



Tecnológico de Monterrey

Materia:

MR3001B. Diseño y desarrollo de robots

Actividad:

Propuesta de Diseño de Prótesis de Dedos, Manos y Brazos

Alumno:

Isaí Pérez Herrera

Matrícula:

A01412968

Fecha:

23/02/2025

Propuesta de Diseño de Prótesis de Dedos, Manos y Brazos

1. Descripción del Proyecto



Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema de control para una prótesis de mano biónica, permitiendo que una persona pueda **operarla en tiempo real** mediante **señales musculares**. El enfoque principal no es el diseño de la mano biónica en sí, sino la integración y optimización del control basado en **sensores MyoWare** y un **modelo TinyML** implementado en un **ESP32 DevKitC**.

El diseño de la prótesis se realizará en SolidWorks, pero su principal objetivo es servir como plataforma de prueba para el modelo de control. La fabricación se llevará a cabo mediante impresión 3D para optimizar costos y tiempos de producción. Además, se analizará la viabilidad de integración con las soluciones ya existentes del socio formador para asegurar compatibilidad y mejoras tecnológicas.

2. Aplicación y Beneficios

- **Aplicaciones potenciales:**
 - Implementación en robótica asistiva para mejorar la interacción entre humanos y robots.
 - Creación de prótesis mioeléctricas asequibles para niños, jóvenes y adultos con amputaciones.
 - Desarrollo de un sistema de ajuste modular que permita adaptar la prótesis a diferentes tipos de amputaciones.
 - Integración de tecnología de señales musculares en prótesis ya distribuidas por Manitas para To2 para mejorar su funcionalidad.

- Diseño de interfaces de usuario que permitan un aprendizaje intuitivo y rápido del uso de la prótesis.
- Implementación de un sistema de telemetría para el monitoreo y ajuste remoto de las prótesis entregadas.
- Desarrollo de interfaces cerebro-máquina que permitan una mayor independencia a personas con discapacidad motriz.

- **Beneficios adicionales:**

- Reducción de costos en comparación con prótesis comerciales avanzadas.
- Mayor accesibilidad gracias a la impresión 3D y el uso de materiales ligeros y resistentes.
- Posibilidad de personalización según las necesidades del usuario.
- Beneficio de ser **Open Source**: Al ser un proyecto de código abierto, permitirá que una **comunidad global contribuya** con mejoras, lo haga más accesible y acelere la innovación. Investigadores, desarrolladores y usuarios podrán colaborar en la optimización del hardware y software, generando mejoras constantes sin barreras propietarias.
- Facilita la replicación y adaptación del diseño a distintos contextos, desde rehabilitación hasta nuevas aplicaciones en robótica y tecnologías asistivas.
- **Control en tiempo real**: Se enfoca en permitir que el usuario controle la prótesis con rapidez y precisión.
- **Restauración de movilidad y funcionalidad**: Permite a los usuarios realizar actividades cotidianas como sujetar objetos o realizar tareas manuales sencillas con mayor facilidad.
- **Uso de sensores MyoWare 2.0**: Capturan las señales musculares y permiten el procesamiento de datos en tiempo real.
- **Implementación de TinyML**: Permite procesar las señales en un **ESP32 DevKitC** con **TensorFlow Lite**.

3. Proceso de Entrenamiento del Modelo

El entrenamiento del modelo para analizar las señales musculares seguirá el siguiente flujo:



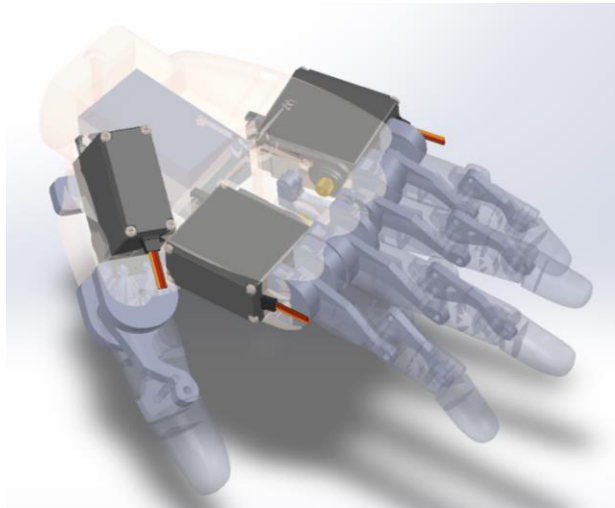
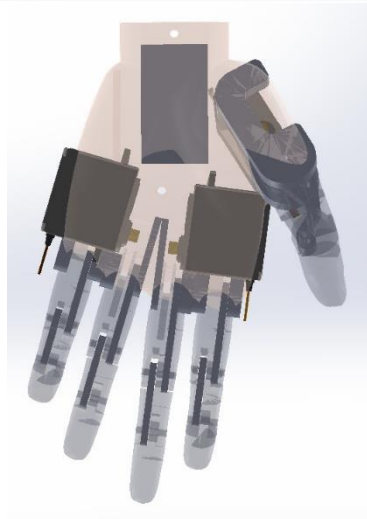
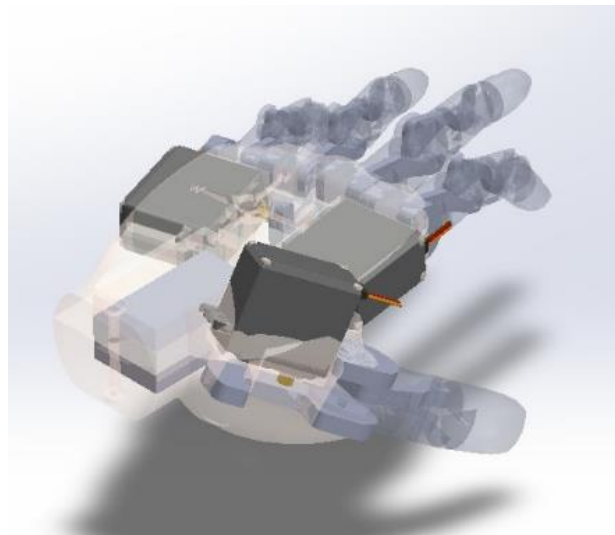
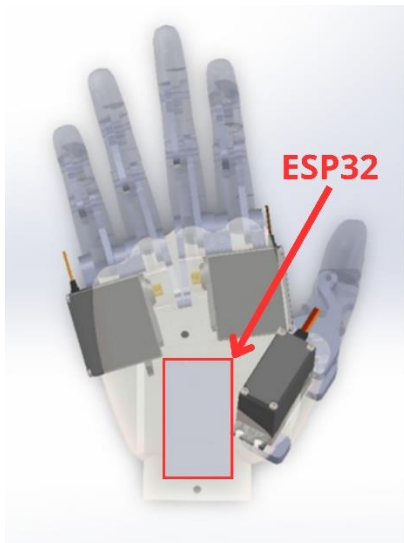
1. **Recolección de Datos:** Se utilizará **Python** para recopilar señales musculares de los **sensores MyoWare**.
2. **Preprocesamiento:** Los datos serán limpiados y procesados en **Python** con la ayuda de **Numpy**.
3. **Entrenamiento del Modelo:** Se utilizará **TensorFlow** para entrenar un modelo basado en redes neuronales y convertirlo a **TensorFlow Lite** para su implementación en **ESP32**.
4. **Implementación en Tiempo Real:** El modelo será integrado con la prótesis y controlado mediante **C++** y **Python**, permitiendo la apertura, cierre y estado de descanso de la mano en respuesta a las señales musculares detectadas.

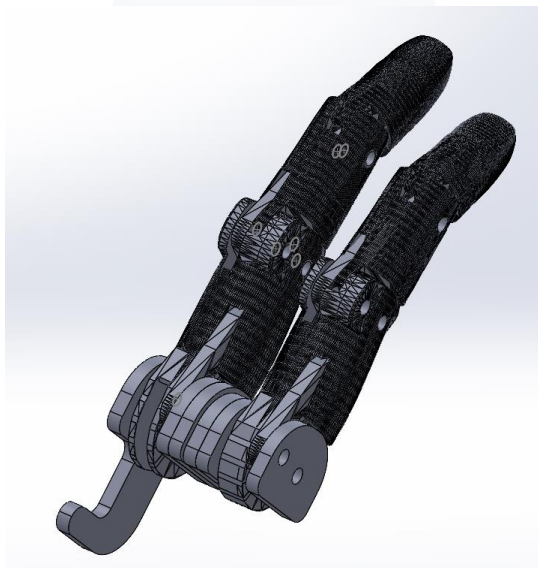
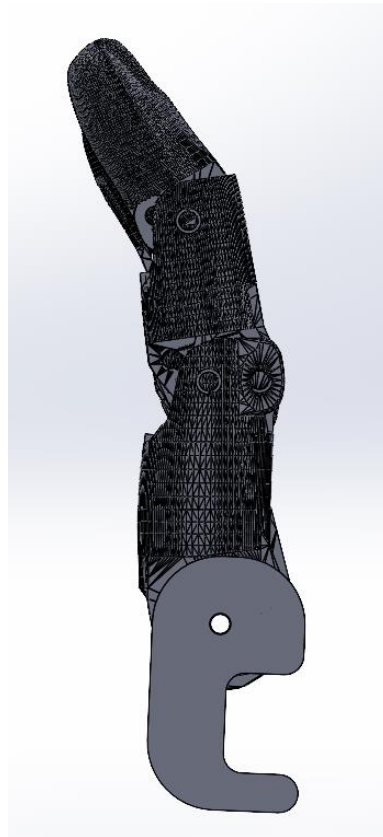
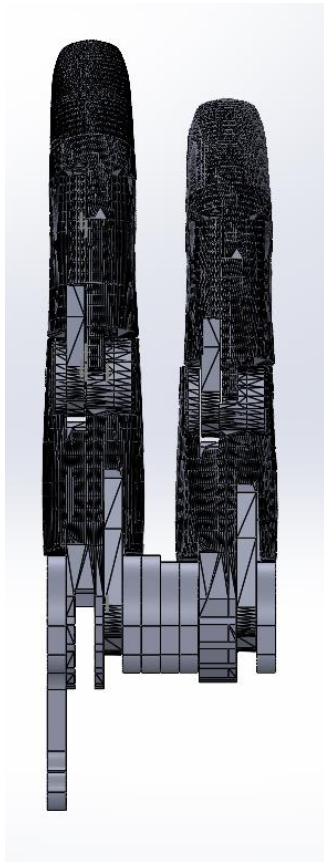
4. Modelo y Diseño en SolidWorks

El diseño en SolidWorks contemplará los siguientes aspectos:

- **Estructura básica de la prótesis:** Diseño modular que servirá como plataforma de prueba.
- **Integración de servomotores MG995:** Permitirá el movimiento controlado de los dedos.
- **Ubicación estratégica de sensores MyoWare:** Para una captura eficiente de señales musculares.
- **Simulaciones estructurales y funcionales:** Validación del diseño mediante pruebas virtuales de resistencia y movimiento.

A continuación, se muestra la propuesta inicial de diseño.





Animación del funcionamiento de la mano biónica:

<https://www.youtube.com/watch?v=NPjUKWOOwLg>

Diseño del acoplamiento (socket) para la amputación:

- Se tomará como base la forma anatómica de la extremidad residual para modelar un manguito que envuelva cómodamente el brazo. Este manguito se diseñará en SolidWorks, prestando especial atención a la distribución de presiones y a la alineación con el eje de la mano biónica.
- Se contemplarán soportes y puntos de ajuste que permitan acomodar la forma del brazo, minimizar la fricción y distribuir el peso de forma uniforme. Para ello, se podrían considerar materiales flexibles en el área de contacto combinados con un armazón rígido (PLA o ABS) que aporte estabilidad estructural.

Ubicación de los sensores MyoWare 2.0 dentro del acoplamiento:

- Los sensores MyoWare 2.0 se colocarán en puntos estratégicos de la musculatura remanente, donde exista suficiente actividad eléctrica para accionar la prótesis. Por lo general, se buscan zonas con actividad muscular clara (flexores y extensores que puedan distinguirse).
- Dentro del socket se habilitarán cavidades o ranuras específicas para asegurar los sensores. Esto protegerá el circuito y los conectores, evitando que se muevan o se dañen durante el uso cotidiano.

Integración de la batería en el manguito:

- Para optimizar la distribución de peso y simplificar la conexión eléctrica, la batería se alojará en el mismo manguito, en un compartimento protegido y fácilmente accesible.
- Esta posición evita incrementar el volumen y el peso en la parte distal de la prótesis (donde se ubican los motores y la ESP32) y contribuye a un mejor balance.

Conexión con la mano biónica:

- La mano biónica, que contiene los motores y la placa ESP32, se acoplará al manguito a través de un sistema mecánico (por ejemplo, un conector o brida) que garantice una unión firme y alineada.
- Desde el interior del manguito, los cables de los sensores MyoWare y de la batería se dirigirán hacia la entrada de la ESP32, ubicada en la mano. Se buscará proteger dichos cables con recubrimientos o canales impresos para evitar daños y facilitar el mantenimiento.

Materiales

Ítem	Componente	Descripción	Especificaciones técnicas	Cantidad	Costo Unitario (MXN)	Referencias
ITM-001	MyoWare 2.0 Muscle Sensor Development Kit	Captar señales musculares para procesar la actividad EMG en tiempo real	Voltaje de alimentación: +2.27V (mín.) a +5.47V (máx.) - Modos de salida: Raw EMG, Rectified, Envelope - Diseño Wearable - Dimensiones: 37.57mm x 35.90mm - Protección de polaridad inversa - Ajuste de ganancia integrado	1 kit	3,064.58	URL
ITM-002	ESP32 DevKitC	Contiene el modelo TinyML para analizar las señales musculares y ejecutar la apertura, cierre o estado de reposo de la mano biónica	Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth BLE 4.0 - Voltaje de operación: 2.7V – 3.6V - Dimensiones: 52 mm x 28 mm x 14 mm - Dual core 32 bits, 520KB RAM - Puerto USB micro B para alimentación y depuración	1	114.59	URL
ITM-003	Servomotores MG995 (kit de 5)	Moverán los dedos de la prótesis	Voltaje de operación: 4.8 ~ 7.2V - Torque (aprox. 9-11 kg/cm a 6V, dependiendo de la versión)	3 servos (se compra 1 kit)	399.56 (kit)	URL

			- Dimensiones: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm - Peso (por servo): ~55 g - Se adquiere en kit de 5 servos			
--	--	--	---	--	--	--

5. Plan de Trabajo (Próximas 3 Semanas)

Semana 1:

- Recolección de requerimientos técnicos y análisis de las necesidades del usuario.
- Desarrollo del diseño inicial en SolidWorks, enfocándose en la estructura base y los puntos de articulación.
- Selección de materiales idóneos para la fabricación mediante impresión 3D.
- Comienzo de la recolección de datos musculares usando sensores MyoWare.

Semana 2:

- Refinamiento del diseño en SolidWorks con mejoras estructurales y optimización de mecanismos.
- Fabricación de los primeros prototipos utilizando impresión 3D.
- Preprocesamiento de datos y entrenamiento inicial del modelo con TensorFlow.
- Pruebas iniciales de ajuste y ergonomía en modelos físicos.

Semana 3:

- Modificaciones finales según resultados de pruebas previas.
- Integración de los sensores MyoWare y pruebas de detección de señales musculares.
- Desarrollo de mecanismos funcionales para el control de movimiento de los dedos.
- Implementación del modelo TinyML en ESP32 DevKitC y pruebas en tiempo real.

Este plan de trabajo proporcionará una base sólida para la implementación de un sistema de control en tiempo real para la prótesis de mano biónica, asegurando una respuesta óptima a las señales musculares del usuario.