

USING KINECT SENSOR TO ESTIMATE THE ERROR IN USING OWAS METHOD TO ASSESS POSTURAL LOAD

Garzón Leal, Diana Carolina¹; Diego Más, José Antonio²

¹ Investigadora Máster en Prevención de Riesgos Laborales, ² Universitat Politècnica
València

OWAS ergonomics assessment method identifies the level of risk of the postures adopted by a worker in a workstation and the risk factors to which a worker is exposed.

In this work a method was proposed to estimate the error made by using the OWAS Method, using the Kinect sensor and Ergonautas-NUI software.

The results have confirmed that increasing the number of observations decreases the error probability and the possibility of overestimate the risk of error. A neural networks model based has been obtained using the characteristics of the task and the frequency of observation employed when assessing a task.

Keywords: *Ergonomics; Kinect; OWAS*

USO DEL SENSOR KINECT PARA LA ESTIMACIÓN DEL ERROR COMETIDO AL EMPLEAR EL MÉTODO OWAS DE EVALUACIÓN POSTURAL

El método Owas de Evaluación postural identifica la penosidad de las posturas en un puesto de trabajo y los factores de riesgo a los cuales está expuesto un trabajador, para ello el profesional realiza observaciones con frecuencias establecidas.

En la investigación se planteó un procedimiento para estimar el error cometido al emplear el Método Owas, utilizando el sensor de Kinect y el software de Ergonautas- NUI a frecuencias elevadas, para establecer un sistema de evaluación postural que sea analizado con un modelo matemático que nos permita predecir el error.

En los resultados se ha confirmado que al aumentar el número de observaciones disminuye la probabilidad de cometer un error mayor y de sobreestimar el riesgo en los porcentajes de error; Además se ha obtenido un modelo basado en redes Neuronales que a partir de las características de la tarea y de la frecuencia de observación empleada nos permite predecir el error que se comete al valorar una tarea.

Palabras clave: *Ergonomía; Kinect; OWAS*

1. Introducción

El avance tecnológico provoca cambios considerables en la posición de los trabajadores en el sistema industrial. Un trabajador deja de significar "la fuerza y la energía necesaria para realizar una tarea". (Grzybowska, 2010) En la actualidad su función es la de operar los dispositivos manuales y para realizar trabajos auxiliares obliga al hombre a realizar continuamente las mismas acciones, crea posturas estáticas negativas para la salud de los trabajadores. Las posturas estáticas largas mantenidas afectan la nutrición adecuada del tejido y bloquea el flujo de entrada de oxígeno necesario a los músculos. Como resultado de la tensión permanente de los músculos, debido a la postura estática, se vuelve rígida y genera dolor, como resultado de la carga estática (sobrecarga). (Pandey, 2012) Los desórdenes musculoesqueléticos afectan a los músculos, tendones y nervios. (Singh, 2010)

En 2011 el INSHT realizó la VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo, encontrando que ha aumentado 3,8 puntos porcentuales (77,5%), respecto a 2007 (73,7%), el porcentaje de trabajadores que sienten alguna molestia que achacan a posturas y esfuerzos derivados del trabajo que realizan. Entre las molestias más frecuentes figuran las localizadas en la zona baja de la espalda, la nuca/cuello y la zona alta de la espalda.

La ley de prevención de Riesgos Laborales y en el reglamento de los Servicios de prevención, indica la necesidad de evaluar carga postural como uno de los factores a tener en cuenta en la evaluación de las condiciones de trabajo tal como lo muestra la Norma Técnica de Prevención 452: Evaluación de las condiciones de trabajo, carga postural y descrito en las Normas: UNE-EN 1005-4:2005+A1:2009: Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 4: Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas; UNE-EN 614-1:2006+A1:2009 Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico. Parte 1: Terminología y principios generales para el diseño de las máquinas, la norma tiene presente las posturas de trabajo "Las posturas de trabajo deben ser lo más cómodas posibles, promoviendo, de este modo, unos movimientos de trabajo fáciles y que no provoquen efectos perjudiciales para el individuo".

Actualmente hay múltiples métodos que evalúan la Carga Postural entre ellos los más usados son la evaluación postural rápida, el método Rula, método Reba y método Owass; estos recolectan datos a partir de parámetros preestablecidos por cada uno, que son tomados por un evaluador. El método Owass evalúa 252 posiciones diferentes como resultado de las posibles combinaciones para la posición de espalda, brazos y piernas. Según la afirmación de Matilla se estima unos límites de error (con un 95% de probabilidad) asociado a las proporciones relativas medias de las posturas de trabajo que disminuyen a medida que el número total de observaciones aumenta.

Analizando la probabilidad de error; las observaciones se hacen in-situ en el trabajo actual, en algunos casos las cintas de video se pueden utilizar. Las ventajas de usar los videos es que el evaluador tiene más tiempo para observar las posturas. El video puede ser un tipo de ayuda que puede ser usada para registrar las posturas de trabajo real observado. Los videos de este tipo pueden ser usados con facilidad y efectividad para recordar las situaciones reales de trabajo proporcionando retroalimentación de una evaluación o la enseñanza de nuevos Métodos de trabajo. (Mattila, 1999) La frecuencia de diferentes posturas podría ser determinante en el tiempo de observación del trabajo, el análisis del método se realiza a través de la observación de los intervalos en un periodo de tiempo, el cual puede ser determinante para estimar la carga estática del trabajador analizándolas en el desarrollo de su tarea.

Este estudio pretende estimar el error cometido al evaluar el Método Owass; en los límites de error para valores medios basados en 100 observaciones son del 10% (Mattila, 1999), Utilizando herramientas tecnológicas para la evaluación postural en el campo de la ergonomía, con los sensores Microsoft's Kinect o Asus Xtion, son sensores que pueden ser

empleados como un sistema de captura de movimientos en 3D, este sistema tiene un emisor laser infrarrojo que proyecta constantemente las partes del esqueleto sobre la escena. Una cámara infrarroja recoge dicho patrón correlacionándolo con un patrón de referencia mediante un proceso de triangulación, obteniendo la distancia al sensor de cada pixel. Uniendo los datos de profundidad a los colores recogidos por la cámara RGB situada en el sensor es posible obtener una nube de cerca de 30.000 puntos coloreados del cuerpo por unos 30 cuadros por segundo (fps). (Henry, 2012) El mapa tiene un sistema que muestra el contenido de tres componentes en 3D: primero, la alineación espacial del cuerpo por puntos; segunda, la detección de los cierres del circuito; tercera, la alineación coherente global de la secuencia completa de datos. La densidad de los puntos obtenido permite la escaneada de objetos reales con una reconstrucción en 3D. Ellos ignoran la información que no es valiosa en estas imágenes. (Henry, 2012) Los datos obtenidos del sensor pueden ser empleados en aplicaciones software mediante el empleo de un kit desarrollado para software (SDK) (Microsoft USA). Además de los datos procedentes de la profundidad (depth data) y color (RGB data), el sensor ofrece información sobre la posición de las articulaciones, la persona presente en la escena (Skeleton data) prácticamente en tiempo real. La estructura de estos datos permiten construir una matriz con las coordenadas de cadera (centro, izquierda y derecha) la columna vertebral, el hombro (centro, izquierda y derecha), la cabeza, los codos, las muñecas, las manos las rodillas, los tobillos y los pies; un estudio de la Journal obtuvo que a partir de un algoritmo aleatorio se cree que estos datos son suficientes para realizar una evaluación postural. (Clark, 2012)

Este documento muestra el proceso de investigación que se llevó a cabo para realizar la fusión de la Kinect y el software de Ergonautas – NUI; practicando el método de evaluación postural Owas. A partir de las posturas establecidas por el Método, se busca unificar el lenguaje en el estudio para comprobar los porcentajes del límite de error al observar una tarea, en esta investigación se busca determinar, cual es el error que se comete al evaluar un puesto de trabajo, identificando los tipos de tareas con parámetros de uniformidad, variabilidad y estaticidad para realizar una tarea, evaluando la frecuencia que se puede llegar a necesitar según el tipo de actividad que se esté evaluando, donde se puntuaron los ítems anteriores obteniendo 27 combinaciones.

1.1. El Método Owass

El método OWAS (Ovako Working Analysis System) se desarrolló en Finlandia en la industria siderúrgica de la compañía Ovako Oy, en 1973 para describir la carga de trabajo en la revisión de hornos de fusión de hierro (Karhu, 1977). Fue propuesto por los autores finlandeses Osmo Karhu, Pekka Kansu y Liikka Kuorinka en 1977 bajo el título "Correcting working postures in industry: A practical method for analysis." ("Corrección de las posturas de trabajo en la industria: un método práctico para el análisis") y publicado en la revista especializada "Applied Ergonomics". Se desarrolló con un sistema informático portátil para la codificación y el análisis de OWAS.

Por otra parte, las propuestas informáticas para el cálculo de la carga postural, basadas en los fundamentos teóricos del método OWAS original (la primera versión fue presentada por los autores Kivi y Mattila en 1991), han favorecido su consolidación como "método de carga postural por excelencia".

Este Método nos permite estimar la carga estática a la cual puede estar expuesto un trabajador en una tarea, teniendo en cuenta el análisis de las posturas adoptadas en el puesto. Se realiza un análisis donde se clasifican las 84 posturas de trabajo del sistema OWAS cubriendo las posturas de trabajo más comunes y fácilmente identificables para la espalda, los brazos y las piernas. Una estimación para carga que maneja la persona observada también se hace en relación con la postura. Owass estableció 4 categorías de riesgo para carga estática a partir de los códigos de la postura (Mattila, 1999); Clase 1: La

carga postural es normal y aceptable, Las posturas de trabajo no necesitan ser corregidas; Clase 2: Debe adoptarse medidas correctivas para mejorar la postura de trabajo. Clase 3: Deben tomarse medidas correctivas para mejorar las posturas de trabajo lo antes posible. Clase 4: Deben tomarse medidas correctivas para mejorar las posturas de trabajo lo antes posible.

El método comienza con la recopilación, previa observación, de las diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante la realización de la tarea. Cabe destacar que cuanto mayor sea el número de posturas observadas menor será el posible error introducido por el observador se estima que con 100 observaciones se introduce un error del 10%, mientras que para los valores medios basados en 200 300 y 400 las observaciones son del 7%, 6% y 5% respectivamente. Los valores medios obtenidos a través de observaciones pueden considerarse suficientemente fiables cuando los límites de error están por debajo de un 10%. (Karhu, 1977).

Figura 1. Posturas del Método Owas

Back		
Straight		1
Bent		2
Twisted		3
Bent & twisted		4
Arms		
Both below shoulder		1
One above shoulder		2
Both above shoulder		3
Legs		
Sitting		1
Standing on both leg straight		2
Standing on one straight leg		3
Standing on both knees bent		4
standing on one knee bent		5
Kneeling on one or both leg		6
Walking or moving		7

1.2. Kinect

El mapa de profundidad es procesado por la Kinect para calcular la posición de las articulaciones de las personas presentes en la escena, se encarga de devolver las coordenadas en una estructura de dos matrices. Para la investigación se utilizó el SDK del sensor que Microsoft distribuye gratuitamente, para realizar los cálculos geométricos y la representación gráfica se utilizó escena GLS, un opelGI gratuito basado en 3D para Delphi.

Las coordenadas x, y, y z dan los parámetros del cuerpo humano frente al sensor de profundidad. Este sistema de coordenadas se da por los beneficios de la Kinect original, cambiando la dirección del propósito el cual está señalado para este caso, el eje de coordenadas positivo se extiende hacia arriba, y el eje de abscisas positivo se extiende al lado izquierdo (" el interfaz de Usuario Natural para Kinect para Ventanas, 2013 "). El mapa de RGB, El mapa de Profundidad y de datos del esqueleto pueden ser gravados, almacenados y reproducidos por Ergonautas -NUI empleando la Kinect estudio.

La Kinect para Windows proporciona un mecanismo de suavización de la posición de las articulaciones entre en frame y el otro frame. Es importante regular correctamente a través

del software que recoge los datos, los parámetros de este mecanismo de suavización: smoothing, corrección, predicción, jitterRadius and MaxDeviation Radius (Azimi,2013).

Por otra parte, el esqueleto tiene que ser rastreado sin perder la vista del sensor de la Kinect para tomar las capturas; cuando el punto es inadecuado la posición de las articulaciones es inferida. (" Interfaz de Usuario Natural para Kinect para Ventanas, 2013 "). El Software de desarrollado permite al evaluador decidir si las posturas observadas en las que la posición de alguna articulación es inferida serán empleadas o en el cálculo serán desechadas.

Ergonautas –NUI recoge la información de los movimientos del esqueleto humano en intervalos de tiempo reales. La frecuencia de muestreo puede ser regulada por el evaluador. Con las posturas recogidas se calcula a partir de sus frecuencias relativas, el porcentaje de tiempo en cada posición para cada miembro y su clase de riesgo, finalmente para tener la valoración total del riesgo se calcula el porcentaje de posturas en cada clase de riesgo y el indicador de Riesgo del Método Owass (Grzybowska, An OWAS-based Analysis of Storekeeper Workloads, 2010) donde la información sobre las coordenadas x, y y z de las articulaciones del sujeto observado es obtenida del sensor en forma de una matriz de tres columnas (una por cada coordenada) y 20 filas. Cada fila corresponde a una articulación en el orden indicado en la figura X. para obtener la clase de riesgo de la postura es necesario clasificar las posiciones de la espalda, brazos y piernas. El proceso comienza calculando tres planos auxiliares (sagital, frontal and transversal). El plano sagital se obtiene como el plano perpendicular a la recta que une a la cadera izquierda y derecha y que pasa por la cadera central. El plano frontal es calculado como un plano vertical que pasa por las dos caderas. El plano transversal es determinado como el plano que pasa por las caderas y el cuello. Columna: el ángulo de flexión es calculado aunque el método no lo determine a partir de 20° de flexión (Mattila, 1999) y para las inclinaciones o rotaciones se hace una proyección del plano transversal. Brazos: Para determinar si los brazos están por arriba o por debajo de los hombros se comparan estas con las coordenadas de los codos. Piernas: para clasificar la posición de las piernas se comparan las coordenadas de las piernas y los pies, y la flexión de las piernas se tiene en cuenta en referencia al ángulo formado entre la cadera - rodilla y la cadera – tobillo. (Clark, Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control., 2012)

1.3. Redes Neuronales

El objetivo de las redes Neuronales es precisar el porcentaje de error que se puede estar cometiendo en el Método Owass y para ello se tendrá en cuenta el software Neurosolution.

En la actualidad existen máquinas de cálculo muy potentes capaces de realizar millones de operaciones por segundo, que facilitan en gran medida las labores de investigadores o cualquier persona que precisa de resolver problemas complejos de cálculo, y que aceleran mucho los tiempos de obtención de resultados. Estos sistemas de computación secuencial son exitosos en la resolución de problemas matemáticos o científicos, en la creación, manipulación y mantenimiento de bases de datos, en comunicaciones electrónicas, en el procesamiento de textos, gráficos y auto edición, incluso en funciones de control de electrodomésticos, haciéndolos más eficientes y fáciles de usar, sin embargo no son capaces de entender el significado de formas visuales o de distinguir entre distintas clases de objetos. Son sistemas que no tienen capacidad para interpretar el mundo como lo hace el ser humano.

La razón de tener como modelo a imitar el cerebro humano es que éste constituye una computadora muy notable; es capaz de interpretar información imprecisa suministrada por los sentidos a un ritmo rapidísimo. Este órgano biológico cuenta con varias características deseables para cualquier sistema de procesamiento digital, porque es robusto y tolerante a fallos, es flexible, se ajusta a nuevos ambientes por aprendizaje, no hay que programarlo,

puede manejar información difusa, con ruido o inconsistente, es altamente paralelo, es pequeño, compacto y consume poca energía.

El cerebro aprende sin instrucciones explícitas de ninguna clase a crear las representaciones internas que hacen posible la intuición de cosas que aparentemente no son perceptibles o distinguir elementos concretos entre un “caos”.

El Primer modelo de red neuronal fue propuesto en 1943 por McCulloch y Pitts en términos de un modelo computacional de “actividad nerviosa”. El modelo de McCulloch-Pitts es un modelo binario, y cada neurona tiene un escalón o umbral prefijado. Este primer modelo sirvió de ejemplo para los modelos posteriores de Jhon Von Neumann, Marvin Minsky, Frank Rosenblatt, y muchos otros. La teoría de las RNA se utiliza para aprender estrategias de solución basadas en ejemplos de comportamiento típico de patrones. Estos sistemas no requieren que la tarea a ejecutar se programe, ellos generalizan y aprenden de la experiencia. La teoría de las RNA es una alternativa a la computación clásica para aquellos problemas cuyos métodos tradicionales no han entregado resultados muy convincentes, o poco convenientes.

2. Material y Métodos

2.1. Desarrollo del método

Se inició con un análisis de la información del Método Owas anteriormente descrito, donde se encontró la necesidad de crear un lenguaje que permitiera identificar con claridad lo que se estaba buscando establecer en el estudio, para esto se crearon tres parámetros de combinación que permitieran realizar el análisis:

Uniformidad (U): El Método Owas maneja 252 posiciones diferentes como resultado de las posibles combinaciones de la posición de la espalda, brazos y piernas; se tendrá en cuenta el número de variaciones para realizar la observación de posturas adoptadas por un trabajador durante el desarrollo de la tarea. “Estableciendo así una variación de posturas que estarían presentes”.

Estático/ Dinámico (E): La categoría de riesgo de cada postura es reflejo de la incomodidad que supone para el trabajador mantener una postura por un tiempo corto o prolongado, evaluar el riesgo o incomodidad para cada parte del cuerpo según la carga postural; determina una “diferencia en las variables de las posturas a lo largo del tiempo para espalda brazos y piernas”.

Variabilidad (V): En función de la frecuencia relativa de cada posición, la categoría de riesgo a la que pertenece cada posición de las distintas partes del cuerpo identifica las que presentan una actividad más crítica para calcular el porcentaje de repeticiones de cada posición para la espalda, brazos y piernas. Refiriéndose este ítem puntualmente a “la Frecuencia de exposición en una postura”.

Para estos tres grupos se determinaron unos parámetros de Alto(A), Medio (M), y Bajo (B); lo que se busca es una adaptación donde cada una de estas combinaciones según la zona, los cambios de posición y la frecuencia, se puntúe con mayor claridad en cada uno de los ítems como se muestra a continuación:

Figura 2. Parámetros de Combinaciones posturales

	Uniformidad (U)	Estático/Dinámico (E)	Variabilidad (V)
Alta	Una (1) postura	mayor de 30 Segundos	Mayor de 30 posturas
Media	Dos (2) – Cuatro (4) posturas	Entre 5 – 30 segundos	Entre 10 - 30 posturas
Baja	Mayor de cuatro (4) posturas	Menor de 5 segundos	Menos de 10 posturas

Para la creación de las posibles combinaciones se tuvo en cuenta los parámetros anteriores, buscando con este lenguaje crear diferentes opciones de análisis en el estudio; a partir de los cuales se ha podido obtener 27 combinaciones en total, las cuales son: 1. UA-EA-VA, 2. UA-EA-VM, 3. UA-EA-VB, 4. UA-EM-VA, 5. UA-EM-VM, 6. UA-EM-VB, 7. UA-EB-VA, 8. UA-EB-VM, 9. UA-EB-VB, 10. UM-EA-VA, 11. UM-EA-VM, 12. UM-EA-VB, 13. UM-EM-VA, 14. UM-EM-VM, 15. UM-EM-VB, 16. UM-EB-VA, 17. UM-EB-VM, 18. UM-EB-VB, 19. UB-EA-VA, 20. UB-EA-VM, 21. UB-EA-VB, 22. UB-EM-VA, 23. UB-EM-VM, 24. UB-EM-VB, 25. UB-EB-VA, 26. UB-EB-VM, 27. UB-EB-VB.

Se hacen patrones a partir de una figura que representa el cuerpo humano, para cada una de las secuencias de movimiento, cumpliendo con las combinaciones ya descritas de uniformidad, estaticidad y variabilidad, con cada una de las variables que la componen; se excluyó del estudio para la evaluación las posturas sedente y marcha, además se deja el manejo de pesos fuera del estudio.

Figura 3. Secuencia Combinación UA-EA-VA con Figuras del Cuerpo Humano



El evaluador del método selecciono a un trabajador para que realizara las secuencias preestablecidas de la figura humana ubicándolo frente a dos monitores y la Kinect, uno de los computadores mostraba los movimientos que tenía que realizar y el otro tenía instalado el software que permitió corroborar la Kinect por medio del programa Ergonautas–NUI, buscando que mantuviera la captura de la grabación para obtener los datos que se requerían. El evaluador estaba presente para ubicar al trabajador en los campos correctos de observación de la Kinect y posterior a marcar el punto de ubicación daba inicio al programa de la Kinect y a la secuencia de manera paralela, Además estaba observando la correcta ejecución de las posiciones en los tiempos estipulados para cada una de las combinaciones; con el fin de realizar las 27 secuencias creadas.

Figura 4. Imagen de las pantallas de los computadores con la Kinect



Se determinaron las frecuencias posturales con las que se evaluara el Método Owas en cada una de las secuencias, fijándolas de la siguiente manera: 5 / segundo, 1 / segundo, 30 / minuto, 10 / minuto, 3 /minuto, 1/ minuto, 30/ hora respectivamente, estas siete opciones nos dan unos tiempos precisos de observación que variaran según el tipo de combinación analizada con el Método Owas del programa Ergonautas- NUI.

Se selecciona una de las frecuencias posturales de observación fijadas anteriormente en el programa del Método Owas y se pone la captura de la información tomada por la Kinect con las secuencias, donde se muestra la postura de la espalda y los movimientos de las articulaciones de los miembros superiores e inferiores del cuerpo humano realizado previamente con el trabajador, con una imagen en 3D, y una captura para lograr realizar en cada uno de las combinaciones el análisis, donde el evaluador se encarga de supervisar que se mantenga la continuidad de las capturas y no se detenga al correr el video con el programa de evaluación del Método.

Se tiene en cuenta dentro de los resultados obtenidos para todas las combinaciones el número de observaciones que se realizan en total, las inferencias de las posturas, el nivel de riesgo 1, 2, 3 y 4 discriminando los valores de la cantidad de posturas / el porcentaje al que estas equivalen en cada combinación y el resultado con el índice de Owas para cada una de las frecuencias posturales. Estos datos son recolectados en una base de datos que cumpliera con las características descritas anteriormente con el fin de compilar los resultados obtenidos por el Método de evaluación.

Para organizar los datos se le da una calificación a las variables A (0), M (1) Y B (2), además el tiempo de observación del trabajador es convertido a minutos para manejar los datos en los mismos valores obteniendo los datos de la siguiente manera; 5 segundos (300 minutos), 1 segundo (60 minutos), 30 minutos, 10 minutos, 3 minutos, 1 minuto y 0,5 minuto, para cada uno de los siete tiempos de exposición se realizan las combinaciones anteriormente descritas.

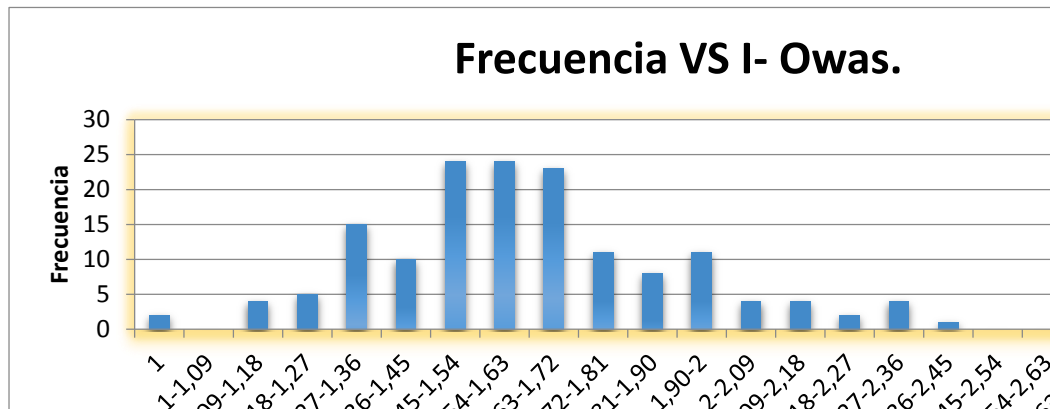
3. Resultados

Se realizaron un total de 27 secuencias con distintos grados de Uniformidad, Esteticidad y Variabilidad, a frecuencias de observación de 300, 60, 30, 10, 3, 1 y 0.5 por minuto. De cada secuencia se midió: el número de observaciones realizado, el Índice Owas, el error respecto a la secuencia observada a 300 por minuto, el número de posturas diferentes observadas y el porcentaje de posturas observadas en categorías de riesgo 1, 2, 3 y 4. Debido a la diferente duración de las secuencias el número total de observaciones varía en cada uno de ellas. Se eliminaron las secuencias con menos de 3 observaciones en total, por lo tanto se dispone de 153 casos para realizar el estudio.

3.1. Método Owas

Los datos que se obtuvieron del estudio en cuanto a la repetición de los índices de Owas en cada una de las combinaciones de las posturas es diferenciado, a partir de los resultados se hace un análisis estadístico que arroja un total de 153 datos analizados en el estudio con una media de 1.64614, una desviación estándar de 0.291046, un coeficiente de variación de 17.6805% y unas variables que están en un máximo de 2.67 y un mínimo de 1.0 con un rango de 1.67, así como se muestra en la siguiente gráfica:

Figura 5. Frecuencia en relación al Índice de Owas



3.2. Error

El error respecto a la secuencia observada a 300 observaciones por minuto.

$$E(x) = \frac{IO(300) - IO(x)}{IO(x)}$$

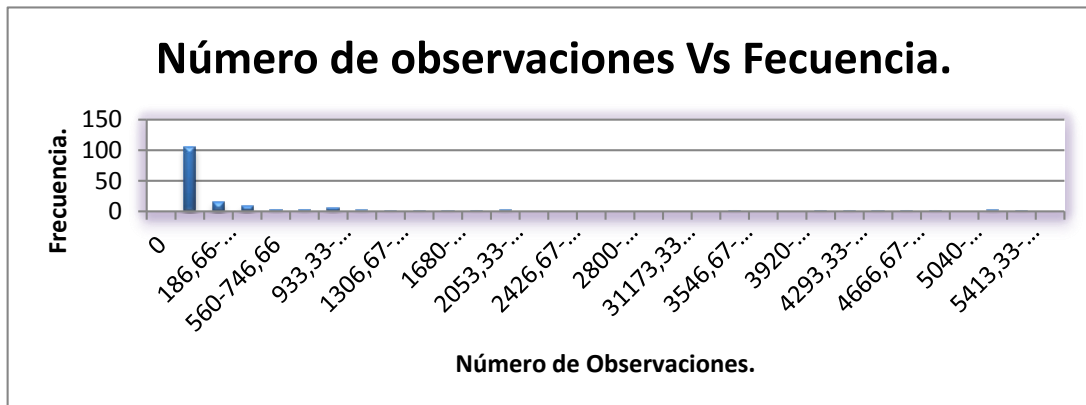
Dentro de estos resultados se excluyeron para el análisis los datos que arrojaban menos de tres observaciones para tener una muestra fiable en los datos que se estaban observando.

Los datos parecen ajustarse a una normal, para comprobarlo se eliminaron los errores de las secuencias a frecuencia 300 por ser tomadas como referencia del error, obteniendo 106 datos en la muestra en un rango de -0.217647 – 0.254438, arrojando resultados con una media: 0.0328353 y una desviación estándar: 0.091329; dando resultado de una distribución normal con un 95 % de fiabilidad en la distribución.

3.3. Número de Observaciones

El análisis de los datos en el número de observaciones realizado a las 153 combinaciones posturales a diferente frecuencia nos muestran una media de 392.869, desviación estándar de 928.871, coeficiente de variación 236.433 % que está entre los límites máximos de 5566.0 y mínimos de 3.0 en un rango de 5563.0; siendo un número representativo para validar las posturas evaluadas como se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 6. Número de observaciones en relación con la Frecuencia



3.4. Redes Neuronales

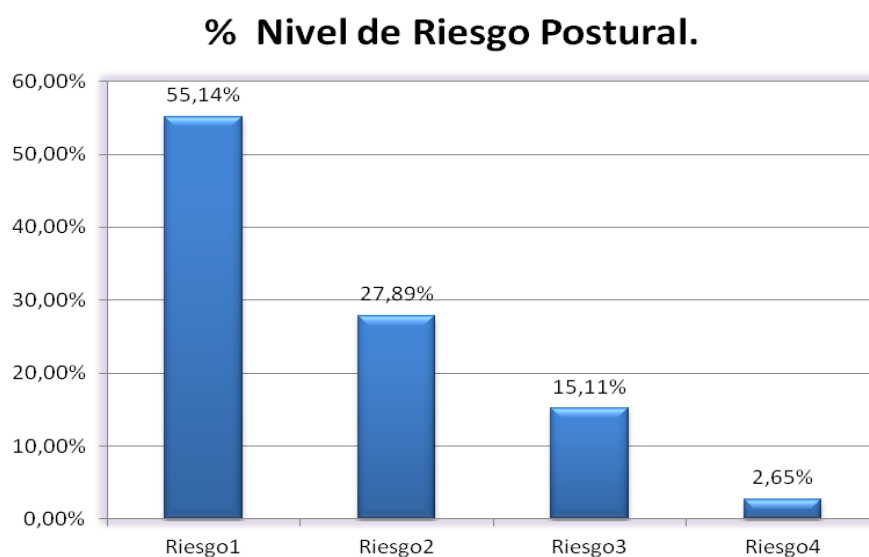
En el análisis de la información por redes neuronales se tiene en cuenta todas las variables establecidas en el estudio de Esteticidad, Uniformidad y Variabilidad e índice de Owas, se excluye para el estudio el porcentaje de error mostrado, esta técnica nos permite modelar procesos no lineales con sistemas de control y reconocimiento de patrones que solo requirieron de una neurona para darnos un resultado óptimo en los datos.

4. Discusión

4.1. Porcentaje de Posturas en Cada Nivel de Riesgo

Las secuencia posturales para los niveles de riesgo reflejan un conteo de 153 datos que son discriminados en un conteo determinado para cada uno de los porcentajes de la siguiente manera, nivel de riesgo1 reflejan una media de 0.551397, nivel de riesgo dos tiene una media de 0.278869, nivel de riesgo tres tiene una media de 0.151118 y nivel de riesgo cuatro refleja una media de 0.0265353 en el estudio estadístico realizado. Estos datos los obtendremos gráficamente de la siguiente manera:

Figura 7. Porcentaje de posturas adoptadas en el estudio vs el nivel de exposición al riesgo



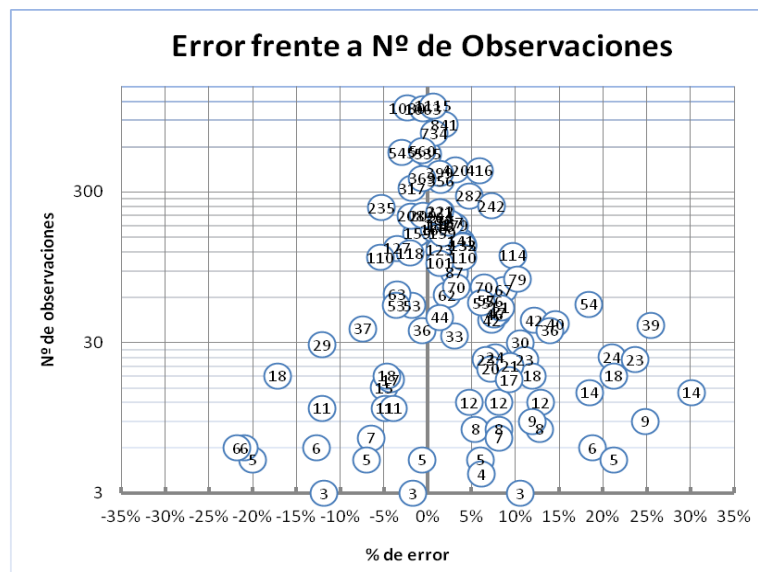
4.2. Distribución Normal

La distribución normal estima dentro de los parámetros 106 datos con resultados pertenecientes al estudio, como consecuencia del análisis se han excluido 14 casos identificados como OUTLIERS. Estos casos tienen una frecuencia de observación y número de observaciones bajo, al analizar con el test de normalización de shapiro –wilk w statistic: 0.967537 y p- Value: 0.07999324 se mostró una distribución acertada al ajustar los datos restantes con un 95% confidence intervals for the mean en intervalos standard lower limit: 0.152464 – upper limit: 0.0504242, y Windorized Lower Limit: 0.0152755 – Upper Limit 0.0520623, aportando fiabilidad al estudio.

Los datos parecen ajustarse a una normal, para comprobarlo se eliminaron los errores de las secuencias a frecuencia 300 por ser tomadas como referencia del error, obteniendo 106 datos en la muestra en un rango de -0.217647 – 0.254438, arrojando resultados con una media: 0.0328353 y una desviación estándar: 0.091329; dando resultado de una distribución normal con un 95 % de fiabilidad en la distribución.

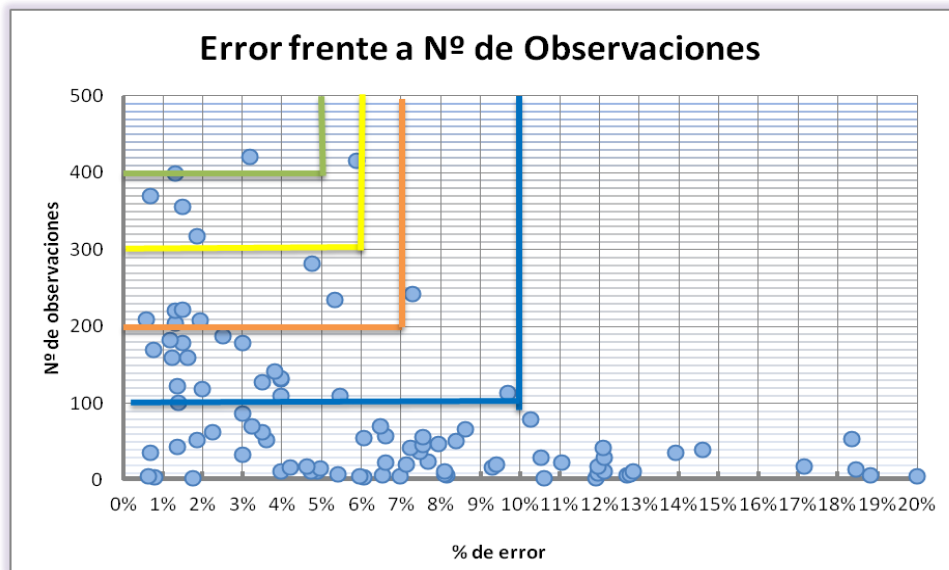
Con la disminución del número de observaciones aumenta la probabilidad de error al realizar el analisis de los datos y sobre todo de sobreestimar el riesgo que se puede presentar en la evaluación del Método Owas, así como podemos observar en la siguiente grafica donde el porcentaje de error se concentra en prioridad entre (-) 10% y 10%.

Figura 8. Número de observaciones en Relación al Porcentaje de error que se presenta



La comparación de los resultados obtenidos permiten afirmar que al disminuir el número de observaciones aumenta la probabilidad de cometer un error mayor y de sobreestimar el riesgo en un estudio del Método Owas, dando a conocer que con 100, 200, 300, y 400 observaciones hay un porcentaje de error del 10%, 7%, 6% y 5% ; Analizando los datos es cierto (salvo algún caso) lo que afirma (Mattila, 1999) respecto a los límites del error con las observaciones como se muestra en la gráfica:

Figura 9. Representa el número de observaciones en relacion al % de error que se puede cometer



4.3. Relación entre I - Owas y el Error

Existe correlación entre el I- Owas y el error cometido. Tomando en cuenta los 106 datos de inclusion del estudio se puede obtener con el error normalizado del I-Owas: 0.6112, estos coeficientes que midieron la fuerza de la relacion lineal entre las variables con un nivel de confianza del 95% siendo este significativo para valorarlo como un error normalizado.

La relacion lineal de I-Owas bajos aumentan la probabilidad de subestimar el riesgo y al crecer aumenta la probabilidad de sobreestimar el riesgo en cada uno de los casos que se analizaron en la muestra del I - Owas.

4.4. Redes Neuronales

Los datos utilizados buscan establecer el objetivo de las redes Neuronales donde se investiga el porcentaje de error cometiendo en el Método Owas con el software Neurosolution.

En el análisis de la información por redes neuronales se tiene en cuenta las 11 variables establecidas en el estudio y las tres binarias para completar 17 datos en la capa de entrada, esta técnica nos permite modelar procesos no lineales con sistemas de control y reconocimiento de patrones que solo requirieron de 5 neurona en la capa interna para darnos un resultado óptimo en los datos, Cada red tiene un peso que es modificado a necesidad en el entrenamiento.

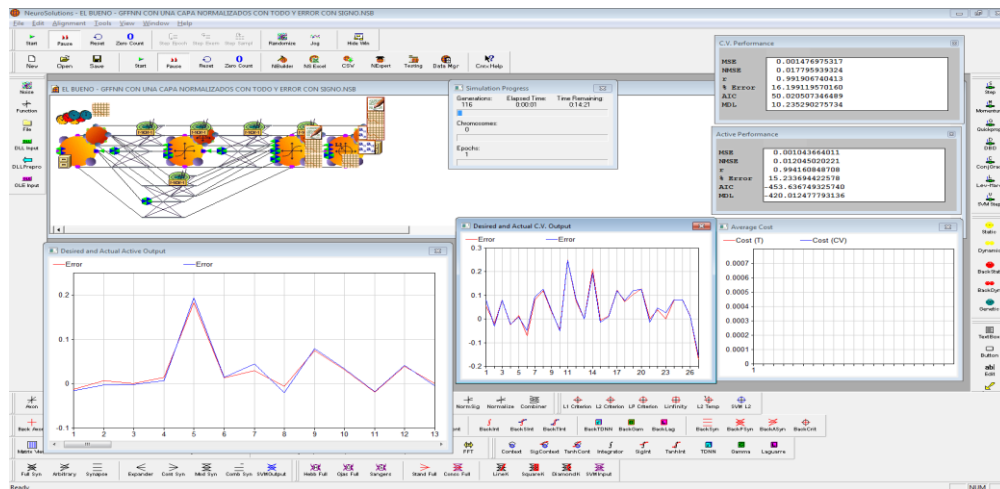
Los datos obtenidos han creado una red Neuronal Generalizada que tiene en su estudio tres capas que se conectan de la capa de entrada a la capa oculta y de la capa de entrada a la capa final, así como se muestra en la ilustración número 5.

A continuación se observa cómo funciona el software y los resultados que muestra la red neuronal generalizada, el error que se puede cometer, la validación cruzada gráficamente y numéricamente, acompañada de la gráfica de continuidad que se debe detener previamente al ascenso para evitar que el software memorice.

En las gráficas se observa líneas de color rojo (datos del estudio) y líneas de color azul (datos aprendidos) con progresiones de gran similitud dando como resultado "errores cuadráticos medios": Primer Grupo 80 % de los datos: Error de Entrenamiento 0.00104;

segundo Grupo 20 % de los datos: Error de Validación Cruzada 0.01476; Tercer Grupo 10 % de los datos: Error Test 0.003276

Figura 10. Software Neurosolution con los datos de error



Los resultados obtenidos con el software Neurosolution en el Error test es: 0.003276 obteniendo un error cuadrático medio que es óptimo para el estudio, donde la línea de error azul es muy similar a los datos que representa la línea de color rojo mostrando una diferencia mínima que puede obtener con el programa solo utilizando las variables obtenidas del Método Owass.

Figura 11. Error de Test Redes Neuronales



Es importante puntualizar que estas respuestas solo requieren de datos de entrada y el Software realiza la respuesta al aprender en la evolución de las décadas.

5. Conclusión

Se ha confirmado que

- Al aumentar el número de observaciones aumenta la probabilidad de cometer un error mayor y de sobreestimar el riesgo en los porcentajes de error.
- Los intervalos de error propuestos por los autores del método Owass son coherentes con los resultados de este trabajo.

Se ha obtenido:

- Un modelo basado en redes Neuronales que a partir de las características de la tarea y de la frecuencia de observación empleada nos permite predecir el error que se comete al valorar una tarea con el método Owas.
- Es importante generar investigación como técnicos prevencionistas utilizando los avances tecnológicos, con el fin de detectar los riesgos de tipo ergonómico y encontrar una solución adecuada para garantizar la seguridad de los trabajadores.

6. Bibliografía

- Clark, R. A. (2012). Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control. *Gait & posture*, 372-7.
- Clark, R. A. (2012). Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control. *Journal*, 372-7.
- Dutta, T. (2012). Evaluation of the Kinect™ sensor for 3-D kinematic measurement in the workplace. *Applied ergonomics*, 645-9.
- Grzybowska, K. (2010). An OWAS-based Analysis of Storekeeper Workloads. *Logistics and Transport*, 57-64.
- Henry, P. (2012). RGB-D mapping: Using Kinect-style depth cameras for dense 3D modeling of indoor environments. *The International Journal of Robotics Research*, 647-663.
- Karhu. (1977). Correction working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 199-201.
- Mattila, M. (1999). The Occupational Ergonomics HandBook. En M. Mattila, *owas metodos*, capitulo 26 (págs. 447–459). Finland: CRC Press.
- Moreira, H. S. (2012). Analysis of the compensatory postures adopted by day caregivers through OWAS-Ovako Working Posture Analysing System. *Work (Reading, Mass.)*, 5746-8.
- O, k. (1977). Correction Working Postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 199-201.
- O, K. (1977). Correction Working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 199-201.
- Pandey, K. (2012). An OWAS-Based Analysis of Workers Engaged in Brick Making Factories, Faizabad District of Uttar Pradesh, India. *Journal of Ergonomics*.
- Singh, L. (2010). WORK POSTURE ASSESSMENT IN FORGING INDUSTRY: AN EXPLORATORY STUDY IN INDIA. *International Journal of Advanced Engineering Technology*, 356-366.

Sitios Web:

Aplicación del Método Owas: <http://www.ergonautas.upv.es/> 02/12/2013

NeuroSolutions. <http://www.neurosolutions.com/>; consultado 02/12/2013

Almodóvar, M, A; Galiana Blanco, M^a; Hervás Rivero, P; Pinilla García, Francisco Javier VII Encuesta Nacional de Condiciones del Trabajo 2011. [http://www.oect.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS%20DE%20PUBLICACIONES/EN%20CATALOGO/OBSERVATORIO/Informe%20\(VII%20ENCT\).pdf](http://www.oect.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS%20DE%20PUBLICACIONES/EN%20CATALOGO/OBSERVATORIO/Informe%20(VII%20ENCT).pdf). consultado 02/12/2013

Kinectprogramas.

http://www.microsoft.com/ens/kinectforwindows/purchase/sensor_setup.aspx; consultado 02/12/2013 Kinect estudios.

<http://www.microsoft.com/enus/kinectforwindows/partners/>; consultado 02/12/2013