

**HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA MODELADO Y SIMULACIÓN  
HUMANA COMO SOPORTE A LAS ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA DE LA  
ERGONOMÍA EN LA ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL UIS**

**EDDY ALEXANDRA ARGÜELLO BASTOS**

**KELLY JOHANNA LLAIN URIBE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2016**

**HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA MODELADO Y SIMULACIÓN  
HUMANA COMO SOPORTE A LAS ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA DE LA  
ERGONOMÍA EN LA ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL UIS**

**EDDY ALEXANDRA ARGÜELLO BASTOS**

**KELLY JOHANNA LLAIN URIBE**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Diseñador Industrial**

**Director**

**PhD. MARÍA FERNANDA MARADEI GARCÍA  
D.I., Esp. & M.Sc. en Ergonomía**

**Codirector**

**PhD. JAVIER MAURICIO MARTÍNEZ GÓMEZ  
D.I., Esp. & M.Sc.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2016**

*A nuestros padres, por su amor y dedicación.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Zulay Bastos y Juan Argüello. Gracias mamá y papá por su amor, su paciencia, por sus constantes e incansables esfuerzos para convertirnos a mis hermanos y a mí en mejores personas y por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, gracias a ustedes me he convertido en quien soy ahora.

Agradezco a Elisa Dondiza, mi hermosa abuela. Gracias Mamita por todo tu amor, tus cuidados y tu dedicación; por personas como tú, el mundo es un lugar más bello.

Agradezco a mis hermanos, Juan David y Carolina. Los amo con todo mi corazón, son mi orgullo.

Agradezco a Kelly Llain, mi amiga y compañera de proyecto. Gracias por tu amistad y tu apoyo en todo momento. Este es el primero de muchos logros que nos quedan por conquistar.

Agradezco a los profesores María Fernanda Maradei y Javier Martínez. Gracias por brindarnos su amistad, sus consejos y su guía a lo largo de este proceso.

Agradezco a mi familia y a mis amigos, por su inmenso cariño. Tenerlos a mi lado es una de las más grandes bendiciones.

Finalmente, agradezco a la EDIUIS por mi formación como profesional y por convertirse en un lugar lleno de buenos recuerdos y experiencias inolvidables.

**EDDY A. ARGÜELLO BASTOS**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Maribel Uribe Tirado, mi más fiel amiga y compañera. Mamá eres todo lo que un día quiero llegar a ser.

Agradezco a Fabio Llain Manzano, gracias papá por tu amor, espero que los días me alcancen para recompensar todo lo que haces por mí.

Agradezco a mi hermano Fabio Ernesto, gracias por estar siempre para mí y alentarme. Eres mi mejor amigo y mi más grande orgullo.

Agradezco a mi colega y amiga Eddy Alexandra Argüello Bastos, infinitas gracias por tu amistad y compañía. Espero tener siempre la fortuna de contar contigo.

Agradezco a la profesora María Fernanda Maradei García y al profesor Javier Mauricio Martínez Gómez, no podríamos haber tenido mejores amigos y guías durante la culminación de nuestra carrera, sin duda son nuestro modelo a seguir.

Agradezco a mi familia y amigos, estar rodeada de tantas personas hermosas es una bendición.

Finalmente, agradezco a la UIS y a la escuela de Diseño Industrial, mi formación como diseñadora la debo a éste hogar.

**KELLY J. LLAIN URIBE**

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	21
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.1 TITULO.....	23
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	23
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
1.4 JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	26
1.6 PROPUESTA DE VALOR.....	26
1.7 ALCANCE DEL PROYECTO.....	26
2. MARCO TEORICO.....	28
2.1 ERGONOMÍA Y DISEÑO.....	28
2.2 APORTES DEL DHM A LA ERGONOMÍA DE PRODUCTO.....	30
2.3 REVISIÓN DE LOS SOFTWARES UTILIZADOS PARA EL DHM.....	34
2.4 MODELOS PEDAGÓGICOS.....	35
2.4.1 Modelo pedagógico tradicional.....	36
2.4.2 Modelo pedagógico conductista.....	38
2.4.3 Modelo pedagógico constructivista.....	39
2.5 ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA.....	41
2.6 EL SOFTWARE COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA.....	44
2.7 CONCEPTOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE ASIGNATURA.....	45

2.8 ASIGNATURAS DE ERGONOMÍA DE PRODUCTO EN OTRAS UNIVERSIDADES.....	47
2.8.1 Universidades nacionales.....	47
2.8.2 Universidades Internacionales .....	51
3. METODOLOGÍA.....	55
3.1 METODOLOGÍA: FASES Y ACTIVIDADES.....	55
3.1.1 Fase 1. Estructuración .....	55
3.1.2 Fase 2. Conceptualización modelo .....	56
3.1.3 Fase 3. Evaluación.....	57
3.2 DIAGRAMA DE GANTT .....	57
4. ANÁLISIS DE LA ASIGNATURA “ERGONOMÍA DE PRODUCTO” EN LA ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL UIS .....	59
4.1 ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL UIS.....	59
4.2 ERGONOMÍA EN LA EDIUIS.....	61
4.3 ERGONOMÍA DE PRODUCTO.....	63
4.4 VALORACIÓN DE LA ASIGNATURA DE ERGONOMÍA (MIEMBROS DE LA EDIUIS).....	65
4.4.1 Formatos de entrevistas y encuestas.....	66
4.4.2 Análisis de resultados .....	68
4.4.3 Conclusiones de la valoración de la asignatura .....	83
5. PROPUESTA DE MODELO DE UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DHM ....	86
5.1 TECNOMATIX JACK.....	86
5.1.1 Humanos virtuales.....	88
5.1.2 Objetos y herramientas .....	90
5.1.3 Creación de animaciones y simulaciones.....	91

5.1.4	Herramientas de análisis ergonómico .....	93
5.2	DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE ENSEÑANZA .....	95
5.2.1	Competencias e indicadores de logro .....	96
5.2.2	Estrategias de enseñanza implementadas.....	97
5.2.3	Planeación de clases .....	97
5.2.4	Material de apoyo.....	98
6.	PRUEBA EXPERIMENTAL DEL MODELO DE UTILIZACIÓN PROPUESTO	100
6.1.	PROTOCOLO DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL .....	100
6.1.1.	Objetivo de la prueba .....	100
6.1.2.	Participantes.....	100
6.1.3.	Duración de la prueba .....	100
6.1.4.	Equipo requerido .....	100
6.1.5.	Ambiente de la prueba .....	100
6.1.6.	Estrategias de enseñanza.....	101
6.1.7.	Descripción de la prueba.....	101
6.1.8.	Descripción de las variables.....	103
6.1.9.	Evaluación de modelo de utilización de herramientas DHM.....	105
6.1.10.	Encuesta de autoevaluación por parte de los estudiantes	105
6.2.	APLICACIÓN DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL .....	106
6.2.1.	Primera parte de la prueba experimental (Grupo #1) .....	107
6.2.2.	Segunda parte de la prueba experimental (Grupo #2) .....	108
6.1.	RESULTADOS DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL.....	110
6.1.1.	Análisis de las notas definitivas en los talleres 4 y 5 .....	111

6.1.2. Análisis de resultados por indicadores de logro .....	112
6.1.3. Comparación de notas con semestres anteriores .....	114
6.1.4. Encuesta a participantes de la prueba .....	115
7. AJUSTES Y PROPUESTA FINAL DEL MODELO DE UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DHM .....	121
7.1. PLANEACIÓN DE LAS CLASES.....	121
7.2. ENTREGAS DE LOS TALLERES 3 Y 4 .....	123
8. CONCLUSIONES .....	124
8.1. HALLAZGOS .....	124
8.2. LIMITACIONES .....	126
8.3. RECOMENDACIONES .....	127
CITAS BIBLIOGRAFICAS .....	128
ANEXOS .....	131
BIBLIOGRAFIA.....	154

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Gantt con las fases de la metodología y sus respectivas fechas. ....	57
Figura 2. Plan de estudios de Diseño Industrial.....	61
Figura 3. Infografía de encuesta realizada a estudiantes y egresados- Parte 1 ....	71
Figura 4. Infografía de encuesta realizada a estudiantes y egresados- Parte 2 ....	73
Figura 5. Infografía: Conclusiones de la valoración de la asignatura.....	83
Figura 6. Escena ambiente de trabajo simulado. ....	88
Figura 7. Humanos virtuales con percentiles 5, 50 y 95 de la base de datos ANSUR y ventana de <i>Anthropometric Scaling</i> . Tecnomatix Jack, Versión 8.2. ....	89
Figura 8. Panel de control humano para modificar posturas, cargas y/o fuerzas. .	90
Figura 9. Algunos de los objetos disponibles en la biblioteca de Tecnomatix Jack versión 8.2. ....	91
Figura 10. Ventana del módulo de animación con ambiente simulado. ....	92
Figura 11. Ventana módulo de simulación <i>Task Simulation builder TSB</i> . ....	93
Figura 12. Análisis postural utilizando <i>Ovako Working Posture Analysis OWAS</i> en el software Tecnomatix Jack Versión 8.2.....	95
Figura 13. Experimentación ergonómica: Competencias e indicadores de logros.	96
Figura 14. Portada y página de la guía rápida de uso. ....	98
Figura 15. Pantalla de inicio del Tutorial 1. ....	99
Figura 16. Cronograma de la etapa Experimentación ergonómica. ....	102
Figura 17. Asignación de responsabilidades. ....	105
Figura 18. Clase práctica #2 Desarrollo de estudio de caso: Cosecha de palma de aceite. ....	107
Figura 19. Grupo#1 en clase correspondiente al desarrollo del Taller 5 (Estrategia sin DHM).....	108
Figura 20. Clase #1 implementando el modelo de utilización propuesto (Con DHM)- Grupo #2 .....	109
Figura 21. Clase #2 Estudio de caso cosecha de la palma de aceite - Grupo #2	110

Figura 22. Gráfico de cajas y bigotes – Resultados de Taller 4 y 5 .....	111
Figura 23. Promedios de las notas obtenidas por los estudiantes de Ergonomía de producto en cada indicador de logro .....	113
Figura 24. Ventajas y desventajas de la estrategia de enseñanza sin DHM .....	117
Figura 25. Ventajas y desventajas de la estrategia de enseñanza con DHM .....	118
Figura 26. Cronograma del modelo de utilización propuesto .....	122

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Categorización de los softwares utilizados para DHM en función de la actividad y los métodos de valoración utilizados.....	35
Tabla 2. Características e indicadores del Modelo Pedagógico Tradicional .....	37
Tabla 3. Características e indicadores del Modelo Pedagógico Conductista.....	39
Tabla 4. Características del modelo pedagógico Constructivista.....	41
Tabla 5. Principales estrategias de enseñanza .....	42
Tabla 6. Estrategias para contribuir al desarrollo de competencias.....	43
Tabla 7. Programas de Diseño Industrial que ofrecen asignaturas de ergonomía o factores humanos .....	48
Tabla 8. Asignaturas de ergonomía ofrecidas por universidades internacionales .	51
Tabla 9. Encuesta realizada a estudiantes y egresados.....	66

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Tablas de descripción de softwares para DHM .....	131
Anexo B. Programa de la asignatura Ergonomía de producto .....	135
Anexo C. Encuesta desarrollada con la ayuda de Formularios Google .....	142
Anexo D. Planeación de las clases del modelo propuesto .....	149
Anexo E. Material de apoyo para el aprendizaje de Tecnomatix JACK .....	151
Anexo F. Notas de los estudiantes de Ergonomía de producto en los talleres 4 y 5 (Segundo semestre del 2015).....	152

## RESUMEN

TÍTULO: HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA MODELADO Y SIMULACIÓN HUMANA COMO SOPORTE A LAS ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA DE LA ERGONOMÍA EN LA ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL UIS \*

AUTORES: EDDY ALEXANDRA ARGÜELLO BASTOS, KELLY JOHANNA LLAIN URIBE \*\*

PALABRAS CLAVE: DIGITAL HUMAN MODELING, ERGONOMÍA DE PRODUCTO, HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS, ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA.

### DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo de grado tuvo como propósito desarrollar un modelo de utilización de herramientas informáticas para el modelado y simulación humana, como soporte para fortalecer las estrategias de enseñanza de la ergonomía en la escuela de diseño industrial UIS. Para lograr dicho objetivo se implementó una metodología compuesta por 3 fases. La primera de ellas consistió en la revisión y análisis de las herramientas informáticas implementadas en la industria y las estrategias para su enseñanza en la academia. En la segunda fase se desarrolló la conceptualización y propuesta del modelo de enseñanza para su posterior evaluación. Por último, en la tercera fase se realizó una prueba en el aula de clase de Ergonomía de producto del segundo semestre del 2015, con el fin de comparar la estrategia de enseñanza actual con dicho modelo. Como resultados de la evaluación se obtuvo que los promedios de las notas en ambos casos fueron similares, pero estadísticamente se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $p\text{-valor}=0,0487$ ). Por otra parte, una encuesta a los estudiantes permitió conocer que éstos encontraron ventajas en ambas

---

\*Trabajo de grado

\*\* Facultad de ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Directora: María Fernanda Maradei García. Codirector: Javier Mauricio Martínez Gómez.

estrategias y consideraron que su implementación debía ser complementaria. Por ello se reformuló el modelo de utilización, en busca de unificarlas y de este modo, llegar a proporcionar a los estudiantes una mejor preparación frente a los nuevos desafíos que propone la industria y la academia.

## ABSTRACT

TITLE: INFORMATICS TOOLS FOR MODELLING AND HUMAN SIMULATION AS A SUPPORT OF THE ERGONOMICS TEACHING STRATEGIES IN THE INDUSTRIAL DESIGN SCHOOL AT UIS UNIVERSITY \*

AUTHORS: EDDY ALEXANDRA ARGÜELLO BASTOS, KELLY JOHANNA LLAIN URIBE \*\*

KEYWORDS: DIGITAL HUMAN MODELLING, PRODUCT ERGONOMICS, INFORMATIC TOOLS, TEACHING STRATEGIES.

### DESCRIPTION:

The aim of this project was to develop an implementation model of informatics tools for modelling and human simulation as a support of the ergonomics teaching strategies in the industrial design school at UIS University. In order to achieve this objective, the authors applied a methodology compound of 3 phases. The first of them, lie in a review and analysis of informatics tools implemented in industry and the strategies for teaching them in academic environments. In the second phase was developed the conceptualization and the proposed of the teaching model for its following assessment. Lastly, in the third phase, was carried out a test with the students of Product Ergonomics in the second semester of 2015, with the purpose of make a comparison between the current teaching plan and the proposed it. As a result of the assessment, was obtained that the average of the grades in both cases were similar, but statistically were found meaningful differences between the evaluated models ( $p\text{-value}=0,0487$ ). On the other hand, a survey allowed to know that students found advantages in both strategies and considered that the two of them might be implemented together. Therefore, the implementation model was

---

\*Bachelor Thesis

\*\* Physical-Mechanical Engineering Faculty. School of Industrial Design. Director: María Fernanda Maradei García. Codirector: Javier Mauricio Martínez Gómez.

reformulated looking for unify the current and the proposed model in order to improve the student's skills towards industry and academic challenges.

## INTRODUCCIÓN

La ergonomía de producto ha tenido avances importantes a lo largo de los últimos años respecto al uso de nuevas tecnologías para validar y apoyar el análisis del proceso de diseño y manufactura. Dentro de las tecnologías que han sido desarrolladas se encuentran los softwares de Modelado Humano Digital o *Digital Human Modeling* (DHM), los cuales se han ubicado como parte importante dentro de la gestión del ciclo de vida del producto, siendo implementados por diferentes empresas, ya que facilitan la verificación y validación en etapas en las cuales la ergonomía está presente.

Debido a estos nuevos retos que propone la industria, algunas universidades en el plano internacional han decidido implementar estrategias de enseñanza en las cuales se incluye el uso de las herramientas informáticas asociadas al DHM, con el fin de proporcionar a sus estudiantes una mejor preparación para enfrentar los desafíos de la vida laboral.

Con base en lo anterior, se plantea el presente proyecto que busca desarrollar un modelo de utilización de herramientas informáticas para el modelado y simulación humana como soporte para fortalecer las estrategias de enseñanza de la ergonomía en la escuela de Diseño Industrial UIS, que a su vez sería una de las primeras instituciones nacionales en implementar este tipo de herramientas.

Con el fin de cumplir el objetivo planteado, el proyecto se definió metodológicamente en tres fases. La primera de ellas es la fase de Estructuración, donde se realizará una revisión de los softwares existentes en el ámbito del DHM, así como las universidades, que a nivel nacional e internacional, hacen uso de ellos. En la segunda fase denominada Conceptualización del modelo, se analizará y valorará el actual plan de la asignatura de Ergonomía de Producto y se propondrá un modelo de utilización de la nueva estrategia. Finalmente en la fase

de Evaluación, se analizarán los resultados obtenidos de la implementación de dicha estrategia por medio de una prueba experimental.

El desarrollo de este proyecto pretende dar paso al fortalecimiento de las estrategias de enseñanza actuales de la asignatura para reforzar las competencias adquiridas en el aula de clase y asimismo dar a conocer a los estudiantes nuevas herramientas que están siendo implementadas en la industria y academia.

## **1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 TITULO**

Herramientas informáticas para modelado y simulación humana como soporte a las estrategias de enseñanza de la ergonomía en la escuela de Diseño Industrial UIS

### **1.2 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un modelo de utilización de herramientas informáticas para el modelado y simulación humana como soporte para fortalecer las estrategias de enseñanza de la ergonomía en la escuela de diseño industrial UIS.

### **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comprender los modelos y las herramientas informáticas existentes para realizar modelado y simulación humana, así como las estrategias de enseñanza de ergonomía disponibles en la academia.
- Valorar las estrategias actualmente utilizadas para la enseñanza de la ergonomía en la EDIUIS, incluyendo el pensum actual, el perfil del egresado y las competencias evaluadas en las asignaturas de ergonomía.
- Proponer una estrategia de enseñanza de ergonomía utilizando herramientas informáticas de modelado y simulación humana.
- Evaluar el modelo propuesto asistido por herramientas informáticas en términos del desarrollo de competencias de análisis y toma de decisiones en el diseño (rediseño) de producto.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El creciente interés por la práctica del diseño centrado en el usuario refleja la importancia de la seguridad, usabilidad y el desempeño humano [1]. Lo anterior motiva a la academia e industria a entender los factores humanos y la necesidad de integrarlos en el diseño de productos, servicios y experiencias que sean realmente valoradas tanto por los individuos como por la cultura [2]. Así pues se han desarrollado diferentes herramientas informáticas como soporte a las etapas y validaciones necesarias para el desarrollo de un producto. Dentro de dicho proceso, la ergonomía es un aspecto necesario para la obtención de diseños (de productos o puestos de trabajo) para que sean seguros, confortables y eficientes [3].

Las herramientas informáticas desarrolladas en el marco de la ergonomía son, en su mayoría, aquellas asociadas a la actividad de modelado y simulación humana. Gracias a la invención de softwares que permiten realizar estudios ergonómicos, mediante la aplicación de diferentes métodos de valoración, es posible identificar y mitigar problemas ergonómicos de un producto, puesto de trabajo o tarea en aras de proteger a los usuarios desde las primeras etapas de diseño [4]. Adicional a ello, el 90% de todos los errores pueden ser depurados antes de la construcción de un modelo, lo cual refleja una reducción de costos, y a su vez se logra minimizar el gasto de energía, materiales y otros recursos para llevar a cabo prototipos y modelos funcionales [5].

Los softwares de modelado humano digital permiten que los diseñadores de productos o procesos entiendan mejor los problemas que una determinada población puede enfrentar cuando interactúa con un diseño propuesto [6]. Debido a ello diferentes universidades a nivel internacional, se han hecho partícipes en la iniciativa de incluir en sus estrategias para la enseñanza de la ergonomía el uso de dichas herramientas, con el fin de continuar actualizando las habilidades técnicas y el conocimiento con los últimos avances científicos y tecnológicos, y así asegurar la competitividad y éxito de los futuros ingenieros [7].

Sin embargo, en lo que respecta al ámbito nacional, son pocos los programas académicos de Diseño Industrial que en la actualidad hacen uso de dichas herramientas informáticas como soporte a la enseñanza de las asignaturas de ergonomía. Tal es el caso de la Pontificia Universidad Javeriana la cual destina un laboratorio equipado con tecnologías que permiten a los estudiantes realizar estudios para sus proyectos de diseño.

Actualmente la enseñanza de la ergonomía en los estudiantes de diseño industrial de la UIS (EDIUIS) se encuentra dividida en las asignaturas de Ergonomía Física, Ergonomía Cognitiva y Ambiental y Ergonomía de Producto que hacen parte del programa de Diseño Industrial acreditado en la Resolución 6022 de Junio 01 del 2012 por el Ministerio Nacional de Educación [8]; siendo la última de dichas asignaturas la que busca integrar los conocimientos adquiridos en las aulas de ergonomía anteriores, como se contempla en uno de sus propósitos :

“Relacionar las propiedades cualitativas y cuantitativas de los objetos, con diversos factores estudiados en los cursos de ergonomía anteriores (anatomofisiológicos, antropométricos, psicológicos, sociocultural y ambiental)”.

Del mismo modo, la asignatura busca desenvolver una actitud profesional en cuanto al desarrollo de un estudio ergonómico que permita el diseño de un producto por ello se plantea la integración de softwares asociados al DHM como parte de una estrategia de enseñanza que le permita a los estudiantes alcanzar las competencias evaluadas en el curso y relacionar éstas con las habilidades que el egresado de la EDIUIS debe tener para poder asumir posiciones de dirección, administración y liderazgo en la empresa y la sociedad.

Por todo lo anterior este proyecto busca desarrollar un modelo de utilización de herramientas informáticas para el modelado y simulación humana para fortalecer las estrategias de enseñanza de la Ergonomía de Producto en la escuela de Diseño Industrial UIS, acorde a las competencias y habilidades que el estudiante de la EDIUIS debe adquirir a lo largo de su carrera profesional.

## **1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

La escuela de Diseño Industrial busca fortalecer las capacidades de los estudiantes y egresados en cuanto a la ergonomía, por medio del uso de herramientas informáticas en la asignatura Ergonomía de producto a través del diseño de estrategias de enseñanza que puedan ser implementadas en dicha aula y que le permitan a los futuros diseñadores industriales realizar análisis ergonómicos teniendo como complemento y soporte softwares especializados en ello.

## **1.6 PROPUESTA DE VALOR**

Los avances en cuanto a la ergonomía de producto en los últimos años son un hecho que no puede ser ignorado en el ámbito académico e industrial. Entre dichos adelantos se encuentran las herramientas de Modelado Humano Digital o *Digital Human Modeling* (DHM), las cuales se han venido posicionando como parte fundamental dentro de la gestión del Ciclo de vida del producto. En el presente, este tipo de herramientas no son implementadas por ninguna universidad en el ámbito nacional, por lo que los estudiantes pertenecientes a la Escuela de Diseño Industrial UIS (EDIUIS), contarían con una ventaja competitiva en lo que respecta al desarrollo de análisis ergonómicos en el diseño y rediseño de productos y herramientas, frente a los egresados de las otras instituciones.

## **1.7 ALCANCE DEL PROYECTO**

Este proyecto llega hasta el desarrollo de un modelo de enseñanza asistido por herramientas de modelado humano digital para la asignatura de Ergonomía de Producto de la EDIUIS, con el cual se pretende fortalecer las estrategias de

enseñanza actuales de la asignatura, reforzar las competencias adquiridas en el aula de clase y asimismo dar a conocer a los estudiantes nuevas herramientas que están siendo implementadas en la industria y academia.

## **2. MARCO TEORICO**

A continuación se realiza una breve descripción de los temas más relevantes para el desarrollo del proyecto, los cuales permiten comprender el problema planteado. En primer lugar, se presenta la relación entre el diseño industrial y la ergonomía, así como la relevancia que ésta última tiene en el desarrollo de productos. En segunda instancia, se profundiza en el concepto de Modelado Humano Digital, sus aportes a la ergonomía y algunas de las herramientas que son utilizadas en la academia e industria; tópicos que sientan las bases del presente trabajo. Posteriormente se exponen los modelos pedagógicos y estrategias de enseñanza principalmente empleadas en las aulas de clase. Finalmente, se definen los términos utilizados por los docentes al elaborar un programa de asignatura permitiendo llevar a cabo una revisión de los cursos de ergonomía ofrecidos por diferentes universidades nacionales e internacionales, debido a que resulta pertinente conocer cuáles de estos programas académicos incluyen en sus estrategias de enseñanza el uso de softwares asociados al Modelado Humano Digital o Digital Human Modeling (DHM).

### **2.1 ERGONOMÍA Y DISEÑO**

Al diseñar productos, se debe tener en cuenta que éstos van a entrar en contacto con un usuario en un contexto determinado y que están allí para solventar una necesidad específica y no para generar nuevas [9]. Es en este punto, donde la ergonomía se une al diseño industrial como una disciplina que forma parte del desarrollo de un producto, no tanto como una ciencia o disciplina teórica sino de forma experimental y aplicada [10], con el fin de cumplir el propósito planteado para el objeto proyectado.

El Instituto de Biomecánica de Valencia [11] hace referencia a que:

“La ergonomía en el diseño de productos tiene como objetivo desarrollar productos adaptados al usuario, de manera que le resulten satisfactorios. Para conseguir esto, hay que alcanzar una serie de características comunes a cualquier producto bien diseñado: utilidad, eficiencia, facilidad de uso, seguridad, durabilidad, aspecto agradable y precio realista. Todas estas características son percibidas por el usuario como aspectos que añaden valor al producto; ello, a su vez, contribuye al éxito del producto en el mercado.”

La ergonomía, al presentarse como una ciencia multidisciplinar y estar apoyada por diversos campos del saber, crea una amplia base conceptual que permite reconocer y entender desde diferentes perspectivas las relaciones que se establecen en el sistema Usuario-Producto-Contexto [12] y que son el punto de partida para el diseño y/o rediseño de productos por parte del diseñador industrial.

Para Cecilia Flores [13], la ergonomía en el diseño industrial se maneja como la disciplina que estudia las relaciones que se establecen recíprocamente entre el usuario y los objetos al desempeñar una actividad cualquiera en un entorno definido.

La ergonomía aplicada al diseño de productos, debe formar parte de todas las etapas del desarrollo de los mismos desde las primeras fases, ya que de esta forma, se reducirán los costos económicos durante todo el proyecto [14]. En el caso de que sea el desarrollo de un objeto nuevo, se trabaja con la ergonomía de forma preventiva, con el fin de evitar riesgos asociados al desarrollo de la tarea, por lo que se debe hacer un análisis a fondo de las características del usuario y del entorno donde se llevará a cabo la actividad. En caso de que se realice el rediseño de un objeto, se aplica la ergonomía de manera correctiva, para así mitigar o eliminar los riesgos existentes [13].

En la actualidad, gracias a los adelantos de la tecnología, la relación entre la ergonomía y el diseño se puede trabajar apoyada en el uso de simuladores e

instrumental de registro y medición [10] y así facilitar el que hacer del diseñador y la identificación de las actividades que necesitan ser trabajadas por medio de métodos ergonómicos, logrando, de esta forma, una rápida y completa integración de la ergonomía, el diseño y otras disciplinas que pueden aportar en el diseño o rediseño de productos.

## **2.2 APORTES DEL DHM A LA ERGONOMÍA DE PRODUCTO**

El termino Ergonomía (o factores humanos) es la disciplina científica que se encarga de comprender las interacciones entre humanos y otros elementos de su entorno, aplicando teoría, principios y métodos para diseñar con el propósito de optimizar la seguridad de los humanos y el entorno en el cual desarrollan sus tareas [15]. La ergonomía proporciona información relevante que debe ser usada en todas las etapas de la proyección de un producto o puesto de trabajo, para que éstos resulten seguros y fáciles de usar.

Esta información relevante se obtiene de los análisis de la actividad a partir de diferentes herramientas que brindan información cualitativa o cuantitativa. En dicho ámbito surgen las herramientas del 'Digital Human Modeling (DHM)' o Modelado Humano Digital, concepto que hace referencia a la representación humana en herramientas informáticas. El DHM comienza a ser tema de investigación debido a sus posibles campos de aplicación que van desde la industria hasta su implementación en la academia. Se considera un área emergente que conecta la ingeniería, el diseño, los factores humanos y la ergonomía aplicada [16]. La representación digital humana es ubicada en una simulación o ambiente virtual para facilitar la predicción del comportamiento, seguridad y desempeño humano [17].

La implementación de este tipo de herramientas en el desarrollo de proyectos interdisciplinarios ha sido considerada una ventaja, debido a que reduce el tiempo en diferentes etapas del proceso como lo son: el análisis de la tarea, la evaluación

de las alternativas y la manufactura, entre otras; así como una disminución significativa de los costos y a su vez mayor eficiencia a lo largo del proyecto. Según Polášek, Bureš, y Šimon [5] el 90% de todos los errores pueden ser depurados antes de la construcción de un modelo, lo cual refleja una reducción de costos, y a su vez puede ser considerado un proceso sustentable ya que se minimiza el gasto de energía, materiales y otros recursos para llevar a cabo modelos y prototipos funcionales.

Los diseñadores se benefician al usar este tipo de herramientas, ya que pueden entender con mayor facilidad los problemas y los riesgos asociados cuando una población específica utiliza un puesto de trabajo o un producto propuesto [6]. Probablemente el mayor beneficio del modelado digital es la habilidad para verificar que tan apto resulta un puesto de trabajo o producto durante la fase de su desarrollo [18]. Así mismo una temprana y fácil identificación, disminuye e incluso puede llegar a eliminar la necesidad de modelos de prueba y la evaluación de los mismos con usuarios [19].

Dentro de los posibles campos de aplicación de dichos análisis se encuentra el sector de la manufactura. Un operario puede durar largas horas sometido a diferentes factores de riesgo consecuencia de un puesto de trabajo mal diseñado. Por tanto los análisis realizados con DHM permitirían mitigar los riesgos a partir del diseño de puestos de trabajo más compatibles con las necesidades de los operarios y su actividad particular [20]. Otra de las ventajas de utilizar simuladores para el análisis ergonómico, es la significativa reducción de tiempo en cualquier proceso de implementación en la empresa. Primero en la implementación del ambiente de simulación y análisis, que se llevarán a cabo en cuestión de minutos [5], y segundo en la realización de los cambios en la simulación de los puestos de trabajo para ver los beneficios de forma instantánea [5].

Además de lo anterior este tipo de análisis a partir de DHM permite la integración con el 'Product Lifecycle Management'<sup>3</sup> (PLM). Los productos deben ser validados en las primeras etapas de su ciclo de vida para garantizar que estos se encuentren libres de defectos [21], algunas de las comprobaciones pueden ser realizadas por medio de softwares asociados al DHM los cuales generan información que resultará útil durante todo el proceso de diseño. La estrategia de PLM almacena y diseña la información; permite administrar e integrar toda la información correspondiente a la verificación y validación con otras partes del proceso como: requerimientos, diseño del producto, manufactura, sostenibilidad y marketing [22].

De esta forma la verificación y validación de productos se puede realizar a partir de estudios ergonómicos para conocer la relación entre el usuario y el ambiente o herramienta a diseñar. Según Menegan, Braatz y Tonin [23], la simulación humana puede ser utilizada en análisis de alcances, campo visual, biomecánica y fisiología. El primero hace referencia a las regiones de máximo alcance que resultan confortables para los usuarios; las posibilidades de uso que ofrecen los softwares en este caso resultan bastante amplias ya que van desde la especificación de la distancia entre un objeto y otro, hasta la identificación de cuáles son las regiones más adecuadas para ubicar objetos en relación a la actividad realizada.

El análisis del campo visual permite conocer, por medio de la simulación y con un alto grado de precisión, aquello que será observado por diferentes personas al interactuar con un producto o puesto de trabajo.

Finalmente, el análisis biomecánico y fisiológico busca identificar las posturas y movimientos que pueden generar riesgos en la salud de los usuarios. Esta fase

---

<sup>3</sup> Product Lifecycle Management es la administración, de manera eficiente, de los productos de una compañía a través de su ciclo de vida, comprendiendo desde la primera idea que se tiene del producto hasta el momento de su disposición final.

permite realizar análisis de fuerza y torque, cargas biomecánicas y postura del cuerpo (específicamente en el área cervical, tronco y miembros superiores), y análisis de fatiga de un determinado grupo muscular.

Diversos autores han realizado estudios para conocer qué tan acertado resulta el uso de herramientas informáticas para evaluaciones ergonómicas y si sus aplicaciones son válidas en tareas ejecutadas por usuarios. Tal es el caso del estudio realizado por Regazzoni y Rizzi [18] quienes recrearon una de las tareas de mantenimiento de un compresor para la refrigeración de alimentos en supermercados, la cual consistía en la sustitución de un filtro para el paso del fluido refrigerante. En primera instancia fue realizada la toma de videos e imágenes, utilizando iPi Motion Capture<sup>4</sup>, para permitir una recreación fiel a la realidad, de dicha tarea siendo ejecutada por los operarios, en las herramientas de modelado humano digital. Posteriormente las simulaciones se realizaron mediante dos tipos de herramientas informáticas: LifeMOD y JACK. La primera de ellas se utilizó para evaluar el estrés y la fatiga del trabajador mientras realizaba la tarea; y la segunda permitió simular y predecir movimientos que pudieron ser realizados por los operarios pero que no fueron capturados en las imágenes.

El estudio anteriormente descrito concluyó que los diseñadores estaban en condición de hacer pruebas de sus propias soluciones técnicas teniendo en cuenta el factor humano desde las primeras etapas del proceso de diseño. La aplicación de estas nuevas tecnológicas mostró beneficios e inconvenientes pero sobretodo este tipo de aportes fueron considerados por la empresa altamente innovadores. Adicionalmente, se concluyó que introducir este tipo de metodología en sectores, donde la ergonomía no es tan considerada, retribuye fácilmente la inversión hecha en licencias de softwares, hardware y la educación de los técnicos [18].

Del mismo modo, es necesario tener en cuenta algunos inconvenientes que se pueden presentar al hacer uso de herramientas informáticas ligadas al DHM. De

---

<sup>4</sup> iPi Motion Capture es una herramienta para grabar movimientos del cuerpo humano y generar animación 3D.

Magistris et al.[24] mencionan algunas limitaciones tales como aproximaciones biomecánicas, calculación estática, descripción de posibles situaciones futuras o datos estadísticos de las características del desempeño humano. Del mismo modo, se incluye la inhabilidad para simular características clave del movimiento humano como la velocidad y aceleración fluida [25]. Las investigaciones en este campo continúan siendo desarrolladas para mitigar este tipo de limitaciones; asimismo, se han desarrollado estudios donde son implementados otro tipo de herramientas junto con softwares de modelado humano digital, que permiten simulaciones más aproximadas a la realidad.

### **2.3 REVISIÓN DE LOS SOFTWARES UTILIZADOS PARA EL DHM**

Se realizó una recopilación de diferentes softwares de DHM nombrados por diversos autores en la revisión del marco teórico, la cual inició en el mes de marzo del 2015 y tuvo una duración de tres meses. Para dicha revisión, se realizó una lista de términos asociados al proyecto, los cuales fueron categorizados según su grado de relación con los siguientes conceptos: ergonomía, simulación, análisis y campo de aplicación. Dichas listas fueron ingresadas en las bases de datos que se nombran a continuación: ScienceDirect, Scopus, Web of Science y SpringerLink. Los artículos elegidos después de realizar la búsqueda, fueron seleccionados teniendo en cuenta que su título o la información descrita en el resumen se asociaran a los temas de la pregunta de revisión. De esta forma se obtuvieron 32 artículos en los cuales se mencionaban softwares de DHM.

Con base en esta información y la descripción que se encuentra en los sitios web de los desarrolladores de éstos, se realizaron tablas en las que se presentan los aspectos generales de cada software las cuales pueden ser consultadas en el Anexo A. A continuación se muestran dos categorizaciones a modo de síntesis de la información recopilada, siendo la primera una clasificación de acuerdo al tipo de

actividad que el software permite estudiar y la segunda realizada a partir del método de valoración utilizado por el programa (Tabla 1):

**Tabla 1.** Categorización de los softwares utilizados para DHM en función de la actividad y los métodos de valoración utilizados

Softwares	Actividad					Métodos de valoración
	P	P.T	I.A	D	O	
Sammie CAD	X	X				
LifeMOD		X				
3DSSPP		X				NIOSH
Santos	X	X				
Delmia		X				NIOSH, EAWS, RULA
JACK	X	X				NIOSH, OWAS, RULA, EAWS
HumanCAD	X	X				NIOSH
Ramsis		X	X			NIOSH, REFA, NASA Discomfort
Dynamicus Hybrid		X	X	X	X	EAWS

**Nota.**

P: Producto/Herramienta

P.T: Puestos de trabajo

I.A: Industria automotriz

D: Deportes

O: Ortopedia

Como se puede observar en la Tabla 1, los softwares que permiten realizar el análisis de productos y herramientas son Santos, JACK, SammieCAD y HumanCAD. Debido a ello son escogidos de manera preliminar para ser evaluados a profundidad en el desarrollo del proyecto y elegir entre ellos aquel que se ajuste a la propuesta de plan de trabajo para la asignatura de Ergonomía del Producto.

## 2.4 MODELOS PEDAGÓGICOS

Los entornos de aprendizaje en la academia dependen, en gran medida, de la planeación y estructuración que los maestros realizan de las asignaturas o cursos, lo cual les permite tener un panorama más claro acerca de su posición en el proceso enseñanza-aprendizaje, el papel que los estudiantes desempeñan dentro del aula y las actividades que se desarrollan en ella. De acuerdo con la

perspectiva de Dewey [26] esto se conoce como modelo pedagógico, concepto que puede ser comprendido como la descripción y diseño de los ambientes de aprendizaje donde los alumnos deben interactuar.

La academia procura categorizar dichos modelos para enmarcar dentro de uno o varios de ellos, las diferentes estrategias de enseñanza implementadas en el aula con el fin de brindar herramientas al docente. Según Porlán [27] se puede considerar como modelo pedagógico aquel que permita identificar un enfoque, una metodología y unas formas de evaluación.

A continuación se presenta una síntesis de los tres modelos predominantes en la enseñanza: tradicional, conductivista y constructivista [28]; los cuales sirven como base para la práctica y estilo de los docentes:

#### **2.4.1 Modelo pedagógico tradicional**

El modelo pedagógico tradicional concibe al docente como el encargado de transmitir conocimientos e información a los estudiantes, los cuales asumen un rol pasivo y receptivo. Flórez [29] considera el enfoque de este modelo como academicista, verbalista y con un régimen de disciplina a los estudiantes que son básicamente receptores. De acuerdo con lo anterior, es posible identificar que en las clases de este modelo pedagógico priman la cátedra y lecciones tipo conferencia; y el contenido de la enseñanza radica en un conjunto de conocimientos y valores sociales acumulados por las generaciones adultas, que se transmiten a los alumnos como verdades acabadas [30]. A pesar de que en las clases no se dictan lecciones directamente relacionadas con los valores sociales, este modelo tiene el enfoque de una enseñanza integral donde el docente procura relacionar la ética con el conocimiento.

Gómez & Polanía [31] distinguen dos tipos de enfoque dentro de este modelo:

-El primero de ellos destaca al docente como un especialista del conocimiento, que procura únicamente transmitir aquello que sabe a sus estudiantes sin distinguir entre saber y saber enseñar.

- En el segundo enfoque el docente conoce y comprende la estructura de la materia pero solo transmite los contenidos.

A modo de conclusión, se presenta la tabla donde Gómez & Polanía [31] sintetizan las características e indicadores del modelo pedagógico tradicional (Tabla 2):

**Tabla 2.** Características e indicadores del Modelo Pedagógico Tradicional

Características	Indicadores
Contenido: <b>Identifica lo que es enseñable en una disciplina particular</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los conceptos de una disciplina son verdaderos e inmodificables.</li> <li>- Los conceptos disciplinares están establecidos en los textos</li> <li>- Puesto que los contenidos de una disciplina están en textos, son independientes de la realidad de sus estudiantes.</li> </ul>
Enseñanza: <b>Son las formas particulares de comunicar esos contenidos en el aula</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El docente debe enseñar los contenidos de forma verbal, expositiva.</li> <li>- El docente debe dictar su clase bajo un régimen de disciplina, a unos estudiantes que son básicamente receptores</li> <li>- El docente dicta la lección a un estudiante que recibirá las informaciones y las normas transmitidas.</li> </ul>
Interacción con los estudiantes: <b>Se concreta en la relación cotidiana con los estudiantes.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-En un proceso de enseñanza el profesor es quien enseña y el estudiante es quien aprende</li> <li>-La autoridad en el aula se mantiene gracias al dominio de los contenidos por parte del profesor.</li> <li>-Los criterios de organización y formas de proceder en el aula los define solamente el profesor.</li> </ul>
Evaluación: <b>Identifica el logro o no de las metas de la enseñanza.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La evaluación es un ejercicio de repetición y memorización de la información que narra y expone para identificar los conceptos verdaderos e inmodificables que el estudiante aprende.</li> <li>- La evaluación de los contenidos de una disciplina se basa en los textos a partir de los cuales se desarrolló la enseñanza.</li> <li>- El resultado del desempeño en las evaluaciones es independiente de la realidad que viven los estudiantes.</li> </ul>

**Nota.** Tomado de Gómez, M., & Polanía, N. (2008). ESTILOS DE ENSEÑANZA Y MODELOS PEDAGÓGICOS: Un estudio con profesores del Programa de Ingeniería Financiera de la Universidad Piloto de Colombia (Maestría en Docencia), Universidad de La Salle.

#### **2.4.2 Modelo pedagógico conductista**

El método conductista, el cual fue planteado en primera instancia por John B. Watson a principios del siglo XX, tiene sus bases en el estudio de determinadas conductas o respuestas en relación a estímulos [32].

Este modelo pedagógico se basa en la premisa de transmitir saberes técnicos mediante un adiestramiento experimental centrado en el refuerzo, es decir, buscando modificar la conducta de los alumnos en las aulas de clase [31]. Para Flórez [29], el conductismo tiene como fin la fijación y control de los objetivos “institucionales” formulados con precisión y reforzados minuciosamente, los cuales se pueden originar por medio de una relación triple de contingencia entre un estímulo ascendente, la conducta y un estímulo consecuente. Éste último aunque puede resultar positivo o negativo, sirve para reforzar la conducta. Por ello, cuando un maestro implementa este modelo en sus aulas de clase, tiene como meta el moldeamiento de comportamientos para que resulten adecuados y técnicamente productivos siguiendo los parámetros establecidos por la sociedad [31]. Con el fin de conseguir el objetivo del conductismo, el docente diseña situaciones de aprendizaje, medidas a través de niveles de logro, las cuales se programan de tal forma que la conducta del estudiante se encamine hacia el fin deseado.

Gómez y Polanía [31] hablan de que los maestros que adoptan la dinámica planteada por el conductismo actúan como directores y planeadores de la conducta buscando animar y estimular de manera continua a los estudiantes con el fin de que ellos se esfuercen por superarse. Para ello, según los autores, el docente premia y sanciona con la entrega o privación de estímulos y mide permanentemente con calificaciones los niveles alcanzados por los pupilos, por lo que la evaluación se vuelve una tarea de medición y valoración continua.

Los críticos del conductismo hacen referencia a que es un modelo que busca simplificar la conducta humana debido a que ve las hombre como una automatización y no como un ser con propósito y voluntad, buscando eliminar o

reemplazar aquellas conductas que no son apropiadas,; según lo exponen Picardo, Escobar y Pacheco [32]. A pesar de ello, no se puede negar el gran impacto que este modelo ha tenido tanto en la psicología como en la educación hasta el día de hoy y que el dejar que la inaplicabilidad este modelo no se deslumbra en futuro próximo.

Para concluir, se expone una tabla con las principales características del modelo conductista (Tabla 3):

**Tabla 3.** Características e indicadores del Modelo Pedagógico Conductista

<b>Características</b>	<b>Indicadores</b>
Contenido: <b>Identifica lo que es enseñable en una disciplina particular.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Los contenidos deben estar caracterizados por la parcelación de saberes técnicos</li> <li>-Los contenidos se deben basar en la fijación de objetivos instruccionales fijados con precisión</li> <li>-Los contenidos de una disciplina deben ser saberes aceptados como socialmente útiles.</li> </ul>
Enseñanza: <b>Son las formas particulares de comunicar esos contenidos en el aula.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El profesor debe animar permanentemente a sus estudiantes para que logren los objetivos que se les proponen.</li> <li>-El profesor debe recordar permanentemente a los estudiantes los objetivos que deben alcanzar.</li> <li>-El profesor debe realizar y estimular los logros alcanzados por sus estudiantes con buenas calificaciones, anotaciones o felicitaciones.</li> </ul>
Interacción con los estudiantes: <b>Se concreta en la relación cotidiana con los estudiantes.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Es importante premiar los logros de los estudiantes con buenas calificaciones, anotaciones o felicitaciones.</li> <li>-Los premios y los estímulos deben ser proporcionales al logro de los estudiantes.</li> <li>-El refuerzo es indispensable para que los estudiantes alcancen los objetivos que se les ha fijado.</li> </ul>
Evaluación: <b>Identifica el logro o no de las metas de la enseñanza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Los resultados de la evaluación deben ser observables y medibles.</li> <li>-La evaluación debe ser permanente, pues señala la mayor o menor proximidad al logro de los objetivos institucionales.</li> <li>-La evaluación sirve para controlar el logro o no de los objetivos de aprendizaje elaborados para los estudiantes.</li> </ul>

**Nota.** Tomado de: Gómez, M., & Polanía, N. (2008). ESTILOS DE ENSEÑANZA Y MODELOS PEDAGÓGICOS: Un estudio con profesores del Programa de Ingeniería Financiera de la Universidad Piloto de Colombia (Maestría en Docencia), Universidad de La Salle.

### 2.4.3 Modelo pedagógico constructivista

Como su nombre lo indica este modelo pedagógico pretende encaminar la actividad docente hacia la construcción del conocimiento, la cual depende de las capacidades adquiridas por los estudiantes en experiencias anteriores, su autoimagen y autoestima. Para el constructivismo la enseñanza no es una simple transmisión de conocimientos; es una tarea de organización de métodos de apoyo y situaciones de aprendizaje que permiten a los alumnos construir su propio saber [31]. Así mismo, una de las grandes diferencias con los modelos pedagógicos anteriores es el concepto de errar; para el constructivismo un error constituye una oportunidad para realizar un análisis de aquello que se está aprendiendo.

Coll [33] considera que el proceso del conocimiento obedece a la disposición que cada alumno tiene para el aprendizaje, dicha disposición depende del desarrollo individual y personal de cada alumno; mientras que el papel del docente es disponer de tiempo y voluntad para encaminar su actividad de acuerdo a los rasgos individuales del alumno. El constructivismo considera el papel del alumno en el proceso de aprendizaje como activo, él es quien desarrolla su individualidad y construye sus aprendizajes de acuerdo a su propio ritmo. El docente es quien elabora un programa de asignatura donde se fijan los objetivos o propósitos que tiene la materia. Dado que estos responden a diferentes actividades que el estudiante debe desarrollar, la enseñanza no debe impartirse con un solo método como se presenta en el modelo tradicional; por el contrario, se proponen diversas actividades para los alumnos (actividades de aprendizaje) y actividades para el profesor (actividades de enseñanza), de tal manera que dependiendo el tipo de objetivo serán diferentes las acciones a realizar [31].

Los objetivos permiten además una evaluación más sistemática, debido a que está predeterminada por el plan de estudios, así estudiantes y docentes tienen una información estructurada de la asignatura, lo que permite un manejo preciso de los contenidos y elimina la improvisación en la enseñanza, delimitando tiempos, actividades desde el inicio del proceso.

A modo de conclusión, se presenta la siguiente la Tabla 4 donde se exponen las principales características del constructivismo:

**Tabla 4.** Características del modelo pedagógico Constructivista

<b>CONSTRUCTIVISMO</b>	
Aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Construcción activa y reestructuración del conocimiento previo</li> <li>-Ocurre a través de múltiples oportunidades y de los diversos procesos para conectar el nuevo conocimiento a lo que ya se conoce.</li> <li>-Ocurre a través de la interacción con otros y con el ambiente.</li> </ul>
Enseñanza	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desafío, pensamiento guiado hacia una comprensión más completa.</li> </ul>
Papel del profesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Una fuente de conocimiento (junto con los alumnos, los materiales y el ambiente)</li> <li>-Facilitador o guía. Presta atención a las ideas y a los errores conceptuales.</li> <li>-Crea oportunidades para la interacción entre ideas significativas, materiales y otros.</li> </ul>
Papel del alumno	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Construcción activa.</li> <li>-Fuente de conocimiento (el individuo y el grupo).</li> <li>-Generador, constructor, pensador activo.</li> </ul>

**Nota.** Adaptado de Tenutto, M., Klinoff, A., Boan, S., Redak, S., Antolin, M., & Sipes, M. (2006). Escuela para maestros. Enciclopedia de pedagogía práctica (pp. 260). Buenos Aires: Editora Cultural Internacional Ltda.

## 2.5 ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

Según el filósofo y psicólogo norteamericano John Dewey [26], lo central en el proceso de enseñanza consistía en el diseño de los ambientes de aprendizaje, donde los alumnos debían interactuar. Desde su perspectiva, un modelo de enseñanza podía ser considerado como una descripción de un ambiente de aprendizaje [34]. En la actualidad los docentes optan por la combinación de los modelos de enseñanza tradicional y progresista. El primero de ellos hace referencia al alumno en un papel básicamente pasivo, contrario al segundo donde el alumno es activo y puede participar en la elaboración del currículum y enfatiza en el docente como un guía de experiencias [35]. Dicha combinación es considerada un nuevo modelo de enseñanza denominado “Método mixto” en el

cual la metodología del docente se conforma por medio de diferentes estrategias de enseñanza.

Las estrategias de enseñanza-aprendizaje son instrumentos de los que se vale el docente para contribuir a la implementación y el desarrollo de las competencias de los estudiantes [36].

El proyecto a desarrollar debe sentar sus bases en estrategias de enseñanza que les permitan a los estudiantes la comprensión de los contenidos que son trabajados en el aula. Debido a ello surge la necesidad de tener conocimiento acerca de diferentes tipos de estrategias con el fin de elaborar un programa de asignatura que se adapte y resulte adecuado a las necesidades del curso con el cual se trabajará a lo largo del proyecto.

Según Díaz y Hernández [37] las principales estrategias de enseñanza son las siguientes (Tabla 5):

**Tabla 5.** Principales estrategias de enseñanza

<b>Objetivos</b>	<b>Enunciado que establece condiciones, tipo de actividad y forma de evaluación del aprendizaje del alumno. generación de expectativas apropiadas en los alumnos</b>
<b>Resumen</b>	Síntesis y abstracción de la información relevante de un discurso oral o escrito. Enfatiza conceptos clave, principios, términos y argumento central.
<b>Organizador previo</b>	Información de tipo introductorio y contextual. Es elaborado con un nivel superior de abstracción, generalidad e inclusividad que la información que se aprenderá. Tiende un puente cognitivo entre la información nueva y la previa.
<b>Ilustraciones</b>	Representación visual de los conceptos, objetos o situaciones de una teoría o tema específico (fotografías, dibujos, esquemas, gráficas, dramatizaciones, etcétera).
<b>Analogías</b>	Proposición que indica que una cosa o evento (concreto y familiar) es semejante a otro (desconocido y abstracto o complejo).
<b>Preguntas intercaladas</b>	Preguntas insertadas en la situación de enseñanza o en un texto. Mantienen la atención y favorecen la práctica, la retención y la obtención de información relevante.
<b>Pistas topográficas y discursivas</b>	Señalamientos que se hacen en un texto o en la situación de enseñanza para enfatizar y/u organizar elementos relevantes del contenido por

	aprender.
<b>Mapas conceptuales y redes semánticas</b>	Representación gráfica de esquemas de conocimiento (indican conceptos, proposiciones y explicaciones).
<b>Uso de estructuras textuales</b>	Organizaciones retóricas de un discurso oral o escrito, que influyen en su comprensión y recuerdo.

**Nota.** Tomado de Díaz, F., & Hernández, G. (1999). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista (2 ed., pp. 465). México: McGraw-Hill

Además de las anteriores, según Pimienta [36] existen otro tipo de estrategias que contribuyen al desarrollo de competencias por medio de un comportamiento activo, las cuales ponen en juego una serie de habilidades, capacidades, conocimientos y actitudes en una situación y en un contexto determinado. A continuación se presentan dichas estrategias (Tabla 6):

**Tabla 6.** Estrategias para contribuir al desarrollo de competencias

<b>Tópico generativo</b>	<b>Es una metodología de tipo interdisciplinar que representa un desafío cognitivo para los alumnos ya que tendrán que resolver problemas a través de la reflexión.</b>
<b>Simulación</b>	La simulación es una estrategia que pretende representar situaciones de la vida real en la que participan los alumnos actuando roles, con la finalidad de dar solución a un problema o, simplemente, para experimentar una situación determinada.
<b>Proyectos</b>	Los proyectos son una metodología integradora que plantea la inmersión del estudiante en una situación o una problemática real que requiere solución o comprobación. Se caracteriza porque permite articular la teoría y la práctica mediante la solución de un problema real desde diversas áreas de conocimiento.
<b>Estudio de caso</b>	En esta estrategia se escribe un suceso real o simulado complejo que permite al estudiante aplicar sus conocimientos y habilidades para resolver un problema. En ella se desarrollan competencias, pues el estudiante pone en marcha tanto contenidos conceptuales y procedimentales como actitudes en un contexto y una situación dados.
<b>Aprendizaje basado en problemas</b>	Es una metodología en la que se investiga, interpreta, argumenta y propone la solución a uno o varios problemas, creando un escenario simulado de posible solución y analizando las probables consecuencias.
<b>Aprendizaje <i>in situ</i></b>	Es una metodología que promueve el aprendizaje en el mismo entorno en el cual se pretende aplicar la competencia en cuestión permitiendo analizar con profundidad un problema y la vinculación del mundo académico con el mundo real.
<b>Aprendizaje basado</b>	Constituye una metodología para el desarrollo de competencias

<b>en TIC</b>	utilizando las tecnologías de la información y la comunicación (tic), para facilitar el aprendizaje a distancia y desarrollar habilidades de aprendizaje autónomo.
<b>Aprender mediante el servicio</b>	Consiste en ofrecer servicios y/o productos a la comunidad para aprender las competencias vinculadas con el currículo escolar promoviendo el aprendizaje cooperativo. Implica la responsabilidad social, ya que se diagnostican las necesidades de la población y las respuestas que como futuros profesionales se pueden ofrecer.
<b>Investigación con tutoría</b>	Consiste en investigar un problema con continua tutoría del docente, para efectuar un análisis profundo del problema en su contexto y adquirir práctica en la búsqueda e interpretación de información.
<b>Aprendizaje cooperativo</b>	Implica aprender mediante equipos estructurados y con roles bien definidos, orientados a resolver una tarea específica a través de la colaboración. Tiene como componentes principales la cooperación, responsabilidad, trabajo en equipo, comunicación, interacción y autoevaluación. Lo que permite un análisis profundo de un problema en su contexto y el desarrollo de habilidades sociales.
<b>Webquest</b>	Investigación utilizando Internet como herramienta básica de búsqueda de información. Se busca y selecciona información en múltiples fuentes con el fin de desarrollar el aprendizaje autónomo, la capacidad de resolver problemas y adquirir competencias en el uso del internet.

**Nota.** Tomado de Pimienta, J. (2012). Estrategias de enseñanza-aprendizaje: Docencia universitaria basada en competencias. México: Pearson Educación.

## 2.6 EL SOFTWARE COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA

Desde finales del siglo XX, el surgimiento y perfeccionamiento de los softwares, ha evidenciado la importancia de su integración en diferentes campos de la actividad humana, siendo uno de ellos la educación y el desarrollo cognitivo de los estudiantes. Desde el punto de vista educativo, los programas de ordenador tienen ciertas características como lo son la gran capacidad de almacenamiento y de acceso a todo tipo de información, la propiedad de simular fenómenos naturales difíciles de observar en la realidad o de representar modelos de sistemas físicos inaccesibles, la interactividad con el usuario, o la posibilidad de llevar a cabo un proceso de aprendizaje y evaluación individualizada, entre otras muchas aplicaciones educativas [38].

La implementación de softwares o programas de ordenador se conoce como Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO) la cual consiste en orientar e instruir al

alumno por medio de herramientas informáticas en aspectos y contenidos específicos en la academia.

El uso de ordenadores o computadores y sus distintos softwares educativos motiva a los estudiantes y los induce a trabajar en equipos compartiendo sus saberes y conocimientos, lo cual contribuye a lograr los objetivos de aprendizaje en los distintos cursos [39]. Dichas herramientas reciben el nombre de programas instruccionales los cuales le permiten a los alumnos adquirir diferentes competencias que van más allá de la simple aplicación de conocimientos respecto a un programa de computador; como fue mencionado con anterioridad los softwares promueven el aprendizaje colaborativo lo cual permiten desarrollar con mayor eficiencia trabajos o proyectos entre disciplinas.

Entre los tipos de programas instruccionales que han alcanzado mayor popularidad se encuentran los programas de ejercitación, las enciclopedias multimedia, los programas tutoriales, los programas de simulación y las herramientas de laboratorio asistido por ordenador [38].

En particular, los programas de simulación muestran de forma realista o simbólica un ambiente experimental, los cuales le permiten al estudiante diseñar experiencias simuladas, modificar variables de entrada al sistema y observar los resultados que ofrecen los instrumentos virtuales antes de realizar montajes experimentales reales; de este modo el estudiante se aproxima a la tecnología y adquiere con mayor facilidad las competencias que se establecen en el desarrollo de un contenido de aula o proyecto.

## **2.7 CONCEPTOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE ASIGNATURA**

Un programa de asignatura es un documento elaborado por el docente con el fin de describir cómo será el desarrollo de la asignatura y así informar a los

estudiantes la metodología a aplicar, dar a conocer los contenidos que la integran y la forma en la cual serán evaluados. Para dicha elaboración se hace uso de conceptos clave, los cuales se han definido por diversos autores y se nombran a continuación:

-Justificación: Información recopilada que es utilizada para dar explicaciones acerca de los pasos a seguir en la asignatura [40].

-Propósitos: Un objetivo o fin que es proyectado a través de los aspectos de una actividad y sirve para motivar y direccionar una asignatura, proporcionando criterios de selección, interpretación y evaluación o de aquello que es relevante [40].

-Estrategia metodológica: Es un sistema de acciones que se realizan con un ordenamiento lógico y coherente en función del cumplimiento de objetivos educacionales, es decir, constituye cualquier método o actividad planificada que mejore el aprendizaje profesional y facilite el crecimiento personal del estudiante [32].

-Contenidos formativos: Conjunto de aspectos teóricos y prácticos que componen un curso; son asequibles, completos, atractivos, estimuladores y facilitadores del acceso a otras fuentes complementarias de información [32].

-Objetivos: Se entiende como el conjunto de aprendizajes que se espera que alcancen los alumnos y alumnas en una etapa, ciclo, nivel o programación educativa concreta, que suelen plantearse de manera global y constituyen los objetivos generales de etapa, definidos en términos de capacidades, y de forma más concreta en términos de objetivos didácticos, que llevan a la acción directa y son el referente inmediato de la evaluación [32].

-Objetivos específicos: Elaborado a partir del objetivo general; permite orientar el tipo de datos a recopilar, concreta la información que será preciso obtener y

permite la elaboración de los objetivos operativos o medibles. Cumplen la función básica de orientación del aprendizaje [32].

-Competencias: Por competencia se entiende la actuación (o el desempeño) integral del sujeto, lo que implica conocimientos factuales o declarativos, habilidades, destrezas, actitudes y valores; todo ello, dentro de un contexto ético [36] .

-Indicadores de logro: Son síntomas, indicios, señales, rasgos o conjuntos de rasgos, datos e información perceptible, que al ser confrontados con el logro esperado, nos dan evidencias significativas de los avances en pos de alcanzar el logro.

Son medios para constatar, estimar, valorar, autorregular y controlar los resultados del proceso educativo, para que a partir de ellos y teniendo en cuenta las particularidades de su proyecto educativo, la institución formule y reformule los logros esperados [41]

## **2.8 ASIGNATURAS DE ERGONOMÍA DE PRODUCTO EN OTRAS UNIVERSIDADES**

Resulta necesario analizar las asignaturas de ergonomía de producto que otras instituciones ofrecen en sus planes de estudio para conocer su propósito y las competencias planteadas en las mismas. Así mismo se indaga acerca de las herramientas informáticas que son utilizadas como complemento al desarrollo del contenido de la materia para que los egresados tengan noción del uso y aplicación de herramientas y softwares que actualmente son usados en la industria.

### **2.8.1 Universidades nacionales**

En primer lugar, se consultó cuáles universidades a nivel nacional, ofrecen el programa académico de Diseño Industrial, y según el plan de estudios expuesto en los sitios web de las instituciones, se seleccionaron aquellas que incluyeran en

sus aulas de ergonomía o factores humanos contenidos referentes a ergonomía de producto. En caso tal de que la información de la asignatura no se encontrara disponible en el sitio web, se procedió a enviar correos tanto a docentes como directivas del programa académico para acceder a la información requerida.

Se encontró que dentro del territorio nacional 27 universidades cuentan con la aprobación del programa académico de Diseño Industrial [42], de las cuales 15 ofrecen asignaturas de ergonomía o factores humanos. Sin embargo solo se logró acceder al programa de dicha asignatura de 6 universidades.

A continuación se hará una breve descripción de las asignaturas ofrecidas (Tabla 7) en el marco de la ergonomía por algunas universidades nacionales:

**Tabla 7.** Programas de Diseño Industrial que ofrecen asignaturas de ergonomía o factores humanos

Universidad Programa académico	Nombre de la asignatura	Objetivos
<b>Universidad Pontificia Bolivariana UPB-Medellín / Diseño Industrial</b>	Ergonomía y Diseño 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Utilizar correctamente el vocabulario técnico relacionado con Ergonomía.</li> <li>-Emplear las medidas fundamentales del hombre en el diseño de objetos.</li> <li>-Aplicar la información relacionada con las características psicofísicas del hombre en el diseño de productos industriales.</li> <li>-Analizar el manejo (utilización) de objetos, para verificar si son adecuadas para el ser humano.</li> </ul>
	Ergonomía y Diseño 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Incluir criterios ergonómicos en el diseño de productos (anatómico-fisiológicos, antropométricos, biomecánicos, criterios de uso y del contexto: culturales y ambientales).</li> <li>-Analizar objetos, formas y funciones y concluir si son adecuados para el uso humano.</li> <li>-Detallar los aspectos a partir de un análisis funcional, conceptual, técnico, de utilidad, de relacionamiento hombre-objeto y sensorial del objeto de diseño.</li> <li>-Analizar el uso de objetos verificando que tan inteligibles, fáciles y adecuados son para el ser humano.</li> <li>-Aplicar en el proceso de diseño propuestas metodológicas que incluyan criterios ergonómicos.</li> </ul>
<b>Universidad Jorge</b>	Ergonomía II	Desarrollar posibilidades de análisis y comprensión del

<b>Tadeo Lozano, Bogotá / Diseño Industrial</b>		<p>ser humano es sus diferentes dimensiones, al relacionarse con el mundo que lo rodea, natural y artificial y para ello debe percibir, entender, y tomar decisiones que lo lleven a cumplir con los objetivos que plantea en esa relación, por lo tanto el curso pretende analizar la manera como el ser humano apropia esa información, la procesa y toma decisiones que lleven a cumplir con su objetivo exitosamente.</p>
<b>Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá / Diseño Industrial</b>	Ergonomía Física para Diseñar	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Comprender el funcionamiento fisiológico y biomecánico general del cuerpo humano para diseñar de acuerdo a las capacidades y necesidades del usuario.</li> <li>-Relacionar los aspectos dimensionales y funcionales del usuario con las características de los productos durante el desempeño de una actividad.</li> <li>-Desarrollar habilidades para comprender la relación del usuario con el entorno y con su actividad desde la perspectiva de la ergonomía física y su aplicación en los proyectos de diseño.</li> </ul>
	Análisis Ergonómico	<p>El estudiante adquirirá la habilidad de profundizar en la investigación, evaluación y análisis de sistemas ergonómicos, de manera que le permitan identificar requerimientos de diseño y proponer soluciones instrumentadas en el desarrollo de un proyecto real; dichas soluciones deberán garantizar el óptimo desempeño del sistema y el total bienestar de los seres humanos que realizan la actividad.</p>
	Ergonomía para diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprender los conceptos teóricos generales de la ergonomía, enfatizando en la relación existente entre esta disciplina y el desempeño del Diseño Industrial.</li> <li>- Entender la importancia de abordar cualquier situación de diseño desde un enfoque sistémico, por medio del análisis de casos prácticos.</li> <li>- Aplicar las pautas metodológicas básicas para realizar un análisis desde el punto de vista de la ergonomía, en relación con un proyecto de diseño.</li> <li>- Conocer los recursos ofrecidos por la Universidad, para la realización de pruebas desde la ergonomía necesarias en el ejercicio del diseño.</li> <li>- Comprender la responsabilidad ética del diseñador especialmente en lo relacionado con las implicaciones de sus decisiones tanto alrededor del ser humano, como en otros seres vivos y en el planeta, en el desarrollo de los proyectos de diseño.</li> </ul>
<b>Universidad ICESI, Cali /Diseño Industrial</b>	Ergonomía y antropometría	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Explicar los conceptos fundamentales de la ergonomía y los componentes del sistema hombre máquina en un ejercicio de aplicación</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Identificar los aspectos anatómicos, biomecánicos y culturales existentes en el diseño de un objeto/sistemas de objetos, mediante el análisis de los mismos</li> <li>-Analizar los procesos sensoriales que intervienen en la relación hombre-objeto-entorno en un ejercicio teórico</li> <li>-Utilizar los conceptos de la antropometría en ejercicios teóricos de diseño</li> <li>-Explicar los conceptos básicos de la usabilidad y su relevancia para la producción de diseño</li> <li>-Planificar la estrategia de mercado para el producto</li> <li>-Identificar y aplicar los pasos de la metodología ergonómica en el proceso de investigación de un tema dado</li> <li>-Interpretar y evaluar la información relevante de diversas fuentes y representaciones gráficas relacionadas con el estudio ergonómico.</li> </ul>
<b>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá / Ingeniería Mecánica</b>	Ergonomía para ingenieros	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Adquirir conocimientos básicos de la ergonomía para lograr diseñar acorde con los equipos modernos e introducirlo en esta disciplina.</li> <li>-Aplicar los conocimientos ergonómicos en el diseño de productos, maquinas o herramientas.</li> <li>-Adquirir la metodología para desarrollar investigación en el campo de la ergonomía.</li> </ul>
<b>Universidad del Valle, Cali / Diseño Industrial</b>	Ergonomía I	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Identificar problemas en la relación del hombre con su entorno laboral, social y familiar.</li> <li>-Aplicar el método científico para solucionar problemas relacionados con la ergonomía.</li> <li>-Elegir y diseñar objetos acordes a necesidades específicas de personas o grupos de personas.</li> <li>-Valorar las condiciones de desempeño de una persona en cuanto a seguridad, fatiga, estrés: calidad de vida.</li> </ul>
	Ergonomía II	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aplicar los principios básicos de confort ( térmico, lumínico, sonoro y postural) en el diseño de productos</li> <li>-Proponer soluciones ergonómicas para problemas biomecánicos.</li> <li>-Aplicar herramientas de evaluación propias de la ergonomía para detectar factores de riesgo ergonómico.</li> <li>-Analizar situaciones individuales y colectivas, sencillas y complejas, en diferentes entornos, de acuerdo con sus propios intereses.</li> <li>-Aplicar en casos específicos los principios para el manejo de la carga física y ergonomía de necesidades especiales.</li> </ul>

**Nota.** Programa de seis universidades.

Con base en la información que se obtuvo a través de los sitios web y por medio del intercambio de correos electrónicos con los docentes encargados de las asignaturas, se evidenció que de estas universidades la única que en la actualidad integra softwares de modelado humano digital en sus estrategias de enseñanza es la Pontificia Universidad Javeriana. Ésta cuenta con un laboratorio de ergonomía donde los estudiantes de pregrado, posgrado y entidades o personas externas a la universidad pueden realizar estudios ergonómicos mediante el uso de herramientas como 3DSSPP y ManneQuin pro 10 que permiten el modelado, simulación y análisis de actividades humanas relacionadas con productos y/o puestos de trabajo en las diferentes etapas de su desarrollo.

### 2.8.2 Universidades Internacionales

Continuando con la revisión de los programas de asignaturas relacionadas con la ergonomía de producto, fueron consultadas las universidades del ámbito internacional mencionadas por algunos autores en la literatura revisada para el desarrollo presente marco teórico.

A continuación se hará una breve descripción de las asignaturas ofrecidas (Tabla 8) en el marco de la ergonomía por algunas universidades nacionales e internacionales:

**Tabla 8.** Asignaturas de ergonomía ofrecidas por universidades internacionales

Universidad Programa académico	Nombre de la asignatura	Objetivos
<b>Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro PUC-RIO / Design-Projeto de Produto</b>	Ergonomía do produto (Ergonomía de producto)	Intervención ergonómica. Anatomía, fisiología y biomecánica de las posturas sedente, de pie, de pie/sedente; puestos de trabajo. Lesiones por esfuerzos repetitivos/DORT; herramientas manuales. Error humano; usabilidad de productos y protección del consumidor.
<b>Purdue University/Industri</b>	Applied Ergonomics	-Analizar y diseñar de acuerdo a la antropometría humana. -Analizar y diseñar para conocer las limitaciones



<b>Operations Engineering</b>	Engineering Systems (Comportamiento motoriz humano y sistemas de ingeniería)	ambiente. Aplicación de teorías al diseño de puestos de trabajo, controles y herramientas los cuales son trabajados por medio de ejemplos a lo largo del curso.
	Occupational Biomechanics (Biomecánica ocupacional)	Se introducen los conceptos referentes anatomía y fisiología para comprender y predecir las capacidades motorices humanas, con un énfasis particular en la evaluación y diseño de actividades manuales en diferentes ocupaciones. Se desarrollan modelos cuantitativos para explicar el desempeño de la fuerza muscular, lesiones musculoesqueléticas, la fatiga física y el control de movimiento humano.
	Ergonomics Professional Project (Proyecto profesional de ergonómia)	Los estudiantes trabajaran en grupos dentro de la producción u organización de un proyecto de diseño que enfatiza en la aplicación de principios ergonómicos que promuevan la seguridad, productividad y/o aspectos de la calidad del sistema humano-maquina.

**Nota.** Programa de cuatro universidades.

Gracias a la información que proporcionaron los artículos, fue posible conocer las metodologías de algunas de las asignaturas mencionadas y el uso herramientas informáticas en éstas como en el caso de las universidades de *Purdue* y *West Bohemia*.

Para el caso de *Purdue University* se hace uso del software Tecnomatix JACK, el cual también es utilizado en *West Bohemia University* en donde se puede trabajar también con Delmia V5 Human, ya que los estudiantes eligen uno de ellos para llevar a cabo el proyecto de la asignatura. Los contenidos de los cursos en dichas instituciones enfatizan en el uso de herramientas asociadas al DHM para el proceso práctico de los proyectos que son realizados en el aula.

Sin embargo, la institución *Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro* no hace uso de dichas herramientas, ya que la Doctora Manuela Quaresma

encargada de la asignatura de *Ergonomía do Produto* (con quien se estableció contacto por medio de correos electrónicos y facilitó la descripción y metodología de la asignatura) enfatiza en el trabajo de campo para un adecuado entendimiento de los problemas y así utilizar correctamente los datos antropométricos, independientemente del uso de algún software.

### **3. METODOLOGÍA**

En el desarrollo del proyecto se implementó una metodología propuesta por los autores la cual está compuesta por 3 fases. Cada una de ellas consta de diferentes actividades claves que permitieron el cumplimiento de los objetivos trazados al inicio del proyecto. A continuación se detalla cada una de ellas:

#### **3.1 METODOLOGÍA: FASES Y ACTIVIDADES**

##### **3.1.1 Fase 1. Estructuración**

1. Revisión y análisis de las herramientas informáticas utilizadas en la industria y la academia.

-Revisar la literatura acerca de softwares asociados al DHM y su importancia tanto en la academia como en la industria.

-Recopilar información sobre los softwares más utilizados, según la revisión de literatura realizada con anterioridad, obtenida en los sitios web de sus desarrolladores.

-Tabular y clasificar los softwares de acuerdo al tipo de actividad que permiten analizar y a los métodos de valoración que utilizan.

-Seleccionar de manera preliminar los softwares que permiten el análisis de productos y herramientas.

2. Análisis de las estrategias de enseñanza implementadas en la academia en el ámbito nacional e internacional

-Revisar los planes de trabajo de las asignaturas de ergonomía ofrecidas por universidades en el ámbito nacional e internacional.

-Recopilar información acerca de las asignaturas de ergonomía halladas: objetivos planteados, universidad y programa académico al cual pertenecen.

-Realizar una síntesis acerca de las asignaturas de ergonomía que implementan el uso de herramientas informáticas.

### **3.1.2 Fase 2. Conceptualización modelo**

#### **1. Análisis y valoración del plan de trabajo de Ergonomía de producto en la EDIUIS**

-Revisar el pensum actual en la EDIUIS, misión, visión y el perfil del egresado

-Valorar las estrategias de enseñanza actuales de la Ergonomía de Producto en la EDIUIS:

a) Realizar encuestas a estudiantes que hayan aprobado la materia y a docentes cuya área de estudio se relacione con la ergonomía, con el fin de conocer cuales consideran que son las fortalezas y debilidades de la asignatura, y cuáles fueron las competencias adquiridas al cursarla.

#### **2. Propuesta de un modelo de utilización de herramientas informáticas para Ergonomía de producto en la EDIUIS**

-Elegir el software asociado al DHM que se ajuste en mayor medida a las competencias que se desean desarrollar en la asignatura de Ergonomía de Producto en la EDIUIS

- Proponer una modelo de utilización de herramientas informáticas de DHM para la asignatura Ergonomía de producto que sea acorde al perfil del egresado de Diseño Industrial UIS.

### **3.1.3 Fase 3. Evaluación**

#### **1. Prueba experimental**

Realizar una prueba experimental durante la etapa denominada “Experimentación ergonómica” de la asignatura Ergonomía de producto, para ello se plantea que los estudiantes realicen el taller con las dos variables propuestas: con DHM y sin DHM. El grupo se dividirá en dos (Dos grupos de cinco estudiantes) para realizar un estudio cruzado.

#### **2. Evaluación del modelo de enseñanza propuesto**

Evaluar el modelo de enseñanza propuesto asistido por herramientas informáticas a través de la comparación de las notas obtenidas en las competencias del proyecto, permitiendo realizar un análisis descriptivo de los resultados. Asimismo, se realizará una encuesta a los estudiantes a modo de autoevaluación del trabajo desarrollado durante el semestre.

### **3.2 DIAGRAMA DE GANTT**

A continuación se muestra el diagrama de Gantt definido para las actividades propuestas durante el desarrollo del proyecto, en él se puede verificar los tiempos establecidos para cada fase y sus respectivas tareas (Figura 1):

**Figura 1.** Diagrama de Gantt con las fases de la metodología y sus respectivas fechas.

FASE	ETAPA	ACTIVIDAD	TIEMPO													
			Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	
1 ESTRUCTURACIÓN	Análisis de herramientas informáticas utilizadas en la industria y la academia	Revisar literatura de softwares de DHM	■	■	■	■										
		Recopilar datos de los softwares más usados		■												
		Tabular y clasificar los softwares		■												
	Análisis de las estrategias de enseñanza implementadas en la academia en el ámbito nacional e internacional	Selección preliminar de los softwares		■												
		Revisar los planes de trabajo de las asignaturas de ergonomía ofrecidas por universidades	■	■	■	■	■	■								
		Recopilar información acerca de las asignaturas de ergonomía en otras universidades			■	■	■	■								
2 CONCEPTUALIZACIÓN MODELO	Análisis y valoración del plan de trabajo de Ergonomía de producto en la EDIUIS	Realizar una síntesis acerca de las asignaturas que implementan el uso de herramientas informáticas			■	■	■									
		Revisar Pensúm, misión, visión y el perfil del egresado en la EDIUIS			■	■	■									
	Propuesta de estrategia de enseñanza con softwares para Ergonomía de producto	Valorar las estrategias de enseñanza actual de la Ergonomía de Producto en la EDIUIS						■	■	■						
Elegir el software asociado al DHM que se ajuste a las competencias de la asignatura								■	■							
3 EVALUACIÓN	Prueba experimental	Proponer una estrategia de enseñanza de ergonomía usando software de DHM								■	■	■				
		Realizar pruebas de uso del software con los estudiantes de la asignatura Ergonomía de producto en el desarrollo de un trabajo de clase.										■	■	■	■	
	Evaluación del modelo pedagógico propuesto														■	■

## **4. ANÁLISIS DE LA ASIGNATURA “ERGONOMÍA DE PRODUCTO” EN LA ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL UIS**

### **4.1 ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL UIS**

La Escuela de Diseño Industrial hace parte de la facultad de Ingenierías Físico-mecánicas de la Universidad Industrial de Santander. Si bien el programa académico no se define como una ingeniería si comparte asignaturas durante los primeros semestres con las otras carreras pertenecientes a la facultad.

Como misión, la EDIUIS [43] plantea:

“Educar integralmente personas en la disciplina del Diseño Industrial, capaces de construir, proyectar y configurar objetos con calidad funcional, para así contribuir desde su ejercicio profesional de manera sostenible al desarrollo sociocultural y económico”.

Asimismo, como visión del programa académico se presenta:

“La Escuela de Diseño Industrial se proyecta a corto plazo como una organización académica que consolidará grupos de investigación, propenderá por la excelencia académica, fortalecerá su articulación con sectores productivos y comunidades académicas; a mediano plazo creará programas en posgrado y a largo plazo programas en pregrado”.

La Escuela de Diseño Industrial tiene como propósito formar profesionales integrales con un perfil altamente creativo e integral en lo que respecta a la formación en aspectos técnicos, humanísticos, estéticos. Del mismo modo, individuos con elevados valores éticos y morales con sentido de responsabilidad, práctico y económico, y que, a través de su capacidad creativa de análisis y síntesis, sean capaces de tomar decisiones acertadas y asumir posiciones de dirección, administración y liderazgo en la empresa y la sociedad [44].

El diseño industrial en la Universidad Industrial de Santander se plantea como un programa multidisciplinar que busca promover el trabajo en grupo y de igual forma la investigación científica, tecnológica y el desarrollo de soluciones que contribuyan al bienestar social. Por ello, el campo de acción de los diseñadores egresados de la UIS, se enmarca en [45]:

- Investigación y desarrollo de metodologías, nuevos materiales, procesos productivos, sistemas de mercadeo, aprovechamientos de recursos humanos y materiales, nuevos productos, etc.
- Diseño, rediseño, adecuación e innovación de bienes de capital, objetos de consumo. Máquinas, procesos productivos, herramientas, equipos, puestos de trabajo muebles, electrodomésticos, acabados superficiales, juguetes, juegos, artefactos, elementos de transporte, implementos para el hogar, empaques, envases, embalajes, tratamiento y edición de imagen digital, propuestas de publicidad y de diseño gráfico. Construcción de maquetas, modelos y prototipos formales, funcionales, ergonómicos, de prueba, de resistencia y de producción en serie de los objetos que ha diseñado.
- Elaboración de planos técnicos dibujos, esquemas, bocetos, informes de avance de proyectos.
- Comunicación clara de ideas y propuestas a nivel verbal, escrito, gráfico, digital y tridimensional mediante la utilización de técnicas de presentación como la fotografía, ilustración, dibujo y multimedia.
- Asesoramiento en procesos de fabricación, Estrategias de comunicación, Diversificación de producción, reordenamiento de líneas de producción y puestos de trabajo, estrategias publicitarias.
- Evaluación de objetos industriales a nivel ergonómico, funcional, formal, estético, simbólico, de resistencia, de impacto ambiental.

Para cumplir con la formación de profesionales en diseño industrial con la capacidad de actuar eficaz y eficientemente en los campos anteriormente

descritos, la Escuela de diseño industrial propone un plan de estudios compuesto por diez semestres académicos los cuales se dividen en tres ciclos, como se muestra a continuación (Figura 2):

**Figura 2.** Plan de estudios de Diseño Industrial

PLAN DE ESTUDIOS DE DISEÑO INDUSTRIAL									
CICLO DE APOYO EXTERNO				CICLO DE TRANSICIÓN			CICLO DE AUTORREGULACIÓN		
NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V	NIVEL VI	NIVEL VII	NIVEL VIII	NIVEL IX	NIVEL X
Diseño I <i>Creatividad</i>	Diseño II <i>Lenguaje Básico</i>	Diseño III <i>Configuración</i>	Diseño IV <i>Bioforma</i>	Diseño V <i>Objeto / Significado</i>	Diseño VI <i>Bioenergía</i>	Diseño VII <i>Producto</i>	Diseño VIII <i>Interdisciplina</i>	Proyecto de Grado I	Proyecto de Grado II
Expresión I <i>Bocetación</i>		Expresión II <i>Tridimensional</i>	Expresión II <i>Color</i>			Expresión IV <i>Axonometría</i>	Expresión V <i>Fotografía</i>	Expresión VI <i>Composición y Edición digital</i>	
Geometría Descriptiva	Dibujo mecánico				Inglés I	Inglés II	Dirección empresarial	Plan de negocios	Diseño de empaques
Cultura física	Metodología del diseño	Ergonomía Física	Ergonomía cognitiva y ambiental	Ergonomía de producto			Electiva profesional I	Electiva profesional II	Electiva profesional III
Taller de Lenguaje		Semiótica		Historia del diseño	Sociología	Ecodiseño			
Cálculo I	Cálculo II		Materiales y procesos I <i>Maderas</i>	Materiales y procesos II <i>Polímeros</i>	Materiales y procesos III <i>Metales</i>	Materiales y procesos IV <i>Cueros</i>	Materiales y procesos V <i>Cerámicos</i>	Contexto I	Contexto II
	Física I	Mecánica analítica	Mecánica de sólidos	Mecánica de máquinas	Fundamentos del diseño mecatrónico				

COMPONENTE CURRICULAR		
Área proyectual	Comunicación visual	Área de fundamentos
Factores humanos	Materiales y procesos	Gestión empresarial
Lengua extranjera	Contextos	Electivas profesionales

Adaptado de: <http://disindustrial.uis.edu.co/eisi/eisi.jsp?IdServicio=S74>

## 4.2 ERGONOMÍA EN LA EDIUIS

Las asignaturas referentes a ergonomía en la EDIUIS, pertenecen a la línea de factores humanos la cual comienza en tercer nivel con las asignaturas Semiótica y Ergonomía física, continua en cuarto nivel con Ergonomía cognitiva y ambiental, en quinto nivel con Ergonomía de producto y finaliza en sexto nivel con Sociología.

Como se mencionó anteriormente, la enseñanza de la ergonomía en la Escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander comienza con Ergonomía física, la cual tiene los siguientes propósitos a cumplir [46]:

- Introducir al estudiante en los conceptos básicos de la ergonomía, identificando su importancia y utilidad en el proceso proyectual del diseñador industrial.
- Identificar a la ergonomía como la herramienta conceptual para el desarrollo de productos.
- Reconocer la condición de la ergonomía como una ciencia interdisciplinaria que es aplicable a variados campos de trabajo.
- Propiciar el uso de la técnica antropométrica como instrumento poderoso para la adecuación dimensional óptima de productos diseñados para el ser humano e indicar variaciones entre individuos de un mismo grupo, o las diferencias de grupos entre sí.

Como se puede ver, este curso tiene como finalidad dar a conocer a los estudiantes las bases que deben ser aplicadas en las dos asignaturas restantes de la línea de ergonomía y al mismo tiempo proporcionar conceptos que pueden ser aplicados en otras aulas pertenecientes al plan de estudios.

En lo que respecta a la asignatura Ergonomía cognitiva y ambiental, la EDIUIS [47] planteó los siguientes objetivos:

- Afianzar los conocimientos en la aplicación de la ergonomía cognitiva, social y ambiental como un elemento importante en el diseño de productos y puestos de trabajo, así como en el diseño con confort, eficiencia y seguridad para los usuarios.
- Comprender la actividad interdisciplinaria de la ergonomía, mediante el reconocimiento de la necesidad que representa la relación de ésta con las diversas ciencias que la apoyan.
- Desarrollar actividades de carácter investigativo a nivel cognitivo y práctico.

- Desarrollar sistemas que puedan ser controlados por el hombre, basados en los conceptos de usabilidad.
- Analizar y comprender cómo la cultura es una manifestación que interviene de manera sustancial en las decisiones que se toman en las respuestas de diseño.
- Conocer los aspectos ambientales que influyen en el desarrollo de la actividad humana para aplicarlos en la solución de diseños más eficientes, seguros y confortables.

Este curso, se busca que los estudiantes puedan combinar factores del individuo, aprendidos previamente en ergonomía física, con aquellos pertenecientes al contexto y entorno en el cual los seres humanos llevan a cabo una tarea con un determinado objeto.

### **4.3 ERGONOMÍA DE PRODUCTO**

Ergonomía de Producto es la última asignatura de la línea de ergonomía que la EDIUIS ofrece en su plan de estudios. Ésta busca integrar y aplicar las competencias y conocimientos alcanzados en los cursos anteriores, y así mismo analizar los aspectos que afectan el diseño de productos y procesos de producción que utilizan los individuos en sus lugares de trabajo para proponer la adaptación de productos, tareas, herramientas y entorno en general buscando la eficiencia, seguridad y bienestar de los usuarios [48].

A continuación se presentan los propósitos de la asignatura y las competencias a adquirir en el transcurso de la misma:

- Propósitos de la asignatura
- Identificar la utilidad y el objetivo particular de algunos métodos de evaluación ergonómicos para el análisis de actividades de trabajo.

- Relacionar las propiedades cualitativas y cuantitativas de los objetos, con diversos factores estudiados en los cursos de ergonomía anteriores (Anatomofisiológicos, antropométricos, psicológicos, socio-cultural y ambiental)
- Desarrollar una actitud profesional en cuanto al desarrollo de un estudio ergonómico que permita el diseño de un producto o de un puesto de trabajo.
- Plantear el sentido que tiene un método ordenado para llevar a cabo la secuencia de análisis y evaluación ergonómicos de los diferentes factores involucrados durante el ejercicio del diseño.

#### Competencias a adquirir

- Comprende una situación de uso en función de los determinantes de la actividad
- Describe una situación de uso en términos de dimensiones de exposición
- Relaciona elementos causales obtenidos de diferentes fuentes
- Define el problema de uso en términos de objetivos
- Establece un problema en términos experimentales
- Relaciona los datos obtenidos con objetivos de prueba
- Identifica los instrumentos de medida en función de hipótesis

Para alcanzar los propósitos y las competencias planteadas anteriormente, durante el semestre académico son trabajados diferentes contenidos que se dividen en los siguientes cuatro temas principales:

1. La ergonomía de producto
2. El estudio de las situaciones de uso
3. La experimentación ergonómica
4. Desarrollo de un proyecto en ergonomía de producto

Las estrategias empleadas para la enseñanza de dichos contenidos son las clases conceptuales o magistrales, la investigación por parte de los estudiantes y la realización de ejercicios y prácticas para el desarrollo de los temas expuestos.

El sistema de evaluación implementado para esta asignatura se divide en cinco ámbitos cada uno con un porcentaje diferente que completan el cien por ciento de la nota final de la asignatura. A continuación se presentan las cinco estrategias de evaluación y sus respectivos porcentajes:

1. Análisis de situaciones de uso (15%)
2. Experimentación ergonómica (20%)
3. Proyecto de ergonomía de producto:
  - 3.1 Definición del problema de uso (20%)
  - 3.2. Hipótesis y protocolo (20%)
  - 3.3. Experimentación ergonómica (25%)

El programa de asignatura puede ser consultado en el Anexo B.

#### **4.4 VALORACIÓN DE LA ASIGNATURA DE ERGONOMÍA (MIEMBROS DE LA EDIUIS)**

Se realizaron entrevistas y encuestas a los miembros de la EDIUIS para conocer sus opiniones acerca de la asignatura de ergonomía de producto. Fueron recopiladas 4 entrevistas a estudiantes que aprobaron la asignatura recientemente y del mismo modo fueron realizadas 55 encuestas a estudiantes o egresados que cursaron ésta anteriormente. Por otra parte, fueron entrevistados 3 grupos de docentes: quienes dictan actualmente las asignaturas de ergonomía física y cognitiva, aquellos que dictaron recientemente ergonomía de producto y finalmente los docentes de talleres de diseño 6, 7 y 8.

#### 4.4.1 Formatos de entrevistas y encuestas

##### 4.4.1.1 Entrevista a estudiantes que recientemente aprobaron la asignatura

- ¿Qué opinión tiene acerca de la asignatura de Ergonomía de producto?
- ¿Ha implementado los conocimientos adquiridos en la asignatura en otros cursos del plan de estudios?
- ¿Considera que adquirió las competencias necesarias para realizar análisis ergonómicos durante el diseño o rediseño de productos?
- ¿Qué métodos de análisis ergonómicos aprendió en la materia?
- ¿Cómo mejoraría la enseñanza de la Ergonomía de producto en la EDIUIS?
- ¿Considera que las herramientas informáticas o softwares facilitan el que hacer del diseñador?
- ¿Conoce algún software de simulación ergonómica? Si su respuesta es afirmativa, ¿Ha implementado dicha herramienta en el desarrollo de algún proyecto? ¿Qué tan favorable considera el uso de dichas herramientas?

##### 4.4.1.2 Encuesta a estudiantes y egresados

A continuación se presenta la encuesta realizada a estudiantes y egresados (Ver Tabla 9)

**Tabla 9.** Encuesta realizada a estudiantes y egresados

Encuesta a estudiantes y egresados			
Variable	Definición operativa	Escala	Pregunta
Sexo	M-F	Nominal cualitativa	Sexo:
Edad	16 a 80	Razón cuantitativa	Edad:
Nivel	1 a 10 o egresado	Razón cuantitativa	Nivel o egresado:
Importancia de la ergonomía	0 a 5	Razón cuantitativa	Evalúe la importancia de la ergonomía en el diseño o

			rediseño de un producto
<b>Capacidad de realizar análisis ergonómicos</b>	0 a 5	Razón cuantitativa	Evalúe su capacidad para realizar análisis ergonómicos en el diseño o rediseño de un producto
<b>Frecuencia de aplicación de conocimientos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Siempre</li> <li>•Casi siempre</li> <li>•A veces</li> <li>•Casi nunca</li> <li>•Nunca</li> </ul>	Ordinal cualitativa	¿Con qué frecuencia aplica los conocimientos adquiridos en la asignatura “Ergonomía de producto” durante el diseño o rediseño de productos?
<b>Opinión</b>		Nominal cualitativa	¿Considera que las herramientas informáticas o softwares facilitan el que hacer del diseñador? Si o no ¿Por qué?
<b>Opinión</b>		Nominal cualitativa	¿Cuándo debe trabajar con un software por primera vez, cuál método le resulta más útil para familiarizarse con él?
<b>Conocimiento de herramientas para análisis ergonómicos</b>	Si o no	Nominal cualitativa	¿Conoce herramientas informáticas o softwares que se empleen en análisis y simulaciones ergonómicas? Sí o no, ¿Cuáles?
<b>Opinión</b>		Nominal cualitativa	¿Cómo mejoraría la enseñanza de la Ergonomía de producto en la EDIUIS?

#### 4.4.1.3 Entrevista a profesores de ergonomía

- Teniendo en cuenta los propósitos de la asignatura de ergonomía que usted dirige o dirigió, ¿Qué competencias adquieren los estudiantes en el desarrollo de la asignatura?
- ¿Qué estrategias de enseñanza e implementa para tal fin?
- ¿Qué tipos de análisis ergonómicos está en capacidad de realizar un egresado de la EDIUIS?

- ¿Considera que los conocimientos adquiridos en Ergonomía de producto son implementados en otras asignaturas del plan de estudios?
- ¿Conoce o maneja el tema de DHM y las herramientas que se pueden implementar para las simulaciones ergonómicas?
- ¿Considera que el uso de herramientas informáticas facilitaría la comprensión y desarrollo de proyectos tanto en Ergonomía de producto como en otras asignaturas del plan de estudios?

#### 4.4.1.4 Entrevista a profesores de talleres de diseño

- Teniendo en cuenta los propósitos de su taller de Diseño, ¿Qué competencias adquieren los estudiantes en el desarrollo de la asignatura?
- ¿Qué estrategias de enseñanza se implementa para tal fin?
- ¿Con que frecuencia y profundidad se hace uso de la ergonomía de producto en el desarrollo de los proyectos planteados dentro de su taller?
- ¿Considera que el uso de herramientas informáticas facilita la comprensión y desarrollo de proyectos en las diferentes asignaturas de la EDIUIS?
- ¿Conoce o maneja el tema de DHM y las herramientas que se pueden implementar para las simulaciones ergonómicas?
- ¿Considera que el uso de herramientas informáticas en el ámbito de la ergonomía facilitaría la comprensión y desarrollo de proyectos en las diferentes asignaturas de la EDIUIS?

#### 4.4.2 Análisis de resultados

Las respuestas obtenidas fueron analizadas comparando las opiniones e ideas que permitieran valorar el estado actual de la asignatura de Ergonomía de producto y del mismo modo identificar si los miembros de la EDIUIS conocen herramientas informáticas para realizar análisis ergonómicos. En lo que respecta a

la asignatura de ergonomía se determinaron los propósitos del curso, las estrategias de enseñanza implementadas y las competencias adquiridas por los estudiantes. En cuanto al uso de softwares, se identificó la opinión de los miembros de la EDIUIS acerca de su dicha estrategia implementada en la academia y su conocimiento en herramientas informáticas que permiten realizar análisis ergonómicos.

#### 4.4.2.1 Entrevista a estudiantes que recientemente aprobaron la asignatura

Los estudiantes coincidieron en afirmar que la ergonomía de producto es una asignatura muy importante en el currículo de diseño industrial de la EDIUIS. El estudiante #4 considera que este curso permite *“Ver en qué parte la ergonomía es la que llega a intervenir dentro de un producto. Ya uno no ve sólo la antropometría o sólo la parte del entorno”*, haciendo referencia a que en este curso convergen los contenidos teóricos de las asignaturas anteriores para ser aplicados en proyectos o estudios de casos.

En cuanto a las estrategias de enseñanza empleadas por los docentes fueron mencionados los estudios de caso los cuales son la base teórica para desarrollar un proyecto donde se investiga un problema y se realizan experimentaciones ergonómicas con la tutoría del profesor. Dentro de los métodos de análisis ergonómicos aprendidos en la asignatura fueron mencionados RULA, OWAS, NIOSH y la escala de BORG pero se hizo énfasis en que a pesar de conocer varios métodos sólo se implementa uno en específico dependiendo del problema investigado en el trabajo de experimentación ergonómica, como fue mencionado por el estudiante #3 *“Vimos muchas escalas y eso, pero así concretamente me acuerdo que nosotros desarrollábamos un proyecto y cada grupo aplicaba cierto método”*.

Los cuatro estudiantes entrevistados afirmaron que implementan los conocimientos adquiridos en ergonomía de producto en otras asignaturas del plan de estudios, y en cuanto a las competencias para realizar análisis ergonómicos sólo uno, de los cuatro estudiantes, considera que está en capacidad de realizar dichos análisis y los tres restantes creen que pueden aplicar *“lo básico o lo general”* como lo menciona el Estudiante #1, mientras que el estudiante #3 afirma que *“hace falta mucho, igual los cursos son muy cortos. Pues si llegamos a hacer pruebas, llegamos a hacer experimentaciones y eso, pero igual se queda muy corto al momento de llegar a implementarlo en otro lado”*.

De acuerdo a lo anterior, parece ser que los estudiantes no se consideran capaces de realizar análisis ergonómicos a profundidad pero creen que su trabajo en el ámbito ergonómico es una de sus fortalezas, ya que tienen presente la importancia del usuario en el desarrollo de sus proyectos, el estudiante #4 menciona que *“Un diseñador industrial UIS, no digo que los otros no, tienen una característica y es que siempre enfoca sus productos con un factor humano, que es lo importante y ese factor humano está condicionado por la ergonomía”*.

Cuando se le preguntó a los estudiantes acerca de aspectos para mejorar la asignatura mencionaron el tiempo como un factor limitante al momento de desarrollar los proyectos de la asignatura; consideran que es corto el período que se dedica a la investigación e implementación de conceptos.

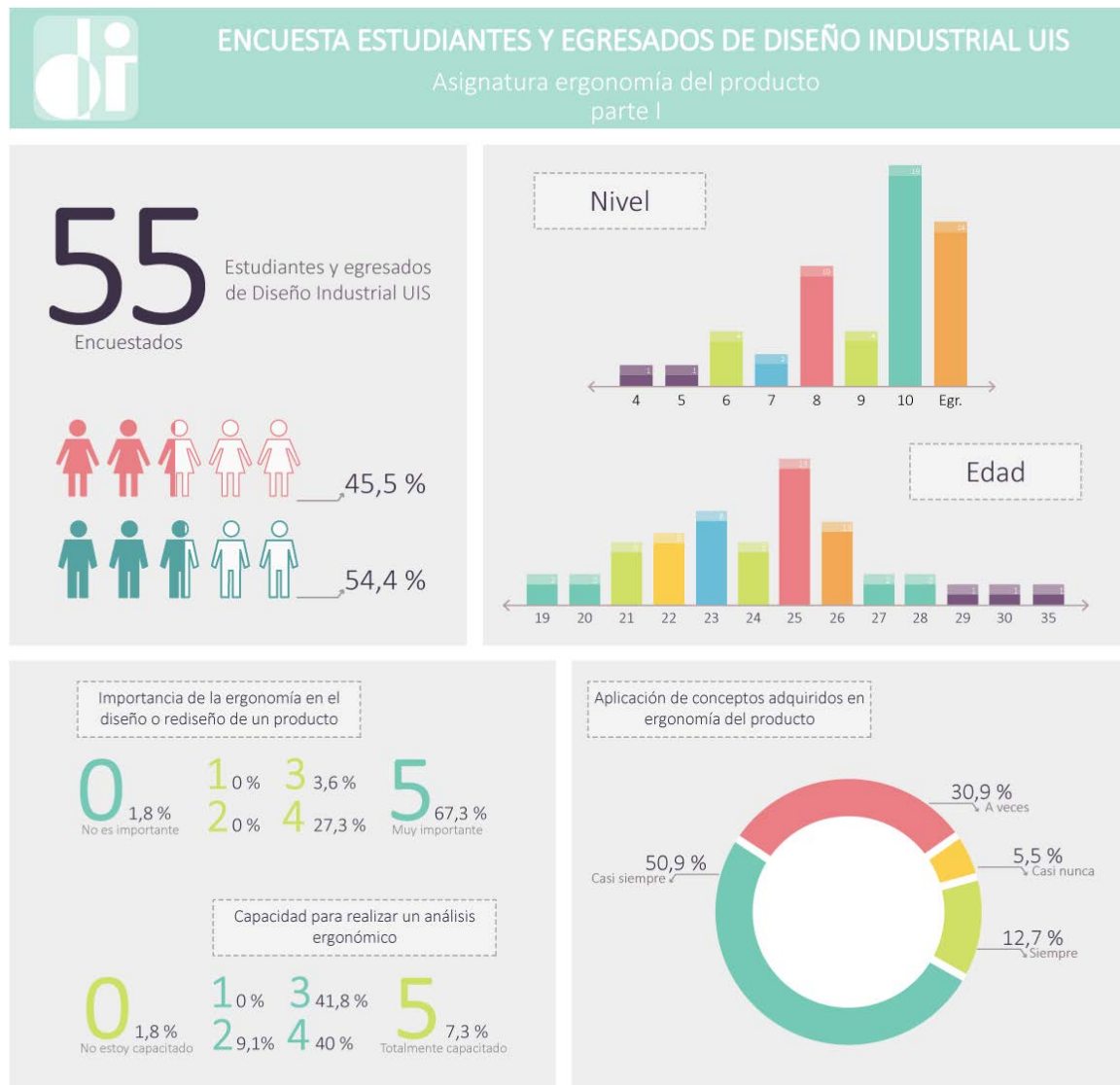
Las preguntas con relación al uso de herramientas informáticas, permitió identificar que los estudiantes entrevistados consideran que el uso de softwares facilitan el quehacer de los diseñadores pero coinciden en que ello depende de las habilidades en el uso de estos, el estudiante # 4 indica que las herramientas informáticas sirven *“siempre y cuando uno las sepa manejar”*.

Por último, los estudiantes respondieron que no conocían ningún software de simulación ergonómica, uno de ellos mencionó el programa KINOVEA, el cual

permite mediciones de posturas en actividades pero no propiamente análisis ergonómicos.

#### 4.4.2.2 Encuesta a estudiantes y egresados

**Figura 3.** Infografía de encuesta realizada a estudiantes y egresados- Parte 1



La encuesta que se realizó fue diligenciada por 55 personas (ver Figura 3), donde 25 de los participantes fueron mujeres y los 30 restantes fueron hombres, correspondiendo al 45,5% y al 54,5% respectivamente. El rango de edad de los encuestados estuvo entre los 19 y 35 años. Este rango de edades es amplio debido a que se entrevistaron tanto estudiantes activos del programa académico como egresados del mismo.

En lo referente al nivel en el cual se encuentran los encuestados, el 1,8% pertenece al ciclo de apoyo externo (entre I y IV nivel), el 12,7% hace parte del ciclo de transición (entre V y VII nivel), la gran mayoría de la muestra, 60%, pertenece al ciclo de autorregulación (entre VIII y X nivel) y el 25,4% restante hace parte del grupo de egresado del programa académico.

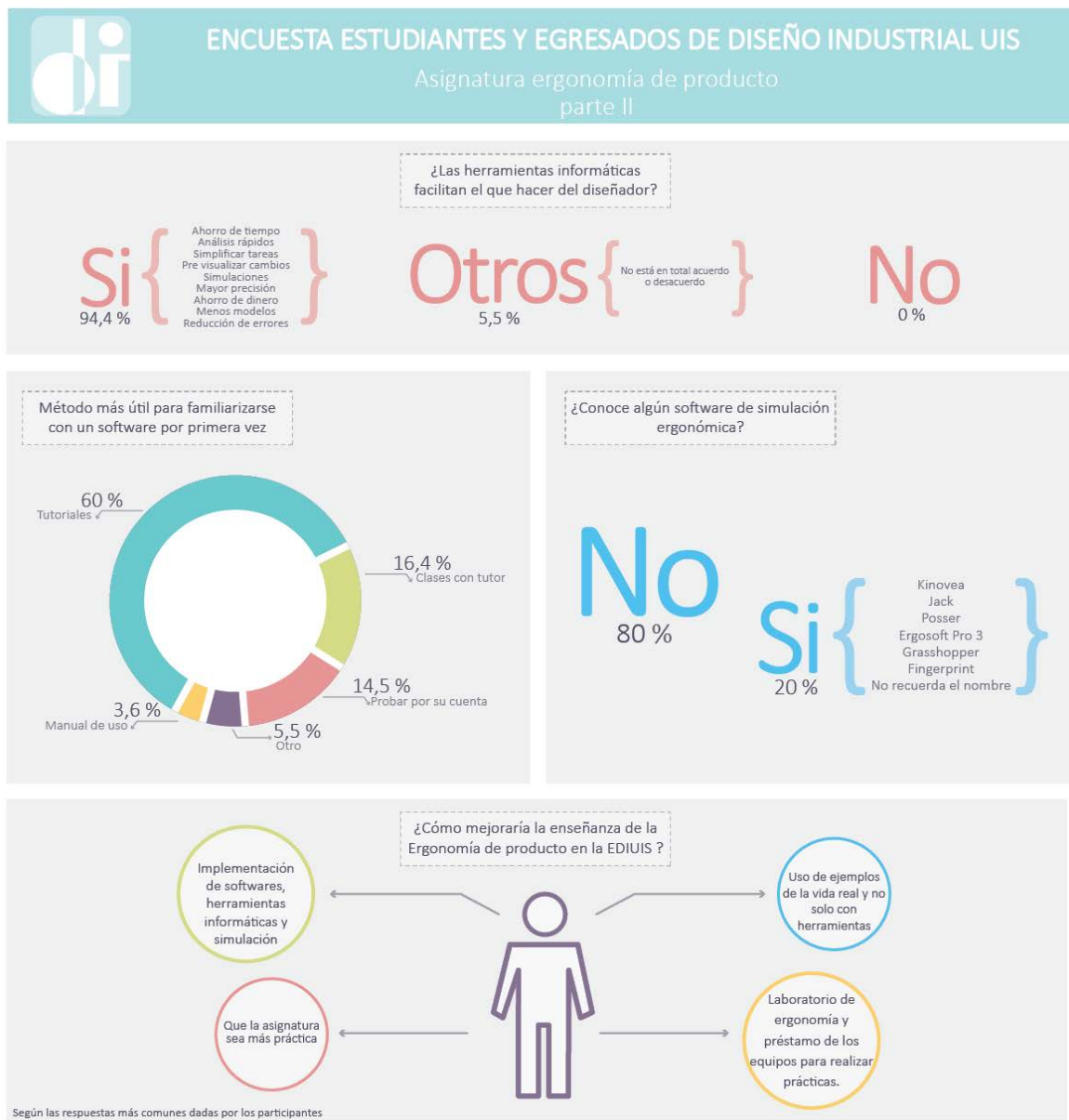
Al cuestionar la importancia de la ergonomía en el diseño o rediseño de productos dentro de un rango de 0 a 5, siendo a 0 la opción de “No es importante” y 5 “Muy importante”; el 67% de los encuestados seleccionó la opción 5 (Muy importante), el 27% eligió 4 y sólo un 2% consideró que no es importante (ver Figura 4).

La siguiente pregunta de la encuesta indagaba acerca de la capacidad para realizar análisis ergonómicos en el diseño o rediseño de un producto. Allí, los participantes seleccionaban nuevamente dentro de un rango de 0 a 5, siendo 0 “No estoy capacitado” y 5 “Totalmente capacitado”, la opción acorde a sus capacidades. A ello, el 1,8% que corresponde a un encuestado, contestó que no se encuentra capacitado para este tipo de análisis; el 50,9% equivalente a 28 personas contestó entre 2 y 3, lo cual correspondería a medianamente capacitado y el 47,3% correspondiente a 26 encuestados contestaron entre 4 y 5, es decir que se encuentran capacitados y totalmente capacitados para realizar análisis ergonómicos.

El 50,9% de los participantes contestó que “Casi siempre” hace uso de los conceptos adquiridos en la asignatura Ergonomía de producto durante el diseño o rediseño de un producto. Además de ello, el 7% contestó que “Siempre” hace uso

de lo aprendido en esta aula y el 30,9% “A veces” los utiliza. Según lo anterior, se puede evidenciar la importancia de esta asignatura para los estudiantes y egresados de la EDIUIS, pues la mayoría contestó las opciones con que hacen referencia a una mayor frecuencia de uso, frente a las opciones de “Casi nunca” elegida por el 5,5% de la población encuestada y “Nunca” seleccionada por el 0%.

**Figura 4.** Infografía de encuesta realizada a estudiantes y egresados- Parte 2



Al preguntar abiertamente acerca de la opinión que tenían los encuestados sobre si los softwares o herramientas informáticas facilitaban el quehacer de los diseñadores, ellos en su mayoría coincidieron en que si ayudan a desarrollar las tareas de los diseñadores en aspectos tales como reducción de tiempos, gasto de dinero para hacer pruebas y/o modelos, visualización rápida de cambios y resultados, simulación de actividades, disminución y depuración de errores, entre otros. Sin embargo, algunos enfatizaron en que este tipo de herramientas no deben dejar a un lado la interacción con el mundo real y que para obtener los resultados esperados se debe tener un conocimiento previo del uso del software para poder ejecutar las ideas de manera correcta.

Acerca de cómo los encuestados tienen un primer acercamiento con un determinado software, el 60% lo hace por medio de tutoriales, seguido por un 16,4% que prefiere clase con un tutor experto en el programa, un 14,5% que prueba el software por su cuenta, un 3,6% que lee los manuales de uso y un 5,5% que prueba otros métodos tales como la combinación de dos de los nombrados anteriormente.

También se preguntó si conocían algún programa informático sobre simulación ergonómica a lo que el 78% de los participantes, que corresponde a 43 de los 55 encuestados, contestó que no tenía conocimiento de alguno. Otros participantes contestaron que conocían Jack, Kinovea, Ergosoft Pro 3 y otros que no son propiamente para análisis ergonómicos.

Para concluir la encuesta, se preguntó sobre cómo creían que podría mejorar la enseñanza de Ergonomía de producto en la EDIUIS a lo que la mayoría contestó que sería útil la implementación de softwares que ayudaran al proceso de análisis ergonómico, realizar un mayor número de ejercicios prácticos en los que se puedan ver aplicados los conceptos adquiridos y el quehacer del diseñador en la vida real, no solo con herramientas sino también con objetos de uso cotidiano.

También muchos opinaron acerca de hacer un mayor uso de los equipos del laboratorio de factores humanos en el desarrollo de las actividades propuestas en el aula de clase. Los resultados de la encuesta pueden ser consultados en detalle en el Anexo C.

#### 4.4.2.3 Entrevista a profesores de ergonomía

La entrevista fue realizada a dos docentes. El profesor # 1 es el actual encargado de la asignatura Ergonomía Física, mientras que el profesor # 2 fue quien estuvo a cargo en periodos anteriores de la asignatura de Ergonomía de producto. La docente encargada de la asignatura de Ergonomía cognitiva y ambiental y Ergonomía de producto no fue entrevistada dado que es la directora del presente trabajo de grado.

Para iniciar, se pidió a los profesores señalar las competencias que adquieren los estudiantes en la asignatura que cada uno dirige, teniendo en cuenta los propósitos de ésta. En este aspecto el profesor #1:

*“El propósito principal sería, primero, introducirlos en el mundo de la ergonomía. Empezar a manejar el lenguaje de la ergonomía y ver la relación que hay entre la ergonomía y el diseño, esa parte es digamos es la que ocupa casi la mitad, no, un tercio del tiempo, de manera que ellos entiendan porque la ergonomía está ahí en el plan de estudios, porque la ergonomía es importante en su profesión”.*

Por otra parte, el profesor #1 considera que al entrar propiamente en materia los estudiantes adquieren las competencias de *“manejo o reconocimiento de cómo esa relación dimensional dada a partir de su cuerpo debe ser fundamental en la configuración de los productos”*, a su vez aprenden *“a diferenciar cuales son las variables antropométricas, cuales son las técnicas para medirlas, qué hacer con esos datos que se obtienen”*, y por último afirma que el curso pretende *“hacerles crear conciencia sobre el criterio de uso de esa información antropométrica respecto al diseño a partir de los 3 principios antropométricos aplicados al diseño”*.

El profesor # 2 no mencionó ninguna competencia, respecto a este punto indicó que éstas y los propósitos podían ser consultados en los programas de cada asignatura.

En cuanto a las estrategias de enseñanza el profesor #1 indica que en la asignatura de Ergonomía Física se implementan las clases magistrales, los talleres prácticos y las exposiciones que son realizadas por los estudiantes acerca de contenidos relacionados con la asignatura que posteriormente son complementados. Con las bases teóricas se propone un *“trabajo de aplicación de los criterios y valores antropométricos en el desarrollo de una propuesta conceptual de un problema que se haya seleccionado”* Profesor #1.

El profesor # 2 expresa que las estrategias que ha implementado para la asignatura de Ergonomía de producto son los trabajos de campo y de clase, los cuales son desarrollados en ciertos casos de manera grupal o individual.

Con relación a las capacidades del egresado UIS y los análisis ergonómicos que está en condición de realizar, el profesor # 1 cree que:

*“A través del proceso de formación que se le da, ellos tienen ya la capacidad de realizar un análisis de actividades para establecer realmente la problemática, las causas y las consecuencias en algún problema de tipo ergonómico.*

El profesor # 1 añade en este punto una reflexión sobre las fortalezas de un diseñador industrial:

*“El problema que ellos identifican tiene una inmediata solución a través del diseño, que creo es una fortaleza frente a otras disciplinas donde simplemente se pueden quedar a nivel de un diagnóstico. Entonces, ellos tienen la posibilidad de hacer ese diagnóstico y seguidamente presentar o proponer una solución desde el diseño”.*

A su vez el profesor # 2 opina respecto a las capacidades de un egresado UIS que a pesar de que la enseñanza de la ergonomía es muy superficial durante el pregrado, si pueden aplicar métodos de análisis ergonómicos. *“Hay una cosa que debe quedar muy clara en pregrado no se especializa a la gente en ningún área por lo tanto las asignaturas no llegan a la profundidad como para decir que la persona se va a desempeñar en cierto campo, es muy superficial”* Profesor #2. Asimismo menciona algunas actividades que el egresado UIS está en capacidad de realizar como *“El análisis de puestos de trabajo, las propuestas para un buen diseño, la aplicación de métodos y el diseño de elementos, las pruebas ahí se hacen de herramientas”* Profesor #2.

El profesor #1 considera que los conocimientos que los estudiantes adquieren en las asignaturas de ergonomía son implementados sobretodo en trabajos de grado y en el taller de diseño 8, *“Creo que ha cambiado la perspectiva de los estudiantes de trabajo de grado, se preocupan un poco más por ese factor humano”*. También afirma que se genera un valor agregado en los proyectos cuando estos son desarrollados con el proceso metodológico y la manera de investigar que se da en la ergonomía.

Con respecto a las herramientas de modelado humano digital, ambos profesores expresaron que no las conocen ni manejan el tema de DHM:

*“No, si sé que existen, pero no tenía acceso a ellas. Tengo como propósito entrar a mirarlas”*. Profesor #1

El profesor # 2 mencionó que no está a favor de dichas herramientas a pesar de que posteriormente expresa que no sobra implementar herramientas de apoyo:

*“No lo conozco y no estoy muy a favor de ese tipo de cosas, en el sentido de que cuando la gente está aprendiendo esto, tiene que trabajar con el mundo real, no quedarse con simulaciones en pantalla, sino que tienen que darse cuenta que el mundo es real, las personas son reales. Por supuesto no está demás tener*

*elementos de apoyo para hacer las cosas, pero en estos casos en lo que uno pone a hacer no, yo en eso no trabajo”.*

Finalmente, al preguntarle a los docentes si consideran que el uso de herramientas informáticas facilitan el desarrollo de proyectos, ambos opinaron que si:

*“Indudablemente, porque hoy en día la simulación a través de herramientas informáticas nos permite economizar dinero y tiempo. Ya está comprobado que el tipo de validaciones que se hacen por este medio son prácticamente las mismas que si se realizaran a través de modelos o prototipos a un costo mucho más bajo”.*  
Profesor #1

*“Sí, eso es como ponerse al día con el mundo. Cambiar con el mundo”.* Profesor #2.

Sin embargo el profesor #1 añadió que no todo debería ser desarrollado a partir de herramientas informáticas, *“Entonces sí creo que es a donde tenemos que llegar, no todo, pero si en algunos aspectos o en algunos casos dependiendo del proyecto”.*

#### 4.4.2.4 Entrevista a profesores de talleres de diseño

Se realizaron entrevistas a los docentes encargados de los últimos tres talleres de diseño de la EDUIS, Diseño VI: Bioenergía, Diseño VII: Producto y Diseño VII: Interdisciplinar. Los profesores #1 y #2 están a cargo de las asignaturas Diseño VI y Diseño VIII respectivamente, mientras que el profesor #3 dirige Diseño VII.

En primera instancia, se les preguntó a los docentes sobre las competencias que los estudiantes adquirirían en su respectivo taller de diseño. A propósito de ello, el profesor #1 hizo referencia a que:

*“Lo que pretende el taller es que los estudiantes tengan una mayor claridad de lo que es el proceso de diseño centrado en las personas, digamos que ese es el modelo que yo escogí para desarrollar este trabajo y como esto puede incidir en el desarrollo y resultado de una propuesta”.*

Para cumplir con dicho propósito, se desarrollan una serie de pasos a lo largo del curso, los cuales comienzan con la formulación del problema de diseño, seguido por la formulación de un objetivo general y objetivos específicos, que para el profesor #1 representan las metas y los pasos a seguir en la metodología de trabajo.

Además de ello, el taller de Diseño VI tiene un enfoque hacia el diseño social, es decir que se buscan pequeñas necesidades sociales las cuales puedan ser atendidas por parte del diseño. Tiempo atrás era necesaria la implementación de mecanismos en las soluciones planteadas por parte de los estudiantes, sin embargo, el docente ha modificado el curso de tal forma que no sea tan estricto en este aspecto y que el uso de mecanismos no afecte la solución de diseño que se propone.

En lo referente al taller de Diseño VII, el taller busca que los estudiantes desarrollen un producto dentro de toda su dimensión, es decir, que el objeto en el cual trabaja el estudiante debe cumplir con un alto porcentaje de desarrollo como si éste fuera a salir al mercado, como lo expresa el profesor #3. Para que los alumnos puedan cumplir con este propósito, el profesor propone el uso de la Metodología propuesta por Kart T. Ulrich, la cual según el docente, sirve para el desarrollo de cualquier tipo de productos y es utilizada por los estudiantes no solo durante el taller sino en momentos posteriores como en trabajos de grado y/o en su vida profesional.

En esta asignatura, el estudiante es considerado como un ser autónomo y responsable de su trabajo, por lo que según el profesor #3,

*“Mis trabajos son individuales, o sea, es responsable el estudiante de su proyecto, no es ningún otro. Soy enemigo de que los proyectos se lleven en conjunto porque para mí creo que no funcionan (...) Que sean autónomos de que proyecto y que no se recarguen unos en los otros, no grupos ni de tres ni de dos sino cada quien de forma individual. Y que cada quien maneje la esencia de sus ideas, es decir, que digan yo quiero desarrollar tal cosa porque me gusta (...)”*

En este taller, a diferencia de los talleres anteriores, los estudiantes no hacen un modelo para la entrega final sino productos terminados con un estudio de materiales, costos procesos, entre otros.

Finalmente, en la asignatura de Diseño VIII, el profesor #2 expresó que él había diseñado el programa de esta aula, por lo que las competencias a adquirir podían ser consultadas allí.

En lo que respecta a las estrategias de enseñanza utilizadas por cada docente en su respectiva asignatura, el profesor #1 hizo referencia a que utiliza unas muy similares a las de Ergonomía Física y que además de ello, crea la inquietud para que los estudiantes planteen el contexto y en éste una necesidad puntual a satisfacer, con el fin de que se involucren con ella y allí se les proporcionan poco a poco “las instrucciones” sobre cómo proceder respecto al análisis del contexto, definición del problema, planteamiento de la pregunta de diseño, construcción de los objetivos, metodología, establecimiento, construcción y evaluación de los atributos del producto y evaluación de las alternativas, con el fin de llegar al diseño de concepto y a una fase más práctica con una alternativa definida con la cual se les guía respecto a fases de verificación, validación y presentación de la información, la cual es expuesta frente a toda el aula de clases.

El profesor #3 de Diseño VII recalcó nuevamente que el estudiante es autónomo en cuanto a la lectura de la metodología propuesta. Además de ello, el docente hace uso de herramientas como la plataforma Moodle de la universidad en la cual se cargan todos los trabajos a presentar.

En el taller de diseño VII al igual que en Diseño VI, los estudiantes exponen su trabajo ante sus compañeros y el docente, esto con el fin de:

*“Ampliar la opinión hacia el número de estudiantes que existan, por ejemplo, en este momento tengo 10 estudiantes entonces son 10 que están opinando frente a su producto, sus ideas para que se digan como otras posibilidades de desarrollo (...) Es opinar más y no solamente con el profesor y se cierran y nadie más, no. Entonces aquí lo hacemos en las primeras etapas y luego en una idea hablada y luego con un objeto en tres dimensiones”.*

El profesor #2, también habló acerca de la autonomía por parte de los estudiantes en el taller de diseño VII, puesto que ya se encuentran en el ciclo final de la carrera y deben ser capaces de tomar decisiones. Para el docente, el estudiante es:

*“Una persona que plantea su propia metodología, es capaz de estructurar un problema y formular una hipótesis y establecer una serie de estrategias para hacer realidad esa hipótesis. Maneja su tiempo, maneja otras personas involucradas en parte del trabajo y en suma hacer un trabajo interdisciplinario y completamente autónomo”.*

Al preguntarles acerca del uso y frecuencia de la Ergonomía de producto en el desarrollo de los proyectos planteados en cada taller, el profesor #1 dijo que es un aspecto fundamental y que como docente de ergonomía insiste continuamente en el análisis de la actividad, la situación y del individuo. Además de ello, según él, los estudiantes ya deben conocer algunas herramientas ergonómicas, por lo que se torna una exigencia del taller la aplicación de las mismas para argumentar y justificar el problema y posteriormente la solución planteada.

En el aula de Diseño VII, el docente indicó que más que pedir a los estudiantes la aplicación de conceptos referentes a la ergonomía, ellos ya deben aplicarla por principio, puesto que es una de las variables que hace parte del diseño y la

funcionalidad del producto y que sin ella no es posible el desarrollo del mismo. Además en un nivel como en el cual se encuentra esta asignatura, los estudiantes ya deben integrar este tipo de conocimientos a los proyectos para que funcionen correctamente.

Respecto al taller de Diseño VIII, el profesor #2 expresó que la aplicación de la ergonomía es absolutamente necesaria en los proyectos que se llevan a cabo durante el curso, ya que se deben realizar dos etapas de comprobaciones ergonómicas a lo largo del desarrollo del producto.

Acerca del tema de las herramientas informáticas y su aplicabilidad dentro del taller dirigido, el profesor #1 dijo que los estudiantes hacen uso de ellas durante diferentes fases del desarrollo del proceso de diseño, desde el análisis de la información hasta la construcción de propuestas gráficas, simulación de movimientos, entre otros. Además, que con el uso de las mismas los estudiantes pueden tener un panorama más amplio del problema que están resolviendo.

El profesor #3 opinó que son herramientas válidas para el desarrollo de los proyectos y que su uso dependía del estudiante y sus conocimientos previos respecto al manejo de las mismas. Sin embargo, afirmó que insiste en el manejo del libro de bocetos, ya que antes de implementar softwares es necesario plantear las ideas de manera manual, con lápiz y papel.

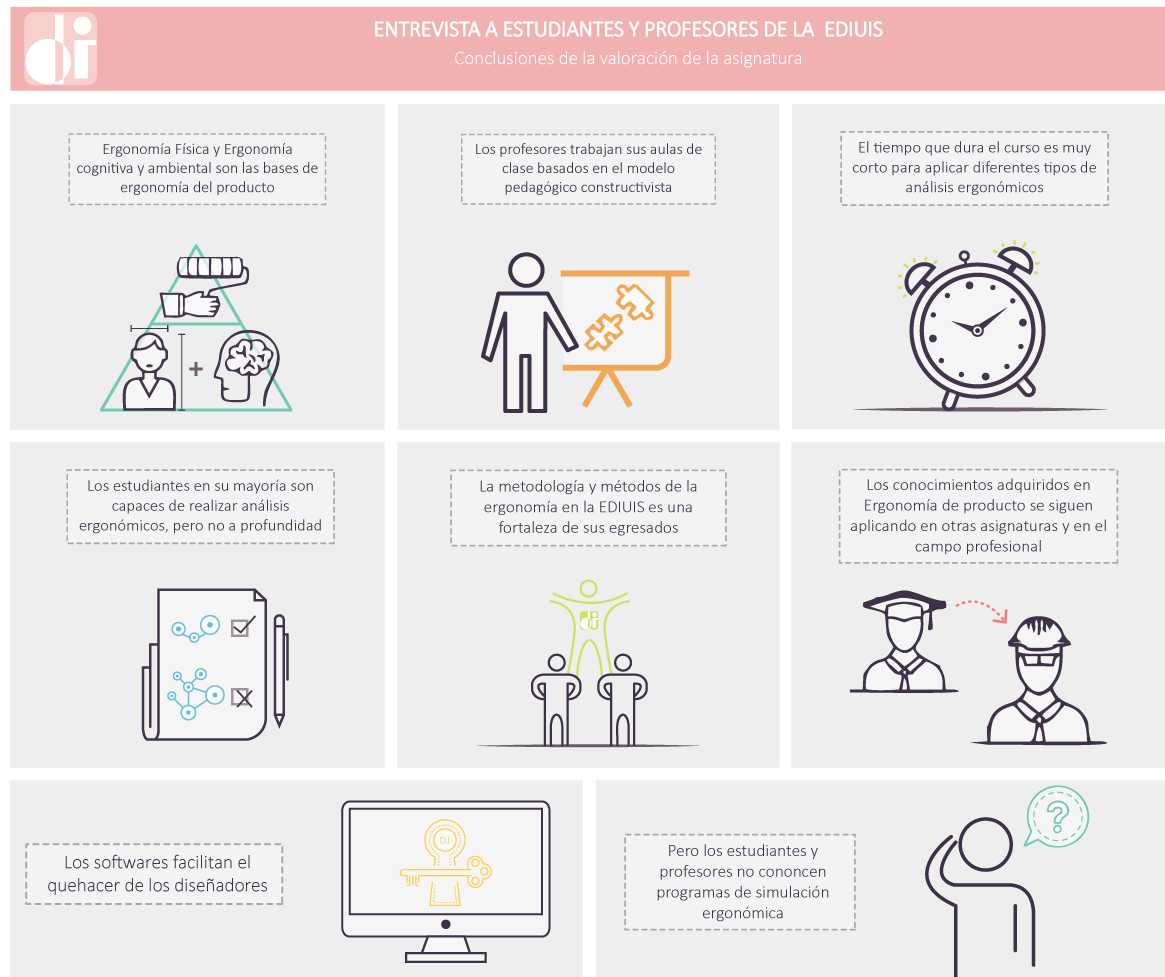
En cuanto al profesor #2, éste consideró que las herramientas informáticas o softwares son útiles para acelerar ciertos procesos y que al contar con ellas el tiempo para la concepción del proyecto se amplía, por lo que habrían mayores posibilidades de éxito con el producto desarrollado.

Finalmente, las últimas dos preguntas de la entrevista solo se le realizaron al profesor #3 puesto que los profesores #1 y #2 ya las habían contestado en la anterior entrevista, hecha a los docentes de ergonomía.

El profesor #3 dijo que no tenía conocimiento acerca del tema del DHM, pero mostró interés respecto al mismo y dijo que sería útil para diagnosticar fallas antes de avanzar en etapas como la construcción de modelos. Además de ello, expresó que sería interesante que los docentes de la escuela estuvieran al tanto de temas como el nombrado para que pudiera ser aplicado en la EDIUIS.

### 4.4.3 Conclusiones de la valoración de la asignatura

Figura 5. Infografía: Conclusiones de la valoración de la asignatura



Con base en las entrevistas y encuestas realizadas se concluye que los miembros de la EDIUIS consideran la asignatura de Ergonomía de producto como un elemento importante del currículo de la carrera (Ver Figura 5). Los conocimientos adquiridos propiamente en el curso son aplicados no sólo en el ámbito académico sino también en el profesional, como permiten inferir las encuestas de los egresados. A su vez se mencionó el manejo de los conceptos, metodología y métodos de la ergonomía, como una fortaleza del egresado de la EDIUIS, frente a otros profesionales de diversas disciplinas.

Las estrategias implementadas en la asignatura demuestran que los profesores siguen lineamientos propios del modelo pedagógico constructivista, éstas son determinadas a su vez por el contenido de cada curso. En la línea de ergonomía, las dos primeras asignaturas buscan introducir al estudiante en el campo de dicha disciplina y sentar las bases teóricas que permitirán al estudiante desarrollar análisis ergonómicos específicamente para el diseño o rediseño de productos, los cuales son tratados en la tercera asignatura de la línea.

A pesar de que la mayoría de estudiantes consideran que están en capacidad de realizar un análisis ergonómico, algunos de ellos expresaron que no podrían llevar a cabo un análisis a profundidad. Con respecto a lo anterior, uno de los estudiantes entrevistados afirmó conocer varios métodos de análisis pero aseguró haber implementado sólo uno para el trabajo práctico de la asignatura; esto podría darse debido a la duración de la misma, teniendo en cuenta que se mencionó en varias oportunidades el tiempo como un factor limitante para desarrollar talleres prácticos donde se apliquen los conocimientos adquiridos y los contenidos de la asignatura.

Los miembros de la EDIUIS consideran que los softwares facilitan el quehacer del diseñador ya que son herramientas que complementan el desarrollo de las etapas de un proyecto. Sin embargo, pocos estudiantes y docentes conocen softwares que permiten realizar análisis ergonómicos, los cuales podrían resultar útiles al

llevar a cabo talleres prácticos donde se puedan conocer e implementar un mayor número de métodos en poco tiempo.

## **5. PROPUESTA DE MODELO DE UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DHM**

La estrategia de enseñanza propuesta se generó a partir de la combinación de diferentes factores tales como la valoración de la asignatura de ergonomía del producto, la perspectiva que estudiantes y docentes tienen acerca de las herramientas informáticas y sus sugerencias frente a la enseñanza de las mismas, la elección de un software de DHM apropiado a los contenidos de la asignatura y la necesidad de fortalecer las competencias y habilidades de los estudiantes en la escuela de Diseño Industrial UIS.

A continuación, se realiza una breve descripción del software a implementar en la estrategia de enseñanza propuesta.

### **5.1 TECNOMATIX JACK**

Esta herramienta informática fue escogida entre la lista de softwares que se había preseleccionado, debido a que como se muestra en la Tabla 1 (pág.28), tiene un enfoque hacia el análisis no solo de puestos de trabajo sino también de objetos y herramientas, factor con el que no todos los softwares de DHM cuentan. Este programa, según autores consultados en la revisión de literatura del marco teórico, es utilizado en ambientes académicos y como tal trae en su instalador manuales más sencillos y cortos para que puedan ser consultados rápidamente por estudiantes que estén aprendiendo a utilizar el programa. Adicionalmente, tiene un mayor número de sistemas de análisis ergonómico y específicamente trabaja con los métodos enseñados por el docente de Ergonomía del producto en la EDIUIS, los cuales pueden ser aplicados por los estudiantes dentro de dicha aula y en proyectos posteriores.

Jack fue desarrollado a mediados de la década de 1980 en el Centro de modelado y simulación humana de la Universidad de Pennsylvania por un equipo dirigido por

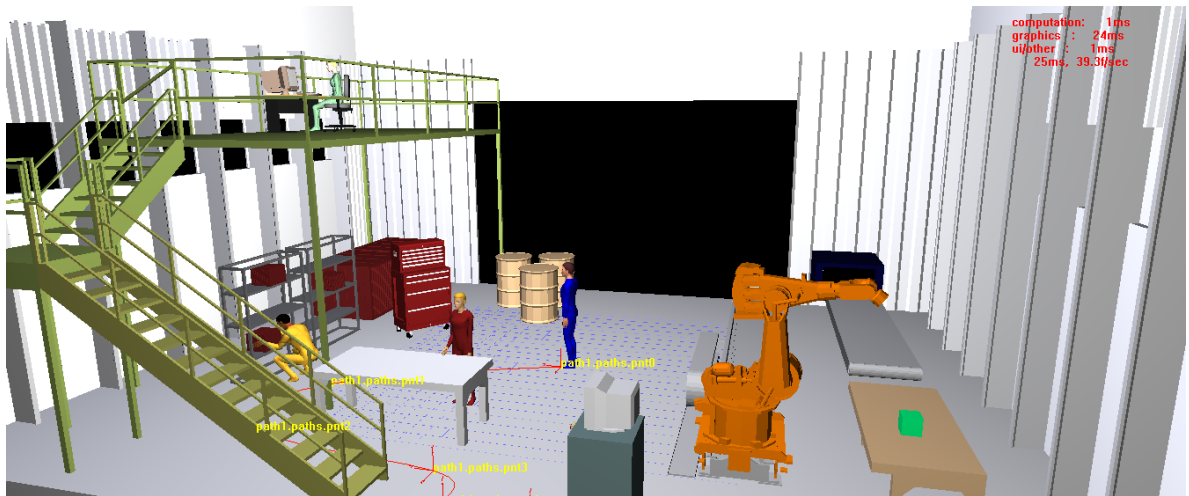
el Doctor Norman Badler con el fin de crear un software con una interfaz de fácil manejo para la manipulación de objetos tridimensionales en un ambiente simulado [49].

Actualmente, Tecnomatix Jack en su versión 8.2 hace parte del paquete de herramientas diseñadas por Siemens para el sistema de softwares para PLM (Product Lifecycle Management). Esta herramienta informática permite, por medio de maniqués digitales, simular movimientos para analizar factores humanos al utilizar herramientas, objetos y/o en ambientes de trabajo determinados [50].

Según Siemens [51], el software permite (Figura 6):

- Crear y/o visualizar modelos de diseños digitales sin necesidad de construir modelos reales.
- Analizar factores humanos tales como alcances, confort, alcances de visión, agarres, entre otros de los diseños creados tanto en el software como en otros programas CAD.
- Estudiar el comportamiento de los humanos virtuales en un ambiente simulado de tal forma que se puedan diseñar puestos de trabajo más seguros, eficientes y productivos.
- Evaluar operaciones de mantenimiento, ya que son una parte fundamental en el ciclo de vida del producto.
- Entrenar a los posibles usuarios de un producto antes de que se genere un modelo real del mismo.
- Realizar investigaciones y modelos de predicción gracias al detallado sistema de predicción de movimientos y la base de datos adjunta al programa. Además con los complementos se pueden llevar a cabo simulaciones haciendo uso de diferentes tecnologías.

**Figura 6.** Escena ambiente de trabajo simulado

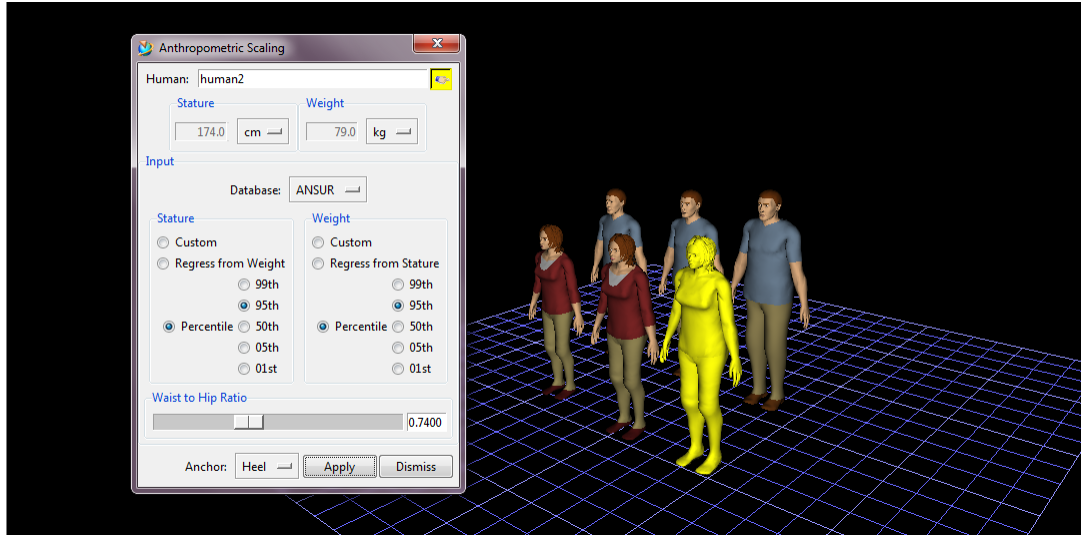


Tomado de: Jack Base User Manual Version 8.2. Siemens PLM Software.

### **5.1.1 Humanos virtuales**

Los humanos virtuales, tanto femeninos como masculinos, que se pueden crear en Jack se generan a partir de bases de datos de diferentes poblaciones entre las que se encuentran ANSUR, coreana, alemana, china y japonesa, cada una con percentiles 1, 5, 25, 50, 95 y 99 (Ver Figura 7). En caso tal que no se quiera trabajar con ninguna de las poblaciones anteriormente nombradas, se puede cambiar de manera manual el peso y la altura. Además, es posible modificar de manera individual 26 dimensiones del cuerpo para trabajar con maniqués más precisos.

**Figura 7.** Humanos virtuales con percentiles 5, 50 y 95 de la base de datos ANSUR y ventana de *Anthropometric Scaling*. Tecnomatix Jack, Versión 8.2.



El movimiento de los humanos virtuales fue diseñado a partir del esqueleto humano, por medio de 71 segmentos individuales, 5182 polígonos, 69 articulaciones y 135° de libertad, para así obtener simulaciones más reales [50]. Con el fin de generar las posturas necesarias para recrear los movimientos necesarios en los ambientes de trabajo o para el análisis con herramientas y objetos, es posible modificar la posición de diversas partes del cuerpo con ayuda del panel de control humano. Además, la biblioteca del software trae consigo 28 posturas predeterminadas de cuerpo completo y de manos, las cuales pueden ser utilizadas o modificadas según sea requerido (Figura 8).

**Figura 8.** Panel de control humano para modificar posturas, cargas y/o fuerzas

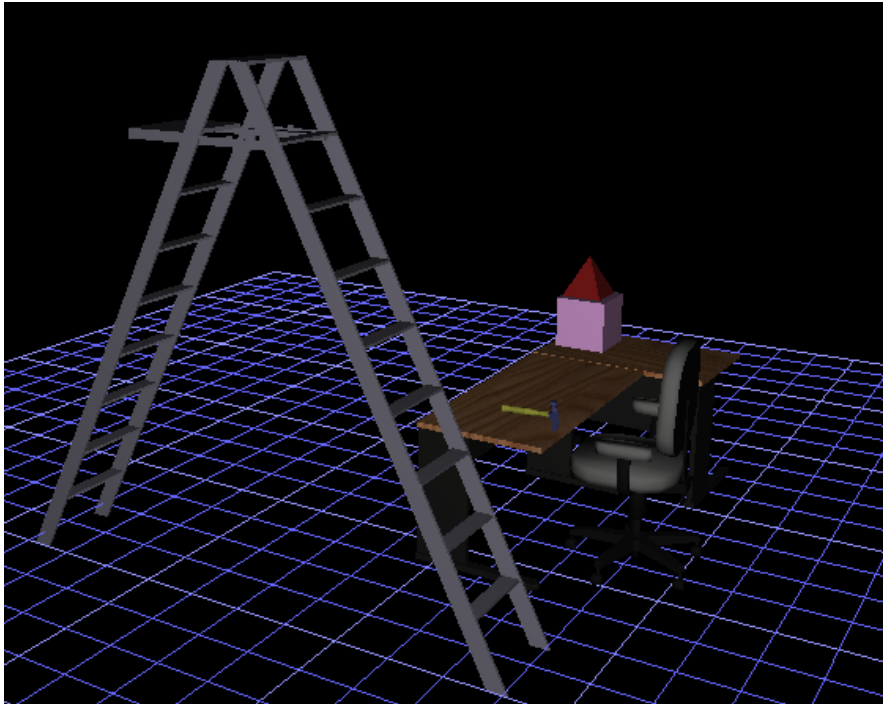


### 5.1.2 Objetos y herramientas

Otro tipo de figuras pueden ser importadas desde diferentes programas de modelado 3D en formato IGES (.IGS) o VRML. Ellas pueden ser tan simples como un cubo o tan complejas como un aeroplano. Jack además cuenta con una biblioteca con objetos y herramientas básicas tales como cubos, esferas, martillos, mesas, sillas de oficina, entre otras, las cuales pueden ser escaladas y

modificadas en cuanto a textura, transparencia, etc. según se requiera en la escena y ambiente trabajado (Figura 9).

**Figura 9.** Algunos de los objetos disponibles en la biblioteca de Tecnomatix Jack versión 8.2.

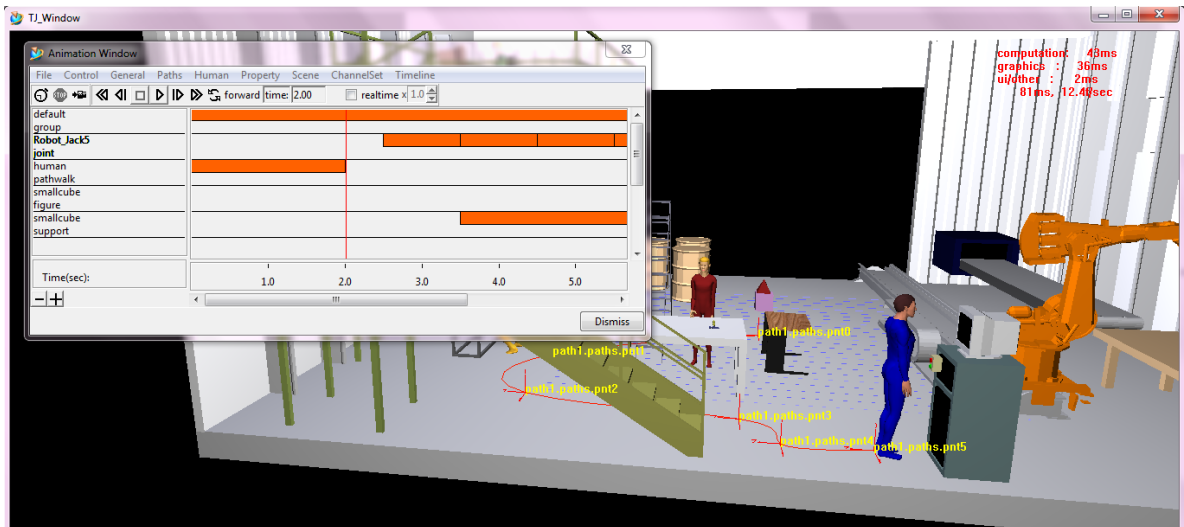


### 5.1.3 Creación de animaciones y simulaciones

Jack permite crear animaciones y simulaciones con los ambientes previamente diseñados desde los siguientes módulos:

- Módulo de animación básico (Figura 10): El módulo de animación del software cuenta con diferentes opciones que le permiten al usuario crear diversos movimientos tanto para personas como para objetos a través de una línea del tiempo. En esta opción del programa se deben realizar de manera más detallada los movimientos de los maniquíes y así poder modificar a las posturas deseadas dentro de la animación.

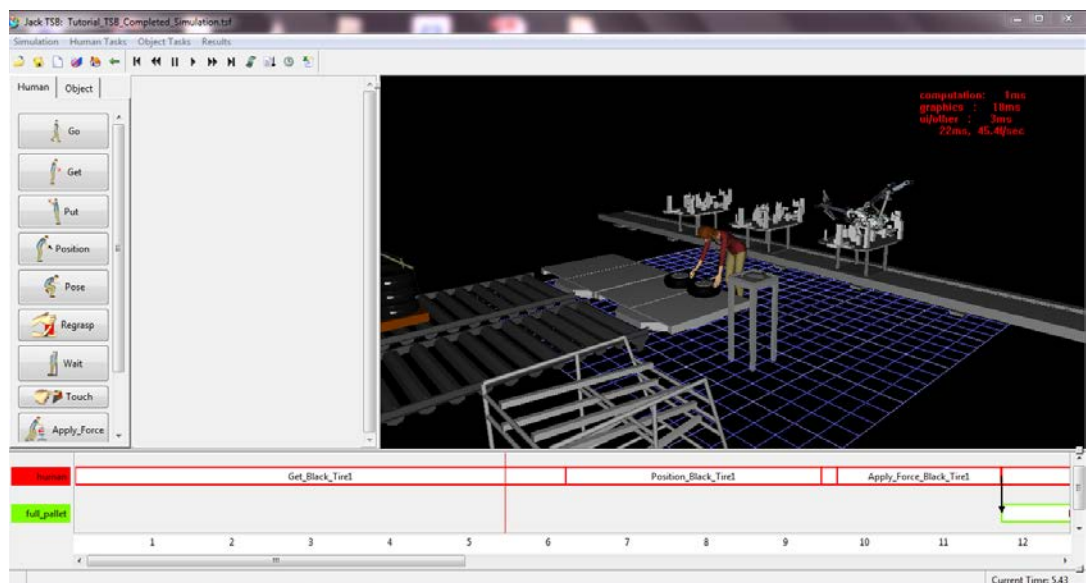
Figura 10. Ventana del módulo de animación con ambiente simulado



Tomado de: Jack Base User Manual Version 8.2. Siemens PLM Software.

- Módulo de simulación, *Task Simulation Builder* (Figura 11): Este complemento de Jack le permite a los usuarios crear de manera rápida y más sencilla simulaciones de alto nivel que con el módulo de animación. En este caso, el complemento trae consigo una serie de actividades tales como “recoger”, “colocar”, “buscar” con las cuales el mismo programa se encarga de generar los movimientos necesarios para realizar la tarea con la opción de modificarla en caso de que se requiera. Adicional a ello, este módulo cuenta con la opción de análisis ergonómico y reportes de tiempo para la evaluación directa de la simulación realizada.

**Figura 11.** Ventana módulo de simulación *Task Simulation builder TSB*.



Tomado de: Tutorial del módulo de simulación disponible en TSB User's Guide, Siemens Product Lifecycle management Software

#### **5.1.4 Herramientas de análisis ergonómico**

En lo referente al análisis de las diferentes posturas creadas de manera individual o en los módulos de animación o simulación, el software cuenta con el paquete de análisis ergonómico *Task Analysis Toolkit TAT*, el cual contiene una serie de herramientas para determinar factores de riesgo que permiten, según Siemens [52]:

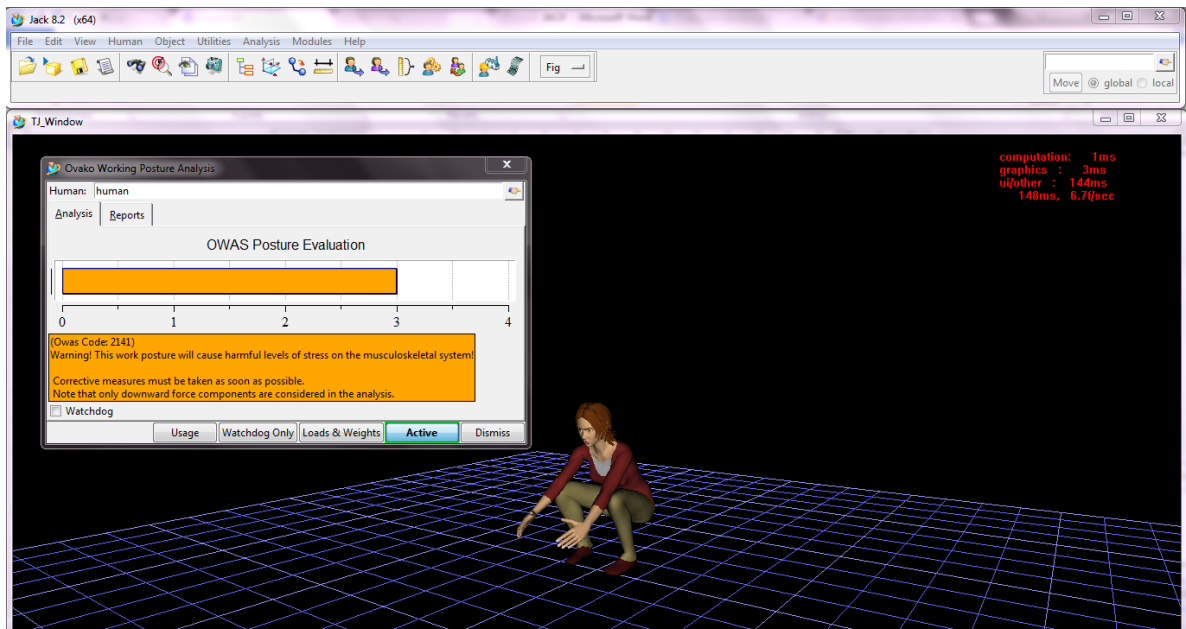
- Diseñar celdas de trabajo para reducir los riesgos de lesión en la espalda baja.
- Determinar si los trabajadores cuentan con la fuerza necesaria para llevar a cabo una tarea específica.
- Diseñar y evaluar trabajos de levantamiento de objetos aplicando una fuerza.
- Determinar la energía necesaria para realizar una tarea.

- Comparar diferentes alternativas de un puesto de trabajo, basados en el posible riesgo de los usuarios en cada una de ellas.
- Evaluar una postura adquirida durante la realización de una tarea de acuerdo al riesgo que puede llegar a presentar el usuario/operario.
- Identificar tareas que exponen a los usuarios o trabajadores a riesgos asociados a las extremidades superiores.
- Evaluar tareas manuales con base en el porcentaje de usuarios u operarios que son capaces de realizarlas.
- Predecir si un usuario o trabajador puede ejecutar correctamente una actividad en un tiempo determinado.

Para poder efectuar lo anteriormente nombrado, el paquete de análisis del software cuenta con las siguientes herramientas de análisis ergonómico:

- Análisis de espalda baja
- Predicción de fuerzas estáticas
- NIOSH
- Rapid Upper Limb Assessment (RULA)
- Gasto de energía metabólico
- Recuperación de fatiga
- Ovako Working Posture Analysis (OWAS) (Figura 12)
- Límites de agarres manuales
- Solucionador de fuerzas
- Tiempos definidos

**Figura 12.** Análisis postural utilizando *Ovako Working Posture Analysis OWAS* en el software Tecnomatix Jack Versión 8.2.



El software en general, con todos los componentes anteriormente descritos, pretende que los usuarios puedan diseñar en tiempos menores, evaluar alternativas y seleccionar la más apta antes de construir modelos tridimensionales y hacer gastos mayores de energía, dinero y tiempo.

## 5.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE ENSEÑANZA

Se propone implementar, en la asignatura Ergonomía de producto, la herramienta de DHM Tecnomatix JACK durante el desarrollo del proyecto correspondiente a la etapa “Experimentación ergonómica” la cual tiene una duración de cuatro clases.

Durante esta etapa se proponen dos talleres los cuales se realizarán con base en los conocimientos adquiridos en las primeras clases de la asignatura y posteriormente, en las clases prácticas con el software. El primero de ellos consiste en la asignación de una situación de uso de una herramienta, por parte del docente, de la cual los estudiantes deberán realizar el estudio de caso que

incluye protocolos e hipótesis, que serán comprobadas posteriormente en el segundo taller implementando la herramienta de simulación Tecnomatix JACK.

La entrega del primer trabajo se realiza cuatro clases después de iniciar la etapa “Experimentación ergonómica” y el segundo trabajo, que consiste en las pruebas y análisis ergonómicos, debe ser entregado en la quinta clase.

### 5.2.1 Competencias e indicadores de logro

Dicho proyecto está compuesto por dos partes. La primera consta del planteamiento de hipótesis y la definición del protocolo de la prueba. La segunda consiste propiamente en la experimentación ergonómica es decir, el desarrollo de la prueba. A continuación se establecen las competencias y los porcentajes correspondientes en la nota final de la asignatura (Figura 13):

**Figura 13.** Experimentación ergonómica: Competencias e indicadores de logros.

Taller 3 Hipótesis y protocolo 20%	1- Competencia	2- Competencia
	Comprende y por tanto es capaz de construir una hipótesis de uso.	Comprende las variables de experimentación y por tanto identifica los instrumentos de medida en función de las hipótesis de uso.
	Indicadores de logro	Indicadores de logro
	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Formula hipótesis en función de la situación de uso encontrada.</li> <li>•Establece supuestos de la situación de uso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Esquematiza el experimento (Variables y unidad experimental).</li> <li>•Define de forma concreta y clara las variables independientes y dependientes.</li> <li>•Determina en la variable independiente el número y el tipo de tratamiento a desarrollar en la experimentación.</li> <li>•Define los instrumentos de medida adecuados con base en la variable dependiente previamente definida.</li> <li>•Describe el procedimiento a llevar a cabo acorde al experimento propuesto.</li> <li>•Establece cómo se realizará el análisis de resultados.</li> </ul>
Taller 4 Experimentación ergonómica 25%	1- Competencia	2- Competencia
	Relaciona los datos obtenidos de la experimentación con los objetivos de la prueba.	Identifica los elementos de diseño a modificar para obtener un producto ergonómico.
	Indicadores de logro	Indicadores de logro
	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Realiza análisis estadísticos con los resultados en función del tipo de dato (dicotómico, politómico, discreto o continuo).</li> <li>•Explica los datos obtenidos de cada una de las variables medidas, siempre orientados a validar o no la hipótesis planteada en el trabajo. La explicación es clara y con gran cantidad de detalles.</li> <li>•Analiza dichos resultados, para esto reúne la información obtenida y la sintetiza según la hipótesis planteada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Expresa conclusiones pertinentes al problema planteado. Argumenta sus conclusiones siempre desde el punto de vista del diseño del producto.</li> <li>•Muestra sus hallazgos en tablas, diagramas o mapas conceptuales. Estos son elementos de apoyo a la explicación de los datos.</li> <li>•Maneja un adecuado uso de la ortografía y la gramática.</li> </ul>

### **5.2.2 Estrategias de enseñanza implementadas**

Las bases teóricas del proyecto se obtienen por medio de la estrategia de clases magistrales las cuales son dirigidas por el docente al inicio de la asignatura. Propiamente en la etapa de experimentación ergonómica se cuenta con tres clases prácticas cada una de tres horas. Éstas consisten en la introducción y enseñanza de Jack, para ello se realizará el análisis de la actividad de uso de una herramienta u objeto implementando el estudio de caso, el aprendizaje basado en problemas y la simulación, estrategias que buscan alcanzar las competencias definidas.

### **5.2.3 Planeación de clases**

Como fue mencionado anteriormente se propone realizar 3 clases para el aprendizaje del software (Anexo D): Las dos primeras consisten en la comprensión del concepto de modelado y simulación humana, en las cuales se introducirá dicho concepto por medio de una clase magistral y se presentarán las principales herramientas del software JACK. Posteriormente se realizará una clase práctica con la herramienta donde se implemente un estudio de situación corto, y una última jornada donde se aclaren las dudas referentes al proyecto de cada grupo. También podrán realizar consultas en horarios extra clase.

Las animaciones de las situaciones de uso serán realizadas por medio del sistema de animación *Task Simulation Builder (TSB)*, el cual es un complemento de Tecnomatix JACK. El TSB fue seleccionado para realizar las animaciones debido a que éstas son creadas a partir de posturas de cuerpo completo guardadas en la biblioteca, mientras que en el módulo de animación básico de JACK las partes del maniquí deben ser animadas una por una.

## 5.2.4 Material de apoyo

Los estudiantes recibieron una carpeta de archivos que contiene los manuales básicos en inglés de Tecnomatix Jack y una guía rápida de uso (Ver Figura 14) en español creada por los autores del proyecto que contiene la explicación del manejo y herramientas básicas de Jack (Anexo E).

**Figura 14.** Portada y página de la guía rápida de uso.



Asimismo pueden ser consultados nueve tutoriales (Anexo E) realizados por los autores sobre los siguientes temas (Figura 15):

- Tutorial #1 - Interfaz y comandos de vistas.
- Tutorial #2 – Creación de humanos, agarres, cargas y pesos.

- Tutorial #3 – Ajuste de articulaciones. Posturas predeterminadas.
- Tutorial #4 – Introducción al módulo de animación.
- Tutorial #5 – Ejercicio módulo de animación.
- Tutorial #6 – *Task Simulation Builder*.
- Tutorial #7 – Importar y guardar objetos.
- Tutorial #8 – Kit de herramientas de análisis *Ovako Working Analysis System* (OWAS).
- Tutorial #9 – Estudio de caso: Cosecha de la palma de aceite.

**Figura 15.** Pantalla de inicio del Tutorial 1.



## **6. PRUEBA EXPERIMENTAL DEL MODELO DE UTILIZACIÓN PROPUESTO**

### **6.1. PROTOCOLO DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL**

#### **6.1.1. Objetivo de la prueba**

Evaluar las diferencias que resultan del uso de herramientas de Digital Human Modeling (DHM) por parte de un grupo de estudiantes, frente a las estrategias de enseñanza actuales durante el desarrollo de un proyecto en la asignatura de Ergonomía de Producto en la EDIUIS.

#### **6.1.2. Participantes**

Estudiantes del curso de Ergonomía de producto, matriculados en el segundo periodo académico del 2015. (9 estudiantes).

#### **6.1.3. Duración de la prueba**

Enero 20 a Marzo 16 de 2016.

#### **6.1.4. Equipo requerido**

Software Siemens Tecnomatix Jack 8.2 (364.3 MB) para sistemas operativos de 64 bits.

#### **6.1.5. Ambiente de la prueba**

Las actividades tales como la introducción al software y la clase práctica serán realizadas en aulas de la escuela de Diseño Industrial, UIS; sin embargo, el desarrollo del proyecto “Experimentación ergonómica” se llevará a cabo en los tiempos y espacios que los estudiantes consideren apropiados para culminar esta etapa de la asignatura.

#### **6.1.6. Estrategias de enseñanza**

En la actualidad la asignatura Ergonomía de producto está compuesta en su mayoría por clases magistrales las cuales son complementadas con estrategias de enseñanza tales como el estudio de caso y el aprendizaje basado en problemas.

Con el desarrollo de la presente prueba se desea implementar la estrategia de simulación para complementar las actividades que se llevan a cabo en la asignatura, con el fin de fortalecer las competencias de los estudiantes.

Estudio de caso: En esta estrategia se escribe un suceso real o simulado complejo que permite al estudiante aplicar sus conocimientos y habilidades para resolver un problema. En ella se desarrollan competencias, pues el estudiante pone en marcha tanto contenidos conceptuales y procedimentales como actitudes en un contexto y una situación dados.

Aprendizaje basado en problemas: Es una metodología en la que se investiga, interpreta, argumenta y propone la solución a uno o varios problemas, creando un escenario simulado de posible solución y analizando las probables consecuencias.

Simulación: La simulación es una estrategia que pretende representar situaciones de la vida real en la que participan los alumnos actuando roles, con la finalidad de dar solución a un problema o, simplemente, para experimentar una situación determinada.

#### **6.1.7. Descripción de la prueba**

La prueba será realizada en la etapa de la asignatura denominada “Experimentación ergonómica” para ello se plantea que los estudiantes realicen el taller con las dos variables propuestas: con DHM y sin DHM. El grupo se dividirá en dos (Dos grupos de cinco estudiantes) para realizar un estudio cruzado, de esta manera, el primero inicia el desarrollo del proyecto con la herramienta JACK y

el segundo con la estrategia actual de elaboración de modelos y prototipos, como se muestra en la Figura 16. Para cada fecha se identifican los objetivos de las clases y un resumen de las actividades desarrolladas:

**Figura 16.** Cronograma de la etapa Experimentación ergonómica.

SEMANA / FECHA	GRUPO 1			GRUPO 2		
	Objetivo	Tema a tratar	Actividad	Objetivo	Tema a tratar	Actividad
8 / Enero 20 - 2016	Comprende el concepto de modelado y simulación humana	Concepto de modelo introducción a la modelado y simulado humana presentación del software jack	Clase magistral con el software Jack	Conceptualizar sobre las diferentes herramientas de medida en ergonomía	Autorreportes, observacional, directa	Clase magistral conceptos teóricos
9 / Enero 27 - 2016			Clase práctica con el software Jack. Propuesta Taller práctico 3			Clase magistral conceptos teóricos. Propuesta Taller práctico 3.
10 / Febrero 3 - 2016	Consolidar los conceptos adquiridos sobre el diseño experimental en ergonomía	Hipótesis de trabajo Diseño experimental Protocolo experimental	Solución de preguntas JACK. Revisión de protocolos experimentales	Consolidar los conceptos adquiridos sobre el diseño experimental en ergonomía	Hipótesis de trabajo Diseño experimental Protocolo experimental	Taller en clase. Revisión de protocolos experimentales.
11 / Febrero 10 - 2016	Consolidar el procedimiento para realizar una experimentación	Experimentación ergonómica	Trabajo en clase Entrega del trabajo escrito del taller práctico 3 y exposición. Propuesta taller práctico 4.	Consolidar el procedimiento para realizar una experimentación	Experimentación ergonómica	Trabajo en clase Entrega del trabajo escrito del taller práctico 3 y exposición. Propuesta taller práctico 5.
12 / Febrero 17 - 2016	Conceptualizar sobre las diferentes herramientas de medida en ergonomía	Autorreportes, observacional, directa	Clase magistral conceptos teóricos Entrega trabajo escrito taller 4- análisis de resultados conclusión	Comprende el concepto de modelado y simulación humana	Concepto de modelo Introducción a la modelado y simulado humana presentación del software jack	Clase magistral con el software Jack Entrega trabajo escrito taller 5- análisis de resultados conclusión
13 / Febrero 24 - 2016			Clase magistral conceptos teóricos.			Clase práctica con el software Jack.
14 / Marzo 2 - 2016	Consolidar los conceptos adquiridos sobre el diseño experimental en ergonomía	Hipótesis de trabajo Diseño experimental Protocolo experimental	Taller en clase. Revisión de protocolos experimentales.	Consolidar los conceptos adquiridos sobre el diseño experimental en ergonomía	Hipótesis de trabajo Diseño experimental Protocolo experimental	Solución de preguntas JACK Revisión de protocolos experimentales
15 / Marzo 9 - 2016	Consolidar el procedimiento para realizar una experimentación	Experimentación ergonómica	Trabajo en clase, propuesta taller práctico 5.	Consolidar el procedimiento para realizar una experimentación	Experimentación ergonómica	Trabajo en clase, propuesta taller práctico 4.
15 / Marzo 16 - 2016			Entrega taller práctico 5			Entrega taller práctico 4

■ Con DHM    
 ■ Sin DHM

Como se observa en la figura para cada estrategia de enseñanza se destinan cuatro clases. Tres de las clases de la estrategia de implementación de herramientas para DHM se destinarán a la comprensión del concepto de modelado y simulación humana así como para el aprendizaje del software Tecnomatix Jack. En primera instancia se introducirá dicho concepto por medio de una clase magistral y se presentarán las principales herramientas del software JACK, para posteriormente realizar ejercicios prácticos con la herramienta y un estudio de situación corto. Los estudiantes recibirán un manual de uso y tutoriales para seguir trabajando a lo largo del proyecto con el software.

Con base en los conocimientos adquiridos en las clases anteriores y en la clase de práctica del software, se proponen los Talleres 3, 4 y 5. El primero de ellos consiste en la asignación de una situación de uso de una herramienta, por parte del docente, de la cual los estudiantes deberán realizar el estudio de caso que incluye protocolos e hipótesis, que serán comprobadas posteriormente en los talleres 4 (Con DHM) y 5 (Sin DHM).

#### **6.1.8. Descripción de las variables**

-Variable independiente: La variable independiente para la prueba experimental a realizar es la implementación de herramientas de DHM en el desarrollo del proyecto “experimentación ergonómica”.

La variable tendrá los siguientes dos tratamientos:

- 1- Con DHM: Esta sub variable hace referencia al uso de un software de modelado humano digital, previamente establecido. En esta etapa se elaborará un modelo conceptual con causas y consecuencias de la actividad para establecer las hipótesis que deben ser comprobadas por medio del software y así poder analizar los resultados. Asimismo podrán

realizar modificaciones a la herramienta seleccionada para dar a conocer los hallazgos del proyecto.

- 2- Sin DHM: La otra mitad del desarrollo del proyecto, se realizará como se encuentra establecido actualmente en el plan de asignatura, es decir se realizarán observaciones preliminares para explicar la situación de uso, estableciendo causas y consecuencias de la actividad para establecer las hipótesis que deben ser comprobadas por medio de la construcción de modelos y prototipos, que permitan evaluar posibles modificaciones de la herramienta seleccionada.

-Variable dependiente: La prueba experimental busca evaluar los resultados obtenidos por los estudiantes en la segunda etapa de la asignatura denominada “Experimentación ergonómica”. Las variables dependientes son las notas obtenidas en los talleres 4 y 5, los cuales serán calificados de manera cuantitativa por parte del docente quien asignará un valor de 0 a 5 de acuerdo al cumplimiento de cada uno de ellos, permitiendo realizar un análisis descriptivo e inferencial de los resultados y una comparación de las notas de los estudiantes en ambos talleres, por medio de un Análisis de Varianza de un factor (ANOVA).

Las competencias a desarrollar y sus respectivos indicadores son los mismos mencionados en la Figura 13, sin embargo los talleres 4 y 5 tendrán una valoración del 25% cada uno sobre la nota final.

Adicionalmente, se presenta la figura de asignación de responsabilidades (Figura 17), donde se especifican las tareas a realizar por los involucrados en la prueba experimental:

**Figura 17.** Asignación de responsabilidades

AUTORAS DEL PROYECTO	DOCENTE DE ERGONOMÍA DE PRODUCTO	ESTUDIANTES DE ERGONOMÍA DE PRODUCTO
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contextualización de la prueba</li> <li>- Clase magistral, introducción al software Tecnomatx Jack, Versión 8.2</li> <li>- Elaboración de guía de uso y tutoriales</li> <li>- Tres clases para dar a conocer el software, trabajar un caso de estudio y resolver dudas sobre el proyecto de cada grupo de estudiantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asignación de situaciones de uso</li> <li>- Evaluación de las competencias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo del taller 3: "Hipótesis y protocolo"</li> <li>- Desarrollo del taller 4: "Experimentación ergonómica con DHM"</li> <li>- Desarrollo del taller 4: "Experimentación ergonómica sin DHM"</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de variables y resultados obtenidos</li> </ul>		

### 6.1.9. Evaluación de modelo de utilización de herramientas DHM

La evaluación del modelo propuesto se realizará por medio del análisis las notas obtenidas por los participantes en los talleres 4 y 5, así como de la valoración dada por el docente en los indicadores de dichos talleres. Asimismo, se aplicará una encuesta al final del curso para conocer la opinión de los estudiantes respecto al uso de los dos modelos de utilización aplicados, las ventajas que éstos presentaron y las dificultades que tuvieron en el desarrollo del proyecto. Por último, se tendrán en cuenta las notas obtenidas en la etapa de Experimentación Ergonómica por los estudiantes de los dos semestres académicos anteriores (Segundo periodo del 2014 y primer periodo del 2015) con el fin de tener una mayor cantidad de datos a la hora de realizar una comparación entre el modelo que se implementa actualmente y el propuesto.

### 6.1.10. Encuesta de autoevaluación por parte de los estudiantes

Se considera pertinente que los estudiantes realicen una autoevaluación acerca del taller propuesto para conocer sus apreciaciones sobre las dos estrategias de enseñanza y las posibles ventajas o dificultades que se pueden presentar en cada caso, permitiendo evaluar y en dado caso replantear la estrategia de enseñanza.

Preguntas a los estudiantes:

- ¿Qué opinión tiene acerca de la asignatura de Ergonomía de producto?
- ¿Considera que adquirió las competencias necesarias para realizar análisis ergonómicos durante el diseño o rediseño de productos?
- ¿Qué métodos de análisis ergonómicos aprendió en la materia?
- ¿Cómo mejoraría la enseñanza de la Ergonomía de producto en la EDIUIS?
- ¿Qué ventajas y desventajas encontró al implementar la estrategia de enseñanza actual en el desarrollo de su proyecto?
- ¿Qué ventajas y desventajas encontró al implementar la estrategia de enseñanza propuesta mediante el software JACK en el desarrollo de su proyecto?
- ¿Cuál de las dos estrategias trabajadas resultó más apropiada para el desarrollo del análisis ergonómico? ¿Por qué?

## **6.2. APLICACIÓN DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL**

La prueba inició dividiendo el curso de nueve estudiantes en dos para realizar el estudio cruzado. Los estudiantes debían desarrollar el proyecto en parejas para posteriormente elegir una actividad de estudio. El grupo #1 lo conformaron cinco estudiantes, es decir dos parejas y un estudiante que desarrolló el proyecto de forma individual, mientras que el grupo #2 estaba constituido por dos parejas.

La primera clase de la etapa de Experimentación ergonómica se llevó a cabo el día 20 de Enero del 2016. Se dio inicio a la etapa en la tercera hora de la jornada ya que la docente requería de las dos horas iniciales para concluir la explicación del tema de la clase. Los estudiantes del grupo #2 se dirigieron con la docente a otra aula para iniciar con el proyecto empleando la estrategia actual de enseñanza (Sin DHM), mientras que el grupo # 1 dio inicio al modelo de utilización propuesto por los autores (Con DHM).

### 6.2.1. Primera parte de la prueba experimental (Grupo #1)

Para iniciar el proyecto con el grupo #1 se contó con una hora de clase para realizar la introducción al concepto de Modelado Humano Digital y la presentación del software Tecnomatix Jack así como sus ventajas, los tipos de análisis ergonómicos que permite realizar y las posibles aplicaciones del programa.

La segunda jornada (27 de enero del 2016) se desarrolló como fue definido en la planeación de la clase # 1 del protocolo de la prueba. Sin embargo, al momento de realizar el análisis por medio del método OWAS, se identificó que los estudiantes no lo conocían por lo que resultó necesario realizar una explicación sobre el mismo.

En la tercera jornada, y segunda clase práctica (3 de febrero del 2016), se realizó el estudio de la actividad de la cosecha del fruto de la palma de aceite (Ver figura 18). A pesar de que se contó con las tres horas de clase, no se logró completar el último paso del estudio de caso, es decir el análisis OWAS, por lo cual, los autores del presente trabajo de grado mostraron el desarrollo de dicho análisis y se sugirió consultar el Tutorial #9 que muestra el proceso completo del mismo estudio.

**Figura 18.** Clase práctica #2 Desarrollo de estudio de caso: Cosecha de palma de aceite.



Para finalizar, no fueron formuladas preguntas sobre el proyecto de cada grupo durante la última clase programada para la práctica con el software. No obstante, los estudiantes acudieron en horas extras para resolver dudas que surgieron durante el proceso de animación para el desarrollo del Taller 4. También se presentaron algunos fallos de la versión de prueba Jack para guardar las escenas, sin embargo, éstos fueron rápidamente solucionados.

El Taller 4 fue entregado por el grupo # 1 el día 19 de febrero del 2016.

### **6.2.2. Segunda parte de la prueba experimental (Grupo #2)**

Esta fase comenzó con la introducción del software Tecnomatix Jack al grupo #2, mientras los estudiantes de grupo #1 iniciaron clases trabajando la estrategia de enseñanza actual con el docente de ergonomía de producto, como se muestra en la Figura 19.

**Figura 19.** Grupo#1 en clase correspondiente al desarrollo del Taller 5 (Estrategia sin DHM)



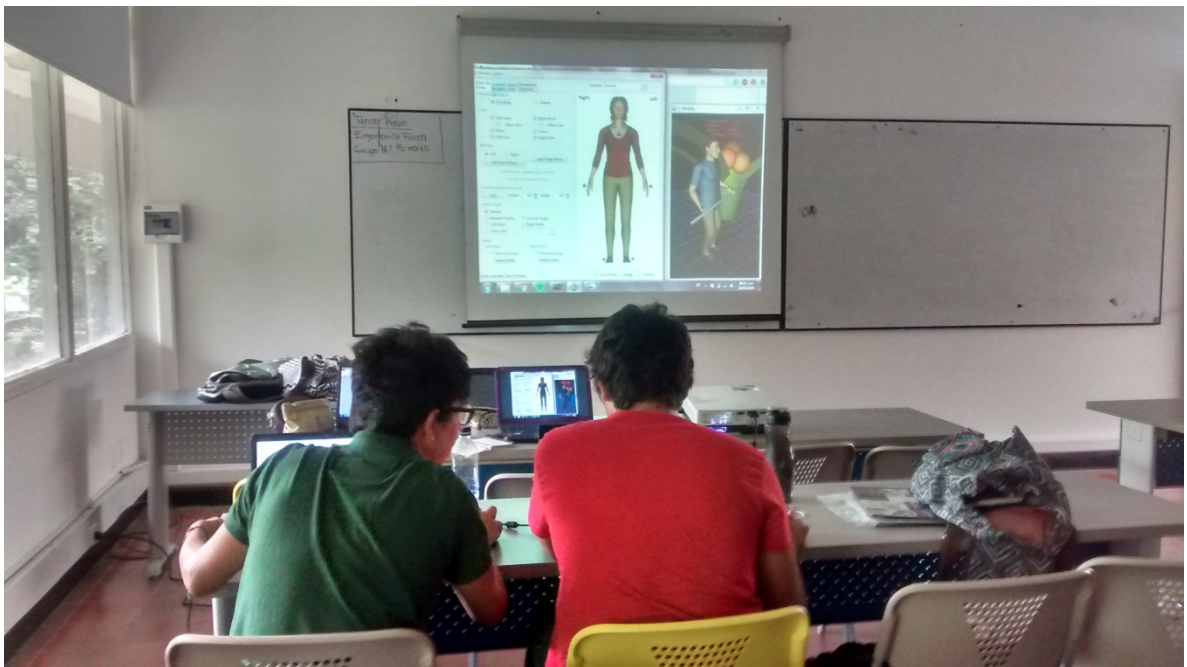
Con el grupo #2 se realizó el proceso de manera similar a como se llevó a cabo con el grupo #1, con la excepción de que no fue necesario explicar el método de análisis OWAS, debido a que ya lo habían trabajado en el taller 5 (sin DHM). La Figura 20 muestra el proceso de introducción al software con el grupo #2 en la clase #1.

**Figura 20.** Clase #1 implementando el modelo de utilización propuesto (Con DHM)- Grupo #2



Durante el desarrollo de la práctica dentro del aula de clases, el grupo #2 logró realizar diferentes posturas con el fin de generar una simulación para obtener resultados de las posturas recreadas haciendo uso de la herramienta de análisis OWAS del software. A diferencia del grupo #1, este grupo logró completar la práctica durante el tiempo estimado, es decir, las tres horas de clase. La Figura 21 muestra a una de las parejas del grupo #2 llevando a cabo las posturas de la práctica planteada.

**Figura 21.** Clase #2 Estudio de caso cosecha de la palma de aceite - Grupo #2



En cuanto a la entrega y desarrollo del Taller 4 (con DHM), el software presentó nuevamente fallas que fueron resueltas de la misma forma que con el grupo #1. Adicional a ello y debido a que uno de los integrantes del grupo #2 no asistió a las clases prácticas fue necesario explicarle el funcionamiento del software para que pudiera completar el taller.

El Taller 4 fue entregado por el grupo #2 el día 16 de marzo del 2016.

## **6.1. RESULTADOS DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL**

Al finalizar la prueba experimental se obtuvieron las notas de los talleres 3, 4 y 5. De acuerdo al protocolo de la prueba y al objetivo del presente proyecto se tendrán en cuenta para el análisis de resultados únicamente las notas de los talleres 4 y 5, y a su vez, las calificaciones de cada indicadores de logro para

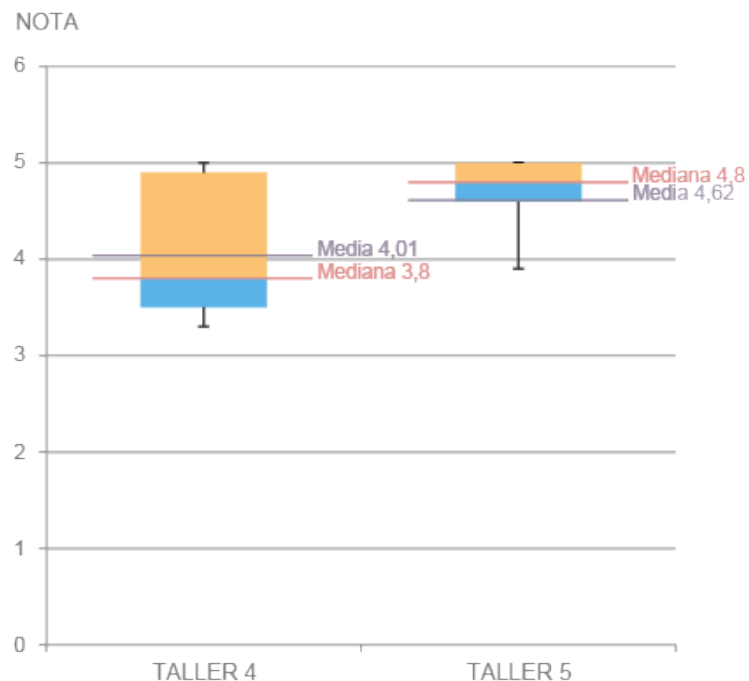
ambos talleres. Dichas notas pueden ser consultadas de forma detallada en el Anexo F.

### 6.1.1. Análisis de las notas definitivas en los talleres 4 y 5

Las notas definitivas de los talleres 4 y 5 se dan a partir de la calificación de seis indicadores de logro, los cuales tienen porcentajes diferentes de acuerdo a su importancia dentro del desarrollo del proyecto. En la prueba realizada, se obtuvieron nueve datos por cada taller.

El promedio de las notas obtenidas en el Taller 4 fue de 4,01, en el cual se implementó la herramienta de DHM, mientras que el promedio para el Taller 5 donde se realizó la medición directa, fue de 4,62; obteniendo como resultado una diferencia de 0,62 entre éstos. Lo anterior evidencia que las calificaciones en el Taller 5 fueron más altas, que en el Taller 4. Asimismo, las medianas de los conjuntos de datos fueron de 3,8 (Taller 4) y 4,8 (Taller 5). Mediante el siguiente gráfico se presentan los resultados obtenidos (Figura 22):

**Figura 22.** Gráfico de cajas y bigotes – Resultados de Taller 4 y 5



Como se muestra en la Figura 22, existe mayor dispersión de datos en el Taller 4, lo cual se corrobora calculando las desviaciones estándar, las cuales fueron de 0,74 para el Taller 4 y de 0,44 para el Taller 5.

Al realizar el análisis inferencial de las calificaciones por medio de ANOVA, se obtiene que el p-valor = 0,0487 mostrando una diferencia significativa entre los conjuntos de datos. Lo anterior indica que la elección e implementación de las estrategias sí influye en las notas obtenidas.

Cabe señalar que la prueba fue realizada por medio de estudio cruzado, es decir, las estrategias de enseñanza fueron implementadas en tiempos diferentes. El grupo #1 inició el trabajo con las herramientas de DHM mientras que el grupo #2 realizó primero el taller de medición directa, lo anterior con el fin de obtener más resultados y observaciones. Por medio de la prueba U de MannWhitney, se analizaron los grupos 1 y 2 obteniendo como p-valor =0,15 y 0,15 para los talleres 4 y 5 respectivamente; de este modo, se comprobó que no existe una diferencia significativa de las calificaciones obtenidas en función del tiempo en el cual se desarrolló cada taller, dicho de otro modo, la etapa de implementación de cada estrategia no influyó en los resultados.

En busca de presentar en detalle los resultados de la prueba realizada y permitir un mayor entendimiento de los hallazgos mencionados anteriormente, se realiza a continuación un análisis descriptivo e inferencial de las calificaciones obtenidas en los indicadores de logro de cada taller.

### **6.1.2. Análisis de resultados por indicadores de logro**

Dado que en el análisis descriptivo e inferencial realizado para las notas obtenidas en los talleres 4 y 5, se encontró que existe una diferencia significativa entre las mismas, se lleva a cabo el análisis estadístico de las calificaciones obtenidas por los alumnos en cada uno de los indicadores de logro evaluados por el docente.

En primera instancia, resulta necesario aclarar que los indicadores de logro más importantes son el 2, 3 y 4, debido a que éstos se relacionan directamente con el trabajo realizado por medio del software o con las herramientas de medición directa. Los tres indicadores de logro restantes (1, 5 y 6) hacen referencia a la aplicación de conceptos que el estudiante debe conocer de antemano para desarrollar correctamente los talleres y que se puedan comprender los hallazgos de cada uno.

**Figura 23.** Promedios de las notas obtenidas por los estudiantes de Ergonomía de producto en cada indicador de logro

INDICADOR DE LOGRO	PORCENTAJE	NOTA TALLER 4 (cDHM)	NOTA TALLER 5 (sDHM)
1. Realiza análisis estadísticos con los resultados en función del tipo de dato (dicotómico, politómico, discreto o continuo)	10 %	3,89	4,78
2. Explica los datos obtenidos de cada una de las variables medidas, siempre orientados a validar o no la hipótesis planteada en el trabajo. La explicación es clara y con gran cantidad de detalles	25 %	4,33	4,49
3. Analiza dichos resultados, para esto reúne la información obtenida y la sintetiza según la hipótesis planteada. La síntesis es escrita y puede apoyarse de infografías	30 %	3,78	4,56
4. Expresa conclusiones pertinentes al problema planteado. Argumenta sus conclusiones siempre desde el punto de vista del diseño del producto	15 %	4,56	5
5. Muestra sus hallazgos en tablas, diagramas o mapas conceptuales. Estos son elementos de apoyo a la explicación de los datos	10 %	2,89	4,44
6. Maneja un adecuado uso de la ortografía y la gramática	10 %	4,54	4,89

Como se puede observar en la Figura 23, los promedios que mostraron menores calificaciones fueron los de los indicadores de logro 1, 3 y 5 para el caso del taller 4, el cual fue desarrollado haciendo uso de la herramienta informática Jack, por lo que resulta pertinente realizar un análisis de los mismos.

Al comparar el Taller 4 frente al 5, la diferencia entre los promedios de los indicadores anteriormente nombrados, fue de 0,89 en el primero, 0,78 en el tercero y 1,55 en el quinto. La desviación estándar para en estos indicadores de logro para el taller mencionado fue de 1,34, 0,94 y 1,17 respectivamente, siendo más alta que para las calificaciones del taller con medición directa, las cuales fueron de 0,44, 0,63 y 0,68. La mediana de dichos indicadores fue de 4, 3,5 y 2 en el taller realizado con Jack, y en lo que respecta al taller por medio de medición directa, la mediana de los mismos fue de 5.

Adicionalmente, se realizó un análisis inferencial para conocer la causa por la cual en el promedio general de ambos talleres existe una diferencia significativa, es decir, conocer cuál fue el indicador de logro que influyó en dicho resultado. Al llevar a cabo el análisis de varianza de un factor, ANOVA, éste mostró que existe una diferencia significativa entre los talleres realizados para el caso de los indicadores de logro 1 y 5 siendo el p-valor de 0,048 y 0,006 respectivamente. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, los indicadores de logro 1 y 5 no dependen directamente del método implementado, sino de la forma en el cual los alumnos presentan los datos para su fácil comprensión y análisis.

Por otra parte, a pesar de que el indicador 3 presentó una diferencia alta en cuanto al promedio de calificación entre el Taller 4 y 5, no llegó a ser considerado como una diferencia significativa que influyera sobre el resultado de los promedios generales para cada taller, debido a que el p-valor fue de 0,056.

### **6.1.3. Comparación de notas con semestres anteriores**

Con el fin de tener un panorama más amplio sobre las calificaciones obtenidas en el taller de experimentación ergonómica, se realizó una comparación entre las notas de los estudiantes del primer semestre de 2015, cuando hicieron uso del modelo ergonómico propuesto, con dos semestres anteriores a éste, es decir, con el primer semestre de 2015 y con el segundo semestre de 2014. Cabe mencionar

que el número de estudiantes que tomaron el curso de Ergonomía de producto fue distinto en cada semestre, ya que en el segundo semestre de 2015 se matricularon 9 estudiantes, en el primero del mismo año, 16 y en el segundo de 2014,11.

Para proceder con la respectiva comparación, se realizó un análisis descriptivo e inferencial de las calificaciones obtenidas en la etapa de Experimentación ergonómica.

En primera instancia, se compararon las notas del semestre 2015-2 con el 2015-1 obteniendo que los promedios fueron de 4,02 y 4,20 respectivamente, es decir que solo hubo una diferencia de 0,18 décimas entre ellos. Al realizar el análisis inferencial por medio de la prueba U de Mann Whitney para muestras independientes, se obtuvo que si existe una diferencia significativa al realizar el taller de experimentación ergonómica por medio de Jack o por medio de la medición directa, ya que el p-valor fue de 0,023.

Seguidamente, se llevó a cabo la comparación entre las calificaciones del semestre 2015-2 y el 2014-2 donde se obtuvieron resultados muy similares a los del análisis anterior, ya que los promedios en este caso fueron de 4,02 y 4,13 para cada semestre y solo hubo una diferencia de 0,11 décimas. El análisis inferencial, realizado con dichos semestres, indicó de igual manera que existe una diferencia significativa entre el factor estrategia de enseñanza, puesto que el p-valor fue de 0,032.

#### **6.1.4. Encuesta a participantes de la prueba**

Se realizó una encuesta a los estudiantes sobre su experiencia desarrollando los talleres con ambas estrategias. Se obtuvieron las respuestas de cinco de los nueve estudiantes del curso.

En cuanto a la opinión que tienen a cerca de la asignatura, los cinco estudiantes manifestaron que es un curso muy importante para el desempeño profesional de un diseñador industrial, ya que sus contenidos son aplicables en diversos campos de desempeño laboral. El estudiante #2 expresó que *“los conocimientos que nos brinda esta asignatura son indispensables a la hora de realizar cualquier diseño ya que nos ayuda a conseguir mejores resultados en cuando la apreciación y la aceptación del usuario”*. A cerca de las herramientas aplicadas en el desarrollo del curso el estudiante # 3 menciona que éstas son *“necesarias para la comprobación de la efectividad de un producto y con esto poder generar propuestas más razonables y tener mayor seguridad al momento de establecer los diseños del producto”*.

A continuación, se les preguntó a los estudiantes si consideraban haber adquirido las competencias necesarias para realizar análisis ergonómicos durante el diseño o rediseño de productos. Los cinco estudiantes respondieron que, luego de haber cursado la materia, consideran estar en capacidad para realizar dichos análisis. El estudiante #1 afirmó que *“mediante todos los métodos y todas las herramientas que fueron brindadas me considero capaz de realizar un rediseño o un diseño ergonómico”*. Del mismo modo, el estudiante #2 afirmó que gracias a la metodología implementada *“he adquirido la capacidad de poder realizar un análisis ergonómico con resultados certeros y necesarios para la definición de cualquier propuesta de diseño”*. Y el estudiante# 3 expresó que fue realizada la cantidad de trabajo práctico suficiente para aprender diferentes métodos de análisis ergonómico.

En cuanto a los métodos de análisis de datos los estudiantes mencionaron que se trabajaron datos objetivos y subjetivos, por medio de métodos tales como OWAS, BORG, NIOSH, RULA, entre otros. Sin embargo, consideran que aprendieron a mayor profundidad el método OWAS y RULA, ya que fueron aplicados en la práctica. También fueron señaladas algunas herramientas de medición como el KINOVEA, goniómetro y el software JACK.

Se pidió a los estudiantes que realizar algunas recomendaciones para mejorar la enseñanza de la ergonomía de producto; a pesar de que consideran que *“los métodos de enseñanza utilizados, son acordes a lo que el estudiante necesita para su desarrollo”*, plantearon la posibilidad de implementar un mayor número de talleres prácticos. El estudiante # 2 expresa que *“la manera de mejorarla aún más (la asignatura) sería implementando talleres prácticos en clase que le permitan al estudiante tener los conocimientos de una manera más directa y no sólo la parte teórica y así a la hora de realizar los trabajos escritos sería mucho más fácil realizar el análisis de las distintas situaciones que se nos planteen”*. Por otra parte, el estudiante # 3 menciona el uso de los softwares como una mejora a la asignatura: *“Dar más enfoque al uso de la simulación virtual, que se convierta en una herramienta fundamental en el transcurso de la asignatura”*.

Posteriormente, se preguntaron las ventajas y desventajas para cada una de las estrategias implementadas. A continuación se presentan las respuestas obtenidas (Ver figuras 24 y 25):

**Figura 24.** Ventajas y desventajas de la estrategia de enseñanza sin DHM

ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA SIN DHM (TALLER 5)	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interactuar con el sujeto directamente, el poder manipular directamente, hacer las tomas directas, realizar encuestas y obtener datos verídicos.</li> <li>• La toma de datos directamente con el usuario permite conocer las distintas ideas y percepciones que tiene éste a la hora de interactuar con la herramienta</li> <li>• Permite generar análisis objetivos para establecer parámetros que se aplicarían en el desarrollo del producto.</li> <li>• Fortalece el aprendizaje en toma de datos y el análisis de éstos para modificar una herramienta que presente alguna dificultad.</li> <li>• Los datos son claros y exactos, por lo tanto permite realizar conclusiones concisas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las variaciones que se presentan respecto a cómo cada persona realiza la actividad, ya que cada quién puede ejecutar la actividad de manera diferente según su comodidad o su experiencia previa.</li> <li>• El acompañamiento en la elaboración de trabajos.</li> <li>• Toma un poco más de tiempo debido a la disponibilidad de los participantes</li> </ul>

**Figura 25.** Ventajas y desventajas de la estrategia de enseñanza con DHM

ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA CON DHM (TALLER 4)	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Facilidad para realizar animaciones con diferentes poblaciones, de manera rápida simplemente variando la estatura, el peso y demás características</li> <li>•La evaluación de posturas se puede realizar por medio del método OWAS el cual proporciona los datos necesarios para el posterior análisis de datos.</li> <li>•Permite simular la actividad estudiada con los objetos que necesarios, de este modo se puede optimizar el tiempo en el periodo de prueba.</li> <li>•Se puede elegir cualquier producto y hacer un análisis postural por medio de OWAS, de igual forma, permite observar y registrar la interacción con el producto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•El software no está lo suficientemente desarrollado para ser considerado una herramienta de análisis, dado que cuenta con ciertos defectos, como no poder ajustar las posiciones reales que realizaría el usuario dado que es manipulado por el diseñador, lo cual genera inmensos sesgos.</li> <li>•No permite deshacer comandos fácilmente.</li> <li>•El análisis que genera el método no tiene en cuenta algunos factores que solo se pueden apreciar en la toma directa de datos.</li> <li>•Existen sesgos debido a que Jack no se comporta como el ser humano, en ocasiones adopta posturas sobrehumanas.</li> <li>•El proceso de entendimiento del software jack, ya que es lento y necesita algo de tiempo.</li> </ul>

Respecto a la estrategia de enseñanza sin DHM, se menciona como ventaja la posibilidad, que la medición directa brinda al diseñador, de conocer diferentes factores que pueden incidir en la interacción del usuario el producto, lo cual consideran que es una limitante del trabajo con el software. A su vez, se expresa que la disponibilidad de tiempo por parte del usuario para realizar la prueba puede representar gastos de tiempo en la ejecución del proyecto, por el contrario, esto se considera una ventaja del proceso con la herramienta de DHM, ya que se pueden ajustar las medidas antropométricas y si tienen las bases de datos de diferentes poblaciones.

Como ventaja de la estrategia de enseñanza con DHM, se menciona la facilidad de realizar el análisis con diferentes prototipos u objetos por medio del método OWAS. Sin embargo, algunos estudiantes consideran que aún falta un mayor desarrollo del software para que no se consideren arbitrarias las posturas que el diseñador ajusta en el programa.

Con base en lo anterior, se cuestionó sobre cuál de las dos estrategias resultó más apropiada para el desarrollo del proyecto. A continuación se presentan las cinco respuestas de los estudiantes:

*“Me pareció mucho más apropiado el (método) directo, es decir el que desarrollamos con la profesora María Fernanda, como dije anteriormente, pudimos realizar las tomas directas, realizar encuestas, es decir lo que no se observa puede confirmarse o justificarse durante la interacción con el usuario, se disminuye mucho más el sesgo dado que todas las tomas y métodos son directos con el usuario en momentos reales y no virtuales”.* Estudiante #1.

*“Las dos estrategias me parecieron muy buenas y pues al unir las dos se pueden obtener resultados mucho mejores, ya que se pueden realizar comparaciones entre estos dos métodos y así notar cuales son las situaciones o características de diseño que están generando el riesgo postural, no creo que se pueda dejar de lado la toma de datos directa pues siempre hay factores que solo el usuario nos puede transmitir por medio de su experiencia”.* Estudiante #2.

*“Daría una calificación equitativa para las dos estrategias, resaltando que se podría mejorar un poco la estrategia de simulación virtual, dando más tiempo al momento de enseñar el funcionamiento del software, para poder aprender y aprovechar todas las herramientas brindadas por éste”.* Estudiante #3

*“JACK es muy práctico, pero los datos no son directos, el goniómetro es muy preciso”.* Estudiante #4.

*“Realmente depende de la situación de uso planteada, para nuestro caso la metodología práctica de la toma de datos con goniómetro permitió obtener datos más apropiados para la comprobación de la hipótesis planteada, pero aun así el uso de la herramienta JACK permite observar de forma clara por medio del OWAS que riesgo existen en las posturas presentadas en el desarrollo del proyecto”.* Estudiante #5.

Se puede inferir de las respuestas obtenidas, y con base en las ventajas y desventajas planteadas, que una estrategia no debería reemplazar a la otra. Del mismo modo, se considera que la selección para implementar una u otra

estrategia depende de la problemática que se plantee o la etapa del proceso de diseño o rediseño que se esté llevando a cabo. Se requiere conservar el trabajo de campo que el diseñador realiza, ya que existen ciertos factores que sólo pueden tenerse en cuenta por medio de la observación, y de la misma forma, implementar el software de DHM como complemento y soporte a las actividades que se realicen.

Con base en lo anterior, los autores del presente trabajo de grado plantean reformular el modelo de utilización propuesto, a fin de implementar ambas estrategias en la etapa “Experimentación ergonómica”; éstas serán aplicadas en las fases del proceso que resulten más adecuadas teniendo en cuenta las ventajas que cada una presenta, en busca de fortalecer la enseñanza durante el desarrollo del proyecto.

## **7. AJUSTES Y PROPUESTA FINAL DEL MODELO DE UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DHM**

Basados en el resultado de la prueba experimental, se decidió generar una serie de cambios para que la enseñanza e implementación de herramientas DHM cumpla a cabalidad con los objetivos de la asignatura y los estudiantes tengan una mejor y completa preparación para realizar análisis y experimentaciones ergonómicas.

Las competencias e indicadores de logro serán las mismas que se trabajaron en la propuesta inicial, éstas pueden ser consultadas en la Figura 13 (pág.85). De igual forma, las estrategias de enseñanza implementadas continuarán siendo las mismas, es decir, que se realizará una introducción y enseñanza de la herramienta informática, el análisis de una actividad de uso con un objeto y herramienta, el cual se basa en la solución de problemas y simulación; tal como se expone en el numeral 5.2.2 del presente documento.

### **7.1. PLANEACIÓN DE LAS CLASES**

**Figura 26.** Cronograma del modelo de utilización propuesto

CLASE	Objetivo	Tema a tratar	Actividad
Clase # 1	Conceptualizar sobre las diferentes herramientas de medida en ergonomía	Autorreportes, observacional, directa	Clase magistral conceptos teóricos.
Clase # 2	Comprende el concepto de modelado y simulación humana	Concepto de modelo introducción a la modelado y simulado humana presentación del software jack	Clase magistral con el software Jack. Propuesta Taller práctico 3
Clase # 3			Clase práctica con el software Jack. Propuesta taller práctico 4.
Clase # 4	Consolidar los conceptos adquiridos sobre el diseño experimental en ergonomía	Métodos de análisis ergonómico en el software Jack.	Clase práctica con el software Jack. Solución de dudas sobre el taller 4.
	Consolidar el procedimiento para realizar una experimentación	Experimentación ergonómica	Entrega del trabajo escrito del taller práctico 3.

Como muestra la Figura 26, se propone realizar 4 clases y no 3 como se había planteado de manera inicial, ya que resulta necesario que los estudiantes tengan conocimiento previo sobre algunos fundamentos teóricos, como por ejemplo, los métodos de análisis ergonómico, instrumentos de medición, entre otros, antes de comenzar a trabajar con el software.

El trabajo con la herramienta informática se llevará a cabo en dos clases tal como se había propuesto inicialmente. La primera de éstas será una clase magistral para presentar las principales herramientas del software y la segunda será una

clase práctica en la cual se trabajará un estudio de caso corto con el fin de conocer el módulo *Task Simulation Builder* (TSB) y realizar el análisis de la simulación por medio del método OWAS. La descripción completa de las actividades de estas dos clases se encuentra en el Anexo D.

En cuanto a lo que sería la cuarta clase, ésta tiene como fin resolver dudas sobre la actividad elegida por cada grupo para el trabajo de “Experimentación ergonómica”. Además de ello, en dicha clase se propone trabajar pequeños ejemplos para conocer el funcionamiento de los otros tipos de análisis ergonómico con los cuales cuenta el programa, ya que éstos pueden servir como base para la última etapa de la asignatura denominada “Proyecto de ergonomía de producto”.

En la clase siguiente, se realiza la entrega del trabajo de “Experimentación ergonómica” y el comienza el último proyecto de la asignatura.

Los estudiantes seguirán contando con el material de apoyo desarrollado en el presente trabajo de grado y con el acompañamiento del docente para solucionar las dudas que tengan a lo largo del desarrollo de las actividades que hacen parte de los proyectos de la asignatura.

## **7.2. ENTREGAS DE LOS TALLERES 3 Y 4**

En el Taller 3 los estudiantes de ergonomía de producto deberán realizar el planteamiento de hipótesis y la definición del protocolo experimental en el cual se basará el Taller 4. Este será entregado en la clase # 4.

Para el taller práctico 4 los alumnos realizarán la medición de tres tratamientos diferentes de la herramienta u objeto escogido en el software Jack. En esta etapa, ellos deberán seleccionar el tratamiento que responda mejor a la hipótesis planteada en el Taller 3 para posteriormente desarrollar un modelo o prototipo con el cual se realizará una medición directa en el laboratorio de Factores Humanos de la EDIUIS.

## **8. CONCLUSIONES**

### **8.1. HALLAZGOS**

Los diversos hallazgos del presente trabajo de grado se dan en función del cumplimiento de los objetivos específicos y la metodología implementada a lo largo de éste.

En primera instancia, se realizó una revisión sobre las herramientas informáticas de DHM disponibles en el mercado con el fin de conocer las características y principales aplicaciones de aquellas que son mayormente implementadas tanto en la industria como en la academia.

A continuación, se indagó acerca de los programas de diseño industrial en el país y se encontró que ninguno de ellos hace uso de herramientas informáticas asociadas al DHM para la enseñanza de la ergonomía en sus aulas de clase, por lo que en el caso de implementar el modelo de utilización propuesto, la EDIUIS sería el primer programa del país en emplear este tipo de herramientas en una asignatura obligatoria del plan de estudios como lo es Ergonomía de producto.

En la segunda fase del desarrollo del presente proyecto, se analizó y revisó el plan de asignatura de Ergonomía de producto con el fin de conocer las competencias a alcanzar y los indicadores de logro que son evaluados a lo largo del semestre y de este modo, poder estructurar el modelo propuesto en función de los anteriores.

Al realizar encuestas y entrevistas a los miembros de la Escuela de Diseño Industrial UIS, entre los cuales estuvieron estudiantes activos, egresados y profesores, la mayoría de ellos coincidieron en que sería útil la implementación de un software en el aula de ergonomía de producto, ya que consideran indispensable esta disciplina a lo largo del plan de estudios y en la vida profesional, por lo que contar con tal conocimiento sería un factor diferenciador y beneficioso para los futuros diseñadores de la EDIUIS. Adicional a ello, tanto

estudiantes como docentes de la EDUIS mostraron interés en conocer más acerca de nuevos métodos para la enseñanza y aprendizaje de análisis ergonómicos lo cual se puede propiciar por medio de la utilización de herramientas informáticas.

En cuanto a la propuesta del modelo de utilización de herramientas informáticas, se encontró que el software Tecnomatix Jack en su versión 8.2 era el más apropiado para ser implementado, debido a que éste permite realizar análisis de productos, herramientas y puestos de trabajo. Adicionalmente, al ser comparado con otros programas de DHM, se identificó que cuenta con un número mayor de herramientas para análisis ergonómico, las cuales pueden ser utilizadas dentro de los proyectos del aula de Ergonomía de producto así como en asignaturas y proyectos posteriores.

Como resultado al tercer objetivo específico se propuso una estrategia de enseñanza de ergonomía utilizando herramientas informáticas de modelado y simulación humana. La anterior fue evaluada frente a la estrategia que es implementada actualmente, la cual consiste en la experimentación por medio de la medición directa, a través de una prueba experimental en el aula de Ergonomía de producto en el segundo semestre académico de 2015. En ésta se obtuvo que los promedios de las notas de las dos estrategias fueron superiores a 4.0. Sin embargo, un análisis de varianza mostró que existía una diferencia significativa entre las calificaciones de acuerdo con la estrategia que se implementara. Debido a lo anterior y para tener un panorama más completo de la prueba, se llevó a cabo un análisis de las notas obtenidas por indicador de logro, lo que mostró que dos de éstos, los cuales no estaban directamente relacionados con la estrategia implementada, eran los que presentaban una diferencia significativa entre sus datos.

En lo que respecta al estudio cruzado, se determinó por medio del análisis ANOVA que no hubo diferencias significativas entre los dos grupos de estudiantes, es

decir, la etapa en la cual se aplicó cada estrategia no influyó en las notas alcanzadas.

Asimismo, se compararon los promedios obtenidos con las notas de los dos semestres anteriores (Primer semestre del 2015 y segundo semestre del 2014) donde se determinó que a pesar de que la diferencia de promedios no fue mayor a 0,18, si se identificó, por medio de la prueba U de Mann Whitney, que existe una diferencia significativa entre dichas calificaciones.

Por medio de la encuesta realizada a los participantes de la prueba se conoció que para éstos ambas estrategias tienen fortalezas que pueden ser aprovechadas en el desarrollo de un proyecto, y al ser aplicadas en conjunto se podrían contrarrestar las limitaciones que se presenten.

Para finalizar, con base en la prueba experimental realizada y los resultados obtenidos, este trabajo de grado permitió llegar a la reformulación del modelo de utilización de herramientas informáticas para el modelado y simulación humana, el cual pretende involucrar las herramientas de DHM junto con el método de medición directa en busca de fortalecer las estrategias de enseñanza de la ergonomía en la escuela de diseño industrial UIS.

## **8.2.LIMITACIONES**

Dentro de las limitantes que surgieron en el desarrollo del presente trabajo de grado, está el hecho de que la prueba experimental no se realizó con la versión original del software, es decir, se utilizó una versión de prueba, la cual presentaba algunos errores y en algunos casos dificultó la labor de los estudiantes del curso de Ergonomía de producto. Sin embargo, fue posible solucionar las dificultades encontradas y se obtuvieron resultados satisfactorios.

Por otra parte, el curso de Ergonomía de producto para el segundo semestre de 2015 constaba solo de 9 estudiantes; se hubiera querido evaluar y trabajar el

modelo propuesto con una muestra de alumnos más alta para contar con un número mayor de calificaciones y opiniones sobre éste.

### **8.3.RECOMENDACIONES**

Se realiza la invitación a los docentes de ergonomía para conocer el funcionamiento de este tipo de herramientas con el fin de que en un futuro próximo se puedan llegar a implementar tanto en sus aulas de clase como en el desarrollo de diferentes proyectos en la EDIUIS.

Adicional a lo anterior, se extiende la invitación a las directivas de la EDIUIS para no dejar de lado la propuesta planteada en el actual proyecto, ya que puede representar un fortalecimiento a las competencias, tanto de estudiantes como de egresados, y un soporte a la enseñanza de la ergonomía en dicha unidad académica.

## CITAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] O. H. Demirel and V. G. Duffy, "Applications of Digital Human Modeling in Industry," in *Digital Human Modeling*. vol. 4561, V. G. Duffy, Ed., ed: Springer Berlin Heidelberg, 2007, pp. 824 -832.
- [2] Stanford. (2007, Junio 13, 2015). *Human Centered Design*. Available: <https://me.stanford.edu/research/research-theme-design>
- [3] M. F. Maradei and F. M. Espinel, *Ergonomía para el diseño*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2009.
- [4] B. Hu, L. Ma, G. Salvendy, D. Chablat, and F. Bennis, "Predicting real-World ergonomic measurements by simulation in a virtual environment," *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 41, pp. 64-71, 2011.
- [5] P. Polášek, M. Bureš, and M. Šimon, "Comparison of Digital Tools for Ergonomics in Practice," presented at the 25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, DAAAM2014, Viena, Austria, 2014.
- [6] X. Zhang and D. Chaffin, "Digital human modeling for computer-aided ergonomics," in *Interventions, Controls, and Applications in Occupational Ergonomics*, W. MARRAS and W. KARWOWSKI, Eds., ed, 2006, pp. 10-1 - 10-6.
- [7] J. Grimson, "Re-Engineering the Curriculum for the 21st Century" *European Journal of Engineering Education*, vol. 27, pp. 31 - 37, 2002.
- [8] C. N. d. Acreditación, "Resolución 6022, 2012-06-01," Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia 2012.
- [9] C. Villarreal, "La ergonomía es parte del proceso de diseño industrial," presented at the **V Congreso Internacional de Ergonomía y IX Reunión Binacional de Ergonomía**, México, 2003.
- [10] N. Camargo, "La enseñanza de la ergonomía en México.," *Arcos Design*, vol. 7, 2013.
- [11] I. B. d. Valencia. (1997, Febrero 9). *Ergonomía y Discapacidad*. Available: <http://www.uva.es/export/sites/uva/6.vidauniversitaria/6.11.accesibilidadarquitectonica/documentos/Ergonomia.pdf>
- [12] L. M. Saénz. (2003, febrero 9). *Ergonomía & diseño de productos: Propuesta metodológica para la docencia y la investigación*. Available: [http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/encuentro2007/02\\_ auspicios\\_publicaciones/actas\\_diseno/articulos\\_pdf/A038.pdf](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/encuentro2007/02_ auspicios_publicaciones/actas_diseno/articulos_pdf/A038.pdf)
- [13] C. Flores, *Ergonomía para el diseño*. México D.F: Designio, 2001.
- [14] J. C. Sargot, V. Gouin, and S. Gomes, "Ergonomics in product design: safety factor," *Safety Science*, vol. 41, p. 17, 2003.
- [15] I. E. A. IEA. (2015, Abril 18, 2015). *Definition and Domains of ergonomics*. Available: <http://www.iea.cc/whats/index.html>
- [16] A. Naumann and M. Roeting. (2007) Digital Human Modeling for Design and Evaluation of Human-Machine Systems. *MMI-Interaktiv*.
- [17] O. Demirel and V. Duffy, "Digital Human Modeling for Product Lifecycle Management," presented at the First International Conference on Digital Human Modeling, ICDHM, Beijing, China, 2007.

- [18] D. Regazzoni and C. Rizzi, "Digital Human Models and Virtual Ergonomics to Improve Maintainability," *Computer-Aided Design and Applications*, vol. 11, pp. 10 - 9, 2014.
- [19] N. I. Badler, C. B. Phillips, and B. L. Webber, *Simulating humans: Computer graphics, animation, and control*. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- [20] D. Chakrabat, *Indian anthropometric dimensions for ergonomic design practice*: National Institute of design, 1997.
- [21] J. M. Martinez, J. S. Bedolla, F. Ricci, and p. Chiabert, "Validation process model for product lifecycle management," *International Journal of Product Lifecycle Management*, vol. 7, pp. 230-246, 2014.
- [22] J. Park, "Developing a knowledge management system for storing and using the design knowledge acquired in the process of a user-centered design of the next generation information appliances," *Design Studies*, vol. 32, pp. 482 - 513, 2011.
- [23] N. L. Menegan, D. Braatz, and L. A. Tonin, "Simulação humana aplicada à Ergonomia " in *Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente*, ed, 2011.
- [24] G. De Magistris, A. Micaelli, P. Evrad, C. Andriot, J. Savin, C. Gaudez, et al., "Dynamic of DHM for ergonomic assessments," *International Journal of Ergonomics*, vol. 43, pp. 170-180, 2013.
- [25] R. Tian and V. G. Duffy, "Computerized task risk assessment using digital human modeling based JobRisk Classification Model," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 61, pp. 1044-1052, 2011.
- [26] J. Dewey, "Experience & Education," ed. United States: Kappa Delta Pi, 1938.
- [27] R. Porlán, *Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza aprendizaje basado en la investigación*. . España: Diada Editoras, 1993.
- [28] J.-P. Astolfi, *Aprender en la escuela*. Chile: Dolmen 1993.
- [29] R. Florez, *Hacia una pedagogía del conocimiento*: McGraw-Hill, 1994.
- [30] V. Canfux, "La pedagogía tradicional," in *Tendencias pedagógicas contemporaneas*, C. U. d. Ibague, Ed., ed, 1996.
- [31] M. Gómez and N. Polanía, "ESTILOS DE ENSEÑANZA Y MODELOS PEDAGÓGICOS: Un estudio con profesores del Programa de Ingeniería Financiera de la Universidad Piloto de Colombia " Maestría en Docencia, Ciencias de la Educación, Universidad de La Salle, 2008.
- [32] O. Picardo, J. Escobar, and R. Pacheco, "Diccionario Pedagógico," in *Diccionario Enciclopédico de Ciencias de la Educación*, Primera edición ed. San Salvador, El Salvador: Centro de Investigación Educativa, Coelgio García Flamenco, 2005.
- [33] C. Coll, *El constructivismo en el aula*. España: Graó, 1997.
- [34] M. Tenutto, A. Klinoff, S. Boan, S. Redak, M. Antolín, and M. Sipes, "Escuela para maestros. Enciclopedia de pedagogía práctica ", ed. Buenos Aires: Editora Cultural Internacional Ltda, 2006, p. 575.
- [35] C. Bravo, "Métodos docentes," in *Enciclopedia de pedagogía* vol. Tomo 2: El profesor, U. C. J. Cela, Ed., ed. España: Espasa Calpe S.A, 2002.
- [36] J. Pimienta, *Estrategias de enseñanza-aprendizaje: Docencia universitaria basada en competencias*. México: Pearson Educación, 2012.
- [37] F. Díaz and G. Hernández, "Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista," 2 ed México: McGraw-Hill, 1999, p. 465.
- [38] A. Pontes, "Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos.," *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 2, pp. 2-18, 2005.

- [39] Y. Rodriguez. (2011, El software educativo como medio de enseñanza. *Cuadernos de educación y desarrollo* 3. Available: <http://www.eumed.net/rev/ced/28/yra.htm>
- [40] U. o. Cincinnati, "Dictionary of education," in *Dictionary of education*, C. Good, Ed., Segunda edición ed. Nueva York: McGraw-Hill Book Company, 1959.
- [41] R. d. C. Ministerio de Educación Nacional. (2015, Julio 25 - 2015). **Terminos en la letra Calidad** Available: <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-79404.html>
- [42] C. Galán. (2014, Junio 8 - 2015). **¿Qué universidades ofrecen Diseño Industrial en Colombia?** Available: <http://printcolombino.4mg.com/diseoindustrialcolombiaprogramas.htm>
- [43] E. d. D. I. UIS. (2015, Marzo 24). *Introducción del Programa académico de Diseño Industrial.* Available: <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/fisicoMecanicas/escuelas/disenolndustrial/programasAcademicos/disenolndustrial/introduccion.jsp>
- [44] EDIUIS. (2015, marzo 24). *Perfil egresado del programa académico de Diseño industrial.* Available: <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/fisicoMecanicas/escuelas/disenolndustrial/programasAcademicos/disenolndustrial/perfilEgresado.jsp>
- [45] EDIUIS. (2015, marzo 24). *Campos de desempeño del programa académico de Diseño Industrial.*
- [46] EDIUIS. (2015, Marzo 24). *Ergonomía Física.* Available: <http://disindustrial.uis.edu.co/eisi/eisi.jsp?IdServicio=S100>
- [47] EDIUIS. (2015, Marzo 24). *Ergonomía cognitiva y ambiental.* Available: <http://disindustrial.uis.edu.co/eisi/eisi.jsp?IdServicio=S74>
- [48] EDIUIS, "Programa de la asignatura: Ergonomía del producto," M. F. Maradei, Ed., ed. Bucaramanga, Colombia, 2014.
- [49] C. B. Phillips and N. I. Badler, "Jack: A Toolkit for Manipulating Articulated Figures," presented at the Proceedings of the 1st annual ACM SIGGRAPH symposium on User Interface Software, Alberta, Canada, 1988.
- [50] P. Blanchonette, "Jack Human Modelling Tool: A Review," D. d. Defensa, Ed., ed. Australia: Air Operations Division. DSTO Defence Science and Technology Organisation, 2010.
- [51] S. P. L. M. S. Inc, "Tecnomatix Jack Version 8.2," ed: Siemens, 2014, p. Jack User Manual Version 8.2.
- [52] S. P. L. M. S. Inc., "Jack Task Analysis Toolkit (TAT) Training manual V8.2," ed: Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., 2014.
- [53] K. Abdel-Malek, J. Arora, L. Law, C. Swan, S. Beck, T. Xia, *et al.* (2008) Santos: A digital human in the making.

## ANEXOS

### Anexo A. Tablas de descripción de softwares para DHM

<b>NOMBRE</b>	<b>SAMMIE CAD (System for Aiding Man-Machine-Interaction Evaluation)</b>
<b>DESARROLLADO POR</b>	SAMMIE CAD Ltd., Prime Computer Limited, Compeda Group of Companies (Stevenage, UK), University of Nottingham
<b>SITIO WEB</b>	<a href="http://www.lboro.ac.uk/microsites/lds/sammie/home.htm">http://www.lboro.ac.uk/microsites/lds/sammie/home.htm</a>
<b>BASE DE DATOS ANTROPOMETRICOS</b>	67 hombres y mujeres adultos de Estados Unidos; 81 hombres y mujeres adultos de Inglaterra; 98 Adultos de Hong Kong, China; 98 hombres y mujeres adultos de Europa (Holanda, Francia, Alemania, Italia, Suecia); militares de Inglaterra, Estados Unidos y Europa.
<b>PLATAFORMA</b>	Windows NT/200/XP
<b>FUNCIÓN</b>	Es una herramienta 3D de modelado humano digital que le permite a diseñadores e ingenieros generar modelos de puestos de trabajo y herramientas y realizar evaluaciones de ellos con una cantidad ilimitada de modelos humanos, ya que éstos pueden ser personalizados. El software permite realizar análisis de ajustes, alcances, campos de visión y posturas.
<b>APORTE A LA ERGONOMÍA</b>	Evaluación de cabinas de vehículos, diseño de paneles de control, evaluación de campo de visión, evaluación de seguridad en puestos de trabajo y tareas de mantenimiento.
<b>INCONVENIENTES</b>	

<b>NOMBRE</b>	<b>LifeMOD</b>
<b>DESARROLLADO POR</b>	Lifemodeler, INC
<b>SITIO WEB</b>	<a href="http://www.lifemodeler.com/products/lifemod/">http://www.lifemodeler.com/products/lifemod/</a>
<b>BASE DE DATOS ANTROPOMETRICOS</b>	
<b>PLATAFORMA</b>	MD ADAMS
<b>FUNCIÓN</b>	Permite que diseñadores, ingenieros y otros interesados en biomecánica, creen modelos humanos con alta veracidad en los datos antropométricos, ya que se pueden escoger la edad, altura, peso y género del usuario y el sistema automáticamente creará los huesos, músculos y articulaciones de dicho sujeto y así poder realizar pruebas rápidas y repetitivas de los diseños a evaluar. El Software muestra resultados instantáneos de fuerza, torque, desplazamientos, ángulos, velocidades y aceleraciones.

	La herramienta digital se puede conectar a un sistema de captura de movimientos e importar los datos para que puedan ser analizados por el sistema.
<b>APORTE A LA ERGONOMIA</b>	Simulación de operaciones en puestos de trabajo, simular tareas y medir el rendimiento humano. Evaluar fatiga y estrés de un trabajador mientras realiza una determinada actividad.
<b>INCONVENIENTES</b>	

<b>NOMBRE</b>	<b>3DSSPP (3D Static Strength Prediction Program)</b>
<b>DESARROLLADO POR</b>	Universidad de Michigan, Centro de ergonomía
<b>SITIO WEB</b>	<a href="http://umich.edu/~ioe/3DSSPP/index.html">http://umich.edu/~ioe/3DSSPP/index.html</a>
<b>BASE DE DATOS ANTROPOMETRICOS</b>	
<b>PLATAFORMA</b>	Windows XP/VISTA/7
<b>FUNCIÓN</b>	El software predice fuerzas estáticas en tareas como levantar, empujar, tirar y alzar. El programa ofrece una simulación aproximada del trabajo realizado que incluye datos de la postura, parámetros de fuerza y comparación de datos por medio de NIOSH.
<b>APORTE A LA ERGONOMIA</b>	Evaluación de diseño y rediseño de puestos de trabajo, priorizando la construcción o reconstrucción de éstos o de las tareas que se llevan a cabo allí. Resulta de mayor utilidad para analizar movimientos realizados lentamente, donde los efectos de la aceleración e impulso son insignificantes.
<b>INCONVENIENTES</b>	El análisis de movimientos es de carácter limitado, ya que los modelos humanos están limitados al análisis de fuerzas estáticas.

<b>NOMBRE</b>	<b>SANTOS</b>
<b>DESARROLLADO POR</b>	SantosHuman Inc., Universidad de Iowa, Ejército de EE.UU
<b>SITIO WEB</b>	<a href="http://www.santoshumaninc.com/">http://www.santoshumaninc.com/</a>
<b>BASE DE DATOS ANTROPOMETRICOS</b>	ISO 3411
<b>PLATAFORMA</b>	Windows 2000/XP/VISTA
<b>FUNCIÓN</b>	El software puede predecir y analizar posturas estáticas, movimientos, fuerza conjunta y fatiga, con el fin de ayudar al diseño y evaluación de productos y procesos. Puede responder a condiciones de causa y efecto en un ambiente fijado, ya que puede simular todas las condiciones operativas e identificar problemas de seguridad. Los modelos humanos del software no presentan restricción alguna para realizar los movimientos que sean necesarios para llevar a cabo la tarea. [53]

<b>APORTE A LA ERGONOMIA INCONVENIENTES</b>	Puede ser utilizado tanto en el diseño y rediseño de productos
---	--

<b>NOMBRE</b>	<b>DELMIA</b>
<b>DESARROLLADO POR</b>	Dassault Systemes
<b>SITIO WEB</b>	<a href="http://www.3ds.com/products-services/delmia/">http://www.3ds.com/products-services/delmia/</a>
<b>BASE DE DATOS ANTROPOMETRICOS</b>	
<b>PLATAFORMA</b>	
<b>FUNCIÓN</b>	<p>El software puede predecir y analizar posturas estáticas, movimientos, fuerza conjunta y fatiga, con el fin de ayudar al diseño y evaluación de productos y procesos.</p> <p>Puede responder a condiciones de causa y efecto en un ambiente fijado, ya que puede simular todas las condiciones operativas e identificar problemas de seguridad.</p> <p>Los modelos humanos del software no presentan restricción alguna para realizar los movimientos que sean necesarios para llevar a cabo la tarea.</p>
<b>APORTE A LA ERGONOMIA INCONVENIENTES</b>	Puede ser utilizado tanto en el diseño y rediseño de productos

<b>NOMBRE</b>	<b>JACK</b>
<b>DESARROLLADO POR</b>	Siemens PLM (ehem. Unigraphics Solutions - UGS)
<b>SITIO WEB</b>	<a href="http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/human-ergonomics/jack.shtml">http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/human-ergonomics/jack.shtml</a>
<b>BASE DE DATOS ANTROPOMETRICOS</b>	Ansur 88 (Army Natick Survey User Requirements), NHANES III 1994 (National Health and Nutrition Examination Survey), Canadian Land Forces anthropometric databases
<b>PLATAFORMA</b>	Tecnomatix
<b>FUNCIÓN</b>	Permite realizar pruebas de diseños y operaciones con una amplia variedad de factores humanos, incluyendo riesgo de lesión, tiempos, comodidad del usuario, accesibilidad, líneas de visión, gasto de energía, límites de fatiga y otros parámetros importantes.
<b>APORTE A LA ERGONOMÍA</b>	Permite la evaluación de aspectos ergonómicos en las primeras etapas del diseño del producto y la planeación de manufactura. Permite mejorar la seguridad, eficiencia y confort de los ambientes de trabajo.
<b>INCONVENIENTES</b>	Debido a las medidas antropométricas que se usan y a las formas del modelo, se puede dificultar el análisis en el ajuste de equipos o accesorios que deben ser portados, y en espacios reducidos de posturas sedentes. [50]

<b>NOMBRE</b>	<b>HumanCAD</b>
<b>DESARROLLADO POR</b>	NexGen Ergonomics, Inc
<b>SITIO WEB</b>	<a href="http://www.nexgenergo.com/ergonomics/humancad.html">http://www.nexgenergo.com/ergonomics/humancad.html</a>
<b>BASE DE DATOS ANTROPOMETRICOS</b>	1988 Natick US Army, NASA-STD-3000
<b>PLATAFORMA</b>	Microsoft Windows XP, Vista, 7 or 8
<b>FUNCIÓN</b>	Permite crear humanos digitales en ambientes de tres dimensiones en los cuales se podrán desarrollar análisis de ergonomía y factores humanos, proporcionando resultados que permiten la predicción de riesgos y lesiones. Otras herramientas de factores humanos ayudan en la determinación de alcances, rangos de visión y confort.
<b>APORTE A LA ERGONOMIA</b>	HumanCAD ayuda a los usuarios en el diseño de productos y puestos de trabajo determinando lo que humanos de diferentes dimensiones, pueden ver, alcanzar o levantar.
<b>INCONVENIENTES</b>	

<b>NOMBRE</b>	<b>RAMSIS (Realistic Anthropological Mathematical System for Interior Comfort Simulation)</b>
<b>DESARROLLADO POR</b>	Human Solutions Assist AVM
<b>SITIO WEB</b>	<a href="http://www.human-solutions.com/mobility/front_content.php?changelang=8&amp;lang=8">http://www.human-solutions.com/mobility/front_content.php?changelang=8&amp;lang=8</a>
<b>BASE DE DATOS ANTROPOMETRICOS</b>	Hombres y mujeres adultos de Norte América, Alemania, Japón (Ford), Corea, México, América del sur, centro de Europa
<b>PLATAFORMA</b>	Stand-alone application for Windows. Integración con Catia 5, Autodesk y Factory 6
<b>FUNCIÓN</b>	Evaluación de visibilidad, confort y análisis ergonómico. Replicas realistas de bases de datos internacionales.
<b>APORTE A LA ERGONOMIA</b>	Industria Automotor, construcción y análisis de automóviles, aviones y vehículos industriales. Análisis de puestos de trabajo
<b>INCONVENIENTES</b>	Presenta dificultades al importar modelos de alta complejidad.

<b>NOMBRE</b>	<b>Dynamicus-Hybrid III</b>
<b>DESARROLLADO POR</b>	Institut für Mechatronik
<b>SITIO WEB</b>	<a href="https://www.tu-chemnitz.de/ifm/produkte/html_e/alaskaDYNAMICUS.html">https://www.tu-chemnitz.de/ifm/produkte/html_e/alaskaDYNAMICUS.html</a>
<b>BASE DE DATOS ANTROPOMETRICOS</b>	Base de datos de Ramsis. Base de datos personalizable.
<b>PLATAFORMA</b>	Microsoft Windows
<b>FUNCIÓN</b>	Simulación de movimiento, cálculo de fuerzas internas y torques,

	ángulos entre articulaciones y cálculo de movimiento bajo la acción de fuerzas externas. Resultados mecánicos y biomecánicos.
<b>APOORTE A LA ERGONOMIA</b>	Campos de aplicación: deportes de alto rendimiento, equipo deportivo, rehabilitación, análisis de accidentes, ortopedia y análisis ergonómico.
<b>INCONVENIENTES</b>	

### Anexo B. Programa de la asignatura Ergonomía de producto

<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>		
<b>ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL</b>		
<b>Programa Diseño Industrial</b>		
Nombre de la asignatura: Ergonomía del producto		
<b>CÓDIGO:</b> 24603	<b>NÚMERO DE CRÉDITOS:</b>	3
<b>REQUISITOS:</b> 24599		
<b>INTENSIDAD HORARIA SEMANAL:</b>	3	<b>TAD:</b> 3
		<b>TI:</b> 3
<b>TALLERES:</b> ___	<b>LABORATORIO:</b> ___	<b>TEORICA:</b> _x_
<b>JUSTIFICACIÓN</b>		
<p>En todo proyecto educativo que pretenda formar profesionales del diseño, debe existir un espacio para el estudio de las características, necesidades, capacidades y habilidades de los seres humanos; esto relacionado con el análisis de los aspectos que afectan al diseño de productos, a procesos de producción que utilizan los individuos en sus lugares de trabajo, para procurar como resultado final un entorno laboral confortable y saludable, mediante la adaptación de productos, tareas, herramientas, espacios y entorno en general a las capacidades y necesidades de las personas de manera que se mejore la eficiencia, seguridad y bienestar del operador o usuario humano.</p>		

### **PROPÓSITO DE LA ASIGNATURA**

- 1 Identificar la utilidad y el objetivo particular de algunos métodos de evaluación ergonómicos para el análisis de actividades de trabajo.
- 2 Relacionar las propiedades cualitativas y cuantitativas de los objetos, con diversos factores estudiados en los cursos de ergonomía anteriores (anatomofisiológicos, antropométricos, psicológicos, socio-cultural y ambiental).
- 3 Desarrollar una actitud profesional en cuanto al desarrollo de un estudio ergonómico que permita el diseño de un producto o de un puesto de trabajo.
- 4 Plantear el sentido que tiene un método ordenado para llevar a cabo la secuencia de análisis y evaluación ergonómicos de los diferentes factores involucrados durante el ejercicio del diseño.

### **COMPETENCIAS A ADQUIRIR**

- Comprende una situación de uso en función de los determinantes de la
- Describe una situación de uso en términos de dimensiones de
- Relaciona elementos causales obtenidos de diferentes fuentes
- Define el problema de uso en términos de objetivos
- Establece un problema en términos experimentales
- Relaciona datos obtenidos con objetivos de prueba
- Identifica los instrumentos de medida en función de hipótesis

### **CONTENIDOS**

1. Análisis de las situaciones de uso
  - a. Modelo de determinantes. Las condiciones y los resultados de uso.
  - b. Las representaciones de uso. Diseñador vs usuario
  - c. La visión ergonómica de análisis. perspectiva sistémica.
  - d. Análisis de las características del producto con relación al usuario. Definición desde los factores de riesgo de postura, fuerza y repetición.
2. La experimentación ergonómica
  - a. Tipos de experimentación en ergonomía. Diseño de experimentos con un factor.
  - b. Tipos de variables experimentales, identificación de las variables y las

unidades experimentales.

c. Establecimiento de los procedimientos y protocolos. Instrumentos de medida. Principios de estadística descriptiva.

d. Análisis ergonómico a partir de modelado y simulación humana

**3. Desarrollo de un proyecto en ergonomía de producto**

a. Definición del problema de uso del producto

b. Identificación de las características de los usuarios (Tipo, actividad, edad, sexo, características físicas generales del usuario)

c. Si el producto existe, análisis de las características del producto con relación al usuario (definirlas fundamentadas en los factores de riesgo de postura, fuerza, repetición y vibración).

d. Caracterización de la situación de uso del producto desde una perspectiva sistémica. Descripción de los determinantes de uso.

e. Descripción de las etapas de uso del producto (finalidad de uso, modo de uso, secuencias de usos posibles de operación en función de las circunstancias).

f. Definición de las hipótesis de uso de lo que pasa o puede pasar (definir por qué el producto tiene dificultades o visualizar las dificultades posibles que pueda tener debidas a la inadaptación del usuario al producto nuevo).

g. Establecer los diseños experimentales a partir de los cuales las hipótesis serán o no validadas (establecer las variables, definir el procedimiento, justificar los instrumentos de medida, definir cómo se realizará el análisis de datos).

h. Definir las soluciones con base en la validación o no de las hipótesis.

i. Sustentación oral y entrega de memorias del proyecto realizado.

### **ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE**

-Clase conceptual o magistral: introducción a los diversos temas expuestos por parte del docente.

-Investigación: realización de trabajo conceptuales, cognitivos y de campo, por parte de los estudiantes, orientados por el docente.

-Trabajo en clase: realización de ejercicios y prácticas para el desarrollo de los temas expuestos en el contenido del curso.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

La evaluación de la asignatura se define mediante la calificación de las estrategias de evaluación, con calificaciones de cero punto cero (0.0) a cinco punto cero (5.0).

### PROGRAMACION DE EVALUACION

- **Análisis de situaciones de uso (15%)**

a. Comprende una situación de uso en función de los determinantes de la actividad

*Criterio:*

b. Describe una situación de uso en términos de dimensiones de exposición

*Criterio:*

*-Describe la exposición junto con sus dimensiones en función de la*  
c. Relaciona elementos causales obtenidos de diferentes fuentes

*Criterio:*

*-Sintetiza la información obtenida, puede responder a las preguntas ¿qué?, ¿por qué? y ¿para qué?*

*Otros criterios:*

*-Muestra sus hallazgos en tablas, diagramas o mapas conceptuales*

*-Muestra solo la información que es pertinente para su caso específico.*

*Muestra un adecuado uso de la ortografía y la gramática*

- **Experimentación ergonómica (20%)**

a. Establece un problema en términos experimentales

*Criterio:*

*-Esquematiza el experimento (variables y unidad experimental)*

*-Describe el procedimiento a llevar a cabo acorde al experimento*

b. Relaciona datos obtenidos con objetivos de prueba

*Criterio:*

*-Expresa conclusiones pertinentes al problema planteado.*

b. Ejecuta una experimentación a partir del modelado y simulación ergonómica

*Criterio:*

*-Recrea el modelo de simulación acorde al experimento planteado*

- **Proyecto de ergonomía de producto**

- Definición del problema de uso 20%**

a. Comprende una situación de uso en función de los determinantes de la actividad

*Criterio:*

b. Describe una situación de uso en términos de dimensiones de exposición

*Criterio:*

*-Describe la exposición junto con sus dimensiones en función de la*

c. Relaciona elementos causales obtenidos de diferentes fuentes

*Criterio:*

*-Sintetiza la información obtenida, puede responder a las preguntas ¿qué?, ¿por qué? y ¿para qué?*

d. Define el problema de uso en términos de objetivos

*Criterio:*

*-Esquematiza el árbol de problemas y objetivos*

*Otros criterios:*

*-Muestra sus hallazgos en tablas, diagramas o mapas conceptuales*

*-Muestra solo la información que es pertinente para su caso específico.*

*-Maneja un adecuado uso de la ortografía y la gramática.*

- **Hipótesis y protocolos 20%**

a. Comprende lo que significa una hipótesis

*Criterio:*

*-Formula hipótesis en función de la situación de uso encontrada.*

*-Establece los supuestos de la situación de uso*

b. Identifica los instrumentos de medida en función de hipótesis

*Criterio:*

- Esquematiza el experimento (variables y unidad experimental)
- Describe el procedimiento a llevar a cabo acorde al experimento propuesto
- Establece cómo se realizará el análisis de resultados

*Otros criterios:*

- Muestra sus hallazgos en tablas, diagramas o mapas conceptuales
- Muestra solo la información que es pertinente para su caso específico.
- Maneja un adecuado uso de la ortografía y la gramática.

- **Experimentación ergonómica 25%**
  - a. Establece la hipótesis en términos experimentales

*Criterio:*

- Esquematiza el experimento (variables y unidad experimental)
- Describe el procedimiento a llevar a cabo acorde al experimento propuesto

- b. Relaciona datos obtenidos con objetivos de prueba

*Criterio:*

- Expresa conclusiones pertinentes al problema planteado.

*Otros criterios:*

- Muestra sus hallazgos en tablas, diagramas o mapas conceptuales
- Muestra solo la información que es pertinente para su caso específico.
- Maneja un adecuado uso de la ortografía y la gramática.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Farrer, F., Minaya, G., Niño, J., Ruiz, M., (1995) Manual de ergonomía, Fundación Mapfre.
- Guerin, F., Lavaille, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., Kerguelen, A., (1997). Comprendre le travail pour le transformer. ANACT.

- Maradei F; Espinel, F. (2010), Ergonomía para el diseño. publicaciones UIS
- Mondelo, P., Gregori, E., Blasco, J., Barrau, P., (1998), Ergonomía 3, Diseño de Puestos de Trabajo. Ediciones UPC. Barcelona.
- Mc Cormick, E.J., (1980), Ergonomía, Gustavo Gili, Barcelona.
- Perkins, D., (1985) Conocimiento como Diseño, Publicaciones Universidad Javeriana, Bogotá.
- Ovidio Rincón (2010). Ergonomía y procesos de diseño. Publicaciones Universidad Javeriana, Bogotá
- Cecilia Flores (2010). Ergonomía para el diseño. Editorial designio

## Anexo C. Encuesta desarrollada con la ayuda de Formularios Google

### Ergonomía del producto en la Escuela de Diseño Industrial UIS

Por medio de esta encuesta, se busca conocer la importancia y percepción que los alumnos y egresados de la EDIUIS tienen acerca de la asignatura Ergonomía del producto con el fin de desarrollar estrategias de enseñanza en dicha asignatura que fortalezcan las competencias de los estudiantes.

Agradecemos su ayuda al completar con sinceridad las preguntas que se presentan a continuación

\*Obligatorio

Género \*

- Femenino  
 Masculino

Edad \*

Nivel o egresado \*

Evalúe, de 0 a 5, la importancia de la ergonomía en el diseño o rediseño de un producto \*

0 1 2 3 4 5

No es importante       Muy importante

Evalúe, de 0 a 5, su capacidad para realizar análisis ergonómicos en el diseño o rediseño de un producto \*

0 1 2 3 4 5

No estoy capacitado       Totalmente capacitado

¿Con qué frecuencia aplica los conocimientos adquiridos en la asignatura "Ergonomía de producto" durante el diseño o rediseño de productos? \*

- Siempre
- Casi siempre
- A veces
- Casi nunca
- Nunca

¿Considera que las herramientas informáticas o softwares facilitan el que hacer del diseñador? Si o no ¿Por qué? \*

Por favor justifique su respuesta en ambos casos

¿Cuándo debe trabajar con un software por primera vez, cuál método le resulta más útil para familiarizarse con él? \*

- Manual de uso
- Tutoriales
- Clases con tutor
- Prueba el software por su cuenta
- Otros:

¿Conoce herramientas informáticas o softwares que se empleen en análisis y simulaciones ergonómicas? Sí o no, ¿Cuáles? \*

¿Cómo mejoraría la enseñanza de la Ergonomía de producto en la EDIUIS? \*

Enviar

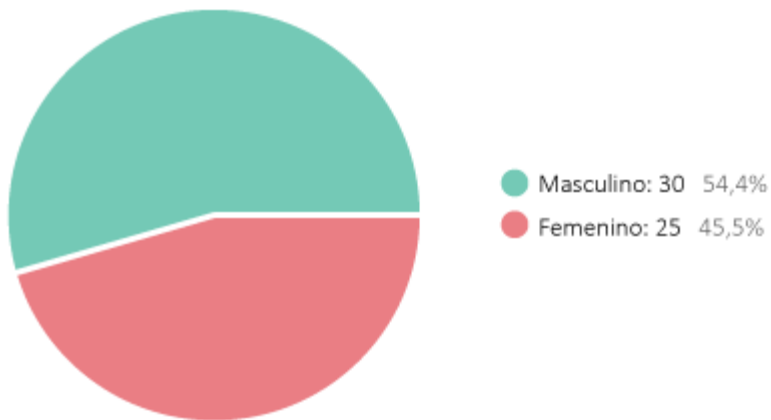
*Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.*

Con la tecnología de  
 Google Forms

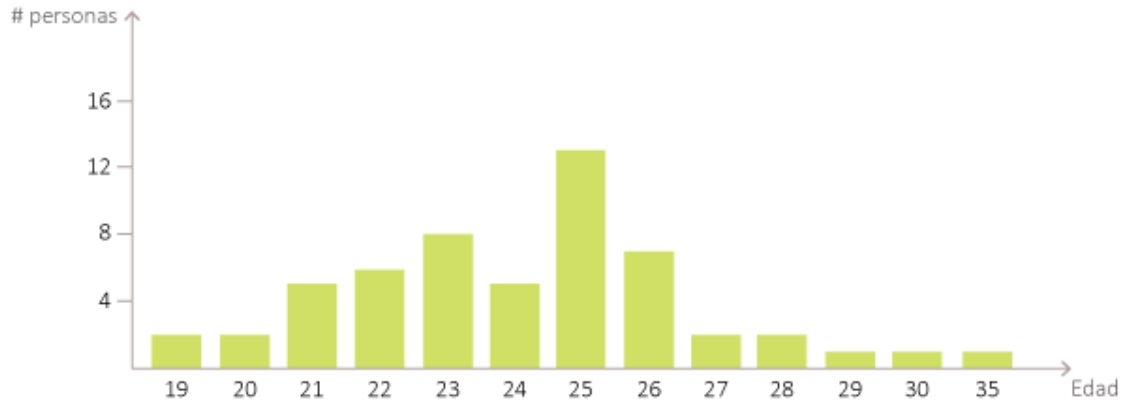
Google no creó ni aprobó este contenido.  
[Denunciar abuso](#) - [Condiciones del servicio](#) - [Condiciones adicionales](#)

## Resultados encuesta

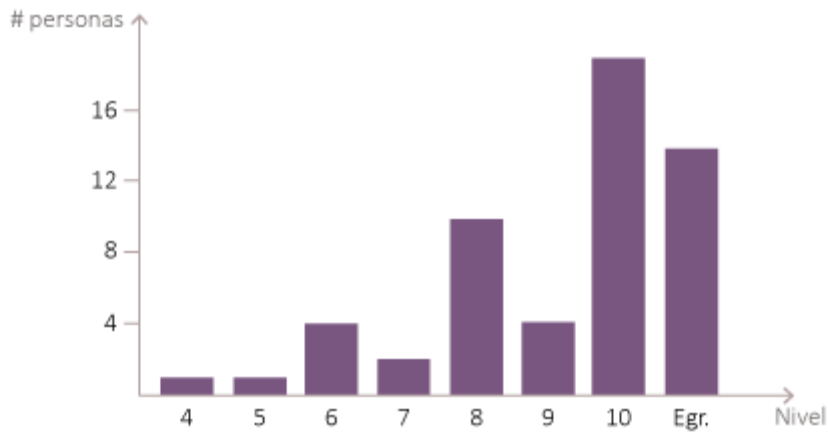
### 1. Género



### 2. Edad

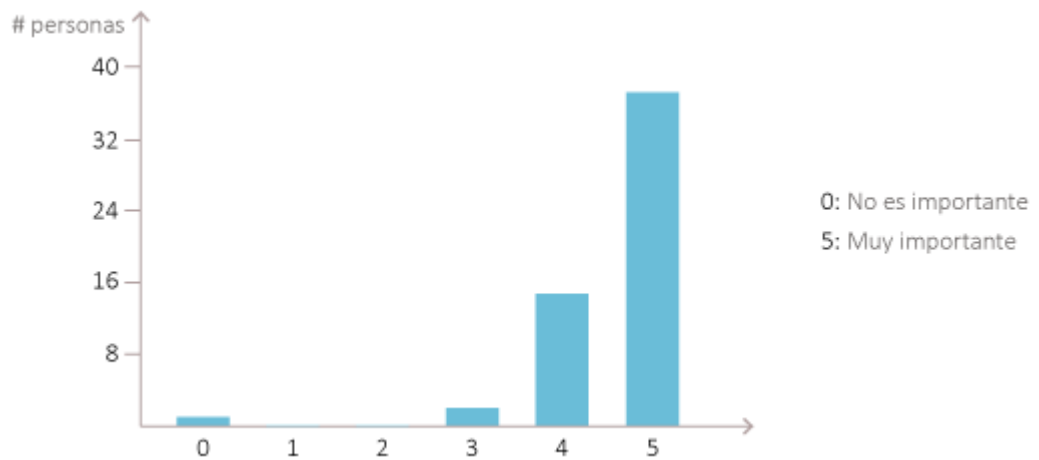


### 3. Nivel o egresado

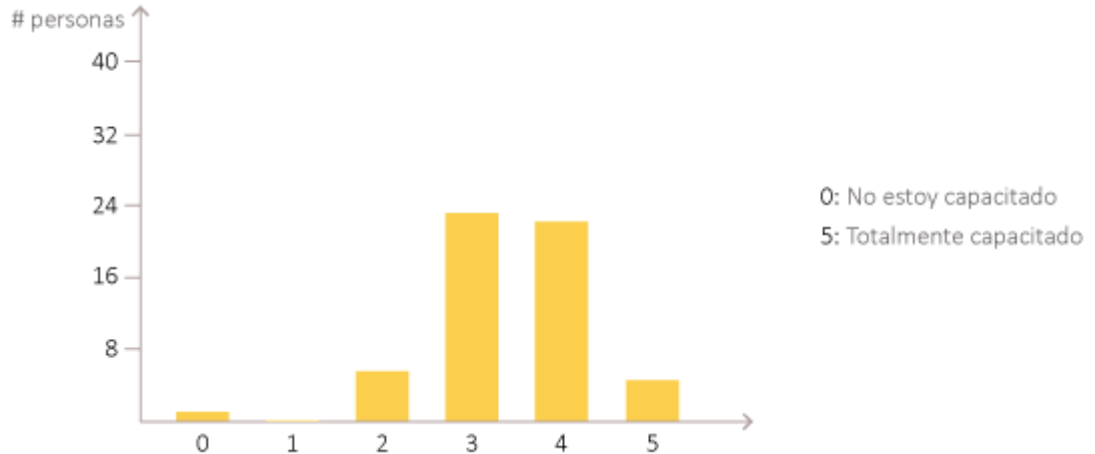


4. Evalúe, de 0 a 5, la

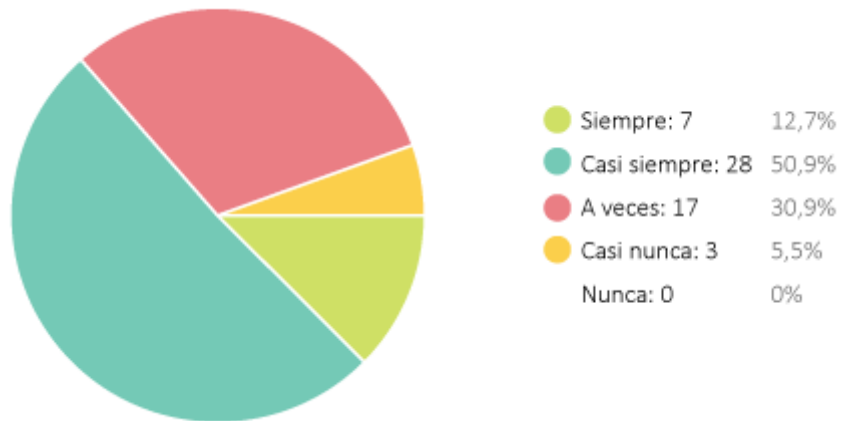
importancia de la ergonomía en el diseño o rediseño de un producto



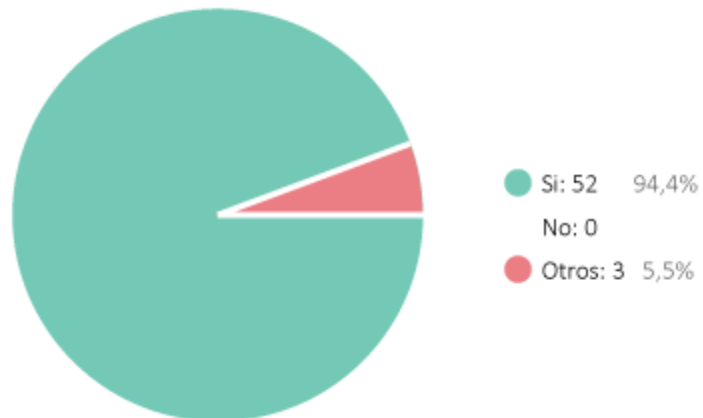
5. Evalúe, de 0 a 5, su capacidad para realizar análisis ergonómicos en el diseño o rediseño de un producto



6. ¿Con qué frecuencia aplica los conocimientos adquiridos en la asignatura “Ergonomía de producto” durante el diseño o rediseño de productos?



7. ¿Considera que las herramientas informáticas o softwares facilitan el que hacer del diseñador? Si o no ¿Por qué?

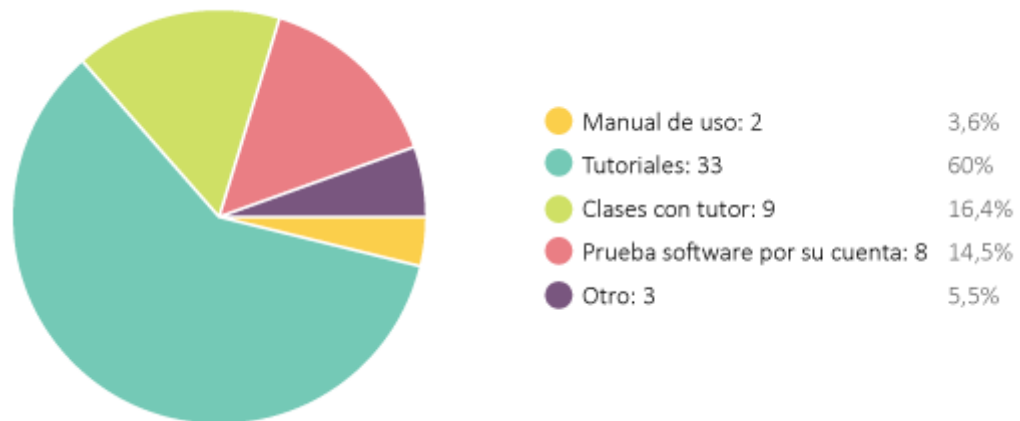


Esta pregunta fue realizada de manera abierta y la respuesta de “otros” hace referencia a los que no están totalmente en acuerdo o desacuerdo.

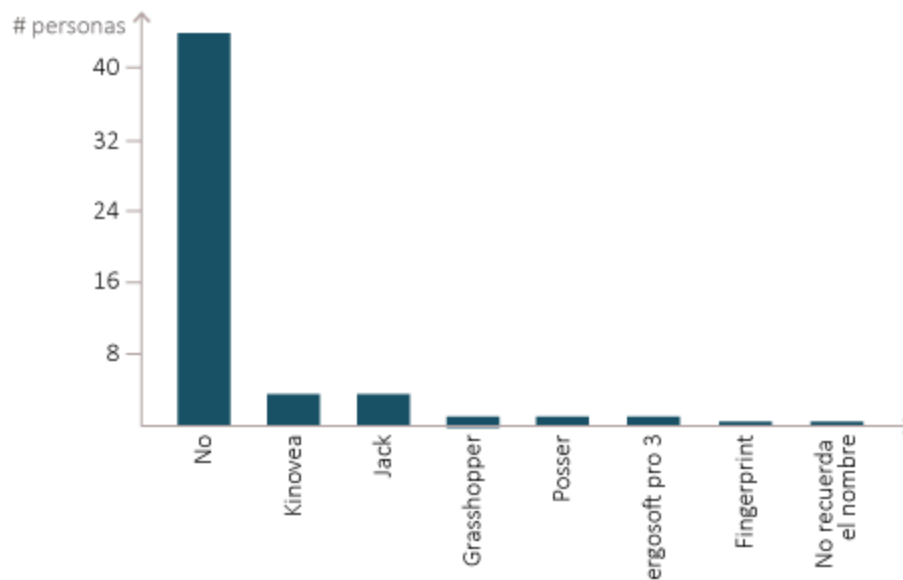
Las palabras más comunes en las respuestas fueron:

- Ahorro de tiempo
- Análisis rápidos
- Simplificar tareas
- Pre visualizar cambios
- Simulaciones
- Mayor precisión
- Ahorro de dinero
- Menor construcción de modelos

8. ¿Cuándo debe trabajar con un software por primera vez, cuál método le resulta más útil para familiarizarse con él?



9. ¿Conoce herramientas informáticas o softwares que se empleen en análisis y simulaciones ergonómicas? Sí o no, ¿Cuáles?



10. ¿Cómo mejoraría la enseñanza de la Ergonomía de producto en la EDIUIS?

Al agrupar las respuestas, los términos más utilizados por los encuestados fueron:

- Implementación de softwares, herramientas informáticas y simulación
- Que la asignatura sea más práctica

- Uso de ejemplos de la vida real
- Ejemplos no solo con herramientas
- Laboratorio de ergonomía y préstamo de los equipos para realizar prácticas.

## **Anexo D. Planeación de las clases del modelo propuesto**

### **Clase #1**

Duración: 3 horas.

- Introducción del concepto Modelado Humano Digital o *Digital Human Modeling*
- Presentación del software Tecnomatix JACK: ventajas, aplicaciones y requerimientos de procesador.
- Compartir carpeta de archivos: Guía rápida de uso, manuales y tutoriales.
- Instalar el software Tecnomatix JACK versión 8.2.
- Explicación de la interfaz y comandos del programa (Menú, barra de control, mover y rotar cámaras).
- Crear un humano (Jack o Jill). Desplazar a Jack usando los comandos mover y rotar figuras.
- Explicar las herramientas del panel de control “Human control”- Énfasis en la pestaña de articulaciones y posturas.
- Actividad 1:
  - Crear un Jack con el peso y altura de cada estudiante.
  - Disponer a Jack en postura de sentadilla por medio de las posturas de biblioteca o ajustando las articulaciones.
  - Importar un cubo de la biblioteca de objetos.
  - Ubicar el cubo frente a Jack usando los comandos mover y rotar.
  - Realizar el agarre del cubo.
- Actividad 2:

- Disponer a Jack en la postura predeterminada (de pie).
- Importar un martillo de la biblioteca de objetos.
- Ubicar el martillo frente a Jack usando los comandos mover y rotar.
- Realizar el agarre del martillo.
- Refinar el agarre ajustando las articulaciones de la mano y brazo de Jack.
- Explicación de los sistemas de animación (Modulo de animación y *Task Simulation Builder* “TSB”)
- Introducción al TSB – Interfaz, menú y herramientas principales.
  - Insertar Jack
  - Importar esfera de la biblioteca de objetos
  - Mover la esfera lejos de Jack
  - Realizar la animación del recorrido de Jack para llegar a la esfera
  - Realizar la animación del agarre de la esfera, por medio de las herramientas principales.
  - Exportar la animación al Módulo de animación.
  - Realizar el análisis OWAS para la animación creada.

## **Clase # 2**

Duración: 3 horas.

Estudio de caso: Cosecha de fruto de palma de aceite.

- Compartir carpeta de archivos: Video de la actividad, piezas para la simulación y primera escena en el JACK.
- Realizar un análisis previo de la cosecha del fruto por medio de los videos de la actividad.
- Tomar 6 fotografías de posturas que sirvan como base para realizar la animación.
- Abrir la primera escena que se encuentra en la carpeta de archivos.
- Insertar un humano (Jack o Jill)
- Ubicar el barretón en la posición adecuada

- Realizar el agarre del barretón y ajustarlo hasta conseguir las posturas adecuadas.
- Guardar las posturas en la biblioteca para ambas manos.
- Ajustar la postura del cuerpo completo para las 6 posturas elegidas y guardarlas en la biblioteca.
- Entrar al TSB.
- Realizar el agarre del barretón con las herramientas de TSB.
- Añadir la postura final, eligiendo ésta de las 6 guardadas en la biblioteca ajustándola hasta conseguir una correcta recreación de la fotografía tomada.
- Realizar el paso anterior con cada postura para crear la animación.
- Exportar la animación al Módulo de animación JACK
- Realizar el análisis OWAS con el software.
- Analizar los códigos posturales y los niveles de riesgo de las posturas. Comparar los resultados de JACK frente a las fotografías elegidas.

### **Clase # 3**

Duración: 3 horas.

La clase # 3 está destinada a resolver las dudas respecto al análisis en JACK de la actividad que cada grupo elija para el trabajo de “Experimentación ergonómica”. Los estudiantes dispondrán de 3 horas de clase para consultar detalles específicos de la actividad de uso planteada, asimismo tienen a su disposición 9 tutoriales, una guía rápida de uso y los manuales de Siemens sobre el programa JACK. En caso de que sea necesario podrán realizar consultas en horarios extra clase.

### **Anexo E. Material de apoyo para el aprendizaje de Tecnomatix JACK**

La guía rápida de uso y los nueve tutoriales sobre el software Tecnomatix JACK desarrollados por los autores, se anexan en un disco compacto en los formatos PDF y MP4, respectivamente.

**Anexo F. Notas de los estudiantes de Ergonomía de producto en los talleres 4 y 5 (Segundo semestre del 2015)**

Estudiantes	NOTA TALLER 4 (Con DHM)	NOTA TALLER 5 (Sin DHM)
E1	4.9	5.0
E2	3.3	3.9
E3	3.3	3.9
E4	3.5	4.6
E5	3.5	4.6
E6	5.0	4.8
E7	5.0	4.8
E8	3.8	5.0
E9	3.8	5.0

**Notas definitivas de los talleres 4 y 5 por estudiante**

INDICADOR DE LOGRO	PORCENTAJE	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9	
		CDHM	SDHM	CDHM	SDHM	CDHM	SDHM	CDHM	SDHM	CDHM	SDHM	CDHM	SDHM	CDHM	SDHM	CDHM	SDHM	CDHM	SDHM
Realiza análisis estadísticos con los resultados en función del tipo de dato (dicotómico, politómico, discreto o continuo)	10 %	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	2,0	5,0	2,0	5,0
Explica los datos obtenidos de cada una de las variables medidas, siempre orientados a validar o no la hipótesis planteada en el trabajo. La explicación es clara y con gran cantidad de detalles	25 %	5,0	5,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,2	3,5	4,2	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Analiza dichos resultados, para esto reúne la información obtenida y la sintetiza según la hipótesis planteada. La síntesis es escrita y puede apoyarse de infografías	30 %	5,0	5,0	3,0	3,5	3,0	3,5	3,5	4,5	3,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0	5,0	3,0	5,0
Expresa conclusiones pertinentes al problema planteado. Argumenta sus conclusiones siempre desde el punto de vista del diseño del producto	15 %	5,0	5,0	3,0	5,0	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Muestra sus hallazgos en tablas, diagramas o mapas conceptuales. Estos son elementos de apoyo a la explicación de los datos	10%	5,0	5,0	2,0	3,5	2,0	3,5	2,0	5,0	2,0	5,0	4,5	4,0	4,5	4,0	2,0	5,0	2,0	5,0
Maneja un adecuado uso de la ortografía y la gramática	10%	4,9	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0	5,0	3,0	5,0	5,0	4,5	5,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0

### Notas de indicadores de logro en los talleres 4 y 5 por estudiante

## BIBLIOGRAFIA

Bravo, C. (2002). Métodos docentes. In U. C. J. Cela (Ed.), Enciclopedia de pedagogía (Vol. Tomo 2: El profesor). España: Espasa Calpe S.A.

Demirel, O., & Duffy, V. (2007). Digital Human Modeling for Product Lifecycle Management. Paper presented at the First International Conference on Digital Human Modeling, ICDHM, Beijing, China.

Demirel, O. H., & Duffy, V. G. (2007). Applications of Digital Human Modeling in Industry. In V. G. Duffy (Ed.), Digital Human Modeling (Vol. 4561, pp. 824 -832): Springer Berlin Heidelberg.

Polášek, P., Bureš, M., & Šimon, M. (2014). Comparison of Digital Tools for Ergonomics in Practice. Paper presented at the 25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, DAAAM2014, Viena, Austria.

Tian, R., & Duffy, V. G. (2011). Computerized task risk assessment using digital human modeling based JobRisk Classification Model. Computers & Industrial Engineering, 61, 1044-1052.