UNIVERSITÀ DI PARMA

Universidad de Oviedo

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

REDISEÑO DE UNA SILLA DE AULA DEL CAMPUS DE PARMA

MUÑIZ FERNÁNDEZ, Paloma

Tutor: FAVI, Claudio

2017-2018

Índice

Introducción 3

Historia de la ciencia de la ergonomía 3

Ergonomía en Ingeniería 3

Legislación 5

Patentes 5

Análisis de mercado 6

Diagrama de flujo 6

Caso de estudio: rediseño ergonómico de una silla de un aula del campus de Parma ... 7

- Medición de la antigua silla 7
- Observación de las posturas adoptadas en la silla 7
- Modelo geométrico 3D con Inventor 7
- Análisis ergonómico: RULA, REBA, OWAS 7
- Análisis del comportamiento mecánico con Inventor 8
- Estudio ergonómico con Catia 9

Identificación de parámetros críticos 9

Rediseño ergonómico de la silla de la Universidad de Parma 10

- Rediseño en 3D 11
- Análisis ergonómico: RULA, REBA, OWAS 12
- Análisis del comportamiento mecánico de la silla rediseñada con Inventor 12
- Estudio ergonómico con Catia 12

Análisis de costes 13

Conclusiones 14

Introducción

En este estudio se ha llevado a cabo el rediseño de una silla de un aula de la Universidad de Parma.

La fatiga en el aula, la falta de atención, el dolor de espalda y los trastornos musculo esqueléticos se deben a las malas posturas adoptadas por los estudiantes, razón por la cual los aspectos ergonómicos juegan un papel crucial en el mobiliario escolar.

Por lo tanto, el objetivo principal en el desarrollo de este trabajo es mejorar la ergonomía de una silla de la Universidad de Parma.

Historia de la ciencia de la ergonomía

El concepto de ergonomía surge de la unión de dos palabras griegas, "ergon" (trabajo) y "nomos" (ley o regla).

La preocupación del hombre por el trabajador siempre ha existido, por esta razón, la necesidad de adaptar las herramientas de trabajo al hombre. Vauban en el siglo XVII, y Belidor en el siglo XVIII, intentaron medir la carga de trabajo física diaria durante el ejercicio y el lugar de trabajo. Luego Bernardino Ramazzini, quien es considerado el padre de la medicina del trabajo por escribir el primer tratado sobre enfermedades de los trabajadores.

En 1857 fue la primera vez que se utilizó el término ergonomía, por el científico polaco W. Jastrezebowski en su trabajo llamado "ergonomía y ciencia del trabajo basada en verdades tomadas de la naturaleza", es considerado el padre de la ergonomía.

La sociedad de investigación ergonómica define la ergonomía como "el estudio científico de los factores humanos en relación con el entorno de trabajo y el diseño de los equipos (máquinas, espacios de trabajo, etc.)".

Ergonomía en Ingeniería

Se han desarrollado diferentes métodos y herramientas para evaluar la exposición a los factores de riesgo para los trastornos musculo esqueléticos relacionados con el trabajo y para evaluar la carga física.

Los métodos se pueden dividir en tres grupos de acuerdo con la técnica de medición. Son el auto informe, la medición directa y los métodos de observación.

1. Los métodos de auto informe evalúan las posturas de los trabajadores mediante escalas de calificación, cuestionarios, listas de verificación o entrevistas. Sus ventajas son: su fácil uso, aplicable a una gran variedad de situaciones en el trabajo, y a un gran número de sujetos a un coste comparativamente bajo, sin embargo, estos métodos no siempre son fiables y podrían llevar a una mala interpretación.

2. Los métodos directos se basan en la recolección de datos directamente de los sensores conectados al cuerpo del trabajador. Pueden proporcionar grandes cantidades de datos muy precisos sobre un rango de variables de exposición.

3. Los métodos de observación (MO) se basan en la observación directa realizada por los examinadores, que recopilan los datos necesarios mientras observan el trabajo realizado por el trabajador. Después de eso, usan tablas o ecuaciones para medir los riesgos relacionados con los aspectos ergonómicos de las tareas desarrolladas. Este tipo de métodos suelen ser fáciles de usar, aplicables a una amplia variedad de situaciones de trabajo a un coste comparativamente menor, y también son adecuados para una gran cantidad de trabajadores. Son más adecuados para la evaluación de trabajos estáticos o repetitivos. De estos métodos resulta una puntuación final que clasifica la postura adoptaba por el usuario.

Los métodos de observación más importantes son los métodos RULA, REBA y OWAS.

Las principales diferencias entre los tres métodos son: las exposiciones y dimensiones objetivo, mientras que en los métodos REBA y OWAS se evalúan la postura y la fuerza, en el método RULA, también debemos agregar la acción estática. La otra diferencia principal es el campo de aplicaciones. El método RULA, se aplica a la parte superior del cuerpo, el método REBA a la parte superior del cuerpo y piernas y el método OWAS a todo el cuerpo.

Por otro lado, las limitaciones son: para el método RULA, la imposibilidad de evaluar al mismo tiempo la mano izquierda y derecha y no considerar la duración de las

exposiciones. Al igual que en el método RULA, para REBA, la mano derecha e izquierda deben evaluarse por separado. Además, el usuario debe decidir en qué postura basar el método, si es la postura más común, la postura más prolongada o en la que se ejerce mayor fuerza.

El método OWAS, sin embargo, no separa las extremidades superiores derecha e izquierda, no incluye evaluaciones de cuello y codos / muñecas y no considera la repetición o la duración de las posturas secuenciales.

Legislación

Hay una serie de normas en el campo de la ingeniería y el desarrollo de nuevos productos enfocados en aspectos ergonómicos, para realizar los productos con el tamaño correcto. La norma UNE-EN 1729, es la norma principal que rige las características, dimensiones y requisitos de seguridad que las sillas y mesas deben tener para uso educativo. Es una norma que deben cumplir los fabricantes de mobiliario escolar y con la que se persigue la correcta ergonomía y el bienestar de los estudiantes.

Patentes

Hoy en día, hay una gran variedad de sillas para el aula. Pueden ser con una mesa incorporada a la silla, fija al suelo sin posibilidad de regular la distancia de la silla a la mesa, con una rejilla debajo del asiento...

La silla que tiene más desventajas es la silla y el escritorio combinados, dentro de estos, los más importantes son las grandes dimensiones de los muebles, ya que se necesitarían grandes aulas.

A diferencia de la categoría anterior, con las sillas sin reposabrazos es posible regular la distancia desde la silla al escritorio. Al poder moverlos con facilidad, se pueden apilar, lo que ahorraría mucho espacio si no se usan, también tienen un fácil acceso. Como una desventaja, esta libertad de movimiento causa mucho ruido y desorden en el aula.

Una vez revisados los diferentes tipos de silla se concluye que la silla que reúne las mejores características para su uso en el aula es la denominada "Asiento del teatro" ya que tiene un buen acceso al asiento, optimiza el espacio disponible.

Análisis de mercado

Se determina el área geográfica en el que se enfoca el estudio y se describe el mercado potencial al que se dirige.

Las sillas se comercializarán en Italia, en particular tendrán como objetivo todas las universidades públicas de Italia.

Para empezar, se comercializará en la Universidad de Parma, que actualmente cuenta con 22,504 estudiantes, y el mercado se extenderá a las 76 universidades públicas que existen actualmente en Italia.

El volumen de sillas para comercializar, se estimará en una silla por cada dos estudiantes, por lo que en el caso de la Universidad de Parma se necesitarán 11,252 sillas.

Motivaciones de compra: debido a las mejoras que se pretenden realizar en la silla tanto en aspectos ergonómicos como estéticos, se espera que el comprador opte por la compra de esta silla.

Diagrama de flujo

El método del diagrama de flujo incluye un flujo de trabajo estructurado que se puede seguir para rediseñar por completo las sillas utilizadas en el entorno escolar.

Este diagrama de flujo se divide en cuatro bloques bien diferenciados: ingeniería inversa para ergonomía, evaluación ergonómica, identificación de problemas ergonómicos y rediseño ergonómico.

Posteriormente, hay un proceso de toma de decisiones (sí / no) que evalúa si los cambios realizados en la nueva silla cumplen o no los parámetros deseados.

Luego, a través de un análisis de costes, se evalúa la parte económica de las acciones de rediseño implementadas.

Para finalizar se realiza una comparación entre la silla antigua y la nueva en la que se ven las mejoras ergonómicas realizadas.

Caso de estudio: rediseño ergonómico de una silla de un aula del campus de Parma

Este estudio incluye la medición y la observación de las posturas adoptadas en la antigua silla, el diseño 3D con el programa Inventor, un análisis ergonómico con los métodos RULA, REBA y OWAS, un análisis de comportamiento mecánico también con Inventor y un estudio ergonómico con Catia.

Medición de la antigua silla

El estudio de la antigua silla comienza tomando todas las medidas necesarias directamente con un metro.

Observación de las posturas adoptadas en la silla

Se observan 20 posturas con un intervalo entre cada observación de 60 segundos. Para los métodos RULA, REBA y OWAS, nos enfocaremos en las posturas que el usuario adoptó durante por un tiempo mayor y la que el usuario debería adoptar según las características de la silla.

Modelo geométrico 3D con Inventor

Se realizan todas las piezas necesarias para el modelo 3D de la silla antigua con el programa Inventor. Ensamblando todas las piezas resulta la silla cuyas características ergonómicas son objeto de estudio como muestra la siguiente figura.

Análisis ergonómico: RULA, REBA, OWAS

Se procede a evaluar las posiciones que adopta un usuario en una silla en un aula de la Universidad de Parma, mediante los tres métodos más conocidos de evaluación de la carga postural, que son RULA, REBA y OWAS, con el fin de conocer el riesgo que sufre

un alumno por la adopción de posturas inapropiadas. El usuario tiene características antropométricas promedio en comparación con los estudiantes universitarios italianos.

En la siguiente tabla se resumen para cada método, el tipo de postura adoptada por el usuario, la puntuación obtenida, y el significado de ésta puntuación.

	Postura estudiada	Puntuación	Significado de la puntuación
RULA	La que el usuario adopta por el tiempo más prolongado	5	Se necesitan más investigaciones y los cambios deben hacerse pronto.
REBA	La postura que el usuario adopta por el tiempo más prolongado y la que el usuario debe adoptar según las características de la silla	4	Existe un nivel medio de riesgo, se debe realizar una investigación más profunda y se deben implementar cambios en la silla.
OWAS	20 posturas distintas	1 o 2	El usuario adopta una postura normal, por lo que no se requiere intervención o la postura es levemente dañina y se debe tomar una acción correctiva

Análisis del comportamiento mecánico con Inventor

Se realiza un análisis mecánico de la silla modelada, aplicando fuerzas en una posición y con ciertas cargas de acuerdo con la norma UNI-EN 1729-2: 2006, y se analiza la respuesta de la silla a estas cargas para verifica su resistencia.

Según la norma, la silla debe realizar una serie de pruebas para garantizar el diseño correcto de la misma. Estas pruebas son la estabilidad hacia adelante y hacia los lados, la estabilidad hacia atrás y la carga estática del asiento y respaldo de la silla.

Para verificar que la silla responde correctamente a las fuerzas aplicadas en ella, se analizan los siguientes parámetros: las tensiones de Von Mises, deformaciones y desplazamientos.

Se obtiene una tensión máxima de Von Mises de 257 MPa en la prueba de "Carga estática de asiento y respaldo", ya que es la prueba en la que se aplica una fuerza mayor, 2000N se aplica al asiento.

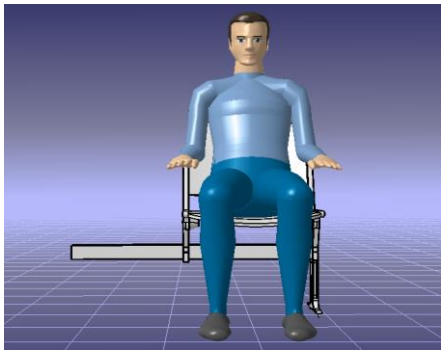
Se obtiene también una deformación máxima de 0,0041222 y un desplazamiento máximo de 4,6 mm que corresponden también a la prueba "Carga estática de asiento y respaldo".

Estudio ergonómico con Catia

Se realiza un estudio ergonómico con el módulo de Diseño y Análisis Ergonómico del programa Catia V5.

Se crea un maniquí de género hombre, percentil 50 y nacionalidad francés.

Posteriormente, se inserta la silla diseñada en Inventor y se manipula el maniquí hasta que adopte la posición deseada en la silla.



Con el Análisis de Postura Humana, se analiza la postura adoptada por el maniquí en la silla. Para esto, se usa el método RULA. Primero, se eligen una serie de parámetros, tales como: el lado a evaluar, tipo de postura y posición de los brazos. Una vez que se han elegido los parámetros, el programa evalúa automáticamente la postura y, como resultado, se obtiene la puntuación del método RULA. En este caso, la puntuación final del método RULA es 5, lo que significa que se necesita una investigación adicional y que la silla se debe cambiar pronto. Con este análisis, obtenemos el mismo resultado que el obtenido mediante el método de observación RULA.

Identificación de parámetros críticos

Para el diseño de la nueva silla, se deben adoptar los siguientes parámetros para que los alumnos adopten las posturas correctas.

1. Las plantas de los pies deben estar apoyadas en el suelo.

2. La silla debe favorecer el cambio de posición de las piernas durante el día de clase.

3. El área de las nalgas y los muslos debe favorecer una postura estable y funcional del tronco.

4. La espalda debe tener soporte a nivel de la columna lumbar y la postura debe favorecer la percepción de la información visual.

5. Es necesario un espacio entre el respaldo y el asiento para soportar adecuadamente la parte posterior y acomodar la curvatura de la región glútea.

6. En relación con la posición de los brazos, el brazo debe estar al lado del tronco, y el codo debe apoyarse en la mesa sin tener que levantar los hombros.

7. La parte delantera del asiento debe estar inclinada hacia abajo para que no presione la parte posterior de las rodillas o dificulte la circulación de las piernas.

8. Es importante que la silla tenga un acceso y salida fácil al lugar de trabajo por razones de seguridad.

9. Los bordes / soldaduras deben ser redondeados.

Una vez establecidas las recomendaciones, debemos considerar las dimensiones antropométricas de la población de usuarios para que el diseño de nuestra silla se adapte de la mejor manera posible a todos los estudiantes.

Usaremos en nuestro caso el percentil 50. En Italia, los datos que deben tenerse en cuenta serían 177,8 cm para los hombres y 164,6 cm para las mujeres.

Rediseño ergonómico de la silla de la Universidad de Parma

Tomando como referencia la antigua silla, se rediseña una nueva silla con las mejoras apropiadas basadas en los resultados obtenidos a través de los métodos RULA, REBA y OWAS, en el análisis ergonómico con Catia y en los parámetros críticos. Por lo tanto, se obtiene una silla más ergonómica en la que los usuarios pueden adoptar una mejor postura.

La principal mejora en la nueva silla se basará en los numerosos estudios realizados por AC Mandal en el Instituto Finsen (Copenhague, Dinamarca), en los que deja de lado la idea de que el ángulo entre el tronco y los muslos debe ser de 90 grados para ser

considerado una buena postura, ya que a través de estudios médicos se ha comprobado que tiene consecuencias negativas en la columna lumbar y cervical.

Los estudios llevados a cabo por A.C. Mandal, permitieron establecer que una postura saludable es aquella cuyo ángulo entre el tronco y los muslos es mayor de 90 grados. Este aumento en el ángulo hace que el cuerpo tienda a resbalar del asiento, pero puede evitarse con el diseño apropiado de la silla.

El respaldo se diseñará con una ligera prominencia que apoyará la parte inferior de la espalda, ya que es una de las áreas donde se debe prestar más atención para evitar lesiones y malas posturas. Este soporte lumbar favorece la posición erecta del usuario.

El nuevo asiento y respaldo estarán hechos de polipropileno. Es un plástico extremadamente duro cuyas dos principales ventajas son: su resistencia al paso del tiempo, así como su facilidad de manejo, procesamiento y reutilización por parte del fabricante.

Por otro lado, es material ecológico. La ductilidad o maleabilidad del polipropileno lo convierte en uno de los materiales ecológicos más sostenibles que podemos incorporar en el aula.

Rediseño en 3D

El modelo 3D de la silla rediseñada se realiza con el programa Inventor, con las características descritas anteriormente. Las siguientes figuras muestran el ensamblaje de la silla rediseñada.

Análisis ergonómico: RULA, REBA, OWAS

Se estudian las posturas que adoptaría un estudiante de la Universidad de Parma en la nueva silla rediseñada. Como la silla es un prototipo, no se puede observar la postura real adoptada por un alumno, por lo que es un análisis teórico.

En los tres métodos, evaluaremos la postura normal que el usuario adoptaría en la silla rediseñada.

En la siguiente tabla se resumen para cada método, el tipo de postura adoptada por el usuario en la nueva silla, la puntuación obtenida, y el significado de ésta puntuación.

	Postura estudiad	**Puntuación**	**Significado de la puntuación**
RULA	La postura normal que el usuario adoptaría en la silla rediseñada	2	El usuario adopta una postura correcta. No se necesitan cambios
REBA	La postura normal que el usuario adoptaría en la silla rediseñada	2	Bajo nivel de riesgo, y no es necesario hacer cambios en este momento.
OWAS	La postura normal que el usuario adoptaría en la silla rediseñada	1	El usuario adopta una postura normal. No se requiere intervención.

Análisis del comportamiento mecánico de la silla rediseñada con Inventor

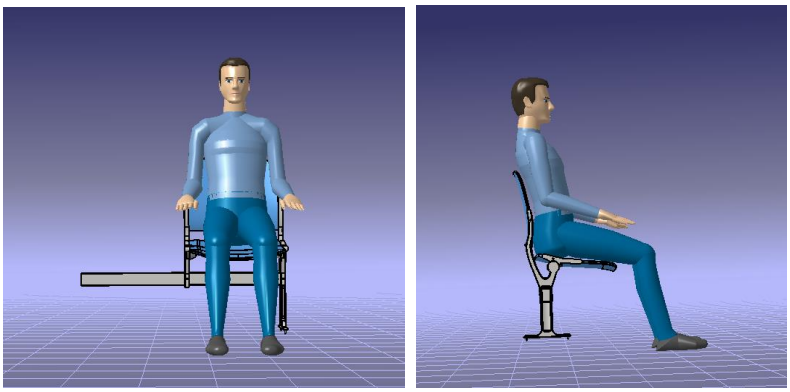
Al igual que en la antigua silla, se realiza un análisis mecánico de la silla rediseñada modelada con Inventor aplicando fuerzas en una posición y con ciertas cargas de acuerdo con la norma UNI-EN 1729-2: 2006.

Se obtiene una tensión máxima de Von Mises de 843,9 MPa en la prueba de "Carga estática de asiento y respaldo".

Se obtiene también una deformación máxima de 0.027931, y un desplazamiento máximo de 20,3 mm, que corresponden a la prueba "estabilidad hacia adelante de la silla".

Estudio ergonómico con Catia

El mismo estudio ergonómico con Catia se lleva a cabo. En las siguientes figuras se muestran la postura que adoptaría un alumno en la nueva silla rediseñada.



El programa evalúa automáticamente la postura adoptada por el maniquí y, como salida, se obtiene la puntuación del método RULA. En este caso, la puntuación final del método RULA es 2, lo que significa que la postura actual es aceptable y no es necesario ningún cambio.

Análisis de costes

Para el estudio de costes de fabricación de la silla, se realiza un estudio individualizado del coste de cada pieza que la compone. Una vez que se obtienen los valores unitarios, la suma de estos, da como resultado el coste total de fabricación de la silla, sin olvidar los costes de control de calidad de la producción, que en este caso se considera que es el 2% del coste de fabricación de la silla.

Se divide el coste de cada pieza en costes parciales de fabricación, material, tornillos y embalaje, obteniéndose un coste de fabricación total de la silla rediseñada de 35,9€.

En el caso de la antigua silla, la única diferencia en el análisis de costes está en los materiales del asiento y el respaldo. Como el coste del asiento y el respaldo de la nueva silla es de 3,1 € y 3,1 € respectivamente, este precio se considera muy bajo en comparación con el total de la silla de 35,9 €, por lo que aunque la madera

contrachapada es un poco más cara que el polipropileno, la variación del coste entre las dos sillas será muy pequeña.

Conclusiones

En este estudio se ha llevado a cabo un estudio ergonómico de una silla de la Universidad de Parma.

Se tomaron las medidas necesarias para llevar a cabo el modelado 3D de una silla de la Universidad de Parma en Inventor.

Los métodos de observación RULA, REBA y OWAS han sido analizados en la antigua silla y se obtuvieron como resultado unas puntuaciones de 5, 4 y 1 o 2 respectivamente. Según los resultados de RULA y REBA, se necesita más investigación y es necesario cambiar el diseño de la silla pronto, mientras que el resultado obtenido por el método OWAS indica que la posición adoptada por el usuario es correcta y no es necesario realizar cambios. Esto se debe a que este método no es adecuado para nuestro estudio.

En el estudio del comportamiento mecánico de la antigua silla fabricada con Inventor, se obtuvo una tensión máxima de Von Mises de 557 MPa, una deformación máxima de 0.0041222 y un desplazamiento máximo de 4.6 mm.

Se realizó un estudio ergonómico con Catia, en el cual se obtuvo un resultado de 5 por el método RULA. Se obtiene el mismo resultado que con el método de observación RULA, lo que significa que se necesitan más investigaciones y también una modificación en el diseño de la silla.

Se analizaron los parámetros críticos a tener en cuenta para el rediseño de una nueva silla.

Se llevó a cabo un rediseño de la silla, en el que se realizan las principales modificaciones al respaldo y al asiento, modificando los materiales y su forma, mejorando así los aspectos ergonómicos.

En los estudios de los métodos de observación RULA, REBA y OWAS aplicados a la nueva silla, se obtuvieron valores de 2, 2 y 1, respectivamente, lo que significa que hay un bajo nivel de riesgo y no es necesario realizar cambios en la silla.

Un estudio del comportamiento mecánico de la nueva silla en la que se obtuvo una tensión máxima de Von Mises de 843,9 MPa que se dió en la prueba "Carga estática de asiento y respaldo", una deformación máxima de 0,027931, y un desplazamiento máximo de 20,3 mm, ambos dados en la prueba "estabilidad delantera de la silla".

Los altos resultados de la tensión de Von Mises así como el desplazamiento podrían reducirse cambiando los tornillos, el material del asiento y el respaldo o mejorando la geometría de los lados de la silla para garantizar la seguridad de los estudiantes. Estas variaciones se estudiarán en profundidad en futuros trabajos.

Se ha llevado a cabo un estudio ergonómico de la nueva silla con Catia, en la cual se obtuvo un resultado de 2 por el método RULA, como con el método de observación RULA, lo que significa que no es necesario hacer ningún cambio en la nueva silla. Esto confirma que ha habido una mejora en la ergonomía de la silla con respecto a la silla vieja.

Finalmente, se realizó un estudio del costo de la nueva silla en la que se obtuvo un costo total de 43,42 € (IVA incluido).