

# Manual de usuario

## ASPEBI

Mayo 2021

*Ronald Sebastian Cárdenas Prieto y Paula Andrea  
Rueda Gaitán*

# Contents

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Equipo MTw Awinda</b>	<b>4</b>
2.1	Generalidades	4
2.1.1	Sensores	4
2.1.2	Estación Awinda	6
2.2	Uso del equipo	7
<b>3</b>	<b>Colocación de los sensores</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Instalación de la aplicación</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>ASPEBI</b>	<b>15</b>
5.1	Inicio	15
5.2	Registro	15
5.3	Protocolo	17
5.4	Reproducción	18
5.5	Exportar	21
<b>6</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>FAQ</b>	<b>23</b>

# 1 Introducción

ASPEBI es una herramienta de visualización y análisis diseñada para el estudio de parámetros de la marcha en pacientes con dolor lumbar inespecífico mecánico antes y después de la realización de la prueba de extensión en bípedo de los isquiotibiales (PEBI) por medio de unidades de medida inercial.

En este documento se describen cada uno de los pasos para descargar, instalar y utilizar la herramienta; así como la información necesaria para utilizar el equipo Awinda de Xsens y realizar el protocolo experimental. Finalmente, se encuentra una sección de FAQ (preguntas frecuentes) que puede consultar cuando lo requiera.

La información del equipo descrita en este documento se basó en el manual de usuario de Xsens (Xsens (Mayo, 2018). *MTw Awinda User Manual*)

## 2 Equipo MTw Awinda

### 2.1 Generalidades

El equipo MTw de Awinda consta de 17 sensores iniciales, de los cuales se utilizan 7; dos cargadores, una estación Awinda, tres cables de alimentación, una antena, tres adaptadores de tomacorriente, un cable USB para conectar la estación al PC, bandas de velcro para sujetar los sensores, una banda para la cabeza, tres camisetas, 3 pares de guantes, un par de velcros para zapatos y un flexómetro.



**Figure 2.1:** Equipo MTw Awinda de Xsens

#### 2.1.1 Sensores

Los sensores MTw son unidades de medición inercial inalámbricas que incorpora incorpora acelerómetros 3D, giroscopios, magnetómetros y un barómetro. El procesador maneja el muestreo, el almacenamiento en búfer, la calibración y la integración de los datos iniciales, así como el protocolo de red inalámbrica para la transmisión de datos. A continuación se describen algunas características técnicas de los sensores que se deben tener en cuenta para el registro de datos.

Característica	Valor
Tipo de comunicación	WiFi
Latencia	30 ms
Tasa de actualización	60 Hz - 80 Hz
Comunicación	50 m
Precisión estática	0.2 deg - 0.5 deg
Precisión dinámica	1 deg RMS
Rango del giroscopio	2000 deg/s
Rango del acelerómetro	±160m/s <sup>2</sup>

**Table 2.1:** Especificaciones del sistema MTw Awinda de Xsens

Los MTw cuentan con un LED en la esquina inferior derecha (Ver Figura 2.2) que indica el estado del sensor. En la Tabla 2.2 se describen los diferentes modos del LED y a qué hacen referencia.



**Figure 2.2:** LED indicativo de los MTw

Estado del LED	Descripción
Encendido	Sensor completamente cargado y acoplado a la estación
Parpadeo	Sensor encendido
Parpadeo lento y sincronizado con la estación	Conectado a la estación
Parpadeo rápido y sincronizado con la estación	Sensor en medición
Tres pulsos cortos	Batería baja
Apagado	Sensor apagado o suspendido (agite levemente para que se enciendan nuevamente o presione el botón por 5 segundos)

**Table 2.2:** Estado del LED de los MTw

## 2.1.2

### Estación Awinda

La estación Awinda controla la recepción de datos inalámbricos sincronizados de todos de forma inalámbrica conectado MTw's y carga hasta 6 MTw's de forma simultánea. Para utilizarla es necesario conectarla al PC con el cable USB y poner la antena, si requiere cargar los sensores conecte el cargador al tomacorriente y acople los sensores.



**Figure 2.3:** Partes de la estación Awinda

La estación cuenta con 5 LEDs que indican su estado durante el registro de datos. A continuación se señala la ubicación de cada uno y en la Tabla 2.3 se resume la descripción de cada indicador.



**Figure 2.4:** LEDs indicadores de la Estación Awinda

Indicador		LED	Descripción
<b>CHRG</b>	Carga	Apagado	El cargador no está conectado a la estación
		Verde	La cargador está conectado a una fuente de 12V
<b>STAT</b>	Estado de la estación	Apagado	El cargador no está conectado y el software MVN Analyze no ha sido iniciado
		Verde	Existe una conexión USB con el PC y el software MVN está corriendo
		Naranja	Existe una conexión USB con el PC
		Rojo	Ha ocurrido un error o sólo el cargador está conectado
<b>EXT</b>	Conexión externa	Apagado	No existe una conexión externa
		Verde	Existe una conexión externa (por ejemplo: puerto de sincronización)
<b>CONN</b>	Conexión inalámbrica	Apagado	No existe conexión inalámbrica
		Verde	Parpadeo lento: radio encendida
			Parpadeo sincronizado con los sensores: conexión establecida
<b>DATA</b>	Recepción de datos	Apagado	Parpadeo rápido: modo de medición activado
		Verde	No se recibieron datos
		Naranja	Modo de medición activado
		Rojo	Transferencia de datos almacenados en el MTw mientras estuvo fuera de rango

**Table 2.3:** Estado de la estación Awinda según los LEDs indicadores

Adaptado de: Xsens (Mayo, 2018). *MTw Awinda User Manual*

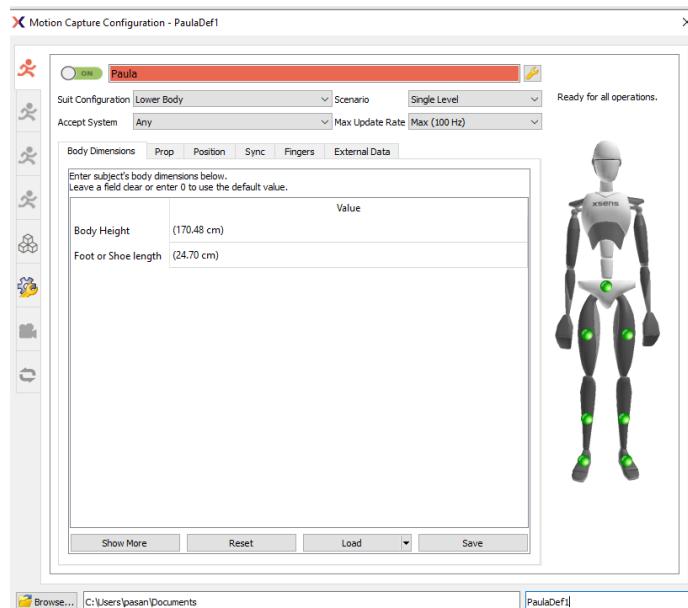
## 2.2

## Uso del equipo

Para hacer uso del equipo MTw Awinda de Xsens en la implementación del protocolo experimental planteado en el proyecto, siga los pasos descritos a continuación:

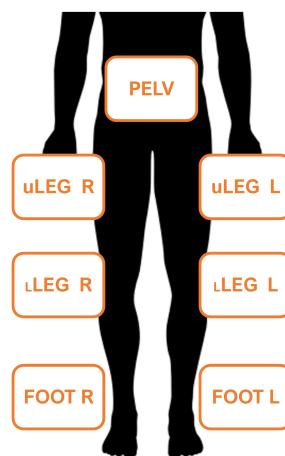
- 1 Retire los sensores del maletín y enciéndalos presionando el botón de la parte inferior por aproximadamente 5 segundos.
- 2 Inicie una nueva sesión en el software MVN Analyze y verifique que todos los sensores han sido identificados correctamente por el software. Para ello, diríjase a la herramienta señalizada con una llave ubicada en la barra superior; se abrirá el *Motion Capture Configuration* y en el ávatar de la derecha se presentarán en color

verde los sensores disponibles.



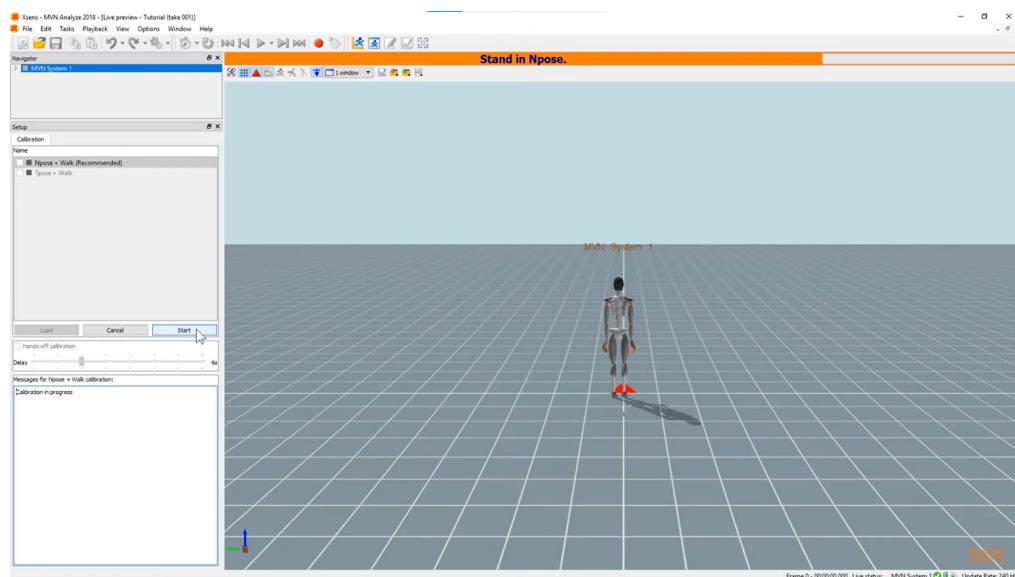
**Figure 2.5:** Motion Capture Configuration

- 3 Verifique el porcentaje de batería que tienen los sensores. Para ello, en la ventana Motion Capture Configuration, diríjase nuevamente a la opción señalizada con una llave. Si los sensores tienen menos del 20% de batería, acóplos a la estación Awinda o a los cargadores.
- 4 Registre la información antropométrica solicitada en el software y guárdela haciendo clic en el botón "Save".
- 5 Organice los sensores en la "Guía de ubicación de los sensores" (Ver Figura 3.1) para agilizar el desarrollo del protocolo experimental con el participante.



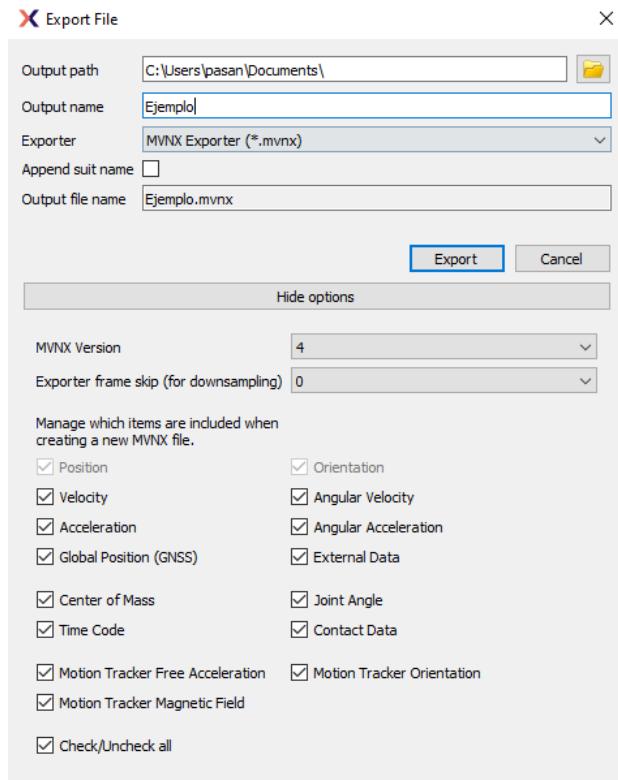
**Figure 2.6:** Guía de ubicación de los sensores

- 6 Identifique el propósito de cada banda de velcro (posición a la que pertenece) según su tamaño o por medio de la anotación en su respectivo cartón.
- 7 Coloque las bandas de velcro en el cuerpo del participante de acuerdo con las instrucciones descritas en la Sección 3 y sujetelos firmemente.
- 8 Inicie el protocolo de calibración. Para ello, seleccione la opción "Calibrate" en el panel izquierdo del software, este le indicará cada uno de los pasos a seguir para realizar este proceso. Si la calibración fue exitosa, puede continuar a la toma de datos. De lo contrario, repita el proceso.



**Figure 2.7:** Calibración de los sensores en MVN Analyze

- 9 Inicie el registro de datos en la sesión haciendo clic en el botón rojo de la barra superior. Instruya y acompañe al participante en el desarrollo de la PEBI y los movimientos para el estudio de la rotación de cadera. Cuando haya finalizado, haga clic sobre el mismo botón y seleccione la ubicación en la que almacenará el archivo. **Nota:** El archivo almacenado en este paso es de tipo .mvn, el SVI ASPEBI requiere de un archivo .mvnx para realizar la reconstrucción y cálculo de parámetros de marcha. Para ello, debe exportar los datos como se describe en los próximos pasos.
- 10 Diríjase a la barra superior y siga la ruta las opciones *File > Open > "Archivo" > File > Export > Export File*. Cuando le solicite seleccionar los datos a exportar, haga clic en la opción *MVNX Exporter (.mvnx)* y marque la casilla *Check/Uncheck all*. De esta manera descargará un archivo con extensión .mvnx con todos los datos de la sesión.



**Figure 2.8:** Exportar datos en un archivo .mvnx

- 11 Por último, retire las bandas y sensores del cuerpo del participante, y apáguelos presionando el botón de la parte inferior por aproximadamente 5 segundos.

### 3

## Colocación de los sensores

El procedimiento a llevar a cabo para la ubicación de los sensores en el cuerpo del participante consta de dos fases: la colocación de las bandas y la sujeción de los sensores. Se cuenta con siete bandas, una para cada uno de los segmentos a reproducir: una para la cadera, dos para los muslos, dos para el segmento bajo la rodilla y dos para los pies. Además, se tienen dos accesorios para los zapatos en el caso de que no sea posible realizar la prueba descalzo. Las bandas pueden ser ubicadas por el participante sobre su cuerpo, sin embargo es recomendable que otra persona lo asista para asegurarse del correcto posicionamiento de estos y posteriormente de los sensores.



**Figure 3.1:** Posición de los sensores

La banda de la cadera debe ser ubicada de forma que se cubra completamente el sacro, su identificación se realiza por medio de la palpación. La banda debe mantenerse fija ante los movimientos, pero no debe apretarse en exceso. El sensor se debe ubicar sobre la pelvis.

Las bandas para la parte superior de la pierna (Upper leg) deben ser colocadas sobre la mitad lateral del muslo, con el velcro hacia la parte externa de la pierna para evitar que el rozamiento con la otra pierna pueda moverlo. El sensor debe ser

ubicado verticalmente sobre la zona más plana de la pierna, en donde el tejido graso es menor; esto evitara el movimiento indeseado del sensor durante el registro. Repita el procedimiento para la otra pierna y asegúrese de que ambos queden a la misma altura.

Las bandas para el segmento inferior de la pierna deben colocarse bajo la rodilla, de forma tal que la flexión no se vea limitada. El sensor se ubica de forma vertical sobre la parte anterior interna de la tibia. Asegúrese de que el participante pueda ubicarse en bípedo sin que los sensores entren en contacto y que estén a la misma altura sobre el cuerpo.

Por último, para los pies existen dos posibilidades. Se sugiere que la prueba se realice sin zapatos; en este caso se toma una banda y se envuelve sobre la zona media del pie, entre la articulación del tobillo y las articulaciones de los dedos. El sensor debe ubicarse sobre la parte superior delantera del pie, con la marca “XSENS” invertida y el botón hacia la pierna del participante. Si por el contrario se realiza la prueba con zapatos, puede ubicarse la almohadilla bajo los cordones y fijar el sensor sobre esta.

Finalmente, verifique que el participante pueda realizar todos los movimientos libremente y con naturalidad sin que los sensores se muevan de la posición preestablecida. Si requiere más información, puede dirigirse al tutorial de Xsens a través del siguiente link:

<https://www.youtube.com/watch?v=HvIWqL0Qx6U>

## 4

# Instalación de la aplicación

Para descargar e instalar la aplicación ASPEBI en MATLAB siga los pasos descritos a continuación:

- 1 Descargue la aplicación ASPEBI en el siguiente enlace:  
[https://drive.google.com/drive/folders/1LraqnRwd560NKOcXXq6qMqGanM21rU\\_O?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1LraqnRwd560NKOcXXq6qMqGanM21rU_O?usp=sharing)
- 2 Diríjase a la ventana principal de MATLAB. En la barra superior encontrará una pestaña llamada "APPS". Haga clic sobre la opción "Install App" y seleccione el archivo previamente descargado.

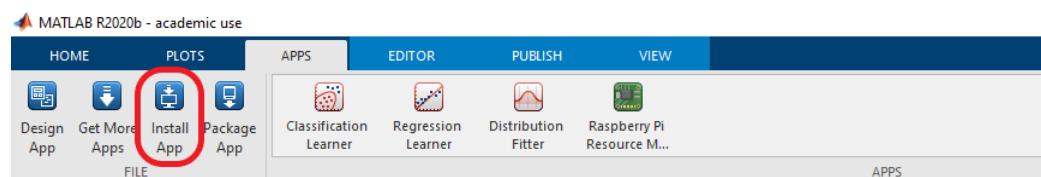


Figure 4.1: Barra superior de MATLAB

- 3 Haga clic en "Install" y espere a que MATLAB lo agregue automáticamente a su barra de aplicaciones.

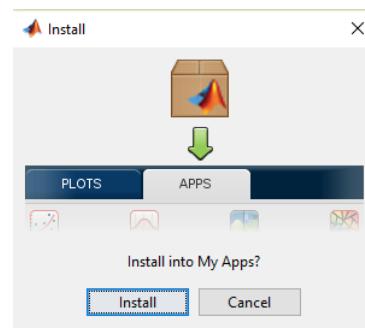


Figure 4.2: Aviso de instalación

- 4 Su aplicación está lista, la encontrará en la barra de aplicaciones siempre que abra MATLAB. Para desinstalarla, de clic derecho sobre el ícono y seleccione la opción "Uninstall".

## Recomendación

El sistema de visualización de información ASPEBI fue diseñado en el software MATLAB en la versión 2020b. Se recomienda que su uso se haga sobre esta misma versión o posteriores para evitar modificaciones automáticas en sus características de visualización.



**Figure 4.3:** Barra de aplicaciones MATLAB

Los requerimientos mínimos y recomendados del equipo se describen a continuación:

■ **Requerimientos mínimos:**

- Computador con memoria RAM de 4GB, procesador Intel o AMD con procesador x86-64.
- Software MATLAB versión R2020a o superiores.

■ **Requerimientos recomendados:**

- Computador con memoria RAM de 8GB, procesador Intel (i7 o superior) o AMD con procesador x86-64.
- Software MATLAB versión R2020b.

# 5 ASPEBI

La herramienta de visualización cuenta con cinco ventanas para navegar por las opciones durante el desarrollo del protocolo experimental: Inicio, registro, toma de datos, reproducción y exportar.

## 5.1 Inicio

En la ventana de inicio (Figura 5.1) se tiene una breve descripción del sistema, su características y funcionalidad; y la información de contacto en caso de requerir soporte. Cuenta además con un botón que le permitirá acceder a este manual para conocer las opciones de la herramienta y el procedimiento a seguir para ejecutar el protocolo.



Figure 5.1: Ventana de inicio del sistema de visualización

## 5.2 Registro

En la ventana de registro (Figuras 5.2 y 5.3) se completa la información básica del participante. En la barra superior, el usuario puede seleccionar su rol y de acuerdo con ello, se desplegará la información correspondiente de registro. De ser necesario, el usuario puede completar la información para los dos roles, y esta se exportará en archivos diferentes. Si desea iniciar nuevamente el registro y limpiar los campos completados, dé clic en el botón "Restablecer". Al terminar dé clic en "Registrar" y su información quedará almacenada. En caso de que alguno de los campos obligatorios

no haya sido llenado o este sea incorrecto, el recuadro de la parte inferior le indicará que hay un problema y el campo aparecerá en rojo y con una recomendación para que pueda corregirlo.

**Nota:** Tenga en cuenta que si bien en este panel se registra información personal del participante, en la base de datos la identificación se realiza con un código alfanumérico. Este se constituye por la primera letra del nombre, la primera letra del apellido y el número de la prueba. Por ejemplo, si el nombre del participante es Juan Martinez y es el tercer participante en realizar la prueba, el código alfanumérico con el que será identificado es "JM03".

Figure 5.2: Ventana de registro para rol de investigador

Figure 5.3: Ventana de registro para rol de médico

## 5.3

## Protocolo

En la Figura 5.4 se puede apreciar la ventana de protocolo, en ella se explica cada uno de los pasos a seguir para la toma de datos, el registro de la información antropométrica y la reproducción del movimiento en el sistema de visualización de información (SVI). El protocolo consta de nueve pasos, cuando complete uno, haga doble clic sobre el botón "siguiente" y automáticamente se marcará en la lista de la derecha.



Figure 5.4: Ventana de instrucción para el protocolo experimental

Cuando se encuentre en la fase de registro de información antropométrica haga clic sobre el botón azul ubicado en la parte inferior (ver Figura 5.5) y se desplegará una ventana para realizar dicho registro (Figura 5.6), guárdelo y cierre la pestaña; la información se almacenará automáticamente.

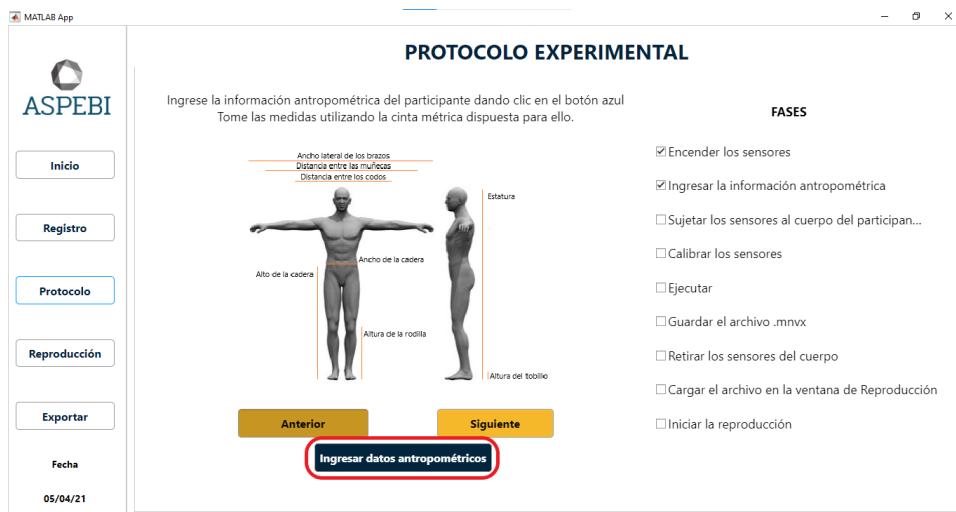
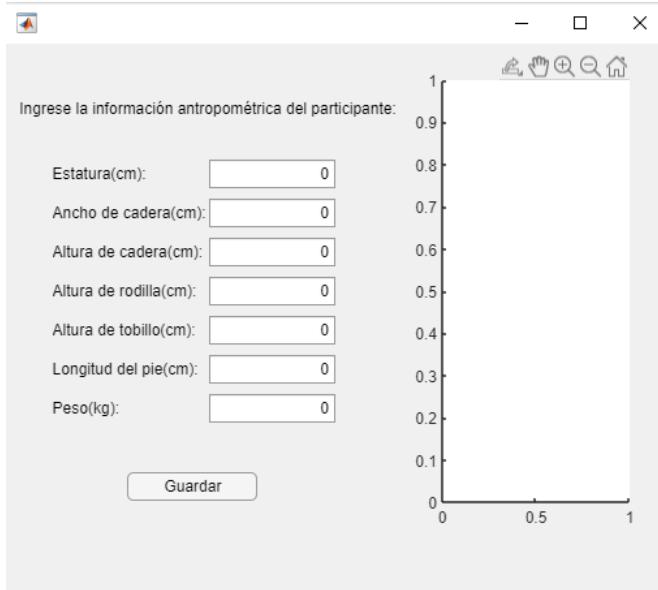


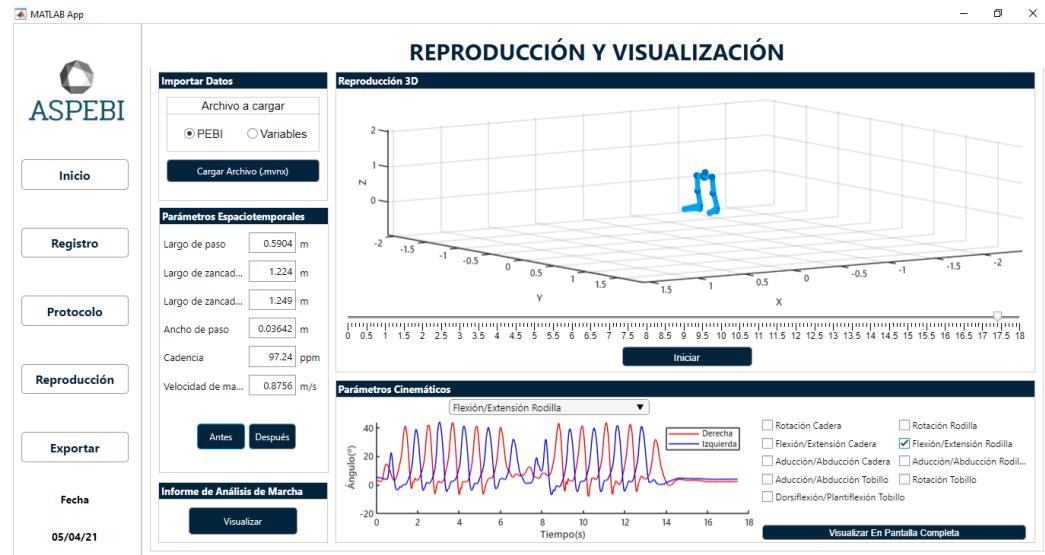
Figure 5.5: Botón para ingreso de la información antropométrica



**Figure 5.6:** Despliegue de ventana para registro de información antropométrica

## 5.4 Reproducción

A continuación encontrará la ventana de reproducción, en esta podrá visualizar la reconstrucción 3D de los movimientos del participante, los parámetros espaciotemporales de la marcha, las gráficas de los ángulos para cada articulación y el informe. Para ello siga cada uno de los pasos descritos a continuación.

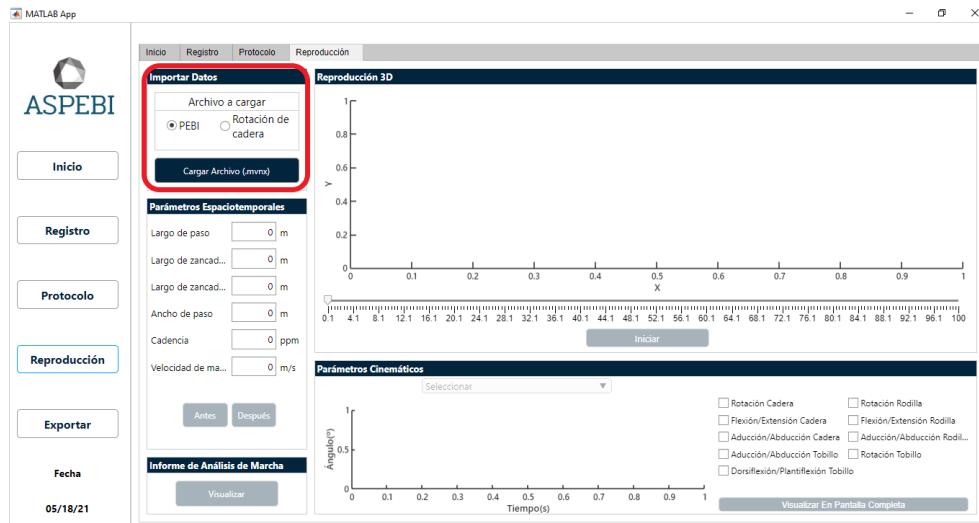


**Figure 5.7:** Ventana de reproducción

- 1 Seleccione el archivo a cargar. Si es la sesión del protocolo de la PEBI, haga clic

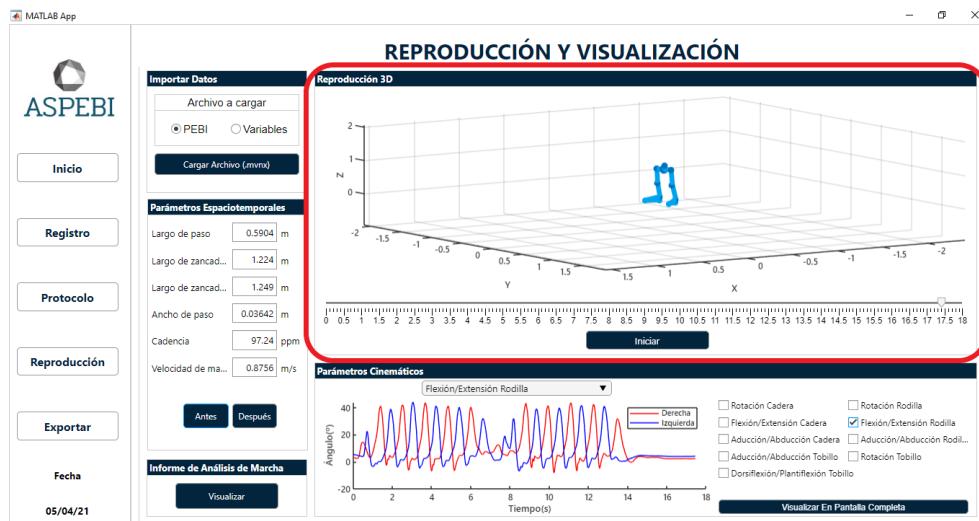
sobre la opción "PEBI"; si es el registro de los movimientos para el análisis de la rotación de la cadera, seleccione la opción "Rotación de cadera".

- Cargue el archivo .mvnx exportado del software MVN Analyze dando clic en el Botón "Cargar archivo". Si desea conocer cómo exportar correctamente los datos, vea la Sección 2 del presente documento.



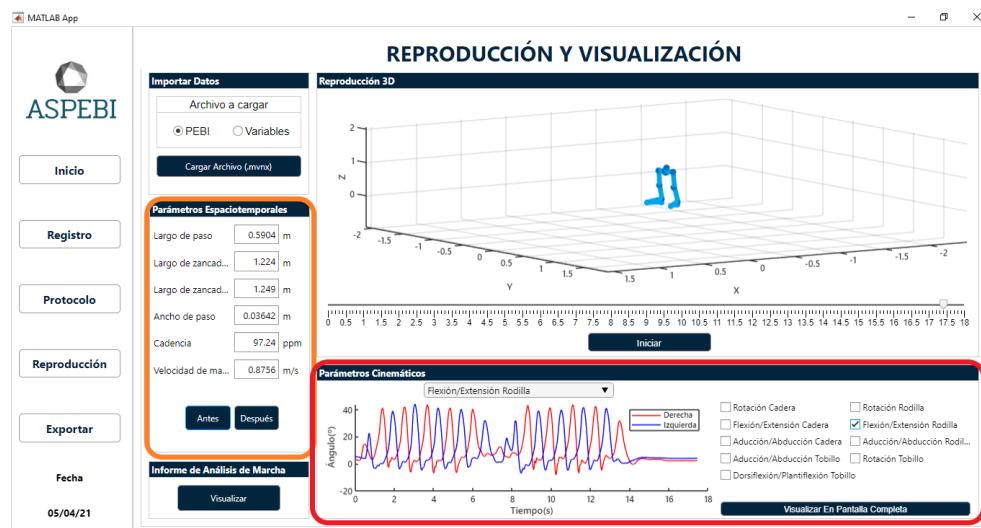
**Figure 5.8:** Botón para cargar el archivo con extensión .mvnx

- Si la información del archivo fue exportada correctamente, todos los botones de los paneles se habilitarán. Se recomienda que inicie visualizando la reconstrucción de movimientos dando clic en el botón "Iniciar". En la parte inferior de este panel encontrará la línea de tiempo, puede desplazar el cursor para retroceder o avanzar en la reproducción.

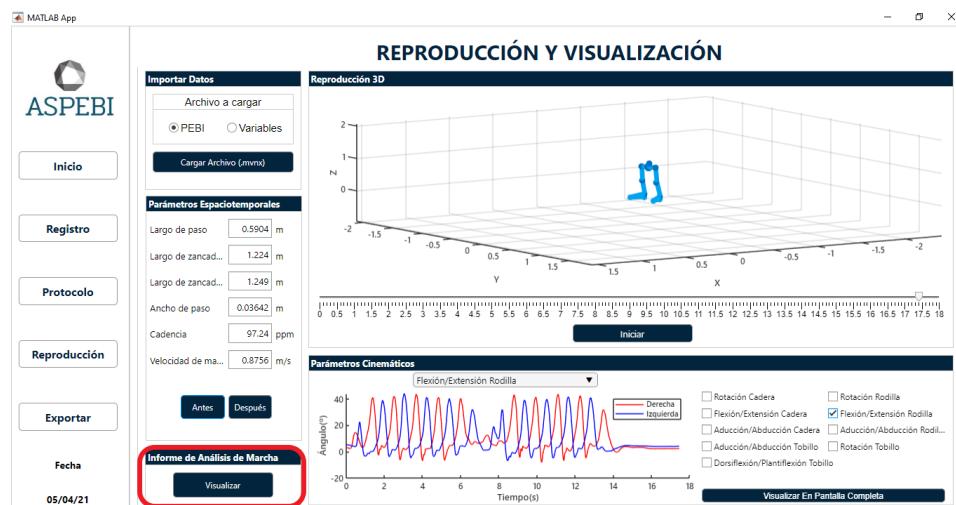


**Figure 5.9:** Iniciar la reproducción de movimiento

- 4 Para visualizar los parámetros espaciotemporales de la marcha en cada momento de la prueba, haga clic en los botones "Antes" y/o "Después" del panel de la izquierda (recuadro naranja). Adicionalmente, puede ver las gráficas de determinada variable para una articulación durante toda la sesión (recuadro rojo). Para ampliar y manipular las gráficas, seleccione las variables en la lista de la derecha y haga clic en la opción "Visualizar en Pantalla Completa" (Ver figura 5.10).
- 5 Finalmente, podrá visualizar toda la información presentada en un reporte de análisis de marcha. En este se recopilan los datos básicos registrados del participante, los parámetros espaciotemporales calculados y las gráficas de marcha. Para acceder al informe en PDF, haga clic sobre el botón "Visualizar" ubicado en el panel **Informe de Análisis de marcha**.



**Figure 5.10:** Opciones de visualización de parámetros y gráficas de marcha

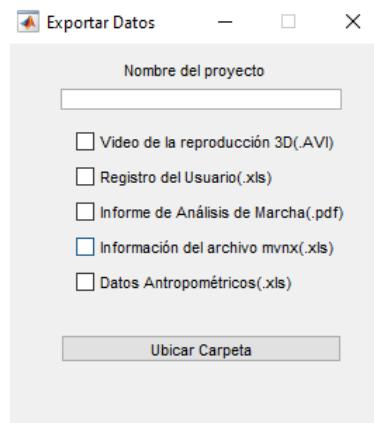


**Figure 5.11:** Botón para acceder al informe en PDF del análisis de marcha

## 5.5

## Exportar

Para descargar y almacenar todos los datos en su ordenador, haga clic en el botón "Exportar", esto desplegará una ventana en la que deberá asignar un nombre a la carpeta en la que desea guardar los archivos y una lista de documentos, de los cuales podrá seleccionar cuáles quiere exportar. Una vez iniciado el proceso de exportación, no cierre la ventana y espere a que el sistema le reporte que los datos han sido guardados satisfactoriamente.



**Figure 5.12:** Ventana para exportar los datos

## 6

# Recomendaciones

- Para el registro de datos de los sensores directamente desde MATLAB, procure utilizar el canal 25 y una frecuencia de muestreo de 100 Hz. Además, si se encuentra en un espacio en el que el WiFi es de uso frecuente, utilice los canales 15, 20 o 25.
- La frecuencia de muestreo difiere para determinado número de sensores. A continuación se resumen las recomendaciones dadas por el fabricante.

Cantidad de sensores	Frecuencia recomendada (Hz)
1-5	120
6-9	100
10	80
11-20	60

- Si los sensores están encendidos pero el LED no alumbría, intente agitarlos ligeramente, de esta forma se activarán nuevamente. Si esto no sucede, verifique el nivel de batería de los sensores.
- Los requerimientos del computador en el que se utilice el SVI debe cumplir con los siguientes requerimientos para su correcto funcionamiento:  
Requerimientos mínimos:
  - Computador con memoria RAM de 4GB, procesador Intel o AMD con procesador x86-64.
  - Software MATLAB versión R2020a o superiores.Requerimientos recomendados:
  - Computador con memoria RAM de 8GB, procesador Intel (i7 o superior) o AMD con procesador x86-64.
  - Software MATLAB versión R2020b.

## **¿Dónde encontrar el Manual de Usuario del equipo MTw Awinda de Xsens?**

En este manual se describe toda la información del equipo MTw Awinda de Xsens requerida para realizar el protocolo experimental y utilizar el SVI ASPEBI. Sin embargo, en caso de requerir información más específica del equipo puede consultar:

- [https://www.xsens.com/hubfs/Downloads/Manuals/MTw\\_Awinda\\_User\\_Manual.pdf](https://www.xsens.com/hubfs/Downloads/Manuals/MTw_Awinda_User_Manual.pdf)
- <https://www.xsens.com/software-downloads>

## **¿Cómo evitar que la calibración en MVN Analyze sea de baja calidad?**

Para realizar una calibración exitosa asegúrese de mantenerse estático al inicio y final de la calibración, además procure girar hacia la izquierda cuando regrese de su recorrido y finalmente ubíquese en la misma posición en la que inició.

## **¿Por qué la ventana de reproducción no habilita los botones para visualizar los parámetros espaciotemporales y cinemáticos?**

Para poder acceder a todas las opciones de análisis cinemático debe cargar un archivo .mvnx con todos los datos entregados por el software MVN Analyze. El sistema le permite cargar archivos con extensión .xls y .mvn, sin embargo, estos no cuentan con toda la información necesaria para realizar el análisis de marcha de la sesión.

## **¿Dónde queda almacenada la información exportada desde el SVI?**

El SVI le permite seleccionar la ubicación de la carpeta en donde se almacenarán todos los archivos descargados bajo el nombre que usted asigne. Recuerde que esta carpeta contiene únicamente los archivos que usted haya seleccionado en la ventana emergente mostrada durante la exportación.