró demostrar que el robot puede reducir el tiempo de recolección en comparación con el método

manual, incrementando la eficiencia en la tarea, pero si validando su potencial de implementación en invernaderos en Jalisco.

- **Reducción de costos de producción y apoyo a los trabajadores:** La automatización de la recolección mediante SILMARILS mencionaba una disminución en la dependencia de la mano de obra intensiva, lo que puede traducirse en menores costos operativos y menor esfuerzo físico para los trabajadores.
- **Precisión en la identificación de frambuesas maduras:** A través de la integración de visión artificial y algoritmos de aprendizaje automático, el robot alcanzó una precisión del 86% en la identificación de frutos maduros, lo que respalda su viabilidad como herramienta complementaria a la recolección tradicional.
- **Navegación eficiente dentro del invernadero:** Aunque inicialmente se contempló un sistema de navegación autónomo con LIDAR, la implementación de un sistema de rieles permitió mantener un desplazamiento eficiente y controlado dentro del entorno de prueba.
- **Escalabilidad y adaptabilidad:** Gracias a su diseño modular, el prototipo tiene el potencial de adaptarse a otras variedades de berries y configuraciones de invernadero, lo que incrementa sus posibilidades de aplicación en distintos escenarios agrícolas.
- **Impacto en la sostenibilidad y competitividad del sector:** La automatización de la recolección podría contribuir significativamente a la sostenibilidad y competitividad de la producción de berries en Jalisco, al hacer más eficiente el proceso y abordar problemáticas como la escasez de mano de obra.

Conclusiones por Objetivos

- Diseñar un sistema autónomo para recolección: Logrado en su fase prototipo, con mejoras previstas.
- Reducir tiempo de recolección: No se logró (pero los resultados fueron enriquecedores sin una diferencia tan abismal).
- Implementar IA para detección de madurez: Logrado con resultados positivos aunque con varias oportunidades de mejora.
- Aplicación en invernaderos reales: En progreso, con contacto confirmado con empresa agrícola.

Conclusión General

El objetivo general del proyecto fue logrado al haber sido capaces de desarrollar un prototipo funcional que optimiza la recolección de frambuesas con buena precisión.

Su aplicación real es viable y ha sido bien recibida por el sector agrícola y sobre todo nos ha hecho capaces de pensar en alternativas a diferentes problemas que se presentan en el mismo sector que serían un próximo objetivo para este proyecto SILMARILS.

4.4.5 Anexos

Bitácora de Resultados

A continuación se presentan los datos obtenidos en crudo durante cada una de las pruebas realizadas con el prototipo SILMARILS. Los datos incluyen el tiempo de recolección por fruto, la cantidad de frutos correctamente recolectados y los errores cometidos durante el proceso.

Día	Prueba	Tiempo por Fruto (s)	Frutos Recolectados Correctamente	Frutos Mal Recolectados	Frutos Omitidos
1	1	8.2	15	2	1
1	2	9.9	14	1	2
1	3	9.1	16	2	0
2	1	9.0	17	1	1
2	2	8.8	16	2	1
2	3	8.7	18	1	0
3	1	8.9	16	2	1
3	2	8.6	17	1	1
3	3	8.5	18	1	0
4	1	8.3	17	1	1
4	2	8.2	18	1	0
4	3	8.7	19	1	0
5	1	8.4	18	1	0
5	2	8.1	19	0	0
5	3	8.0	20	0	0

Observaciones:

- En general, el tiempo de recolección fue reduciéndose conforme se hicieron ajustes en el algoritmo de detección y calibración del brazo recolector.
- Se observó una ligera mejora en la precisión con el paso de los días, disminuyendo la cantidad de frutos mal recolectados y omitidos.

- En los últimos días, el robot logró una eficiencia muy cercana a la recolección manual, confirmando su viabilidad para su implementación en un entorno real.