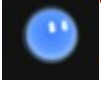


## ¿Qué son los sensores IMU y para qué sirven?



Los sensores **IMU** (Unidad de Medida Inercial) son dispositivos electrónicos que combinan varios sensores para medir y estimar la orientación, velocidad y aceleración de un objeto en movimiento. Están compuestos típicamente por:

- **Acelerómetro**: mide la aceleración lineal (incluyendo la gravedad).
- **Giróscopo**: mide la velocidad angular (rotación).
- **Magnetómetro** (opcional): mide la orientación respecto al campo magnético terrestre.

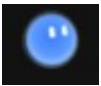
### ¿Para qué sirven?

Se utilizan para:

- **Estimar orientación y posición** en sistemas donde el GPS no es suficiente o no funciona (interiores, drones, vehículos autónomos).
- **Estabilización** en drones, robots, smartphones, consolas de videojuegos (como el Nintendo Switch).
- **Realidad virtual y aumentada**, para seguir el movimiento de la cabeza o el cuerpo.
- **Wearables**, como relojes inteligentes o dispositivos de fitness.
- **Automoción**, para sistemas de estabilidad y control de vehículos.

En resumen, los sensores IMU sirven para **entender cómo se mueve un objeto en el espacio**, incluso sin necesidad de señales externas como el GPS.

## ¿MPU6050 es IMU ?



No, el **MPU6050 no es un IMU completo**, aunque **sí es un sensor de movimiento** muy común y **parcialmente compatible con lo que hace un IMU**.

### ¿Qué es el MPU6050?

Es un sensor **MEMS** que incluye:

- **Acelerómetro de 3 ejes**
- **Giróscopo de 3 ejes**

Pero **no incluye magnetómetro**, por lo que **no puede medir la orientación absoluta respecto al norte magnético** (lo que sí hace un IMU completo).

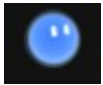
## Entonces, ¿es IMU o no?

- **Técnicamente:** No es un **IMU completo**, porque le falta el magnetómetro.
- **Coloquialmente:** Muchos lo llaman "IMU de 6 ejes" (3 acelerómetro + 3 giroscopio), pero eso es **marketing**. Un **IMU de 9 ejes** (que sí incluye magnetómetro) sería algo como el **MPU9250** o **LSM9DS1**.

## En resumen:

**MPU6050 es un sensor de movimiento de 6 ejes**, útil para estimar orientación relativa y detectar movimiento, pero **no es un IMU completo** porque **carece de magnetómetro**.

## ¿BNO055 es IMU?



Sí, el **BNO055 sí es un IMU completo**, y además **va un paso más allá**.

## ¿Qué incluye el BNO055?

- **Acelerómetro (3 ejes)**
  - **Giróscopo (3 ejes)**
  - **Magnetómetro (3 ejes)**
- Por tanto, **tiene los 9 ejes** que definen un **IMU completo** (también llamado **IMU de 9 grados de libertad, 9-DOF**).

## ¿Qué lo hace especial?

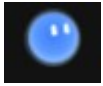
A diferencia de sensores crudos como el MPU6050, el **BNO055 incluye un microcontrolador interno** que ejecuta un **sensor fusion algorithm** (fusión de sensores). Esto significa que:

- **Te da la orientación directamente** (cuaternión, Euler, etc.) sin que tengas que implementar filtros complejos como Kalman o Madgwick.
- **Calibración automática** (aunque requiere ciertos movimientos al inicio).
- **Salida lista para usar:** ángulos de cabeceo (pitch), alabeo (roll) y guiñada (yaw).

## En resumen:

**Sí, el BNO055 es un IMU completo de 9 ejes**, y además **te ahorra el trabajo de procesar los datos crudos**, ideal para proyectos donde quieres orientación precisa sin complicaciones.

## ¿WT901BLECL MPU9250 es IMU?



Sí, el **WT901BLECL con MPU9250** sí es un **IMU completo**.

### ¿Por qué?

El **MPU9250** incluye:

- **Acelerómetro de 3 ejes**
- **Giróscopo de 3 ejes**
- **Magnetómetro de 3 ejes**

→ Esto lo convierte en un **sensor de 9 ejes (9-DOF)**, lo cual **sí cumple con la definición de un IMU completo**

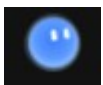
.

Además, el módulo **WT901BLECL** no solo incluye el MPU9250, sino que también **integra un algoritmo de fusión de sensores (como el filtro de Kalman)** que **calcula directamente la orientación (pitch, roll, yaw)**. Esto lo convierte en un **sistema AHRS (Attitude and Heading Reference System)**, es decir, un **IMU con procesamiento interno** para dar datos de orientación ya procesados .

### Conclusión:

**Sí, el WT901BLECL con MPU9250 es un IMU completo de 9 ejes, y además te da la orientación lista para usar, sin necesidad de implementar filtros complejos por tu cuenta.**

## ¿Es sensor IMU SlimeVR?



Sí, **SlimeVR utiliza sensores IMU** en cada uno de sus trackers para estimar la orientación de las partes del cuerpo.

### ¿Qué IMU usa SlimeVR?

Depende de la versión del hardware:

- **SlimeVR v1.0 y v1.1:** usan el **BNO085**, un IMU de 9 ejes (acelerómetro, giroscopio y magnetómetro) con procesamiento interno de fusión de sensores

.

●SlimeVR v1.2 (desde junio 2025): usa el ICM-45686 (IMU de 6 ejes) junto con un **magnetómetro externo QMC6309**, formando conjuntamente un sistema de 9 ejes

¿Qué hace el IMU en SlimeVR?

Cada tracker mide su **orientación absoluta** en tiempo real y envía esa información por Wi-Fi al **SlimeVR Server**, que combina los datos de todos los trackers para calcular la pose del cuerpo completo sin necesidad de cámaras ni estaciones base

¿Es un IMU completo?

●Sí, aunque el ICM-45686 solo tenga 6 ejes internos, al añadir el magnetómetro externo se forma un **sistema IMU de 9 ejes completo**

En resumen: **SlimeVR sí usa sensores IMU completos de 9 ejes**, y dependiendo de la versión del tracker, puede ser un solo chip (BNO085) o una combinación de IMU + magnetómetro externo (ICM-45686 + QMC6309).

Construir una tabla comparativa de los sensores anteriores con sus características, precio en pesos mexicanos

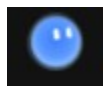


Tabla comparativa de sensores IMU mencionados (precios aproximados en pesos mexicanos, MXN, con conversión 1 USD ≈ 20 MXN; sujetos a cambio según proveedor y envío)

Sensor / Módulo	Ejes (DOF)	Sensores integrados
MPU-6050	6	Acelerómetro 3-eje Girosc
MPU-9250 (solo chip)	9	Acelerómetro 3-eje Girosc
WT901BLECL (con MPU-9250)	9	Id. MPU-9250
BNO055	9	Acelerómetro 3-eje Girosc
BNO085 (SlimeVR ≤v1.1)	9	Id. similar BNO055 + FPU
ICM-45686 (SlimeVR ≥v1.2)	6 (interno) + mag externo QMC6309 → 9	Acelerómetro 3-eje Girosc

Notas:

- Precios son referencias de Amazon, AliExpress, Digi-Key y tiendas nacionales (junio 2025), incluyendo IVA y envío promedio a CDMX.
- “Precio aprox.” se redondeó a decenas de pesos.
- Para SlimeVR, la comunidad ya **desaconseja** MPU-9250/6050 por falsos y deriva; recomienda ICM-45686 o LSM6DSR como “best-budget” .

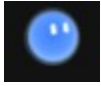


*¿Cuál sensor de los anteriores es el más recomendable para la construcción de un sistema de movimiento de cuerpo completo usando Kinect?*

表格		复制
sensor recomendado	Razón resumida	
ICM-45686 + QMC6309 (9-DOF)	"Best overall, reliable, accurate" según la comunidad SlimeVR; bajo 45-60 min de reset-time, ~ 135 MXN el chip y ≈ 300-400 MXN en breakout listo para soldar; fácil de encontrar y <b>no requiere calibración de campo magnético</b> si se usa en 6-DOF mode para el eje yaw <a href="#">SlimeVR Docs</a> .	
BNO085	Excelente rendimiento, pero <b>descatalogado y caro</b> (1 000-1 400 MXN) además <b>necesita I²C a 3,3 V</b> y suele estar fuera de stock <a href="#">SlimeVR Docs</a> .	
MPU-9250 / WT901BLECL	<b>Evítalos:</b> abundan clones, deriva importante y la comunidad los tiene en lista roja ("🚫 Avoid") para nuevos diseños <a href="#">SlimeVR Docs</a> .	
BNO055	Alto drift y costo ~ 550-800 MXN; hoy desplazado por ICM-45686 <a href="#">SlimeVR Docs</a> .	

**Conclusión:** monta 5-7 trackers basados en **ICM-45686 (9-DOF)**; obtendrás orientación de calidad VR por ≈ 350 MXN cada IMU y podrás fusionarla con la pose esquelética del Kinect para cubrir sus huecos de vista y giros rápidos .

## ¿Existen SDK open source para estos sensores?



Sí, existen **SDKs open-source** y **librerías de código abierto** para trabajar con los sensores IMU mencionados (como **ICM-45686**, **MPU-9250**, **BNO055**, etc.). A continuación, te resumo las opciones más relevantes:

Sensor / Plataforma	SDK / Librería	Características	Enlace / Fuente
ICM-45686	<b>TDK InvenSense Arduino Library</b>	Librería oficial para Arduino. Soporta I <sup>2</sup> C y SPI. Incluye ejemplos de configuración y lectura de datos.	<a href="#">GitHub: tdk-inven-oss/motion.arduino.ICM45686</a>
MPU-6050 / MPU-9250	<b>Jeff Rowberg I2Cdevlib</b>	Muy popular. Incluye ejemplos para Arduino, ESP32, etc. Soporta DMP (Digital Motion Processor) en MPU-6050.	<a href="#">GitHub: jrowberg/i2cdevlib</a>
BNO055 / BNO085	<b>Adafruit BNO055 Library</b>	Fácil de usar. Soporta salida de orientación ya procesada (Euler, cuaternión).	<a href="#">GitHub: adafruit/Adafruit_BNO055</a>
General (9-DOF)	<b>Open-Source Sensor Fusion Library</b>	Librería en C para fusión de sensores 3, 6 y 9 ejes. Ideal para implementar filtros de Kalman o Madgwick.	<a href="#">GitHub: memsindustrygroup/Open-Source-Sensor-Fusion</a>
General (C++)	<b>libRSF</b>	Librería C++ para fusión robusta de sensores. Usa grafos de factores y Ceres Solver. Útil para investigación y desarrollo avanzado.	<a href="#">libRSF – GitHub</a>
QSense IMU	<b>QSense SDK</b>	SDK abierto para sensores IMU QSense. Soporta BLE, calibración, transmisión en tiempo real. Ideal para VR/AR y biomecánica.	<a href="#">QSense Motion SDK</a>

🔍 Recomendaciones por sensor:

- **ICM-45686**: Usa la librería oficial de TDK para Arduino o STM32. Es moderna y bien documentada .
  - **MPU-9250**: Aunque hay muchas librerías, **I2Cdevlib** sigue siendo la más completa.
  - **BNO055/BNO085**: **Adafruit** ofrece librerías muy amigables para principiantes.
  - **SlimeVR**: Usa su propio firmware open-source basado en **ICM-45686** y **BNO085**, disponible en su GitHub.
- 

## ✅ Conclusión:

Si estás construyendo un sistema de captura de movimiento con **Kinect + IMU**, puedes usar:

- **ICM-45686** con la librería de TDK  
+ fusión con **Open-Source Sensor Fusion**

.

- **SlimeVR** ya tiene firmware open-source listo para ICM-45686 y BNO085.

Todo el ecosistema es **abierto y personalizable**, ideal para proyectos DIY o investigación.

## *¿Entonces para construir el sistema de movimiento de cuerpo completo es más recomendable SlimeVR?*

Sí.

Para construir un sistema de **tracking de cuerpo completo** “**Kinect + IMU**” la opción **más práctica, barata y ya probada** es **SlimeVR**, por las siguientes razones:

### 1. Hardware listo para usar

- La plataforma ya ofrece **esquemas, PCB y BOM** para fabricar tus propios trackers.
- El **IMU recomendado actualmente** es el **ICM-45686** (9-DOF, 45-60 min de drift) que cuesta ≈ 135 MXN el chip y ≈ 350 MXN en módulo terminado; es **el mismo que la comunidad califica como “🟢 Best”** para nuevos diseños .

### 2. Software 100 % open-source

- **Servidor, firmware y drivers de SteamVR/Monado/OSC** están publicados: solo hay que flashear un ESP32 (o nRF52) y ejecutar el binario del servidor.
- Incluye **autocalibración, filtro de fusión, OSC para VRChat** y un interfaz web para visualizar los huesos en tiempo real .

### 3. Costo total por cuerpo completo

- Set “Core” (6 trackers) ≈ 1 200-1 600 MXN en electrónica (IMUs + ESP32 + baterías + impresión 3D).

- Kinect ya actúa como “origen absoluto” de cadera y piernas; los IMUs corrigen los giros que Kinect pierde cuando el cuerpo se gira o se agacha.

#### 4.Soporte y documentación activa

- Guías paso a paso, Discord y foros con miles de builds.

- Firmware para ICM-45686 ya **soporta desactivar reloj externo** para mayor estabilidad, tal como recomienda el repo oficial

.

#### 5.Escalabilidad

- Puedes empezar con 5 IMUs (sólo piernas + cintura) y subir hasta 16 para captura facial o mocap puro sin casco VR

.

#### Conclusión:

A menos que quieras diseñar tu propio algoritmo de fusión y hardware desde cero, **SlimeVR + ICM-45686** es **la solución más rápida, barata y mantenida** para añadir tracking inercial a tu setup de Kinect y obtener **full-body tracking de 6 a 16 puntos** con poco más de mil pesos de electrónica y una tarde de soldadura

.