



**NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:  
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO**

**13 - 16**  
DE SEPTIEMBRE

**2022**

CARTAGENA DE INDIAS,  
COLOMBIA



# **Propuesta de diseño de un dispositivo para el control del movimiento de la columna inter segmentaria para disminuir la incidencia y prevalencia de lumbalgia crónica en la población de la ciudad de Cali**

**Yuliana Andrea Yanten Martínez**

**Universidad Autónoma de Occidente  
Santiago de Cali, Colombia**

## **Resumen**

A continuación, se presenta la investigación, el cual trata un análisis de un problema como es la lumbalgia causada por posturas inadecuadas por parte de las personas que estudian o laboran como oficinistas y conductores en una empresa de la ciudad. El dolor de espalda ha sido un problema que atenta con la calidad de vida de los humanos desde hace ya bastante tiempo. Se puede remitir su origen hacia la época antes de la evolución del hombre hace 5 a 7 millones de años antes del paso de ser homínidos cuadrúpedos a ser bípedos, enmarcado por el cambio en el centro de gravedad en los seres humanos obligando a la especie a cargar con su peso en una posición erguida perpendicular al suelo; según el artículo científico sobre el dolor de espalda redactado por American College of Rheumatology (2018) expone que el dolor de espalda es la segunda molestia más común en los seres humanos, solo superado por el resfriado, afirmando que alrededor de 80 % de la población mundial padece este síntoma en algún momento de su vida.

La metodología planteada para abordar el problema fue el Proceso de Diseño en Ingeniería (PDI): Después de hecho el proceso de indagación y análisis; se logró consolidar la una propuesta de diseño de un corrector de postura interactivo y una aplicación para teléfono móvil, que detecta la falla en la postura de la persona; asimismo pueda notificarla en el celular para que sea el usuario quien corrija la falla de manera automática. Por supuesto que la implementación de este sistema es una alternativa eficiente, debido a que tiene un coste razonable además fue pensado para la comodidad de los empleados. es importante anotar que, desde el proceso de perfilamiento del

diseño del prototipo, se tuvieron en consideración aspectos fundamentales para la ética y no generación de daños como son : recomendaciones de la norma ISO 10993 , para evaluar la biofuncionabilidad del dispositivo ya que será de uso en humanos y que se requiere de un conocimiento sobre las normas nacionales e internacionales y lineamientos concernientes a la evaluación biológica de dispositivos médico, de igual manera las excepciones por patologías donde el dispositivo podría tener incidencia negativa en la salud.

**Palabras clave:** corrector de postura; lumbalgia; Arduino

### **Abstract**

*Ar Next, the research is presented, which deals with an analysis of a problem such as low back pain caused by inadequate postures by people who study or work as office workers and drivers in a company in the city. Back pain has been a problem that threatens the quality of life of humans for quite some time. Its origin can be traced back to the time before the evolution of man 5 to 7 million years ago before the passage from being quadrupedal to bipedal hominids, framed by the change in the center of gravity in humans forcing the species to carry your weight in an upright position perpendicular to the ground; According to the scientific article on back pain written by the American College of Rheumatology (2018), it states that back pain is the second most common discomfort in human beings, only surpassed by the cold, stating that around 80% of the population worldwide suffers from this symptom at some point in their life.*

*The methodology proposed to address the problem was the Engineering Design Process (PDI): After the process of inquiry and analysis was done; it was possible to consolidate a design proposal for an interactive posture corrector and a mobile phone application, which detects the fault in the person's posture; It can also notify it on the cell phone so that the user can correct the fault automatically. Of course, the implementation of this system is an efficient alternative, because it has a reasonable cost and it was also designed for the comfort of the employees.*

**Keywords:** posture corrector; low back pain; Arduino

## **1. Introducción**

La lumbalgia es una patología de índole musculo esquelético cuyo dolor se localiza principalmente en la zona baja de la columna vertebral denominada zona lumbar, replicando en otras zonas como lo son la región sacra y en ocasiones la región glútea, produciendo afecciones funcionales. El dolor presentado se puede categorizar como agudo o crónico partiendo de la gravedad y su tiempo de prevalencia en el paciente, actualmente el dolor lumbar es un problema que afecta en torno al 70-80% de la población general en algún momento de sus vidas.(Casado Morales *et al*, 2008) Si bien, la columna cuenta con diferentes estructuras como lo son las vértebras, los discos vertebrales, ligamentos y músculos; las alteraciones en alguna de estas partes son factores determinantes para diagnosticar un paciente con lumbalgia, dichas alteraciones son producto de diferentes



causas como son los traumatismos, sobrecargas musculares, movimientos inadecuados, desgaste muscular y posturas inadecuadas.

Por su parte, tanto la lumbalgia como sus causas han sido un problema que se remonta millones de años atrás. Más específicamente 4.500.000 años antes, cuando el ser humano evolucionó para ser bípedo, aquel hecho según el neurocirujano y presidente en el año 2015 de la Federación Mundial de Neurocirugía, Enrique Osorio Fonseca, “alteró nuestra columna vertebral, dejando algunas partes vulnerables en las que podría dar paso a diferentes enfermedades crónicas como la escoliosis y osteoporosis.” (Curiosferia, 2022) Más tarde, con el descubrimiento de la agricultura el sedentarismo empezó a ser un hábito común, pues ya se sabe qué condiciones como estas desencadenarían en un futuro que el hombre empezara a presentar problemas de sobrepeso.

Todo ello, ha generado que hoy se vea la lumbalgia como una condición común en trabajos en el que se instala a una persona al frente de un computador, lo anterior, se pudo comprobar a partir del estudio biomecánico realizado por los doctores Beaudette, *et al* (2020) en el cual se llegó a la conclusión de que las orientaciones dirigidas de la cabeza y a mirada pueden influir en la cinemática 3D de la columna, principalmente en las tareas de flexión. Por lo tanto, debido a que la lumbalgia pertenece a las 10 primeras causas de diagnóstico reportadas por las EPS, ha sido objeto de estudio durante mucho tiempo por diferentes grupos de investigación que tratan de encontrar no solo la solución a la enfermedad sino también los orígenes de la misma, como es el caso del estudio realizado también, por los doctores Baudette, *et al* (2019) acerca de la “discriminación de estrategias de movimiento espacio temporal durante la flexión-extensión de la columna en individuos sanos” en cual, intentaron determinar si los riesgos variables de lesión lumbar, causan patrones de activación neuromuscular distintos, pueden modificar los patrones motores causantes del movimiento de la columna.

A pesar de los esfuerzos médicos por solucionar el problema que se presenta principalmente en la población trabajadora, se estima que 8 de cada 10 personas padecen de dolor lumbar en algún momento de sus vidas. Lo anterior, fue importante para encontrar el enfoque adecuado del proyecto, ya que la búsqueda de una solución a las enfermedades que desglosan de la mala postura no es el método más efectivo. En ese caso se ha decidido partir de la prevención para lograr a largo plazo una disminución en los casos de lumbalgia y el mejoramiento en la calidad de vida de las personas, buscando a partir del análisis del cambio de la postura y los ángulos relacionados al cambio de posición de la columna, implementar un dispositivo que se adapte a las necesidades de los miembros de la sociedad para así lograr una aceptación que al principio sea de escala regional y a futuro internacional. Afirmando de esta manera, que con el presente proyecto se buscará una solución a la necesidad de salubridad que tiene la sociedad actual y que cada día se acrecienta evitando que las personas puedan llevar su vida en plenitud. Es así, como el objetivo general será el diseño de un corrector de postura interactivo y una aplicación para teléfono móvil, que detecta la falla en la postura de la persona; asimismo pueda notificarla en el celular para que sea el usuario quien corrija la falla de manera automática para disminuir la incidencia y prevalencia de lumbalgia crónica en la población de la ciudad de Cali



## 2. Justificación

La iniciativa surgió gracias a la necesidad de informar a los trabajadores de la ciudad de Cali, Colombia, acerca de la correcta postura, pudiendo así actuar en pro de la prevención de enfermedades que tienen lugar en la columna, principalmente la lumbalgia y brindar un tipo de ayuda a individuos que ya sean víctimas de esta. Respecto a lo anterior, es alarmante que el lumbago no especificado sea una de las condiciones más comunes en la población colombiana, quienes se enfrentan a síntomas como el dolor constante en la zona lumbar, el cual en ocasiones se vuelve insoportable, de esta manera limitando el movimiento de la persona.

Enfatizando en la cantidad de casos reportados en consulta a nivel nacional el año 2011, que fueron unos 413.148, tan sólo en la población adulta, se puede deducir que existe un vago conocimiento hacia la higiene postural. Con ello se puede entrever que el desconocimiento figura como una de las causas que hacen que la prevalencia de casos que afecten la espalda de la comunidad. Por otro lado, según expertos en salud la falta de ergonomía o adecuaciones estándares en el área de trabajo, así como la carencia de pausas activas, incrementan la posibilidad de daños en la columna. Verbigracia, dentro del trabajo de oficina la empresa como tal tiene que ajustar elementos como sillas o escritorios según muestra la figura 1.

**Figura 1**

*Postura ergonómica*



*Nota.* los cuatro ajustes más importantes para un escritorio económico. tomada de: "Consejos para combatir el dolor de espalda en la oficina", por BLITZRESULTS. <https://www.blitzresults.com/es/oficina-ergonomica/>. Dominio público.

Además, es relevante afirmar acerca lo perjudicial que el lumbago es para las empresas y el Estado; debido a que este genera gastos económicos innecesarios, igualmente pérdidas de tiempo en trámites de salud. Tema relevante debido a que la ausencia laboral es un impacto que les cuesta a las compañías; así como el costo de exámenes como resonancias para el diagnóstico de la irregularidad por parte del gobierno.

Llegado este punto, se puede entender acerca de la importancia del tema a tratar. Ya que se tiene la posibilidad de ayudar a adoptar mejores hábitos en la sociedad. Sin duda el bienestar futuro es un ideal de todos. En otras palabras, con el aporte de este proyecto se solucionan inconvenientes en los ámbitos ya mencionados, lo que hace del proyecto una posibilidad para un progreso poli-facético.

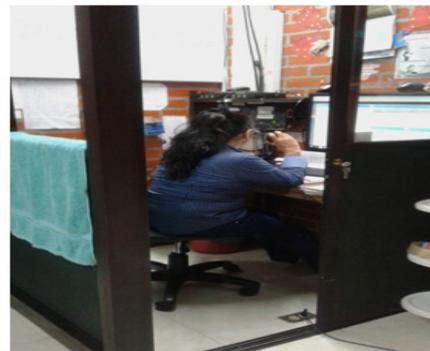
### 3. Metodología

En el informe se hizo uso de la metodología de Proceso de Diseño en Ingeniería (PDI) siendo sus pasos, que se desarrollan a continuación:

- **Definición el Problema:** La incidencia de la mala postura corporal o mala higiene postural asumida por las personas que habitan en la ciudad de Cali Colombia, como una de las causas para padecer alguna enfermedad en su cuerpo en un futuro cercano.

*Primer escenario:* En la ciudad de Palmira – Valle del Cauca se encuentra ubicada la Cooperativa de Transportes Flota Palmira LTDA, la dirección del establecimiento es Crr 25 #40-34 barrio San Cayetano, perteneciendo a la comuna 04, dentro de un estrato socioeconómico número 3. En esta empresa los trabajadores deben realizar diversas actividades para los procesos requeridos que incluyen el control de dispositivos electrónicos como computadores y teléfonos, mantenimiento de automóviles y ventas. Ejercicios que requieren tanto de posiciones estáticas como movimientos repetitivos de flexión, extensión y rotación.

En este contexto, el problema encontrado en la entidad es el aumento de la incidencia y prevalencia de lumbalgia causada por posturas inadecuadas a corto, mediano y largo plazo. Lo que genera efectos en el ámbito de salud social como lo son: los gastos directos e indirectos en el paciente; los costos que afronta el sistema de salud pública; además de las repercusiones en la salud, como dolores de espalda que imposibilitan el movimiento. A la vez, esto genera que el buen rendimiento de la empresa presente algunos baches en la eficiencia y la calidad de su servicio debido a la cantidad de horas laborales que se pierden por las incapacidades que genera esta patología. Por otra parte, se ve inutilizada el sector tecnológico, pues no hay medios suficientemente para la prevención de la lumbalgia o que colaboren a la higiene posturas; también se evidencia que los diseños actuales no son de agrado por parte de los usuarios.



Yanten, Y. Fotografía. Postura en el trabajo [fotografía]. Dominio propio

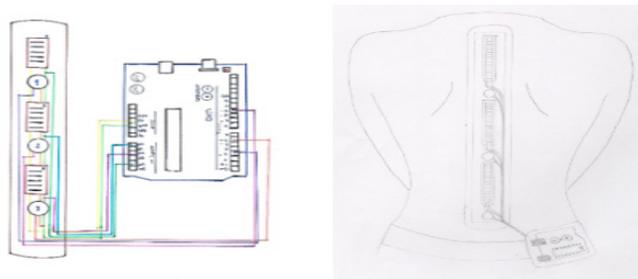
-**Revisión de la información relacionada con el problema:** con el planteamiento de la solución se pudo descubrir que existen aspectos en los cuales se necesita realizar un proceso adecuado de indagación como en fundamentos de electrónica, más específicamente en el área de sensores, manejo de Arduino y circuitos; también conocimientos en pegamentos o adhesivos corporales, para fijar de una correcta manera el sensor sin necesidad de utilizar una prenda.

Por lo tanto, se realizó una revisión sistemática en artículos de ciencia, bases de datos universitarios, plataformas virtuales en los cuales se extraen y se relacionan conocimientos de estudios anteriores, con el fin de proponer alternativas de solución a la problemática viables, innovadoras, integrales, funcionales. A continuación, se enumeran la información relacionada con las patentes, artículos de revista y libros relacionados con el tema a tratar.

- **Generación alternativa de solución o conceptos de diseño.** Se proponen diferentes alternativas de solución o conceptos de diseño; donde cada una tiene como único objetivo ayudar a la prevención de la lumbalgia, pero poseen con un valor diferenciador, que se describen a continuación:

**Concepto de diseño No.1:** El sistema tendrá como función principal ayudar al trabajador en la corrección de su postura permitiendo lograr un aumento en la eficiencia del empleado y una reducción en los casos de lumbalgia, favoreciendo no solo el nivel de la salud social sino también el laboral y económico. Por lo tanto, el sistema está compuesto de un sensor electrónico como un dispositivo que detecta cambios determinados del exterior y los transforma en señales eléctricas para generar una respuesta. En este caso, se usará un sensor Flex, capacitado para recibir el cambio en la curvatura de la espalda del individuo y así mandar señales a una tarjeta que contenga un microcontrolador, para que reporte el cambio a un dispositivo vibrador el cual se activará si la persona no cuenta con una postura adecuada, esto en lo que respecta al sistema electrónico, del dispositivo a realizar. Además, se tiene un sistema mecánico que adhiere los sensores y los vibradores a la espalda, por medio de cintas kinesiológicas removibles, las cuales tienen un pegamento especial llamado cianoacrilato, el cual es resistente y tiene una duración de 3 a 4 días.

**Figura 2**  
Concepto de diseño 1

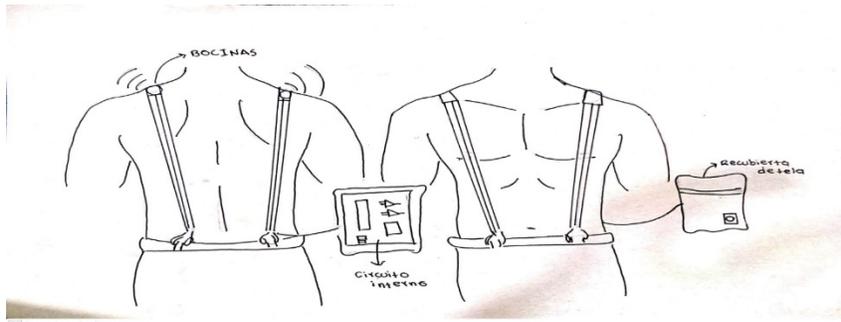


Nota. Diseño de corrector de postura con banda kinesiológica, tres sensores Flex y tres motores vibradores. Diseño propio.

**Concepto de diseño No. 2:** Este segundo diseño principalmente se basa en el uso de dos tirantes cubiertos por una tela la cual constituye dos sensores de tensión que van determinar la buena o mala postura del paciente, activando unas alarmas o bocinas que se encuentran en la parte superior del dispositivo, que se puede sujetar en la vestimenta inferior a través de ganchos giratorios. Si bien, este sistema funcionará a través de una batería recargable, que se enciende por medio de un botón, estos últimos se encuentran protegidos por medio de una carcasa de tela, con el fin de que el paciente pueda transportarlos y manipularlos de forma cómoda y segura.

**Figura 3**

Concepto de diseño 2

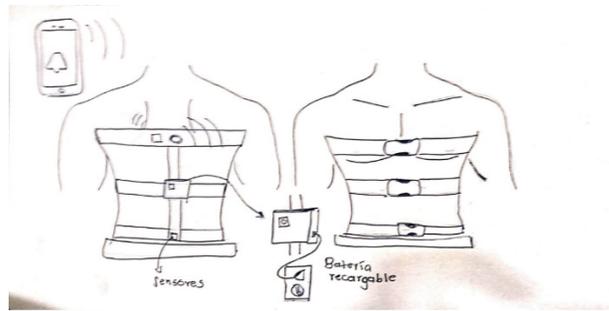


Nota. Diseño de corrector de postura con dos tirantes, dos sensores de tensión y alarma. Diseño propio.

**Concepto de diseño No. 3:** Este tercer diseño cuenta con galgas extensiométricas ubicadas en tres puntos diferentes de la espalda por medio de unas bandas elásticas de nylon con hebillas de liberación que rodean todo el torso del paciente, además, cuenta con conexión bluetooth para celular con el fin de notificar cuando éste adopte una mala postura. Este sistema incluye una batería recargable, cuyo encendido y apagado se realiza por medio de un botón integrado al circuito que controla todo el funcionamiento, es necesario mencionar que, para que este sea estéticamente portable, el diseño de su carcasa es de tamaño pequeño, con colores y materiales plásticos y metálicos.

**Figura 4**

Concepto de diseño 3



Nota. Diseño de corrector con galgas extensiométricas y bandas elásticas. Diseño propio.

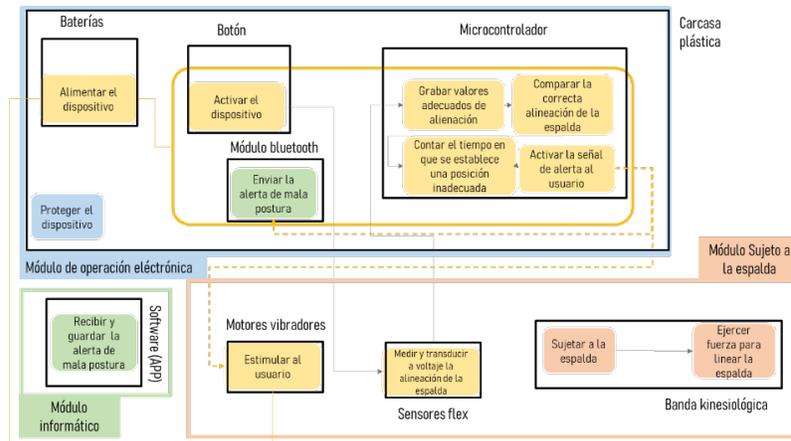
- a) **Selección de la mejor solución:** Para poder seleccionar y definir la alternativa más apta y adecuada para la solución del problema, se determinó realizar una matriz de priorización de Holmes que consta de 3 fases, durante las cuales se definen los porcentajes de cada criterio de evaluación con los que cada alternativa de solución será evaluada y así, obtener la puntuación final, aquella alternativa que tenga el mayor valor numérico es la alternativa de solución elegida.
- b) **Desarrollo de la solución:** el diseño se basa en un dispositivo electrónico, mecánico y digital. La parte electrónica se encarga de detectar los cambios de curvaturas de la espalda, procesar la información y actuar en pro de la corrección de la postura mediante vibraciones, todo esto a través de tres sensores Flex y tres motores vibradores conectados a una

tarjeta Arduino Uno, que a su vez está conectado a una batería de 9 v como fuente de energía. La parte mecánica, adhiere los sensores y los vibradores a la espalda por medio de cintas kinesiológicas removibles muy resistentes y que tienen una duración, alrededor de los 3 y 4 días; por último, la tercera parte que es la digital, se ocupa de brindar un registro de alerta informático e información acerca de la higiene postural desde una aplicación móvil, que se podrá descargar en un teléfono móvil. En el siguiente grafico se pueden observar los diferentes componentes, así como la función establecida para cada uno de ellos;

- c) **Construcción Prototipo:** Se realiza un prototipo inicial del corrector de postura, siguiendo los planos técnicos y gráficos realizados.

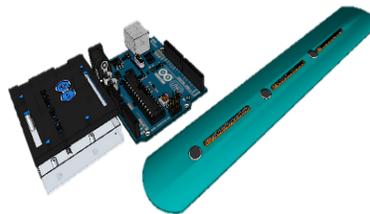
**Figura 5**

Asociación de los bloques funcionales y modelos físicos



**Figura 6**

Diseño de prototipo realizado en Sketshup



- d) **Prueba y Evaluación:** Se realizan las pruebas correspondientes, además de implementar este prototipo en un estudiante para examinar, evaluar y determinar posibles ajustes.

### **Figura 7**

*Prueba de funcionamiento (evaluación de diseño)*



## **4. Resultados**

Gracias a lo investigado se pudo concluir que, la lumbalgia pertenece a las 10 primeras causas de diagnóstico reportado por las EPS y es uno de los problemas laborales y sociales con mayor índice de incapacidad y gastos económicos a nivel regional, nacional e internacional. Este problema afecta a un 70-80% de la población general en algún momento de su vida y se ha convertido en la primera causa de demandas laborales, además de también ser perjudicial para las empresas y el estado, debido a los gastos innecesarios y a la pérdida de tiempo laboral en trámites de salud.

Por las anteriores razones, la alternativa más apta y viable para la solución del problema es diseñar un sistema físico, abstracto y abierto que contribuya a la prevención de lumbalgia causada por posturas inadecuadas a corto, mediano y largo plazo en la sociedad de la ciudad Santiago de Cali, Colombia. Pues este tendrá como función corregir posturas inadecuadas que se presentan en los trabajadores de la empresa y así mismo llegar a prevenir y reducir los dolores lumbares que estos padecen, a pesar de que es la solución más costosa es también la más efectiva frente a la solución del problema y además tiene a su favor que la facilidad de su diseño por su baja complejidad.

## **5. Conclusiones**

- La lumbalgia es una patología de índole musculo esquelético cuyo dolor se localiza principalmente en la zona baja de la columna vertebral denominada zona lumbar, replicando en otras zonas, produciendo afecciones funcionales. El dolor puede ser agudo o crónico partiendo de la gravedad y el tiempo de prevalencia, se pueden crear soluciones de prevención y de enseñanza para ayudar a controlar la enfermedad.
- La mala postura corporal puede afectar a la salud y al funcionamiento del cuerpo, es por esto que se trata de implementar ayudas físicas que contribuya a la prevención de enfermedades y así mejorar la calidad de vida.

- Dentro las causas más frecuentes de esta enfermedad se encuentran, el poco conocimiento hacia la higiene postural, la falta de ergonomía o adecuaciones estándares en el lugar de trabajo, la falta de pausas activas incrementa la posibilidad de daños en la columna.
- La creación e implementación de un dispositivo para la prevención y corrección de la postura ayudara para que el usuario aprenda y se acostumbre a tener una buena posición y así prevenir la enfermedad, esto no solo ayudara al trabajador sino también a la empresa ya que disminuirán gastos e incapacidades.

## Referencias

### Fuentes electrónicas

- Beaudette, S.M., Briar, K.J., Mavor, M.P., y Graham, R.B. (2020) The effect of head and gaze orientation on spine kinematics during forward flexion. *Human Movement Science*, 70. <https://scholar.google.ca/citations?user=4d1hKfsAAAAJ&hl=en>
- Beaudette, S.M., Zwambag, D.P., Graham, R.B., Brown, S. (2019) Discriminating spatiotemporal movement strategies during spine flexion-extension in healthy individuals. *The Spine Journal*, 19 (7), pp 1264-1275. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1529943019300518>
- Casado Morales, M.I., Moix Queraltó, J., Vidal Fernández, J. (2008). Etiología, cronificación y tratamiento del dolor lumbar. *Clínica y Salud vol. 19 n.º 3*. <http://scielo.isciii.es/pdf/clinsa/v19n3/v19n3a07.pdf>
- CurioSferia. (2022) *Historia de la silla: inventor y evolución*. <https://curiosfera-historia.com/historia-de-la-silla/>

### Artículos de revistas

- Berrio, A. C. and Perez, S. J. (2002). Towards a new concept on engineering education. *Journal of Educational Technology*, Vol. 24, No. 12, pp. 269-286.

### Libros

- Acosta, J. (2001). *Ciudades del Conocimiento*. Panamericana formas e impresos, Bogotá, D.C., pp. 116

### Memorias de congresos

- Eppinger S.D. and Salminen V. K. (2001). Patterns of product development interactions. *Proceedings of ICED '01*, Vol. 1, Glasgow, pp. 283 - 290.

### Fuentes electrónicas

- University of Hong Kong. (1997, June). Final report: Ad Hoc Group for Learning Technologies. Consultado el 21 de mayo de 2002 en [http://www.hku.hk/caut/Homepage/itt/5\\_Reports/5\\_1AdHoc.htm](http://www.hku.hk/caut/Homepage/itt/5_Reports/5_1AdHoc.htm)



## Sobre los autores

- **Yuliana Andrea Yanten Martínez:** Ingeniería biomédica. Estudiante. Integrante del Semillero de investigación Solución Creativa de Problemas de la Universidad Autónoma de Occidente. Email: [yuliana.yanten@uao.edu.co](mailto:yuliana.yanten@uao.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

