

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 bípeda.

Bio-Feedback

Bio-Feedback Balance Postural

Contexto Problema

Balance Postural

- El mantener la posición bípeda.
- Permanecer dentro de los límites de estabilidad (*centro de masa*).

Bio-Feedback

Bio-Feedback Balance Postural

Contexto Problema

Balance Postural

- El mantener la posición bípeda.
- Permanecer dentro de los límites de estabilidad (*centro de masa*).
- Estabilometría.

Bio-Feedback

Bio-Feedback Balance Postural

Contexto Problema

Balance Postural

- El mantener la posición bípeda.
- Permanecer dentro de los límites 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 bípeda.
- Permanecer dentro de los límites 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

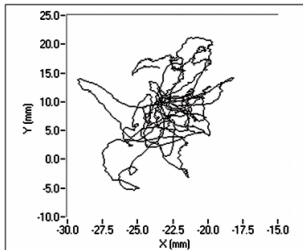
- El mantener la posición bípeda.
- Permanecer dentro de los límites de estabilidad (*centro de masa*).
- Estabilometría.

Bio-Feedback

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

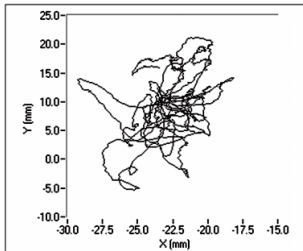
Estudio Balance

Estabilometría



Estudio Balance

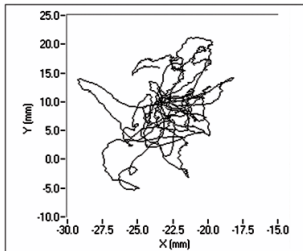
Estabilometría



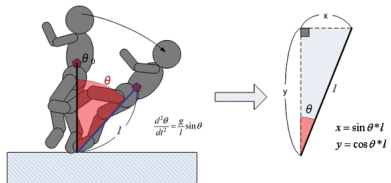
Modelo Péndulo Invertido

Estudio Balance

Estabilometría



Modelo Péndulo Invertido



Soluciones para el Estudio del Balance

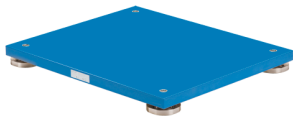


Figura: Kistler Force Plate

Soluciones para el Estudio del Balance

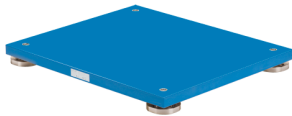


Figura: Kistler Force Plate



Figura: Balance SD

Propuesta

- Sistema de Bio-feedback para el Balance Postural.

Propuesta

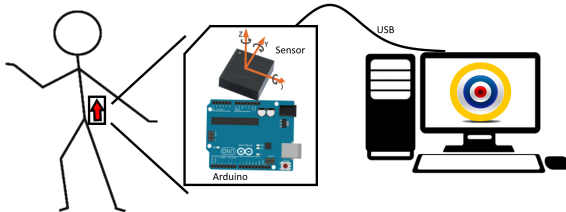
- Sistema de Bio-feedback para el Balance Postural.
- Arduino y Sensores Inerciales.

Propuesta

- Sistema de Bio-feedback para el Balance Postural.
- Arduino y Sensores Inerciales.
- Software para registro y bio-realimentación (desplazamiento Centro de Masa).

Propuesta

- Sistema de Bio-feedback para el Balance Postural.
- Arduino y Sensores Inerciales.
- Software para registro y bio-realimentación (desplazamiento Centro de Masa).



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.*

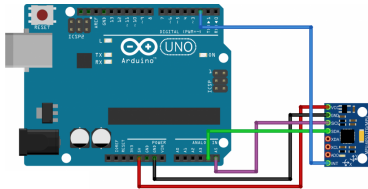
Objetivos Específicos

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).*

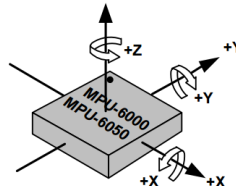
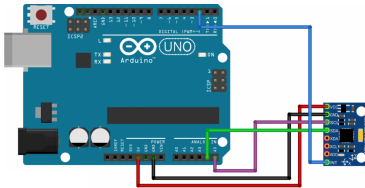
Diseño del Sistema de Bio-feedback - Hardware

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



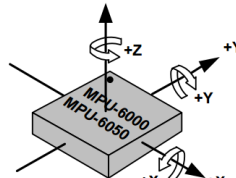
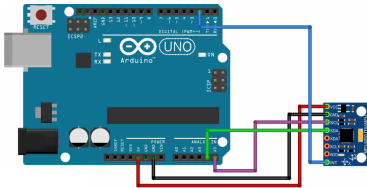
Diseño del Sistema de Bio-feedback - Hardware

- 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).
- Ajustes (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

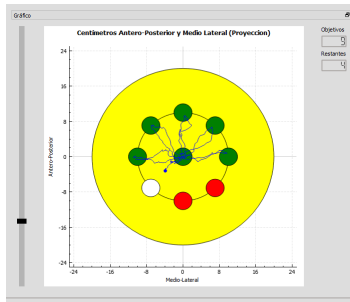
- Establecer comunicación con el micro-controlador Arduino (Serial).
- Obtención y filtrado de las variables cinemáticas: Ángulo y Desplazamiento.

Diseño del Sistema de Bio-feedback - Software

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

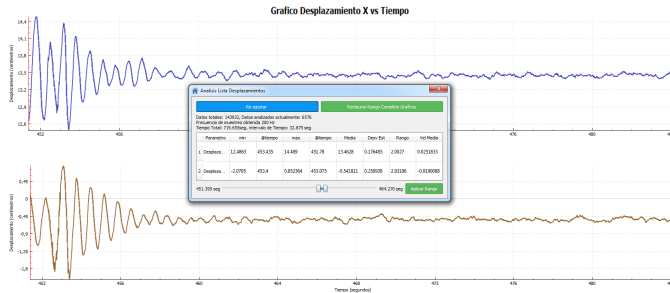
Diseño del Sistema de Bio-feedback - Software

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



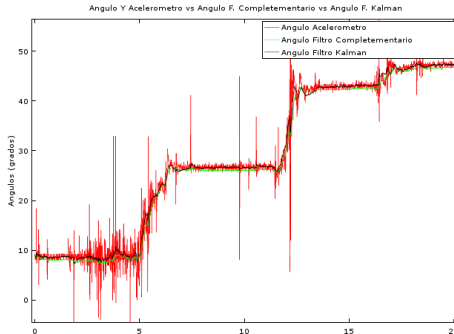
Diseño del Sistema de Bio-feedback - Software

- Despliegue resultados y herramientas de análisis (OFFLINE).



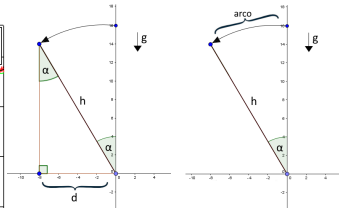
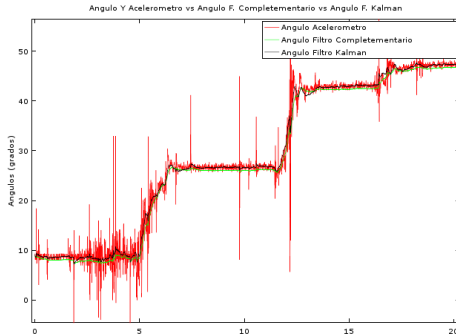
Evaluación y comparación de algoritmos

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



Evaluación y comparación de algoritmos

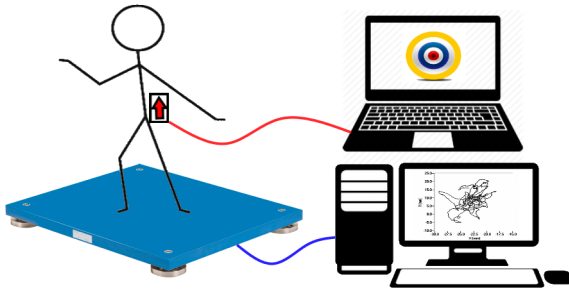
- Algoritmos para cálculo de ángulo (Sin Filtro, Filtro Complementario y Filtro Kalman).
- Algoritmos de obtención del desplazamiento (Proyección y Recorrido Curvo).



- Obtención del desplazamiento Centro de Masa usando Dispositivo de Bio-feedback.

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

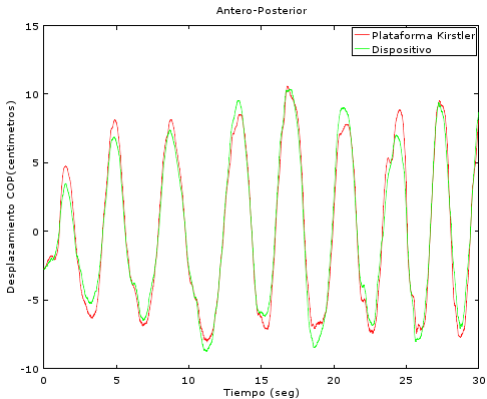


Figura: Comparativa Kistler vs Dispositivo

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.*
- *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:

- *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