

## Sistema de Evaluación y Bio-Feedback para Balance Postural

# Héctor Gabriel Peredo Urbina

# Diciembre 2016

# Agenda

## 1 Introducción

# Agenda

- 1 Introducción
- 2 Objetivos

# Agenda

- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Diseño del Sistema de Bio-feedback

# Agenda

- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Diseño del Sistema de Bio-feedback
- 4 Resultados

# Agenda

- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Diseño del Sistema de Bio-feedback
- 4 Resultados
- 5 Conclusiones









# Bio-Feedback Balance Postural

## Contexto Problema Balance Postural

- El mantener la posición bipeda-quieta.

## Bio-Feedback

# Bio-Feedback Balance Postural

## Contexto Problema Balance Postural

- El mantener la posición bipeda-quieta.
- Permanecer dentro de los limites de estabilidad (*Centro de masa*).

## Bio-Feedback

# Bio-Feedback Balance Postural

## Contexto Problema

### Balance Postural

- El mantener la posición bipeda-quieta.
- Permanecer dentro de los limites de estabilidad (*Centro de masa*).
- Estabilometría.

### Bio-Feedback

# Bio-Feedback Balance Postural

## Contexto Problema

### Balance Postural

- El mantener la posición bipeda-quieta.
- Permanecer dentro de los limites de estabilidad (*Centro de masa*).
- Estabilometría.

### Bio-Feedback

- Obtener información de un ser vivo.

# Bio-Feedback Balance Postural

## Contexto Problema Balance Postural

- El mantener la posición bipeda-quieta.
- Permanecer dentro de los limites de estabilidad (*Centro de masa*).
- Estabilometría.

## Bio-Feedback

- Obtener información de un ser vivo.
- Registra principalmente mediante sensores.

# Bio-Feedback Balance Postural

## Contexto Problema

### Balance Postural

- El mantener la posición bipeda-quieta.
- Permanecer dentro de los limites de estabilidad (*Centro de masa*).
- Estabilometría.

### Bio-Feedback

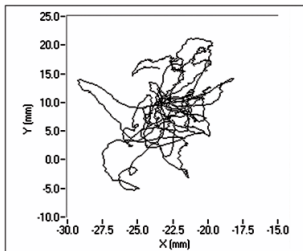
- Obtener información de un ser vivo.
- Registra principalmente mediante sensores.
- Representar en tiempo real.





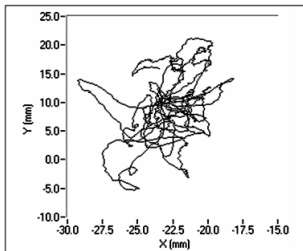
# Estudio Balance

## Estabilometría COM y COP



# Estudio Balance

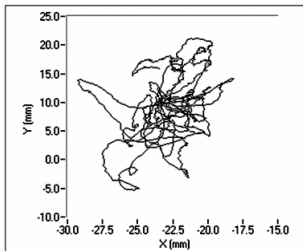
## Estabilometría COM y COP



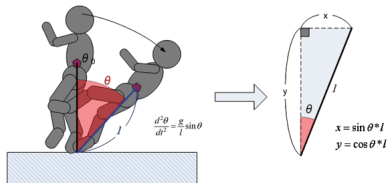
## Modelo Péndulo Invertido

# Estudio Balance

## Estabilometría COM y COP



## Modelo Péndulo Invertido





# Soluciones para el Estudio del Balance

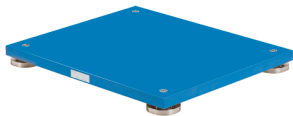


Figura: Kistler FP

# Soluciones para el Estudio del Balance

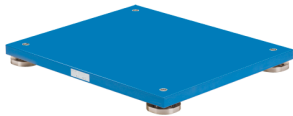


Figura: Kistler FP



Figura: Balance SD

# Soluciones para el Estudio del Balance

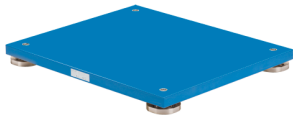


Figura: Kistler FP



Figura: Balance SD

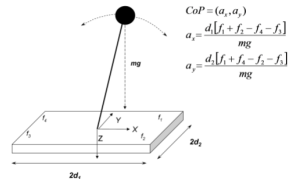


Figura: Cálculo COP







# Propuesta

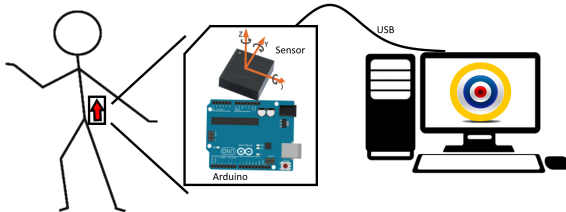
- Sistema de Bio-feedback para el Balance Postural.
- Arduino y Sensores Inerciales.

# Propuesta

- Sistema de Bio-feedback para el Balance Postural.
- Arduino y Sensores Inerciales.
- Software para control y registro.

# Propuesta

- Sistema de Bio-feedback para el Balance Postural.
- Arduino y Sensores Inerciales.
- Software para control y registro.



# Objetivos General

## Objetivo General

*Diseñar e implementar un prototipo de software-hardware basado en un microcontrolador Arduino y un sensor de velocidad angular y acelerometría de 3 ejes, para el registro y representación gráfica del centro de masa y bio-realimentación.*

# Objetivos Específicos

## Objetivos Específicos

- *Integrar microcontrolador Arduino con sensor (giroscopio-acelerómetro).*

# Objetivos Específicos

## Objetivos Específicos

- *Integrar microcontrolador Arduino con sensor (giroscopio-acelerómetro).*
- *Diseñar sistema que permita el registro y visualización de todas las variables cinemáticas (posición y velocidad angular) del centro de masa.*

# Objetivos Específicos

## Objetivos Específicos

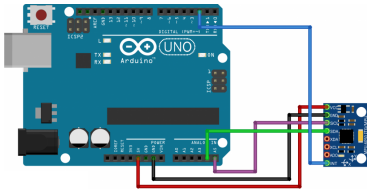
- *Integrar microcontrolador Arduino con sensor (giroscopio-acelerómetro).*
- *Diseñar sistema que permita el registro y visualización de todas las variables cinemáticas (posición y velocidad angular) del centro de masa.*
- *Construcción de un sistema que facilite mediante bio-realimentación la posición del centro de presión (proyección del centro de masa).*





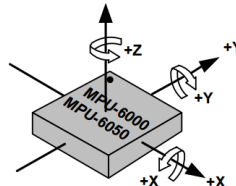
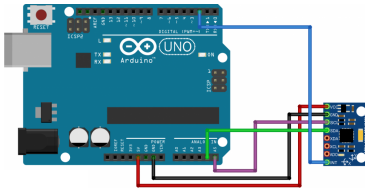
- Conexión y comunicación de sensor inerciales ↔ Arduino

- Conexión y comunicación de sensor inerciales  $\leftrightarrow$  Arduino ( $I^2C$ ).



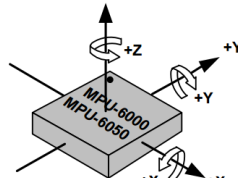
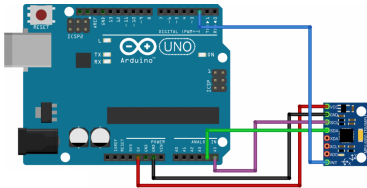
# Diseño del Sistema de Bio-feedback - Hardware

- Conexión y comunicación de sensor inerciales  $\leftrightarrow$  Arduino ( $I^2C$ ).
- Obtención datos sensor MPU6050 (Acelerómetro y Giroscopio).



# Diseño del Sistema de Bio-feedback - Hardware

- Conexión y comunicación de sensor inerciales  $\leftrightarrow$  Arduino ( $I^2C$ ).
- Obtención datos sensor MPU6050 (Acelerómetro y Giroscopio).
- Calibración (frecuencia de captura, rangos, filtros internos)





# Diseño del Sistema de Bio-feedback - Software

- Establecer comunicación con el micro-controlador Arduino (Serial).

## Diseño del Sistema de Bio-feedback - Software

- Establecer comunicación con el micro-controlador Arduino (Serial).
- Obtención y filtrado de las variables cinemáticas.

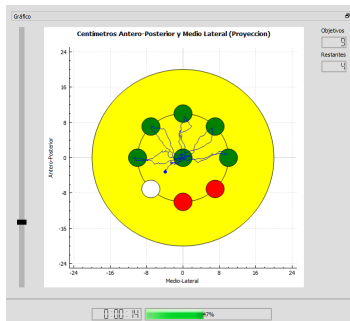


# Diseño del Sistema de Bio-feedback - Software

- Establecer comunicación con el micro-controlador Arduino (Serial).
- Obtención y filtrado de las variables cinemáticas.
- Registro y visualizado en tiempo real.

# Diseño del Sistema de Bio-feedback - Software

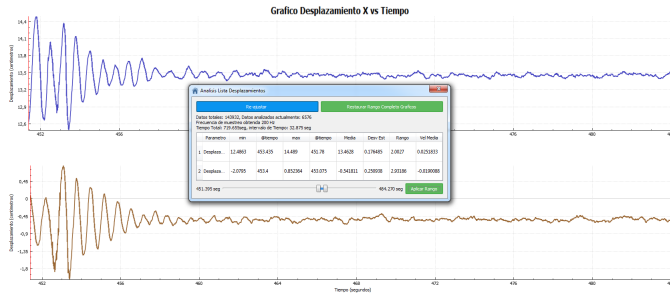
- Establecer comunicación con el micro-controlador Arduino (Serial).
- Obtención y filtrado de las variables cinemáticas.
- Registro y visualizado en tiempo real.





# Diseño del Sistema de Bio-feedback - Software

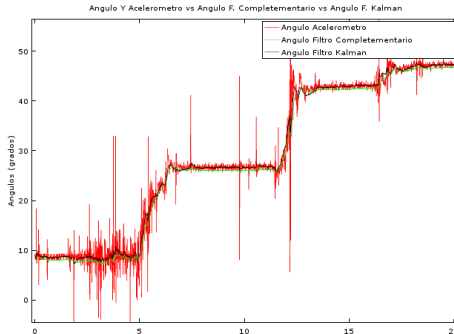
- Despliegue resultados y herramientas de análisis (OFFLINE).





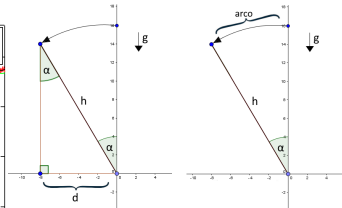
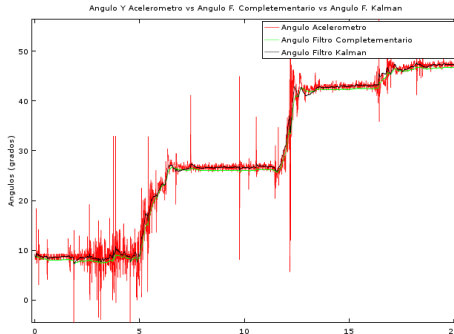
# Evaluación y comparación de algoritmos

- Algoritmos para cálculo de ángulo (Sin Filtro, Filtro Complementario y Filtro Kalman).



# Evaluación y comparación de algoritmos

- Algoritmos para cálculo de ángulo (Sin Filtro, Filtro Complementario y Filtro Kalman).
- Algoritmos de obtención del desplazamiento (Proyección y Recorrido Curvo).

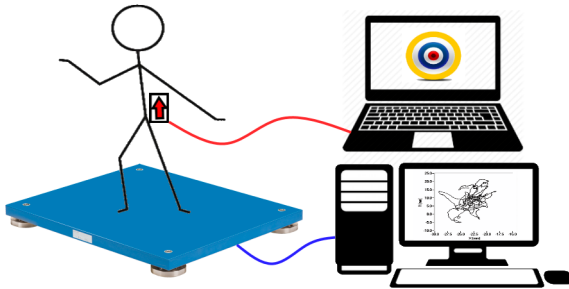






# Evaluación de la Solución Propuesta

- Obtención del desplazamiento Centro de Masa usando Dispositivo de Bio-feedback.
- Contraste entre Kistler y Dispositivo (COP vs COM).



# Evaluación de la Solución Propuesta

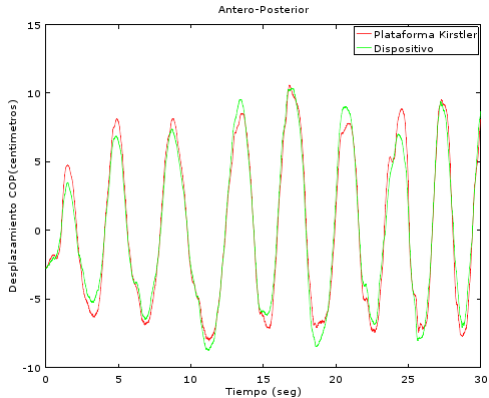


Figura: Comparativa Kistler vs Dispositivo

# Evaluación de la Solución Propuesta

Pruebas	Espalda		Izquierda		Frontal	
	A.P	M.L	A.P	M.L	A.P	M.L
Coefficiente Correlación	0.98790	0.90179	0.94307	0.81876	0.94733	0.96013
Rango Kistler (cm)	18.655	4.6465	17.679	4.9096	19.085	19.105
Mínima Diferencia (cm)	$9.9893e^{-5}$	$1.1176e^{-4}$	$5.3333e^{-4}$	$1.5627e^{-4}$	$1.2202e^{-3}$	$3.08842e^{-4}$
Máxima Diferencia(cm)	2.7892	1.0676	6.2550	1.5199	6.1098	5.4528
Error Medio Porcentual( %)	3.9034	5.7586	8.9823	8.1358	9.2246	4.6773
Mínimo Error Porcentual( %)	$5.3548e^{-4}$	0.0024053	0.0030168	0.0031829	0.0063938	0.0016166
Máximo Error Porcentual( %)	14.952	22.976	35.381	30.957	32.014	28.542

**Figura:** Tabla Resumen Resultados

# Evaluación de la Solución Propuesta

Pruebas	Espalda		Izquierda		Frontal	
	A.P	M.L	A.P	M.L	A.P	M.L
Coefficiente Correlación	0.98790	0.90179	0.94307	0.81876	0.94733	0.96013
Rango Kistler (cm)	18.655	4.6465	17.679	4.9096	19.085	19.105
Mínima Diferencia (cm)	$9.9893e^{-5}$	$1.1176e^{-4}$	$5.3333e^{-4}$	$1.5627e^{-4}$	$1.2202e^{-3}$	$3.08842e^{-4}$
Máxima Diferencia(cm)	2.7892	1.0676	6.2550	1.5199	6.1098	5.4528
Error Medio Porcentual( %)	3.9034	5.7586	8.9823	8.1358	9.2246	4.6773
Mínimo Error Porcentual( %)	$5.3548e^{-4}$	0.0024053	0.0030168	0.0031829	0.0063938	0.0016166
Máximo Error Porcentual( %)	14.952	22.976	35.381	30.957	32.014	28.542

Figura: Tabla Resumen Resultados



## Conclusiones

- Los sensores inerciales montados en una placa Arduino generan resultados similares a una plataforma especializada en el estudio del Balance.
- El bajo coste de la solución propuesta frente a las soluciones existentes.

## Conclusiones

- *Los sensores inerciales montados en una placa Arduino generan resultados similares a una plataforma especializada en el estudio del Balance.*
- *El bajo coste de la solución propuesta frente a las soluciones existentes.*
- *Los resultados expuestos son un buen punto de partida para nuevas investigaciones.*

# Trabajos Futuros

## Trabajos Futuros

*Los trabajos futuros que pueden desprenderse de esta tesis son:*



## Trabajos Futuros

## Trabajos Futuros

*Los trabajos futuros que pueden desprenderse de esta tesis son:*

- Validación de la solución como un instrumento para el estudio del Balance (ISPG).

## Trabajos Futuros

- *Validación de la solución como un instrumento para el estudio del Balance (ISPG).*
- *Añadir interfaces para comunicación inalámbrica.*



Héctor Gabriel Peredo Urbina

Diciembre 2016