









acredita el permiso para que participen en el estudio, reflejando en el mismo el conocimiento acerca del estudio en el que van a participar.

## 2.2 EJERCICIOS DE ESTABILIZACIÓN

Los ejercicios de estabilización que se utilizarán durante las sesiones de registro serán los que hemos comentado anteriormente; el puente ventral, el puente lateral, el puente dorsal y el perro de muestra o “bird-dog” (Figuras 1 y 2). También se incluirán variaciones de estos ejercicios, con el objetivo de poder utilizar esta escala para valorar el grado de dificultad de los ejercicios de puente con la inclusión de variantes que aumentan su dificultad. Para poder incluir estas variaciones se utilizarán los datos de diferentes estudios electromiográficos sobre la participación de los principales músculos del tronco en ejercicios de estabilización (Bjerkefors et al., 2010; García-Vaquero et al., 2012; Lehman, Hoda y Oliver, 2005; Vera-García et al., 2014; McGill y Karpowicz, 2009). Así, estas variaciones se graduarán en función de los siguientes criterios mecánicos (López-Marcos, 2015; Martínez-Ramos, 2015):

- a) Brazo de resistencia
- b) Masa del sujeto en suspensión
- c) Base de sustentación
- d) Número de apoyos
- e) Tipo de superficie

En función de los criterios mencionados, se llevarán a cabo progresiones de los puentes ya descritos modificando el grado de dificultad de menor a mayor (Figura 1):

Progresión 1. Puente corto

Progresión 2. Modificación de la base de sustentación: aumenta brazo de resistencia y masa del sujeto

Progresión 3. Modificación del número de apoyos: se reduce a 1 apoyo

Progresión 4. Inclusión de la superficie inestable

Progresión 5. Modificación del número de apoyos: se reduce a 1 apoyo sobre superficie inestable














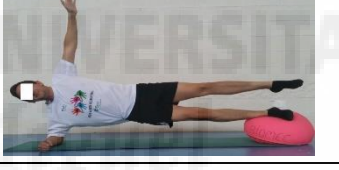

TIPO DE PROGRESIÓN	PUENTE VENTRAL	PUENTE LATERAL	PUENTE DORSAL
1			
2			
3			
4			
5			

Figura 1. Progresiones de los puentes ventral, lateral y dorsal de menor a mayor complejidad y cumpliendo los criterios mecánicos anteriormente descritos. Como se observan en algunas imágenes, se utilizaron dos materiales propios de estos ejercicios: BOSU™ para los niveles de progresión 4 y 5 y un cajón de 40 x 50 x 30 cm para el 2º nivel del puente dorsal.

En cuanto al perro de muestra o “bird-dog” se establecerán otros 5 niveles de progresión de menor a mayor dificultad modificando también parámetros mecánicos (Figura 2):

Progresión 1. Perro de muestra con apoyo bimanual

Progresión 2. Ejercicio tradicional del perro de muestra; reducción de la base de sustentación y aumento de la masa en suspensión

Progresión 3. Ejercicio tradicional con la inclusión de superficie inestable sobre un brazo

Progresión 4. Perro de muestra con apoyo bimanual y una pierna sobre superficie inestable

Progresión 5. Ejercicio tradicional con la inclusión de superficie inestable sobre una pierna






NIVEL DE PROGRESIÓN	PERRO DE MUESTRA / "BIRD-DOG"
1	
2	
3	
4	
5	

Figura 2. Progresión del perro de muestra o "bird-dog" de menor a mayor dificultad mecánica, con la inclusión del BOSU™ en las progresiones 3, 4 y 5.

### 2.3 INSTRUMENTOS Y REGISTROS BIOMECÁNICOS

Todos los ejercicios con sus diferentes variantes se llevarán a cabo sobre una esterilla para favorecer la experiencia del sujeto experimental y evitar incomodidades en determinadas zonas anatómicas como las manos, los codos o los pies. Asimismo, todas las tareas se realizarán con un pantalón corto de deporte acondicionado para el registro de las vibraciones del sujeto mediante el uso de un dispositivo móvil Smartphone con velcros situados en las zonas laterales y posterior de la cadera del sujeto (Figuras 3 y 4). El móvil irá colocado en una funda, la cual se adhiere al pantalón mediante el velcro, evitando así la caída del aparato. El registro de las vibraciones se realizará mediante una app llamada Accelerometer Analyzer (Figura 5), diseñada entre otras cosas para mostrar vibraciones en tiempo real, y disponible en cualquier dispositivo Android.



*Figura 3. Ejemplo de puente ventral básico con el uso del Smartphone situado en la parte posterior de la cadera, dentro de una funda roja, para registrar las vibraciones. Como podemos observar también aparece en la imagen un velcro azul en un lateral de la cadera.*



*Figura 4. Ejemplo de puente lateral donde podemos ver con más detalle cómo el dispositivo va introducido dentro de la funda que lo mantiene fijo.*



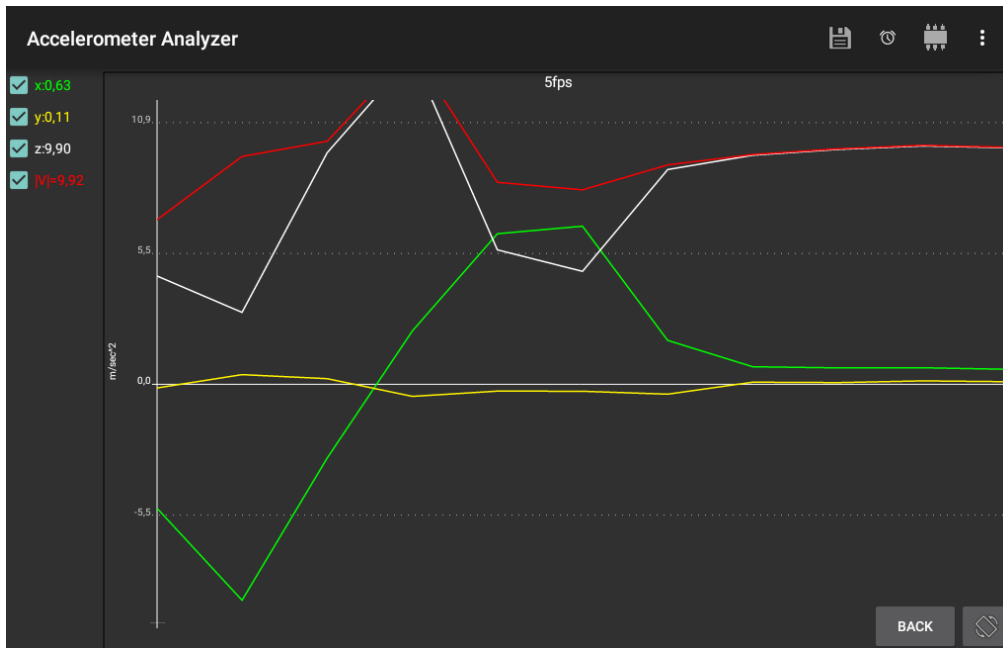


Figura 5. Interfaz de la app Accelerometer Analyzer. Como podemos observar en la imagen la app nos presenta 3 ejes (x, y, z) que representan las oscilaciones posturales de la persona que realiza la tarea. Además, dispone de diferentes opciones tales como cambiar el sensor de velocidad, de las unidades, etc.

Por otro lado, como podemos observar en las figuras 1 y 2, se utilizará también una superficie inestable en las progresiones 3, 4 y 5 conocida como BOSU™ (modelo Togu; 54x24 cm de diámetro) y un cajón con medidas 40 x 50 x 30 cm para la segunda progresión del puente dorsal.

### Escala OMNI-CORE-STABILITY para la percepción de dificultad de los ejercicios de estabilización del tronco

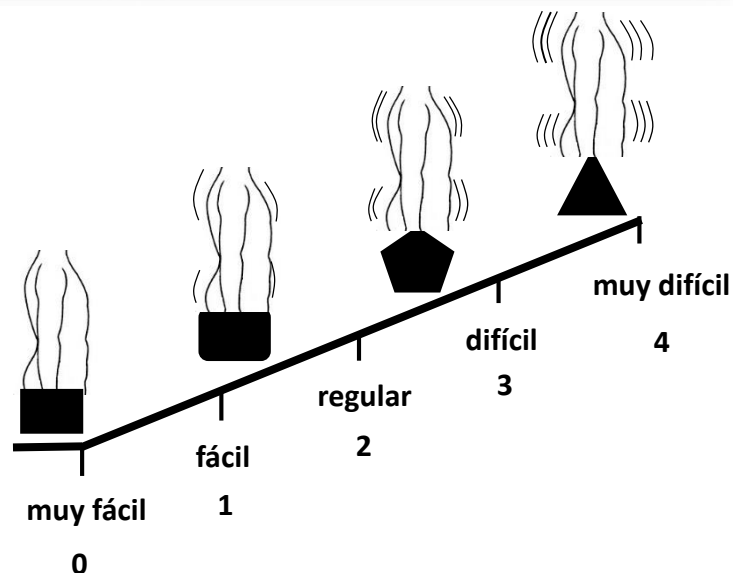


Figura 6. Escala OMNI-CORE-STABILITY de percepción de dificultad en ejercicios de estabilización

Como podemos comprobar en la Figura 6, la escala OMNI-CORE-STABILITY comparte las características de una escala OMNI, con números del 0 al 4 que representan la menor y mayor dificultad que pueda tener un sujeto durante la realización de la tarea, respectivamente, y 4 dibujos que facilitan a su vez la comprensión de la escala y la elección del número.

## 2.4. PROCEDIMIENTO

Antes de llevar a cabo los registros, los participantes firmarán un consentimiento informado y un cuestionario aprobado por parte del Comité de Ética de la Universidad. Además, todos los participantes del estudio que sean menores de edad deberán presentar un documento acreditativo firmado por sus padres mediante el cual darán su consentimiento para que puedan participar en el estudio.

Las mediciones se llevarán a cabo en dos sesiones, dejando una semana de separación entre ambas. Antes de comenzar el registro de datos, los sujetos experimentales realizarán un calentamiento individual para comenzar la medición en condiciones óptimas. En primer lugar, realizarán 30 repeticiones de los siguientes ejercicios de movilidad articular: anteversión-retroversión de pelvis, circunducción de la pelvis y el gato-camello/cat-camel (McGill, 1998; Vera-García, Juan-Recio, López-Valenciano, García-Vaquero y Barbado, en prensa). Seguidamente se harán 30 repeticiones de los siguientes ejercicios de acondicionamiento muscular: encorvamientos del tronco con rotación (Monfort-Pañego, Vera-García, Sánchez-Zuriaga y Sarti-Martínez, 2009; Vera-García, Flores-Parodi y Llana, 2008; Vera-García, Monfort y Sarti, 2005), encorvamientos laterales del tronco (Monfort-Pañego et al., 2009; Vera-García et al., 2008; Vera-García et al., 2005) y extensión de la cadera elevando los miembros inferiores con el tronco apoyado sobre una camilla (Arab, Ghamkhar, Emami y Nourbaksh, 2011; Lewis y Sahrmann, 2009).

Una vez finalizado el calentamiento, se informará a los participantes acerca de la escala cuantitativa que utilizaremos mediante el siguiente texto: *“Durante esta sesión queremos que te concentres en la percepción de dificultad que supone para ti la ejecución de los ejercicios que te iremos presentando. Te propondremos la siguiente cuestión: ¿Qué dificultad te ha supuesto mantener la posición durante el ejercicio? De esta manera, la sensación que percibas y que transmitas al observador externo deberá reflejar de la manera más aproximada posible la percepción de dificultad general que hayas experimentado durante el ejercicio. Para ello se te mostrará una escala numérica del 0 al 4 con cuatro pictogramas que representarán la dificultad percibida durante el ejercicio, correspondiendo el número 0 con el menor nivel de dificultad percibida y el 4 con el mayor nivel de dificultad. Debes de recordar que no hay números correctos ni incorrectos. Haz uso tanto de las palabras como de los dibujos para ayudarte a seleccionar un número. No debes sentirte condicionado/a por las percepciones de ejercicios anteriores o repeticiones del mismo ejercicio. Tu percepción debe ser lo más precisa posible.”*

Una vez finalizada la explicación de la escala el observador externo deberá de visualizar la escala cuantitativa antes de comenzar a evaluar los diferentes ejercicios. Antes de comenzar el registro de datos se colocará el Smartphone dentro de la funda y ésta se pegará al velcro del pantalón. Posteriormente, antes de llevar a cabo cada tarea, los participantes serán informados por los investigadores presentes para mantener una posición correcta, con la columna en posición neutra y el tronco alineado con las extremidades inferiores. Una vez el sujeto adquiera la posición apropiada se procederá a la fase de registro de las oscilaciones posturales y las vibraciones durante 8 s para cada uno de los ejercicios. Antes y después de la ejecución de cada ejercicio se dará un pequeño golpe a la pantalla para indicar el inicio y el final de la tarea, teniendo así una referencia clara.

Al finalizar cada ejercicio se mostrará la escala OMNI-CORE-STABILITY a los participantes y se les planteará la siguiente cuestión: *“¿Qué dificultad te ha supuesto mantener la postura durante el ejercicio?”*. Por otro lado, el observador externo escogerá la respuesta que cree más ajustada a la realidad. Ambas respuestas serán anotadas en una hoja de registro (figura 7).

Nombre del participante	Ejercicio	Respuesta del participante	Respuesta del observador externo

Figura 7. Ejemplo de la hoja de registro que será utilizada para anotar los resultados en cada ejercicio.

Durante cada sesión los participantes llevarán a cabo dos series de cada uno de los ejercicios planteados (Figuras 1 y 2), contrabalanceando el orden de los ejercicios según el nivel de dificultad de manera ascendente y descendente. Se dejará un período de descanso de 3 minutos entre series y de 30 segundos entre ejercicios. Todos los participantes realizarán las mediciones descalzos y con el pantalón específico del estudio. (Figuras 3 y 4).

## 2.5 TRATAMIENTO DE DATOS

Las oscilaciones que puedan aparecer durante la realización de cada puente serán registradas mediante la app Accelerometer Analyzer (Figura 5). Cada inicio y fin de todos los ejercicios registrados serán señalizados mediante un toque en la pantalla del Smartphone con el dedo índice del observador externo, logrando así marcar el comienzo y el final del ejercicio de una manera visual y clara. Todos los ejercicios registrados y guardados en archivo .txt serán compartidos por correo electrónico del investigador para poder pasarlos después a Excel y convertirlos en gráficas.

## 2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se calcularán los estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) para cada variable. Después, se comprobará la distribución normal de todas las series mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov ( $p > .05$ ). Con el objetivo de establecer una progresión objetivo de cada una de las variaciones de los ejercicios y analizar las diferencias entre los distintos ejercicios y/o sexos, se llevará a cabo un ANOVA de medidas repetidas (5 niveles x 4 ejercicios x 2 sexos) siendo “niveles” el número de niveles de dificultad establecidos para cada ejercicio y “ejercicios” (puente dorsal, puente lateral, puente frontal y perro de muestra) el factor intra-sujeto y “sexo” los factores inter-sujetos. Para las comparaciones múltiples “post-hoc” se utilizará el ajuste de Bonferroni con la corrección de Lilliefors. En cuanto a la escala OMNI-CORE-STABILITY se realizará un análisis de correlaciones bivariadas de Pearson ( $r$ ) para ambos sexos por separado con el objetivo de determinar la validez concurrente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arab, A. M., Ghamkhar, L., Emami, M., y Nourbaksh, M. R. (2011). Altered muscular activation during prone hip extension in women with and without low back pain. *Chiropractic and Manual Therapies*, 19, 18.

Becker A, Held H, Redaelli M, Strauch K, Chenot JF, Leonhardt C, et al. Low backpain in primary care: Costs of care and prediction of future health care utilization. *Spine*. 2010;35(18):1714–20.

Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand*. 1989;230 Suppl1:S1–54.

Bjerkefors, A., Ekblom, M. M., Josefsson, K., y Thorstensson, A. (2010). Deep and superficial abdominal muscle activation during trunk stabilization exercises with and without instruction to hollow. *Manual Therapy*, 15(5), 502-507.

Borghuis, J., Hof, A. L., & Lemmink, K. A. P. M. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(11), 893–916.

Da Silva-Grigoletto, M. E., Viana-Montaner, B. H., Heredia, J. R., Mata, F., Peña, G., Brito, C. J., Vaamonde, D., y García-Manso, J. M. (2013). Validación de la escala de valoración subjetiva del esfuerzo OMNI-GSE para el control de la intensidad global en sesiones de objetivos múltiples en personas mayores. *Kronos*, 12(1), 32-40.

Elvira JLL. Control y análisis del equilibrio y la estabilidad en la actividad física y el deporte. En: Izquierdo M, editor. *Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte*. Buenos Aires: Panamericana; 2008.p. 259–80.

García-Vaquero, M. P., Moreside, J. M., Brontons-Gil, E., Peco-Gonzalez, N., y Vera-Garcia, F.J. (2012). Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(3), 398-406.

Gómez-Conesa A, Valbuena Moya S. Lumbalgia crónica y discapacidad laboral. *Fisioterapia*. 2005;27(5):255–65.

Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(3), 189–198.

Lehman, G. J., Hoda, W., y Oliver, S. (2005). Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a Swiss ball. *Chiropractic and Manual Therapies*, 13(1), 14.

Lewis, C. L., y Sahrman, S. A. (2009). Muscle activation and movement patterns during prone hip extension exercise in women. *Journal of Athletic Training*, 44(3), 238.

López-Marcos, I. de los R. (2015). Progresiones de ejercicios de estabilización del tronco en función del nivel de entrenamiento de los participantes. Estudio posturográfico.

Martínez-Romero, M.T. (2015). Validación de la escala OMNI-CORE de percepción de la dificultad de los ejercicios de estabilización del tronco.

McGill, S. M. (1998). Low back exercises: evidence for improving exercise regimens. *Physical therapy*, 78(7), 754-765

McGill SM. (2002) Low back disorders. Evidence-based prevention and rehabilitation. Champaign, Illinois: Human Kinetic; 2002.5.

McGill, S. M., Karpowicz, A. (2009). Exercises for spine stabilization: motion/motor patterns, stability progressions, and clinical technique. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90, 118-126.

Monfort-Pañego, M., Vera-García, F. J., Sánchez-Zuriaga, D., y Sarti-Martínez, M. Á. (2009). Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 32(3), 232-244.

Peña, G.; Heredia, J.R.; Moral, S.; Isidro, F.; Mata, F.; Da Silva-Grigoletto, M. Evidencias sobre los Efectos del Entrenamiento Inestable para la Salud y el Rendimiento. *G-SE Standard*, 30/05/12. g-se.com/a/1405

Reeves, N Peter, Everding, V. Q., Cholewicki, J., & Morrisette, D. C. (2006). The effects of trunk stiffness on postural control during unstable seated balance. *Experimental Brain Research*, 174(4), 694–700. doi:10.1007/s00221-006-0516-5!

Vera-Garcia, F. J., Barbado, D., Flores-Parodi, B., Alonso-Roque, J. I., y Elvira, J. L. L. (2013). Activación de los músculos del tronco en ejercicios de estabilización raquídea. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(52), 673-685.

Vera-Garcia, F. J., Barbado, D., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C., y Elvira, J. L. L. (2015). "Core stability": concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* (En prensa).

Vera-Garcia, F. J., Barbado, D., y Moya, M. (2014). Trunk stabilization exercises for healthy individuals. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance*, 16(2), 200-211.

Vera-García, Francisco J, Brown, S. H. M., Gray, J. R., & McGill, S. M. (2006). Effects of different levels of torso coactivation on trunk muscular and kinematic responses to posteriorly applied sudden loads. *Clinical Biomechanics* (Bristol, Avon), 21(5), 443–455. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2005.12.006

Vera-Garcia, Francisco J, Elvira, J. L. L., Brown, S. H. M., & McGill, S. M. (2007). Effects of abdominal stabilization maneuvers on the control of spine motion and stability against sudden trunk perturbations. *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 17(5), 556–567. doi: 10.1016/j.jelekin.2006.07.004!

Vera-García, F. J., Flores-Parodi, B., y Llana, S. (2008). El entrenamiento de la zona central (core training) en la natación de competición. *NSW*, 30(2), 7-16.

Vera-Garcia, F. J., Monfort, M., y Sarti, M. A. (2005). Prescripción de programas de entrenamiento abdominal. *Revisión y puesta al día. Apunts: Educación Física y Deportes*, 81(3), 38-46

Zazulak B, Cholewicki J, Reeves NP. Neuromuscular control of trunk stability: Clinical implications for sports injury prevention. *J Am Acad Orthop Surg*.2008;16(9):497–505.7.