

## Ficha de detalles de la invención

### Título de la invención:

Integrador de Vigilancia Ortopédica (IVO)

### 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA TÉCNICO

Indique y describa cuál es el problema técnico (o los problemas técnicos) que busca resolver la invención.  
*Se considera problema técnico aquel aspecto técnico (estructura, configuración, entre otros), que antes de la invención no tenía solución o tenía soluciones distintas a la provista por la invención.*  
*En caso de Diseño Industrial, omitir esta parte.*

La invención busca resolver un problema técnico relacionado con la verificación, continua y fiable del uso del corsé ortopédico en pacientes con escoliosis, debido a que la efectividad del tratamiento depende del tiempo de uso del dispositivo. En la práctica clínica, esta información suele obtenerse mediante el reporte propio del paciente o de sus cuidadores, métodos que se consideran imprecisos y subjetivos, lo que puede atrasar el tratamiento. Estudios previos han demostrado que la discrepancia entre el uso reportado y el uso real puede ser considerable. Dolan et al. evidenciaron que los pacientes suelen sobreestimar las horas de uso cuando no se emplean dispositivos de registro objetivo, generando una diferencia estadísticamente significativa entre el uso declarado y el registrado electrónicamente [1].

#### **Deficiencias técnicas en soluciones actuales**

Las soluciones existentes para monitoreo de adherencia se basan principalmente en sensores de temperatura alojados dentro del corsé. Sin embargo, investigaciones como las de Rahman et al. señalan que estos dispositivos presentan problemas de exactitud debido a la influencia del clima, la sudoración y la actividad física, factores que generan fluctuaciones térmicas independientes del uso real del dispositivo [2]. Otra deficiencia relevante es la ausencia de monitoreo en tiempo real. Como indica Karol, la falta de sistemas capaces de transmitir información continua limita la capacidad de correlacionar de manera precisa la adherencia con la progresión de la escoliosis, y complica la toma de decisiones clínicas oportunas [3]. Esta carencia resulta especialmente problemática en etapas de crecimiento acelerado, donde el seguimiento constante es crucial. Finalmente, existe una falta de integración entre los datos de los sensores y comunicación con plataformas externas. Aunque se han desarrollado tecnologías aisladas basadas en sensores térmicos o de presión, la literatura coincide en que no se dispone de un sistema portátil totalmente autónomo que combine la detección del uso, el procesamiento inmediato de la información y la transmisión automática hacia cuidadores o especialistas. La ausencia de esta integración obliga a recurrir a dispositivos independientes o revisiones manuales, reduciendo la fiabilidad y utilidad clínica del monitoreo.

#### **Problema técnico que aborda la invención**

El dispositivo propuesto aborda la ausencia de un sistema integral capaz de medir objetivamente el uso de un corsé ortopédico, procesar dicha información en tiempo real y transmitirla de manera continua sin requerir intervención del usuario, lo que resulta fundamental para mejorar la adherencia terapéutica y optimizar los resultados clínicos en pacientes con escoliosis.

### REFERENCIAS (IEEE)

- [1] L. A. Dolan, S. L. Weinstein, et al., "Brace compliance in patients with adolescent idiopathic scoliosis," *Spine*, vol. 29, no. 20, pp. 2257–2261, 2004.
- [2] T. Rahman et al., "Electronic monitoring of scoliosis brace wear," *J. Pediatr. Orthop.*, vol. 24, no. 4, pp. 353–357, 2004.
- [3] L. A. Karol, "Effectiveness of bracing in adolescent idiopathic scoliosis and impact of compliance," *J. Pediatr. Orthop.*, vol. 36, no. 1, pp. 61–66, 2016.

## 2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL INVENTO:

Describe la invención de forma clara enfatizando en qué consiste el concepto inventivo central. Si la invención es un producto, máquina, equipo y especifique sus partes y cómo se relacionan. Si la invención es un procedimiento, especifique los pasos, parámetros de operación, insumos, o cualquier otra información relevante para alcanzar el efecto técnico. La invención puede tener el procedimiento y su producto novedosos por lo que puede detallar los dos. (Mínimo 250 palabras). *Incluya figuras, fotografías o diagramas. Adjunte a esta ficha todos las publicaciones u otros documentos asociados que posea al respecto*

En caso de Diseño Industrial, adjuntar imágenes o fotos del producto

IVO es un liner instrumentado insertable entre el corsé ortopédico y el torso del paciente que integra sensores de presión y temperatura, procesamiento local, alertas a través de un motor de vibración y comunicación inalámbrica para supervisar y mejorar la adherencia al tratamiento de escoliosis infantil. El dispositivo cuenta con un case para proteger todos los elementos electrónicos y sensores de presión que se adhieren a un revestimiento.

Vista frontal y posterior de IVO

Vista del case de IVO

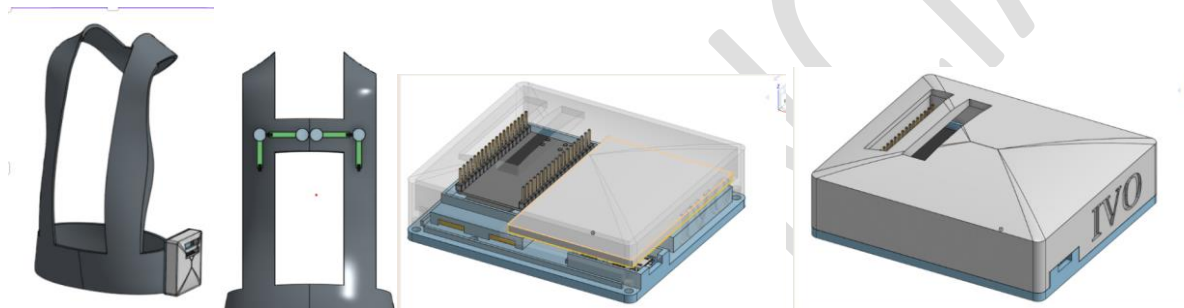


Fig. 1 Dispositivo IVO en Onshape

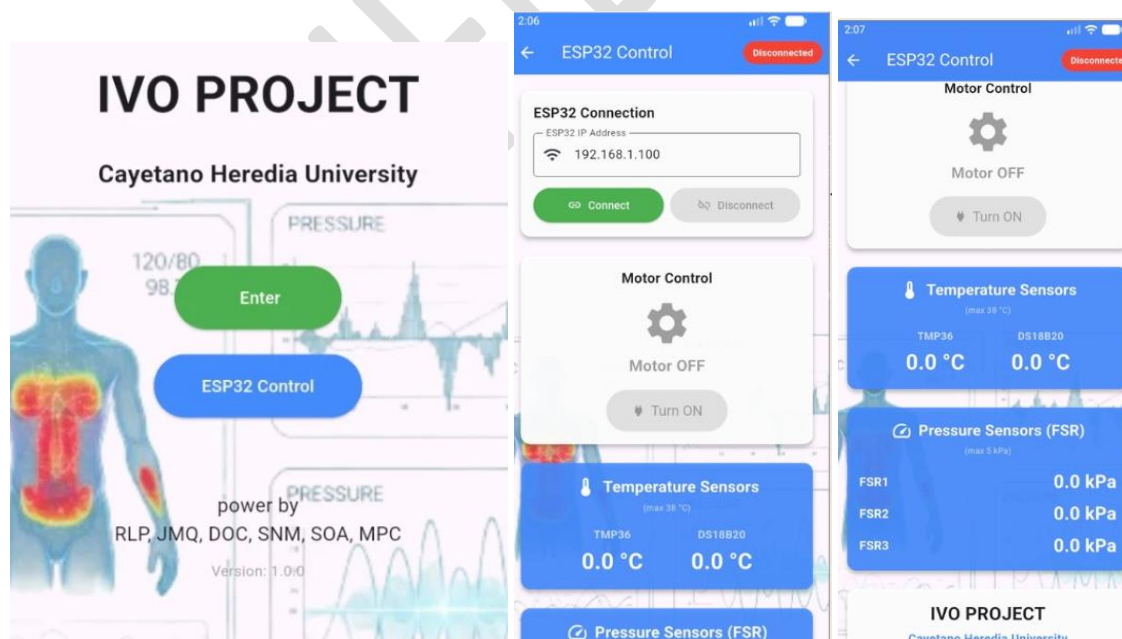


Fig. 2. Aplicación Móvil de IVO

**Liner:** soporte textil con cavidades o canales donde se alojan sensores de presión. El liner se fija en el interior del corsé mediante velcro o costuras protegidas.

**Sensores de presión (4 unidades):** FSR402 colocados horizontalmente a la altura de las costillas (dos a cada lado).

**Sensores de temperatura (2 unidades):** distribuidos en zonas críticas donde el calor se acumula. Un TMP36 y un DS18B20.

**Microcontrolador:** módulo ESP32 Recibe continuamente las señales de los cuatro sensores de presión y de los dos sensores de temperatura mediante sus entradas analógicas, las convierte a datos digitales y determina si el corsé está colocado, si la presión aplicada es adecuada y si la temperatura es segura. Una vez procesada la información, el ESP32 activa el motor vibratorio cuando se supera un umbral de presión o temperatura. Además, gracias a su conectividad WI-FI, transmite en tiempo real los datos de uso hacia la aplicación móvil, donde los cuidadores pueden visualizar los datos de los sensores. Esto permite supervisión continua sin intervención del usuario y sin necesidad de módulos adicionales.

**Actuador háptico:** motor de vibración montado fuera del case; se activa en dos eventos: sobrepresión y sobretemperatura.

**Fuente de energía y gestión:** batería LiPo recargable, TP4056 y MT3068.

Case y encapsulado: caja compacta con aislamiento térmico y mecánico, fijada al liner en zona lateral para evitar molestias. Conectores o trazas flexibles (flex PCB) unen sensores al case.

**Software / App: Aplicación móvil (BLE):** muestra si es dispositivo se está utilizando y los datos de los sensores

**Case Principal:** El case principal es una carcasa compacta que aloja la electrónica del sistema, incluyendo el ESP32, los módulos de alimentación y las conexiones de los sensores. Su función es proteger los componentes frente a golpes, polvo y manipulación externa, además de organizar el cableado y permitir una salida limpia hacia los sensores. El diseño considera espacio para ventilación básica, montaje seguro y acceso a los puertos necesarios. Fue impreso en 3d con el material PLA.

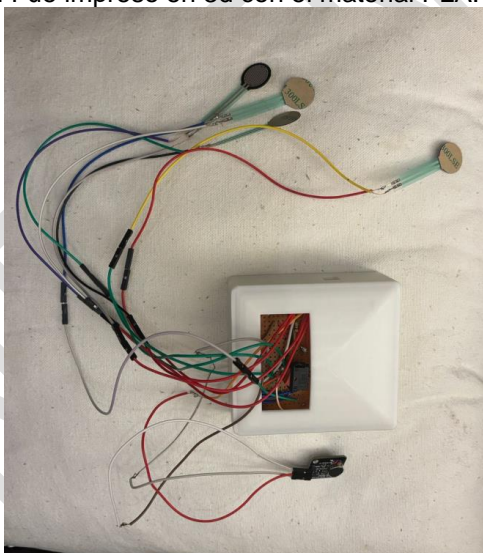


Fig 3. Case junto a la electrónica ensamblada

### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS ANTECEDENTES

Liste y describa los productos, procedimientos más parecidos a su proyecto y los principales antecedentes técnicos o bibliográficos que haya consultado. Explique cuáles fueron los principios técnicos en los que se inspiró para obtener la invención; o que usó y estudió durante el proceso de investigación que dio como origen al proyecto. Pueden ser papers, tesis, vídeos, documentos, libros, etc.

#### Patentes relevantes

Las innovaciones recientes en ortesis inteligentes buscan mejorar la medición del uso real del corsé y optimizar su ajuste mediante sensores y conectividad. Una de las referencias más relevantes es la patente US20240139017A1, que describe un corsé para escoliosis equipado con vejigas inflables, sensores de presión, una unidad de procesamiento y conectividad inalámbrica, permitiendo registrar la presión ejercida y analizar la adherencia mediante plataformas externas [1]. Otra contribución importante es la patente US20220226140A1, la cual integra sensores de presión dentro del corsé y un módulo de control que procesa la información, se comunica con un dispositivo externo y ofrece retroalimentación inmediata para mejorar el ajuste y fomentar el cumplimiento terapéutico. Incluye además elementos de gamificación para aumentar la motivación del paciente pediátrico [2]. Asimismo, la patente WO2023126559A1 propone un dispositivo ortésico dinámico basado en bandas elásticas correctivas y sensores conectados por Bluetooth, orientado a mejorar la comodidad y registrar en tiempo real la presión aplicada a lo largo del tratamiento [3].

#### Productos comerciales

En el mercado existen soluciones que implementan monitoreo objetivo del uso del corsé. **ThermoBrace** (ISICO) es un sistema de monitoreo por temperatura ampliamente referenciado en la práctica clínica que registra las horas reales de uso del corsé para evaluar adherencia y ajustar el tratamiento; su empleo ha sido documentado en estudios clínicos y revisiones sobre cumplimiento de bracing [4], [6]. **Boston Sensor** es un dispositivo comercial que se aloja en el corsé (modelo Boston) y registra la temperatura interna para estimar los patrones de uso; su fabricante lo promociona como herramienta de mejora de la adherencia integrada al brace Boston [5]. Recientemente se han presentado nuevos desarrollos comercial-clínicos como **Cor-Esc (Cor-Esc-25)**, un módulo diseñado para instalarse en distintos corsés que combina sensores de temperatura y presión con conectividad Bluetooth para ofrecer datos objetivos sobre el uso y ajuste del brace [7]. Otro producto con enfoque en telemetría clínica es **ScolioSense**, un sistema certificable que integra sensores en el brace y una plataforma móvil/web para monitorizar en tiempo real la colocación, el ajuste y la adherencia del paciente [8].

#### Soluciones open-hardware y plataformas modulares

El desarrollo de sistemas open-hardware ha permitido explorar alternativas más accesibles para el monitoreo del corsé. Se han implementado módulos basados en sensores FSR, IMU y sensores piezoeléctricos conectados a microcontroladores como ESP32 o Arduino, capaces de registrar presión, postura y movimiento. Estas soluciones han sido usadas en investigaciones debido a su bajo costo, facilidad de integración en corsés comerciales y capacidad de transmitir datos mediante Bluetooth Low Energy hacia aplicaciones móviles. Aunque estas plataformas aportan flexibilidad y adaptabilidad, aún carecen de estandarización clínica y suelen presentar variabilidad en la precisión de los sensores.

#### Referencias

- [1] U.S. Patent US20240139017A1, "Corset for scoliosis with inflatable pressure bladders," D. B. McCoy, 2024.
- [2] U.S. Patent US20220226140A1, "Back brace and system for treatment management," C. Geremtzes et al., 2022.
- [3] WO Patent WO2023126559A1, "Dynamic compression orthotic device with sensors," C. Gutiérrez San Román et al., 2023.
- [4] S. Donzelli et al., "Adolescents with idiopathic scoliosis and their parents have differing attitudes toward the brace: compliance monitoring and clinical impact," *Scoliosis and Spinal Disorders*, 2017. Available: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13013-017-0119-x>.
- [5] Boston O&P, "Boston Sensor — Improve Scoliosis Brace Compliance," product page. Available: <https://www.bostonoandp.com/products/scoliosis-and-spine/boston-sensor/>.
- [6] ISICO, "ThermoBrace / use of temperature sensors to monitor brace wear," ISICO resources. Available: <https://en.isico.it/isico/ricerca/pdf/ID00680.pdf> and <https://en.isico.it/2019/01/01/scoliosis-a-sensor-for-better-bracing-treatment/>.



[7] "Cor-Esc-25: dispositivo para monitorización del corsé," Farmacosalud / ConSalud / La Razón (informes de prensa sobre Cor-Esc-25), 2025. Examples: <https://farmacosalud.com/creado-un-dispositivo-que-mejora-el-tratamiento-de-la-escoliosis-idiopatica-en-el-adolescente/> and <https://www.consalud.es/saluddigital/innovacion-tecnologica/nuevo-dispositivo-permite-mejorar-el-tratamiento-de-la-escoliosis-idiopatica-del-adolescente.html>.

[8] Aidplex Scoliosis, "ScolioSense — smart wearable device for real-time monitoring of scoliosis braces," product and documentation pages. Available: <https://scoliosense.com/> and <https://apps.apple.com/gr/app/scoliosense/id1534689026>.

CONFIDENCIAL



**3.1. ¿Conoce algún trabajo o invento que se parece más a su invento?** Si la respuesta es afirmativa, enumerar, indicando el nombre de la publicación, la fuente y fecha de publicación y adjuntar un breve resumen de dicho antecedente.

CONFIDENCIAL

**3.2 Si Ud. ha identificado la existencia de un antecedente más cercano en el punto 3.1, señale cuáles son las características técnicas novedosas de su invento en relación con dicho(s) antecedente(s).** De preferencia limite este comparativo solo a los tres antecedentes que considere más cercanos en el aspecto técnico y científico a su invención (el estado de la técnica).

CONFIDENCIAL



#### 4. VENTAJAS DE LA INVENCION

**Detalle** las ventajas que tiene la invención respecto a los antecedentes. Las ventajas podrían ser: mayor sensibilidad, especificidad, no presenta efectos secundarios, menor tiempo de diagnóstico, etc.

##### 1. Monitoreo objetivo y cuantificable del uso del corsé

IVO proporciona mediciones directas (presión y temperatura), sustituyendo el autoreporte. Esto permite conocer la calidad del ajuste, reduciendo la incertidumbre clínica y mejorando la toma de decisiones terapéuticas.

##### 2. Detección en tiempo real de colocación/retirada y desajustes

El procesamiento local por el ESP32 permite identificar inmediatamente si el liner ha sido retirado o si la presión aplicada está fuera de los rangos establecidos. Esta detección temprana posibilita intervenciones oportunas (alertas al cuidador o ajustes inmediatos), disminuyendo periodos sin tratamiento efectivo.

##### 3. Retroalimentación háptica inmediata para el paciente

El motor de vibración activa señales locales cuando se detectan sobrepresión o sobretemperatura, ofreciendo una corrección inmediata sin necesidad de supervisión externa. Para niños reacios o con baja tolerancia, la vibración puede reducir la necesidad de intervención directa y promover autocorrecciones o recordatorios discretos.

##### 4. Supervisión remota mediante aplicación móvil

La transmisión WIFI hacia una app permite que cuidadores visualicen datos en tiempo real. Esto facilita el seguimiento entre citas clínicas, mejora la comunicación cuidador-clínico y posibilita intervenciones a distancia.

##### 5. Mejora de la seguridad del paciente

El monitoreo de temperatura del módulo y alertas por sobrecalentamiento previenen riesgos de irritación o lesión cutánea.

##### 6. Diseño modular y potencial de compatibilidad con múltiples corsés

Al diseñarse como un complemento que puede integrarse dentro del corsé, IVO favorece la reutilización entre modelos y reduce la necesidad de rediseñar el corsé completo. Esto facilita su adopción en distintos centros y pacientes.

##### 7. Confort y aceptabilidad mejorados

Sensores delgados y un case compacto reducen la intrusividad del sistema. Menor volumen y posibilidad de miniaturización aumentan la tolerancia en niños, disminuyendo rechazo y mejorando la adherencia por confort físico.

##### 9. Configurabilidad clínica y personalización del tratamiento

Umbral de presión y temperatura configurables adapte los parámetros al caso particular del paciente.

##### 10. Facilita mantenimiento y escalabilidad

Arquitectura modular (sensores reemplazables, case con acceso) simplifica reparaciones y actualizaciones. Esto reduce costos de mantenimiento y permite escalar la solución a programas clínicos más amplios.

## 5. DESCRIPCIÓN DE LAS DIVULGACIONES

Indique las divulgaciones que ha realizado de la invención a través de cualquier medio: escrito, oral, búsqueda de financiamiento; y las fechas en que se dieron estas divulgaciones. (si hubiese más de una divulgación puede agregar replicar la tabla)

Tipo de divulgación (Paper, tesis, conferencia, vídeo, libro, etc.)	Exposición del hito 2(En clase)
Fecha de publicación	26/11/2025
Enlace (en caso aplique)	
¿Existen diferencias respecto a lo divulgado?	Existen diferencias, en esta presentación se presentó un liner impreso en 3d, ahora se está utilizando uno textil.

Tipo de divulgación (Paper, tesis, conferencia, vídeo, libro, etc.)	Ficha técnica
Fecha de publicación	3/12/2025
Enlace (en caso aplique)	<a href="#">funbio/Domentación/Entregables/Descripción del problema técnico at main · reishelsullivan/funbio</a>
¿Existen diferencias respecto a lo divulgado?	No existen diferencias

## 6. INFORMACIÓN ADICIONAL

6.1 ¿Se puede verificar realmente que el Invento funciona o es obtenible? ¿Qué pruebas ha realizado para acreditar su funcionamiento u obtención?

Enumerar las pruebas. Por ejemplo, si se hizo algún proceso de estandarización basado en algún método oficial u técnica reconocida por alguna institución internacional de estandarización.

Sí, el invento es obtenible y funcional a nivel de prototipo, y su desempeño se ha verificado mediante distintas pruebas de laboratorio. Hasta el momento se han realizado las siguientes:

1. Prueba de funcionamiento básico del módulo electrónico

Verificación del encendido del sistema, estabilidad de la alimentación y correcta lectura de los sensores conectados al ESP32-S3 mediante monitor serie. Se comprobó que el microcontrolador reconoce los FSR y ambos sensores de temperatura (TMP36 y DS18B20) y que las señales varían coherentemente ante cambios de presión y temperatura.

2. Pruebas de caracterización estática de los FSR

Aplicación de cargas conocidas sobre los FSR (usando pesos o fuerzas aproximadas controladas) para registrar la variación de la señal de salida. Con ello se obtuvo una relación cualitativa entre nivel de presión y valor leído, permitiendo identificar rangos útiles para detectar zonas de sobrepresión dentro del liner.

3. Pruebas de respuesta térmica y monitoreo de sobrecalentamiento

8. Comparación de las lecturas del TMP36 y del DS18B20 frente a una referencia (termómetro comercial) en distintas condiciones de ambiente y contacto. Además, se hizo funcionar el ESP32-S3 por periodos prolongados para observar el aumento de





#### 6. Pruebas de respuesta térmica y monitoreo de sobrecalentamiento

Comparación de las lecturas del TMP36 y del DS18B20 frente a una referencia (termómetro comercial) en distintas condiciones de ambiente y contacto. Además, se hizo funcionar el ESP32-S3 por periodos prolongados para observar el aumento de temperatura y validar que el sistema es capaz de detectar posibles sobrecalentamientos del módulo.

#### 7. Pruebas de integración en el liner

Montaje del sistema sensorial y el módulo electrónico sobre la estructura textil del liner y pruebas sobre un soporte físico que simula el torso. Se verificó la continuidad de las lecturas en diferentes posturas y ajustes, así como la estabilidad mecánica de las conexiones.

#### 8. Pruebas de adquisición y registro de datos

Ensayos de adquisición continua durante un intervalo de tiempo usando la aplicación, revisando que no haya pérdidas de señal y que los datos puedan exportarse o visualizarse correctamente para futuros análisis.

Si bien aún no se ha realizado un proceso de estandarización formal bajo una norma internacional específica, las pruebas se han basado en procedimientos de calibración y verificación descritos en literatura técnica y en las hojas de datos de los fabricantes de los sensores.



6.2 Explique en un (1) párrafo como máximo. Cómo se llevaría a cabo la implementación del invento (Resultaría fácil poder implementar al momento de usarlo, explique porqué).

La implementación del invento es bastante sencilla ya que al ser un liner este se coloca pasando los brazos a través de los tirantes .Posteriormente , se podrá ajustar el liner con las medidas que el usuario requiera conforme vaya creciendo. Para finalizar, una vez que el liner ya se encuentre ajustado podrá procederse a encender el dispositivo.

Fecha:2/12/2025

CONFIDENCIAL