

**ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ERGONÓMICAS DE  
UNA SILLA DE OFICINA PARA ASUMIR UNA POSTURA SEDENTE  
PROLONGADA. PROPUESTA DE DISEÑO. PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN.**

**ZULI TATIANA GALINDO ESTUPIÑAN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2013**

**ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ERGONÓMICAS DE  
UNA SILLA DE OFICINA PARA ASUMIR UNA POSTURA SEDENTE  
PROLONGADA. PROPUESTA DE DISEÑO. PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN.**

**ZULI TATIANA GALINDO ESTUPIÑAN**

**Proyecto de grado para optar al título de Diseñadora Industrial**

**Director**

**MSc. FRANCISO ESPINEL CORREAL**

**Codirector:**

**MSc. MARÌA FERNANDA MARADEI GARCÌA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2013**

*“Y te das cuenta que el propósito de la vida  
no es tener dinero o poder, sino dar, amar,  
ser parte de la suma de un todo”  
Para todos aquellos que son  
y han sido parte de mi vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Este logro significa el crecimiento personal y profesional que ha sido apoyado por mi familia con el respaldo económico pero lo más importante por ser parte de cada uno de esos momentos donde necesité apoyo y colaboración. A mi madre por su esmero y cariño en cada atención para conmigo. A Luz por sus regaños en los momentos de desesperación, los consejos y el apoyo incondicional. A mi padre que me dejó el carácter recio y disciplinado, que supo darme lo justo y necesario, que a pesar del tiempo aún está en mi corazón. A Diego por aportar la paciencia y las soluciones en los momentos indicados, por el trabajo y tiempo en detallar partes del proyecto.

A mis tutores Francisco y María Fernanda que me han permitido ser parte de esta familia de investigación por darme la oportunidad de aprender, por permitirse dedicar parte de su tiempo para formar y ser el ejemplo para trabajar de la mejor manera. Su compromiso y esmero me han hecho querer ser parte de la academia y encontrar el rumbo de mi carrera. Aprecio enormemente su compañía y afecto.

A mis amigos, los que me han dado tanto, espero poder recompensar de alguna manera tanto cariño, ánimo y regaños dados, posiblemente nunca devuelva los abrazos, las lágrimas y sonrisas de los momentos, esos que espero no terminen.

A todas aquellas personas que han estado pendientes y han colaborado en este proceso, me permiten hoy haber alcanzado una meta más, lo cual me permite seguir en este arduo pero fascinante camino.

Gracias.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	18
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.1 TITULO DEL PROYECTO	19
1.2 JUSTIFICACIÓN	19
1.3 OBJETIVOS	21
1.3.1 Objetivo general	22
1.3.2 Objetivos específicos	22
1.4 ALCANCE DEL PROYECTO	22
1.5 PERFIL DEL USUARIO	23
1.6 ENTIDADES INTERESADAS	23
2. METODOLOGÍA DE TRABAJO	25
3. BIOMECÁNICA DE LA COLUMNA	29
3.1 CURVATURAS LUMBARES	29
3.2 ESTRUCTURA VERTEBRAL	30
3.3 SEGMENTO MÓVIL	34
3.4 MOVIMIENTO PÉLVICO	37
3.5 CONCLUSIONES BIOMECÁNICA COLUMNA LUMBAR	39
4. INCOMODIDAD EN POSTURA SEDENTE	40
4.1 BIOMECÁNICA DE LA POSTURA SEDENTE	40
4.2 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE SILLAS DE OFICINA	43
4.3 MEDICIÓN DE INCOMODIDAD	48
4.5 CONCLUSIONES INCOMODIDAD EN POSTURA SEDENTE	50
5. DISEÑO EMOCIONAL	52
5.1 PERCEPCIÓN DE COMODIDAD	54
5.2 DIFERENCIAL SEMÁNTICO	57

5.3 CONCLUSIONES SOBRE DISEÑO EMOCIONAL	61
6. ELEMENTOS EXISTENTES	63
6.1 FORMAS EXISTENTES	64
6.2 FUNCIONES EXISTENTES EN SILLAS DE OFICINA	68
6.3 REVISIÓN DE SILLAS UTILIZADAS EN LA UIS	70
6.4 CONCLUSIONES ELEMENTOS EXISTENTES	72
7. PROCESO DE DISEÑO	74
7.1 PARÁMETROS DE DISEÑO	79
7.2 ESTRUCTURACIÓN DEL PROBLEMA DE DISEÑO	87
7.3 DISEÑO FORMAL	92
7.4 DISEÑO FUNCIONAL	96
7.5 MODELADO Y VALIDACIÓN CAD- CAE	102
7.6 RENDER Y PROTOTIPO FINAL	114
8. VALIDACIÓN	122
8.1 PRUEBA DE COMPROBACIÓN	122
8.2 DATOS DESCRIPTIVOS DE LAS PARTICIPANTES	128
8.3 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE COMODIDAD	129
8.4 RESULTADOS PARA INCOMODIDAD	141
8.5 ANÁLISIS DE UN FACTOR PARA EL ESTUDIO DE COMODIDAD	145
8.6 ANÁLISIS DE UN FACTOR PARA EL ESTUDIO DE INCOMODIDAD	155
9. CONCLUSIONES	158
BIBLIOGRAFIA	161
ANEXOS	164

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Metodología de diseño (apropiación)	26
Figura 2. Esquema del experimento prueba	28
Figura 3. Segmentos de la columna lumbar	30
Figura 4. Anillo fibroso, estructura	31
Figura 5. Movimiento del disco vertebral	32
Figura 6. Composición de una vertebra	33
Figura 7. Segmento de movimiento	36
Figura 8. Movimiento articular de la columna	38
Figura 9. Rotación de la pelvis	38
Figura 10. Presión intradiscal medida en bipedestación	41
Figura 11. Dimensiones consideradas para una silla de oficina	46
Figura 12. Escala de Corlett Body Part Discomfort	48
Figura 13. Escala visual análoga-VAS	49
Figura 14. Modelo del procesamiento de los objetos según Norman	53
Figura 15. Jerarquías de las necesidades de los usuarios	54
Figura 16. . Un modelo conceptual de incomodidad y comodidad sedente	56
Figura 17. Objetos y adjetivos del DS.	58
Figura 18. Silla parangón de las UAA de la UIS	72
Figura 19. Estructuración de los requerimientos de diseño	75
Figura 20. Requerimientos emocionales y formal-estéticos	75
Figura 21. Requerimientos funcionales y ergonómicos	77
Figura 22. Requerimientos técnicos y de producción	78
Figura 23. Estructuración del proceso de diseño	88
Figura 24. Despliegue de los subproblemas de diseño	89
Figura 25. Mapa de los elementos de diseño	91
Figura 26. Bocetos de la propuesta de diseño formal	93

Figura 27. Propuesta combinada bidimensional	96
Figura 28. Mecanismo con resorte de torsión	97
Figura 29. Lluvia de ideas de mecanismos	99
Figura 30. Mecanismo de balanza con resortes de compresión A la derecha esquema en 3d, a la izquierda plano del mecanismo.	100
Figura 31. Mecanismo de balanza con resortes de compresión Escala 1:1	100
Figura 32. Mecanismo para la variación de altura del soporte lumbar	101
Figura 33. Mecanismo que mantiene el espesor del apoyo lumbar	102
Figura 34. Mecanismo para la variación de la inclinación del asiento	102
Figura 35. Estática del soporte del asiento	103
Figura 36. Deformación unitaria para soporte del asiento	105
Figura 37. Desplazamiento estático del soporte del asiento	106
Figura 38. Facto de seguridad del soporte del asiento	106
Figura 39. Deformación unitaria de la cuña	107
Figura 40. Desplazamiento estático presentes en la cuña	107
Figura 41. Factor de seguridad de la cuña	108
Figura 42. Deformación unitaria del soporte lumbar	109
Figura 43. Desplazamiento estático del soporte lumbar	109
Figura 44. Factor de seguridad soporte lumbar	110
Figura 45. Deformación unitaria soporte del espaldar	110
Figura 46. Desplazamiento estático soporte del espaldar	111
Figura 47. Factor de seguridad soporte del espaldar	111
Figura 48. Deformación en el eje	112
Figura 49. Desplazamientos estáticos para el eje	112
Figura 50. Factor de seguridad para el eje	113
Figura 51. Modelado de los mecanismos en la silla	114
Figura 52. Variación de la inclinación del asiento vista lateral	115
Figura 53. Vista superior del mecanismo de inclinación del asiento	115
Figura 54. Detalle del mecanismo para la graduación del soporte lumbar	116
Figura 55. Render de la silla propuesta para postura sedente prolongada	116

Figura 56. Posiciones de posible uso inclinación hacia atrás y adelante del mecanismo asiento	117
Figura 57. Render de la silla propuesta en comparación con la mesa de trabajo	118
Figura 58. Variación de altura del asiento	119
Figura 59. Detalle de los ejes del espaldar, vista posterior	120
Figura 60. Vista de perspectiva de la silla propuesta	121
Figura 61. Vista lateral de la silla propuesta inclinación del asiento.	121
Figura 62. Diseño del experimento de un factor	123
Figura 63. Sillas a utilizar en la experimentación: (a) Silla parangón- (b) Silla propuesta de diseño	124
Figura 64. Postura para graduar la silla antes de la prueba.	126
Figura 65. Tabulación de la evaluación de los pares de adjetivos	129
Figura 66. Diagrama de caja y bigotes para recargado/sencillo	132
Figura 67. Diagrama de caja y bigotes para horrible/bonito	133
Figura 68. Diagrama de caja y bigotes para confuso/claro	134
Figura 69. Diagrama de caja y bigotes para incomodo/cómodo	135
Figura 70. Diagrama de caja y bigotes para rígido/flexible	136
Figura 71. Diagrama de caja y bigotes para sucio/limpio	137
Figura 72. Diagrama de caja y bigotes para incompleto/terminado	138
Figura 73. Diagrama de caja y bigotes para frío /caliente	139
Figura 74. Diagrama de caja y bigotes para fijo/móvil	140
Figura 75. Medición de incomodidad espalda alta	143
Figura 76. Medición de incomodidad espalda media	144
Figura 77. Medición de incomodidad espalda baja	145
Figura 78. Comparación de medias para rígido/flexible	150
Figura 79. Comparación de medias para horrible/bonito y sucio/limpio antes del uso.	152
Figura 80. Comparación de medias para la incomodidad en la espalda alta	156
Figura 81. Comparación de medias para la incomodidad en la espalda media	157
Figura 82. Comparación de medias para la incomodidad en la espalda baja	157

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Recomendaciones ergonómicas para sillas de oficina, revisión de literatura.	47
Tabla 2. Dimensiones antropométricas diseño de sillas de oficina	51
Tabla 3. Relación de los elementos de diseño	59
Tabla 4. Tipificación de las sillas de: espera, oficina y gerencial.	65
Tabla 5. Evaluación de los elementos de diseño en las sillas en el mercado	67
Tabla 6. Revisión de las funciones existentes en sillas de oficina	68
Tabla 7. Sensación de incomodidad secretaria UIS	71
Tabla 8. Parámetros para el diseño de la silla de oficina	80
Tabla 9. Resultados de la evaluación de propuestas con la Escala de visualización analógica (EVA)	94
Tabla 10. Evaluación de elementos de diseño en las tres propuestas de diseño formal	95
Tabla 11. Evaluación de los mecanismos de planteados	96
Tabla 12. Relación de los factores y sus niveles de prueba	124
Tabla 13. Dimensiones antropométricas	125
Tabla 14. Código de las tareas a realizar	127
Tabla 15. Aleatorización de las tareas	127
Tabla 16. Características de los participantes	128
Tabla 17. Estadísticos descriptivos de la evaluación diferencial semántico	130
Tabla 18. Estadísticos descriptivos para las respuestas de incomodidad.	141
Tabla 19. ANOVA valoración de adjetivos antes y después del uso silla parangón	147
Tabla 20. ANOVA valoración de adjetivos antes y después del uso silla propuesta	149

Tabla 21. ANOVA valoración de adjetivos antes del uso silla parangón y silla propuesta	151
Tabla 22. ANOVA valoración de adjetivos después del uso silla parangón y silla propuesta	153
Tabla 23. ANOVA comparación de incomodidad de la silla parangón y silla propuesta	155

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Relación entre adjetivos, emociones y elementos de diseño de las figura 7 y 19. Tomado de “Determinación de los atributos semánticos connotativos de una población adulta” [32]	164
ANEXO B. Glosario de términos- elementos existentes	167
ANEXO C. Formato de revisión de las sillas en la UIS	169
ANEXO D. Matriz de QFD	172
ANEXO E. Mapas mentales de los subproblemas	173
ANEXO F. Formato de encuesta para medir el nivel de percepción de comodidad, bocetos preliminares.	178
ANEXO G. Formato de consentimiento informado	180
ANEXO H. Formato de medición de comodidad, diferencial semántico modificado	183
ANEXO I. Formato de medición de incomodidad, escala de Corlett and Bishop modificada con VAS	184

## RESUMEN

**TITULO:** “ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ERGONÓMICAS DE UNA SILLA DE OFICINA PARA ASUMIR UNA POSTURA SEDENTE PROLONGADA. PROPUESTA DE DISEÑO. PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN”

**AUTOR:** GALINDO ESTUPIÑAN, Zuli Tatiana \*\*

**PALABRAS CLAVES:** silla, oficina, incomodidad, comodidad, dolor lumbar, tiempo prolongado.

### CONTENIDO:

Éste proyecto establece los requerimientos de una solución de diseño que permita una postura con la menor carga intradiscal y mínima sensación de incomodidad en trabajo de oficina durante tiempo prolongado. Para alcanzar el propósito establecido se ha planteado el desarrollo de varias etapas: estructuración, análisis, proceso de diseño y solución. La primera hace referencia a la revisión de la literatura que permitió plantear las hipótesis del estudio y definir las características que debe tener una silla de oficina para uso prolongado.

Con base en lo anterior se determinaron los requerimientos emocionales y formal-estéticos que representan la percepción de comodidad para el usuario. De igual forma se deduce que la silla debe ser ajustada cada intervalo de tiempo debido a la presencia de posturas estáticas prolongadas durante la jornada de trabajo, las cuales son asociadas con la incomodidad y su posterior incidencia en la aparición del dolor lumbar. Una vez establecidos los requerimientos y parámetros de diseño se procede a plantear diversas alternativas de solución con lo cual se concreta una propuesta y de esta manera se fabrica el prototipo funcional.

Finalmente, se plantea el diseño de la experimentación para validar las hipótesis planteadas de los resultados de las pruebas se concluye que algunos aspectos que definen la silla cómoda si tienen una respuesta diferente antes y después del uso, además se referencia que la silla propuesta se percibe más cómoda después del uso. Por último, la incomodidad sentida en la silla propuesta es menor que en la silla comúnmente usada y por tanto se valida que la variación de la inclinación y la presencia de apoyo lumbar permiten mitigar la incomodidad generada por el uso prolongado.

---

\*Proyecto de grado

\*\*Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de diseño industrial.

Director: MSc. Francisco Espinel Correal. Codirector del proyecto: MSc. María Fernanda Maradei García

## ABSTRACT

**TITLE:** "STUDY AND EVALUATION OF ERGONOMIC FEATURES AN OFFICE CHAIR IN A PROLONGED SITTING POSTURE. DESIGN PROPOSAL. RESEARCH INTERNSHIP"<sup>\*</sup>

**AUTHOR:** ZULI TATIANA GALINDO ESTUPIÑAN<sup>\*\*</sup>

**KEYWORDS:** chair, office, discomfort, comfort, low back pain, prolonged time.

### DESCRIPTION:

This project sets out requirements of a design solution that allows a position with the least load intradiscal and minimum discomfort in office work for prolonged time. To achieve the stated purpose has set the development of several stages: structuring, analysis, process of design and solution. The first refers to the literature review that led to proposing the study hypotheses and define the quality must have an office chair for prolonged use.

Based on the foregoing requirements were determined emotional and aesthetic formally representing the perception of comfort to the user. Likewise, it follows that the seat must be adjusted each time interval due to the presence of prolonged static postures during the working day, which are associated with discomfort and the subsequent impact on the appearance of low back pain. Having established the requirements and design parameters are making the alternatives to solution final proposal and thus is manufactured the functional prototype.

Finally, there is the design of experiments to validate the hypotheses of the test results it is concluded that some aspects that define the chair comfortable if they have a different response before and after use, furthermore the proposed chair is perceived more comfortable after use compared with the comparison chair. Also, the discomfort felt with the proposed chair is less than in the comparison chair and therefore validates that the variation of the inclination and the presence of lumbar support to mitigate the discomfort caused by prolonged use.

---

<sup>\*</sup> Graduation Project

<sup>\*\*</sup> Faculty of Physical mechanical Engineering. School of Industrial Design.

Project director: MSc. Francisco Espinel Correal. Project Codirector: MSc. María Fernanda Maradei García

## INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo busca establecer las características posturales y perceptivas para permanecer sentado por largos periodos de tiempo con una buena percepción de comodidad y la menor sensación de incomodidad. Se define entonces que la incomodidad va de la mano con los factores biomecánicos relacionados directamente con la fatiga; mientras la comodidad está definida por la percepción de bienestar que proveen los elementos estéticos del objeto observado. Con el propósito de dar respuesta a los dos objetivos de este proyecto se planteó una metodología que permite evidenciar el proceso de diseño desde una perspectiva integradora de los requerimientos funcionales, emocionales y estéticos con el propósito de suplir las necesidades del usuario.

Los resultados presentados comprenden el desarrollo de una propuesta de diseño con la cual se permitió validar que en postura sedente prolongada la silla propuesta presenta menor sensación de incomodidad en comparación a la silla denominada como parangón. Por otra parte, no se pudo constatar que la perspectiva de comodidad se ve influenciada por el uso, sin embargo se mostró una diferencia entre las respuestas de comodidad entre la silla propuesta y la silla parangón.

## **1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 TITULO DEL PROYECTO**

Estudio y evaluación de las características ergonómicas de una silla de oficina para asumir una postura sedente prolongada. Propuesta de diseño. Pasantía de investigación.

### **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Al finalizar la década de 1970 las terminales con pantallas de visualización (Video display terminal-VDT) se introdujeron de una manera acelerada a los puestos de trabajo, el crecimiento de este tipo de trabajo de oficina con VDTs marcó la tendencia de posturas sedentes estáticas por periodos prolongados así como una alta demanda visual(Karwowski & Marras, 1999 ). La postura sedente se entiende como aquella en la cual el peso del cuerpo se transfiere, principalmente, sobre las tuberosidades esquiáles y los tejidos blandos que lo rodean; esto representa así, un área pequeña para el soporte del peso del tronco y extremidades superiores(Panero & Zelnik, 1983; Vergara Monedero, 1998), de igual manera los discos intervertebrales se ven sobrecargados(Vergara Monedero, 1998) lo que lleva a la aparición de incomodidad y dolor en la zona lumbar luego de permanecer sentado por tiempo prolongado o en posturas inadecuadas(Makhsous, Lin, Hendrix, Hepler, & Zhang, 2003; Vergara Monedero, 1998).

Actualmente, casi un 60% de la población en general ha experimentado dolor al menos una vez en su vida(Camargo, Jimenez, Archila, & Villamizar, 2004).

Además, la estimación sobre la población afectada por desórdenes músculo esqueléticos es de al menos un 60% del total de las enfermedades ocupacionales y de éstas el dolor lumbar representa el 14%.(Piedrahita, 2006)

Este cansancio sentido en postura sedente se debe a que la presión intradiscal aumenta. Según Nachemson, la presión intradiscal medida en bipedestación es de 35% más baja que la medida en posición sedente sin soporte lumbar (D. B. Chaffin, 2006; Frankeñ, 2004), de esta forma se considera que existe una sobrecarga sobre el raquis cuando la postura asumida por una persona es ésta última. Lo anterior se debe a que la cadera rota posteriormente, es decir, se presenta una retroversión de la pelvis provocando una disminución en la lordosis lumbar, además, el sacro se inclina produciendo un aumento en la presión intradiscal.(D. B. Chaffin, 2006; Makhsous, et al., 2003; Snijders, Hermans, Niesing, Spoor, & Stoeckart, 2004; Vergara Monedero, 1998). De esta forma se puede considerar que es la rotación de la pelvis la que influye en la forma de la curvatura lumbar, jugando un papel importante en la variación de cargas sobre la espina (Chansirinukor, Lee, & Latimer, 2001; D. B. Chaffin, 2006; Kapandji, 2007; Makhsous, et al., 2003; Snijders, et al., 2004).

Además de lo anterior, otra de las razones por las cuales se presenta incomodidad, surge en el requerimiento de la contracción de los músculos paraespinales sobrevenidos por largos periodos de tiempo para conservar una lordosis lumbar, curvatura necesaria para mantener la correcta postura sedente (D. B. Chaffin, 2006; Frankeñ, 2004; Kapandji, 2007).

Paralelamente, los trabajos donde se desarrollan tareas en postura sedente conllevan mantener una carga estática en los músculos de la espalda y a sostener una curvatura cifótica de la columna lumbar (Makhsous, et al., 2003). Las posturas estáticas prolongadas no permiten al disco nutrirse por causa de la

presión ejercida y la sobrecarga en el raquis, según Hirsch la aplicación de una carga constante, produce una disminución del espesor del disco en forma exponencial (Kapandji, 2007). Esta situación sumada a la presencia cifótica<sup>1</sup> de la columna lumbar que comprime los bordes anteriores de las vértebras, genera una considerable desnutrición de éstos acelerando el envejecimiento y (Jouvencel, 1994) disminuyendo por tanto la capacidad de amortiguación al aumentar los picos de tensión intradiscal. Desde este orden de ideas, para el diseño de los asientos, es importante considerar la lordosis lumbar ya que permite disminuir la carga sobre el raquis. Así mismo, se debe considerar la carga estática intradiscal y los pequeños movimientos de acomodación con la finalidad de nutrir los discos, lo cual evitará la aparición del dolor y convertirse en una sensación de incomodidad.

De otro lado, si bien la incomodidad está asociada con las consecuencias después del uso, la comodidad está limitada a la percepción visual sin uso. Cuando se presenta visualmente cualquier objeto a una persona, se crean una serie de elementos subjetivos que permiten proyectar el bienestar que éste puede llegar a generar sobre su cuerpo, este juicio que se realiza inicialmente no cambia con el transcurso del tiempo, siempre y cuando el objeto no haya sido usado (de Looze, Kuijt-Evers, & van Dieen, 2003; Zhang, 1997).

Con base en lo anterior, el propósito de este trabajo fue analizar y evaluar las características ergonómicas de una silla de oficina que permita asumir una postura sedente prolongada sin la sensación de incomodidad, lo cual no sólo contempla el hecho de mitigar el dolor en la zona lumbar sino brindarle también al usuario la percepción de comodidad.

### **1.3 OBJETIVOS**

---

<sup>1</sup>Nota del autor: Cifótica: referente a la cifosis. Define los segmentos cóncavos de la columna lumbar que están dirigidos hacia atrás según se aprecia en la Figura 5. Segmentos de la columna lumbar parte c). Columna dorsal.

A continuación se plantean los objetivos de la manera más clara y precisa posible, éstos serán desarrollados a lo largo de este documento.

**1.3.1 Objetivo general.** Analizar y evaluar las características ergonómicas posturales y perceptivas necesarias para establecer el diseño conceptual de una silla para trabajo sedente prolongado, que permita mitigar la sensación de incomodidad de su usuario directo.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Establecer las posturas con menor carga intradiscal y menor percepción de incomodidad durante el trabajo sedente del usuario de la silla, a partir del análisis de la literatura relacionada.
- Determinar las características perceptivas estéticas de la silla para trabajo sedente prolongado que generan mayor representación de comodidad en el usuario directo.
- Proponer una alternativa de solución de una silla cómoda para el trabajo prolongado de oficina.
- Planear y construir el prototipo de la alternativa de solución conceptual de la silla, que permita evaluar la percepción de comodidad y sensación de incomodidad del usuario bajo condiciones reales de uso.

## **1.4 ALCANCE DEL PROYECTO**

Con el desarrollo de este trabajo se buscó establecer las características de diseño que permitieran mitigar el dolor lumbar durante el uso de sillas en trabajo de oficina con una demanda de tiempo prolongado y de esta manera realizar un aporte a la industria y demás personas que intervengan en los diseños o adquisiciones de éstas. Por su parte, el usuario directo se beneficiará con el desarrollo del diseño de una silla de oficina a partir de la investigación aquí

planteada al momento de desempeñar su actividad laboral, incidiendo directamente en la disminución de la incomodidad causada por la fatiga tras permanecer en una postura sedente prolongada. De igual forma, al ser comprobada la hipótesis de investigación se incidirá en la disminución de la morbilidad que representan los desórdenes músculo esqueléticos, particularmente el dolor lumbar. Finalmente, este trabajo es el primer acercamiento que el Grupo de investigación Ergonomía, Producto y Significado (GEPS) realizó para fortalecer una de sus líneas de investigación enfocada en estudiar y generar mayor conocimiento relacionado con las causas, efectos y soluciones de la postura sedente en actividades que requieran tiempo prolongado.

### **1.5 PERFIL DEL USUARIO**

Las personas que realizan actividades de oficina comúnmente trabajan dos jornadas de cuatro horas, de las cuales en la mayoría de las veces permanecen sentadas aproximadamente de dos a tres horas sin hacer pausa alguna. Se debe aclarar que el presente trabajo discierne entre los usuarios de sillas de espera, sillas gerenciales y sillas de oficina, siendo ésta última la que se ha considerado analizar, debido a que las actividades en una secretaría, tales como archivar, redactar, diligenciar formatos, realizar llamadas, entre otras, requieren del uso de equipos de cómputo y de permanencia durante largas jornadas en una misma postura.

### **1.6 ENTIDADES INTERESADAS**

El grupo de investigación en Ergonomía, Producto y Significado, GEPS, así como la Escuela de diseño industrial se ha interesado en promover los trabajos de investigación, de manera que el conocimiento generado permita aportar al sector industrial, diseñadores industriales y otros profesionales a quienes la información analizada sirva como aporte debido a su relación directa con ésta, en este caso,

con los muebles de oficina, en particular con las sillas de oficina. El aporte a este sector productivo se evidencia en la importancia que las consideraciones de diseño deben tener a la hora de diseñar o rediseñar una silla, en razón del tiempo que permanezca el usuario en un trabajo con postura sedente.

## **2. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

En un proceso de diseño en la mayoría de las veces, se tiene una metodología de trabajo basada en el conocimiento de las etapas desarrolladas en dicho proyecto. Además, sustentada con uno o varios modelos que permiten desarrollar los objetivos del proyecto, los cuales, a su vez se apoyan en la aplicación de técnicas que sirven como instrumentos de organización e investigación según los requerimientos.

La estructuración del presente proyecto se estableció en un modelo prescriptivo como lo denomina Cross, el cual permitió enfatizar en el trabajo analítico y comprender integralmente la situación de fondo antes de desarrollar una propuesta de diseño, al visualizar el problema en conjunto y no solamente algunas manifestaciones de éste. En la Figura 1. Metodología de diseño (apropiación), se muestran las etapas del esquema metodológico en las cuales se encuentran: estructuración del proyecto, análisis, proceso creativo, solución y conclusiones.

**Figura 1. Metodología de diseño (apropiación)**



### *Estructuración*

Con esta etapa se inició el desarrollo de la idea, se plantearon tanto el objetivo general como los objetivos específicos, basados en la recopilación de información que se realizó a partir de los artículos científicos, libros y normas especializados en postura sedente prolongada, trabajo de oficina, comodidad, incomodidad y sillas.

### *Análisis*

Por su parte la segunda fase se identificó el problema, seguido del planteamiento de la hipótesis, la cual se evaluó en la etapa de validación y finalmente se definieron las especificaciones del problema de diseño, que determinaron los requerimientos y parámetros de diseño según los datos que fueron evidenciados en la literatura y en estudios de investigación en curso. Durante esta etapa se profundizó en: a) los aspectos estético-formales mínimos con los que debía cumplir una silla de oficina y que generan una percepción de comodidad, b) los elementos

técnicos y mecánicos que evidenciaron una variación en la carga biomecánica de la columna vertebral a partir de la variación del ángulo del asiento.

### *Proceso creativo*

Aquí, se dio inicio con la generación ideas para resolver el problema, luego de esto se realizó un barrido para evaluar las ideas que fueron viables dentro de los aspectos tecnológicos y técnicos con los que cuenta la región. Con este filtro cada idea se transformó en una alternativa de solución, la cual estuvo compuesta por todos los aspectos técnicos, formales, estéticos y funcionales característicos de producto de diseño. Para la evaluación de alternativas se utilizó el método descrito por Ulrich & Eppinger (Ulrich & Eppinger, 2009), en este caso por medio de un cuadro se listaron los criterios de selección, los cuales fueron traducidos desde los diferentes requerimientos de diseño. Al determinar la opción más viable como solución de diseño se elaboraron planos, ilustraciones, modelados, simulación por elementos finitos y demás comprobaciones requeridas antes de la fabricación del prototipo final.

### *Validación y conclusiones*

Finalmente, en la etapa de soluciones y conclusiones se evidenció el desarrollo de una prueba con el objeto diseñado, para la validación de las hipótesis planteadas, denominada como la Prueba, la cual consta de dos partes como se indicó en el anexo A del protocolo. En ésta se planteó el experimento con dos sillas, la primera, la más usada por los funcionarios que trabaja en las oficinas de la Universidad Industrial de Santander, UIS y la segunda corresponde a la silla propuesta, como se ilustra en la figura 2. Esquema del experimento.

**Figura 2. Esquema del experimento prueba**



Los resultados de las pruebas fueron datos cuantitativos entre 0 y 10, de manera que permitieron comparar los resultados mostrados para la silla 1 como para la silla 2, al hacer un cotejo de medias por medio del Análisis de Varianza (ANOVA). La ejecución de esta prueba y el consecuente análisis permitió medir la respuesta por parte de los usuarios sobre la comodidad e incomodidad después de la interacción con las respectivas sillas, retroalimentando de esta manera el proceso de investigación y diseño con la verificación de las hipótesis planteadas.

### **3. BIOMECÁNICA DE LA COLUMNA**

La columna vertebral está catalogada como una estructura compleja que, entre otras, tiene como función proteger las estructuras nerviosas, medulares y radiales (Viladot Voegeli, 2001); también es la encargada de transferir las cargas de la cabeza y el tronco hacia la pelvis (Frankeñ, 2004). Así mismo, debe ser rígida y flexible lo cual logra gracias a los tensores musculares y ligamentosos de los que está provista (Kapandji, 2007).

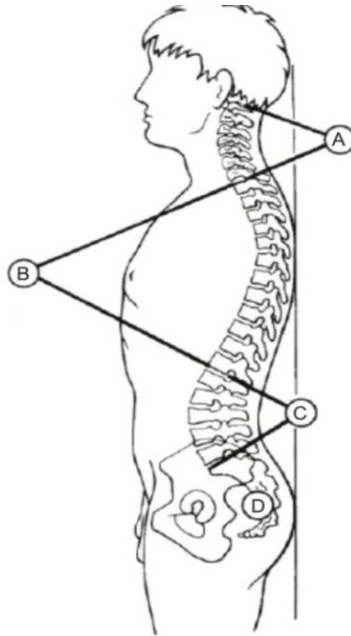
La comprensión de una estructura tan completa como lo es la columna vertebral debe ser analizada desde cuatro puntos importantes: las curvaturas lumbares, la estructura vertebral, la definición de segmento móvil y el movimiento pélvico, de manera que se abarque en su totalidad la información correspondiente a la columna, para luego poder entender cada uno de los elementos de ésta.

#### **3.1 CURVATURAS LUMBARES**

Durante el transcurso de la etapa de gateo a la bipedestación, denominada filogénesis (evolución de la especie humana), se evidencia el enderezamiento lumbar, es decir, el notable proceso de inversión de la columna lumbar induciéndose así a la formación de la lordosis lumbar, concavidad hacia adelante, sin embargo es en el desarrollo del individuo mismo, alrededor de los 10 años, cuando consolida la curvatura lumbar que durante los primeros días de vida fue un raquis lumbar cóncavo hacia atrás (Kapandji, 2007). La columna vertebral en la vida adulta está conformada por cuatro partes: la columna cervical (lordosis), la columna dorsal- tórax (cifosis: segmentos cóncavos hacia atrás), la columna lumbar (lordosis) y el sacro. En la figura 3 se observan cómo se encuentran unidas la columna cervical (A) a la caja torácica (B), seguida de la columna lumbar (C) unida por la articulación de la pelvis al sacro (D), de tal manera que el tórax y el sacro al ser segmentos con baja libertad de movimiento son los que previenen

considerablemente el movimiento a los segmentos móviles correspondientes la columna cervical y lumbar.

**Figura 3. Segmentos de la columna lumbar**



Tomado de Kapandji (2007:pp. 17)

Como afirma Kapandji, estas curvas raquídeas aumentan en diez veces la resistencia del raquis a la exposición de fuerzas de compresión axial (Kapandji, 2007), debido a que se compone por tres curvas móviles, lo cual no ocurriría si estuviese dispuesta totalmente en línea recta, es por esto que se convierte en la parte que más fuerza puede soportar, siendo el pilar del cuerpo.

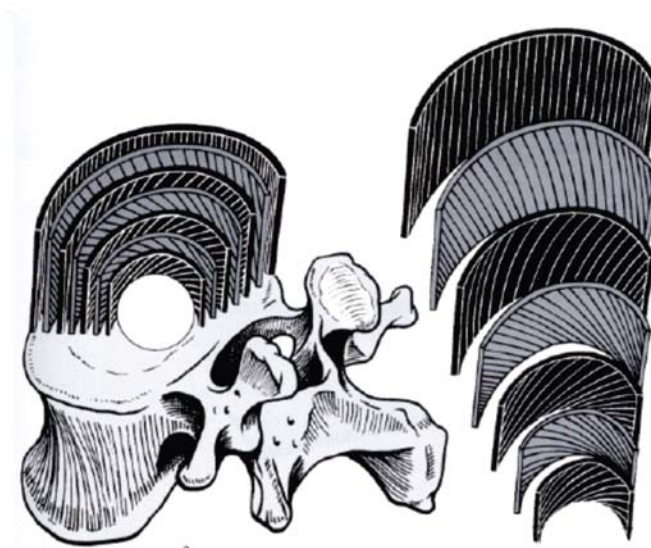
### **3.2 ESTRUCTURA VERTEBRAL**

En primer lugar los discos intervertebrales son los encargados de unir dos vértebras adyacentes, a esta articulación se le denomina anfiartrosis. La estructura del disco está dada por dos partes, el núcleo pulposos, sustancia gelatinosa ubicada en el centro del disco la cual se deriva embriológicamente de la

cuerda dorsal del embrión. Este gel de mucoproteínas que contiene diversos mucopolisacáridos, caracterizado por su transparencia y su contenido de agua es de 70-90% aproximadamente y por tanto es muy hidrófila; el contenido de agua del núcleo es mayor al nacer y tiende a disminuir con la edad, en su interior no posee vasos, ni nervios.

En su parte periférica el disco posee un anillo resistente conformado por la sucesión de capas fibrosas concéntricas cuya oblicuidad está cruzada (fibras). Éstas se encuentran ubicadas verticalmente en la periferia y más oblicuas en medida de su cercanía al centro (Kapandji, 2007; Viladot Voegeli, 2001) como se muestra en la figura 4. De ahí las características de inextensibilidad del anillo fibroso que impide la salida de la sustancia del núcleo.

**Figura 4. Anillo fibroso, estructura**

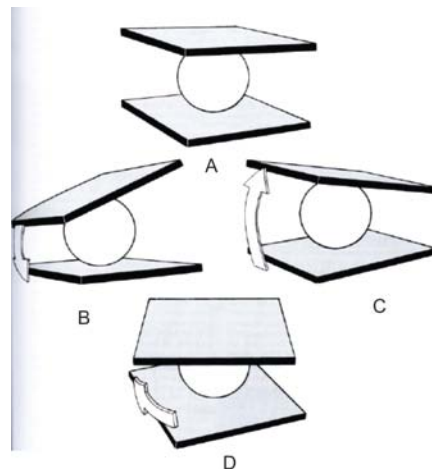


Tomado de Kapandji (2007: pp.31)

El núcleo del disco intervertebral está sometido a fuerzas de compresión axial debido a que las cargas que se ejercen a través de la columna se distribuyen a lo largo de ésta, por tanto las mesetas vertebrales ejercen la fuerza sobre el disco

donde el núcleo recibe el 75% de la carga pero actúa como un distribuidor de presión en sentido horizontal sobre el anillo, el cual soporta el 25% de la carga (Kapandji, 2007). Además, el comportamiento del núcleo está dado por su ubicación en medio de dos mesetas vertebrales, asemejándose así a una articulación de rótula que permite el deslizamiento o cizallamiento con seis grados de libertad (A), movimientos de inclinación frontal y sagital (flexo-extensión)(B-C), rotación izquierda y derecha(D) como se ilustra en la figura 5.

**Figura 5. Movimiento del disco vertebral**



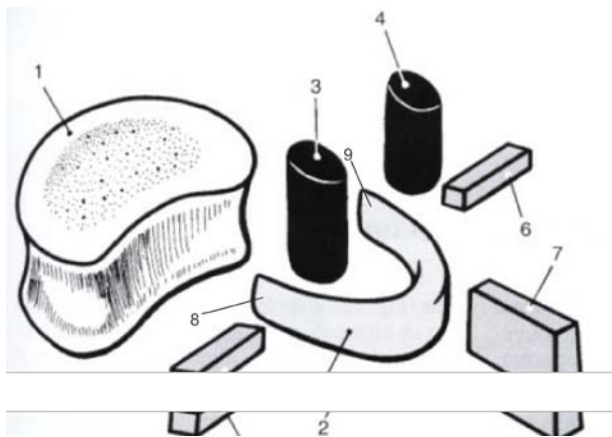
Tomado de Kapandji (2007: pp. 33)

Por otra parte, una vértebra está compuesta por un cuerpo óseo el cual en la parte más gruesa y es capaz de soportar grandes esfuerzos antes de fracturarse. Por lo general tiene una forma cilíndrica más ancha que alta, constituida por hueso esponjoso con capacidad de absorber una enorme cantidad de energía, sin embargo, la resistencia del cuerpo vertebral está directamente relacionada con la masa ósea, la cual disminuye con la edad y la progresiva pérdida de la masa ósea puede desencadenar una fractura por osteoporosis, una pérdida de masa del 25% reduce la resistencia de la vértebra en un 50%(Viladot Voegeli, 2001).

La segunda parte de la vértebra corresponde al arco posterior, éste tiene forma de herradura y se une a la cara posterior del cuerpo vertebral mediante pedículos. A

los lados de la herradura se fija el macizo de las apófisis articulares y detrás de la línea media se fijan las apófisis espinosas. Finalmente la vértebra completa se visualiza con las apófisis transversas las cuales se unen al arco posterior aproximadamente a la altura del macizo de las articulares como se aprecia en la figura 6.

**Figura 6. Composición de una vértebra**



- 1-Cuerpo vertebral;
- 2-Arco posterior;
- 3,4-Apófisis articulares;
- 5,6- Apófisis transversas;
- 7-Apófisis espinosa;
- 8,9-pedículos.

Tomado de Kapandji (2007: pp.21)

Las apófisis articulares protegen al disco de las fuerzas de cizallamiento y de torsión, pero no están diseñadas para resistir fuerzas de compresión intervertebral, por esto el disco intervertebral asume esta función casi a plenitud. En posición erecta las apófisis articulares soportan un 18% de las fuerzas de compresión y contribuyen para que la presión intradiscal disminuya, sin embargo, es en la postura sedente sin respaldo y con una ligera flexión de la columna, cuando las carillas no actúan y por esto aumenta la presión intradiscal. (Viladot Voegeli, 2001)

Las apófisis también soportan un 45% de las fuerzas de torsión debido a la asimetría de las carillas, lo cual se denomina tropismo, y genera una rotación vertebral asimétrica.

Finalmente, pero no menos importantes se encuentran los ligamentos, estructuras uniaxiales efectivas en el transporte de cargas a lo largo de la dirección en la cual se disponen las fibras. Debido a esto se comparan con una goma; resisten fuerzas a tensión pero se doblan cuando están sometidas a fuerzas de torsión.

Los ligamentos tienen como función:

- Rodear la columna y contribuir a la estabilidad de ésta.
- Fijar las actitudes posturales, lo cual disminuye el gasto muscular. En flexión el segmento intervertebral es suficientemente rígido que resiste hasta un 50% de la flexión del tronco.
- Se encargan de proteger la médula espinal restringiendo la movilidad de ésta. El ligamento amarillo es la estructura con mayor cantidad de fibras elásticas, por lo tanto permite la elongación durante la flexión y la contracción durante la extensión, no obstante esto disminuirá con la edad (Viladot Voegeli, 2001).

### **3.3 SEGMENTO MÓVIL**

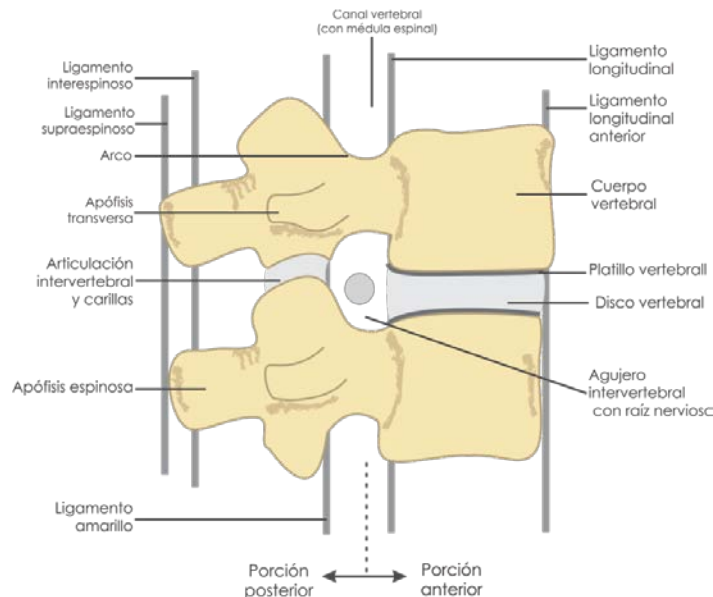
Según Junghans, se denomina segmento de movimiento a lo constituido por dos vértebras adyacentes y sus uniones por tejidos blandos (vertebra, discos intervertebrales, ligamentos) de acuerdo con lo mostrado en la figura 7 Segmento móvil. Su comportamiento es algo diferente que el de las estructuras que lo componen al ser estudiadas por separado (Frankeñ, 2004; Viladot Voegeli, 2001). Desde una vista lateral se puede distinguir la porción anterior que funciona principalmente como soporte estático. Por su parte la porción posterior es articular, al ser su función dinámica (Kapandji, 2007). Los cuerpos vertebrales sostienen principalmente fuerzas de compresión, mientras los discos intervertebrales aportan una función hidrostática, actuando como colchón entre las vértebras. Esto evidencia el ahorro de energía y la distribución centrífuga de las cargas.

La porción anterior del segmento móvil está conformada por el disco intervertebral, las plataformas vertebrales limitantes y los ligamentos longitudinales. Así los cuerpos vertebrales están diseñados para soportar cargas a compresión y son progresivamente más grandes en medida que el peso superpuesto en el tronco va aumentando. Es por esto que el tamaño del disco en la región lumbar es más ancho y grueso que en la región cervical o dorsal (Kapandji, 2007). La disposición cruzada de las fibras gruesas de colágeno dentro del fibrocartílago permite al anillo fibroso soportar altas cargas de flexión y torsión. Las actividades de la vida diaria exponen a la columna vertebral al trabajo bajo la combinación de cargas de compresión, flexión y torsión. Cuando la columna es cargada, el núcleo pulposo actúa hidrostáticamente (Nachenson, 1960) para permitir una distribución uniforme de la presión y por tanto actuar como almohada entre los cuerpos vertebrales para almacenar y distribuir cargas (Frankeñ, 2004).

En la columna lumbar la demanda de tensión en la parte posterior del anillo fibroso es de aproximadamente cuatro a cinco veces la carga axial compresiva aplicada, esta relación varía en la sección de la columna dorsal o torácica en menor medida debido al cambio en la geometría del disco, siendo los segmentos de la columna cervical los más pequeños y la columna lumbar los de mayor tamaño. Por esto debe tenerse en cuenta que es la relación de tamaño la que constata que cuando más grande sea la sección del segmento raquídeo mayor importancia tendrá la movilidad de éste (Kapandji, 2007).

Cuando el disco presenta una degeneración se reduce su contenido de proteoglicanos y así su capacidad hidrófila. En la medida que el disco se deshidrata su elasticidad y su habilidad para almacenar energía y distribuir cargas disminuye gradualmente; estos cambios hacen que el disco sea más vulnerable a las cargas. (Frankeñ, 2004)

**Figura 7. Segmento de movimiento**



Por su parte, la sección posterior está conformada por los arcos vertebrales, las apófisis transversas y espinosas, los ligamentos interarticulares, interespinosos, supraespinosos. Esta es la sección encargada del movimiento guía, lo cual se da por la orientación de las facetas de las articulaciones intervertebrales, evidenciándose el cambio a lo largo de la columna (Frankeñ, 2004).

El movimiento de la columna vertebral está dado de la siguiente manera: C1 y C2 son dos vértebras paralelas en el plano frontal lo cual permite la flexión, extensión, inclinación lateral y rotación; las facetas de las articulaciones torácicas se orientan con un ángulo de  $60^{\circ}$  en el plano transversal y  $20^{\circ}$  con el plano frontal esto permite la inclinación lateral, rotación y algo de flexo-extensión. En la región lumbar se orientan en ángulos rectos respecto al plano transversal y ángulo de  $45^{\circ}$  en el frontal, por lo cual se evidencia la flexión, extensión, elongación lateral y poca rotación (Frankeñ, 2004; Kapandji, 2007).

Estos elementos del segmento móvil posterior no están diseñados para resistir cargas cuando hay movimientos de hiperextensión, flexión y rotación, por tanto la carga es distribuida en todo el segmento móvil. Por su parte los arcos vertebrales

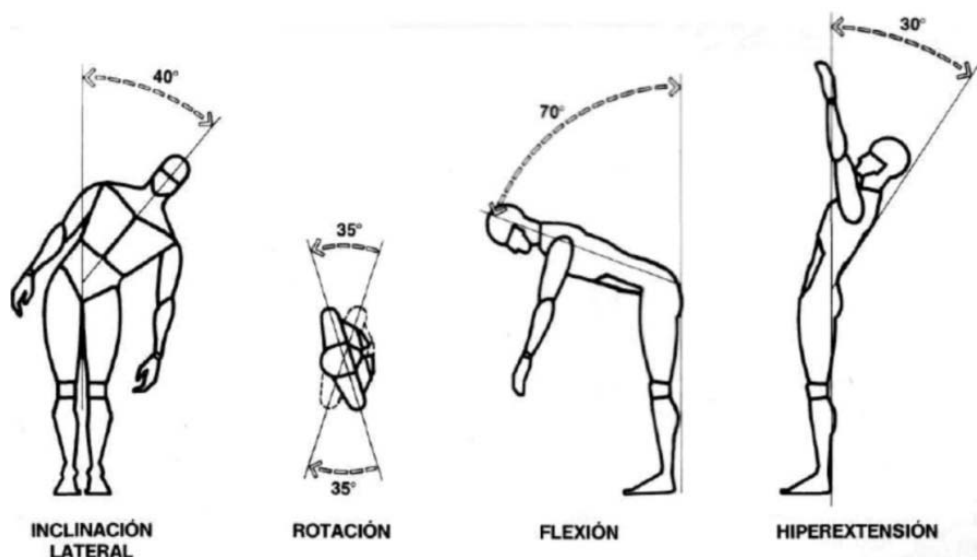
y las articulaciones intervertebrales desempeñan un papel importante a la hora de resistir las fuerzas de cizalla, cuando se presencia decadencia en estos, se incrementa el riesgo de desplazamiento del cuerpo vertebral; la apófisis transversa y espinosa inicia su actividad con el movimiento de la columna y proporciona la estabilidad extrínseca.

### **3.4 MOVIMIENTO PÉLVICO**

El movimiento funcional del tronco implica la combinación de los movimientos de cada una de las secciones de la columna y además de esto la pelvis coopera aumentando el rango de movimiento funcional del tronco. Estos movimientos entre la columna y pelvis se analizan por medio de las articulaciones lumbo-sacras y la transferencia de carga en el mismo sentido se da por medio de las articulaciones sacro-ilíacas. La principal función de las articulaciones sacro ilíacas es absorber impactos, con el fin de proteger a las articulaciones intervertebrales (Frankeñ, 2004). La flexión de la columna lumbar tiene lugar para los primeros 50-60°, y la flexión adicional está dada por la basculación de la pelvis (Viladot Voegeli, 2001), ver figura 8. Movimiento articulario de la columna.

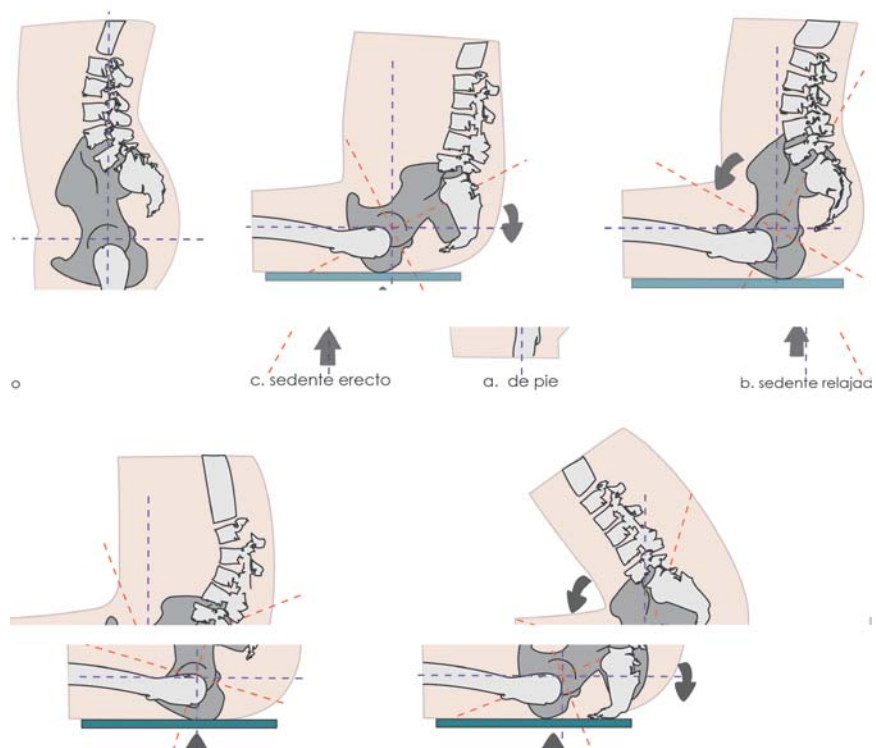
Además, la comparación entre la postura de pie y la sedente se evidencia una rotación de la cadera posteriormente, decrece la inclinación del sacro y la lordosis y se incrementa la fuerza en los discos intervertebrales (Makhsous, et al., 2003). En la figura 9 se observa que la orientación de la pelvis determina la forma de la columna lumbar en diferentes posiciones.

**Figura 8. Movimiento articular de la columna**



Tomado de Page et al. 1992 (Page, García, Moraga, Tortosa, & Verde, 1992)

**Figura 9. Rotación de la pelvis**



### **3.5 CONCLUSIONES BIOMECÁNICA COLUMNA LUMBAR**

Luego de la revisión sobre la biomecánica de la columna lumbar es relevante destacar las características de libertad de movimiento que permite la pelvis, al serla principal articulación en la rotación de la cadera durante la acción de sentarse, lo que incide directamente en la curvatura lumbar. En el desarrollo del proyecto se tuvo en cuenta la gran importancia de la curvatura lumbar debido a que es en postura bípeda cuando se puede observar la lordosis natural de la zona lumbar y ésta se ve disminuida en postura sedente, por tanto se debe propender una postura de manera tal que mantenga una curvatura lumbar lo más cercana a la que se presenta en postura bípeda.

Por otra parte, no menos importante son las características de los discos intervertebrales como distribuidores de cargas y la capacidad hidrófila que poseen debe ser considerada de forma individual, de tal manera permaneció presente dicha información para dar una respuesta de diseño apoyada en las cualidades propias de la anatomía humana.

## **4. INCOMODIDAD EN POSTURA SEDENTE**

Según Dianoff, “el objetivo de la ergonomía es proveer un ajuste entre el trabajador y las cosas con las que él interactúa, con el propósito de disminuir la incomodidad y la fatiga mientras aumenta la eficiencia” (Karwowski & Marras, 1999 ).Lo anterior describe ampliamente la relación de la propuesta funcional que debe existir entre la tarea y la herramienta.

Sin embargo, los puestos de trabajo traen consigo ciertos factores de riesgo debido a diferentes elementos como lo son: el esfuerzo físico, contacto, movimiento, posiciones estáticas, tiempo prolongado, que además están influenciados por el ambiente físico del espacio de trabajo y en conjunto estos factores son capaces de modificar la capacidad individual, la motivación, la exposición de respuesta y la retroalimentación sensorial que requiere la tarea (Karwowski & Marras, 1999 ).Son los efectos de la mala relación entre la tarea y la herramienta lo que produce los desórdenes denominados comúnmente como incomodidad dado que se manifiesta en dolor, diversas molestias y fatiga.

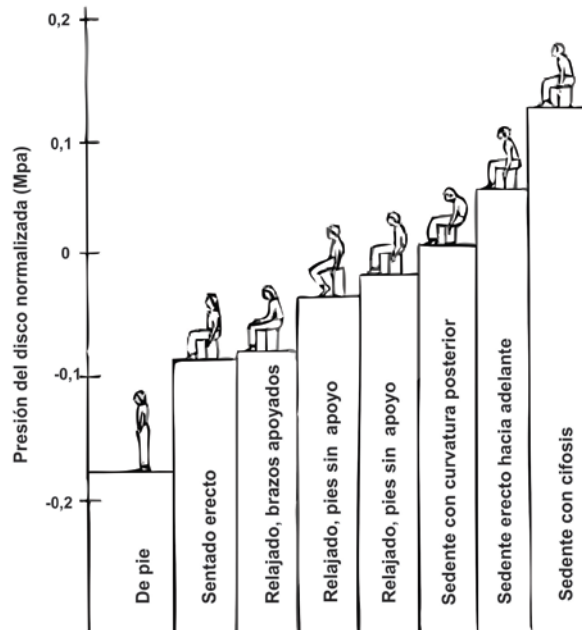
### **4.1 BIOMECÁNICA DE LA POSTURA SEDENTE**

La disposición de las cargas en el cuerpo está dada por la ubicación del centro de gravedad. Durante la bipedestación erecta la línea de gravedad se ubica en el centro del cuerpo, este equilibrio se da gracias a las fuerzas que ejercen los músculos que rodean la columna. Además, la pelvis juega un papel importante debido a que ésta bascula posterior o anteriormente influyendo en los músculos de la espalda y así mismo afectando las cargas estáticas sobre la columna (Frankeñ, 2004).

Por tanto, cualquier índice de cambio de postura o movimiento del cuerpo como el cambio de bipedestación a postura sedente, evidenciaría considerables cambios en las cargas entre los discos, es por esto que la presión intradiscal de un sujeto de pie es 35% más baja que en posición sedente sin soporte lumbar como lo afirma Nachemson & Morris (1964).

Así mismo, una leve modificación en postura sedente sin apoyo lumbar también cambia la carga intradiscal; en este caso la figura 10 muestra cómo la postura con menos carga en los discos fue la postura sedente con espalda recta (D. B. Chaffin, 2006; D. D. Harrison, 1999; Frankeñ, 2004). Sin embargo es difícil mantener esta postura por largos periodos ya que es necesaria la contracción prolongada de los músculos paraespinales, por tanto los estudios sugieren que el diseño del asiento debe mantener la lordosis lumbar sin que exista dicha contracción (Page, et al., 1992; Quintana et al., 2004; Vergara Monedero, 1998).

**Figura 10. Presión intradiscal medida en bipedestación**



Tomada de Anderson et al. 1974 (D. B. Chaffin, 2006; D. D. Harrison, 1999; Frankeñ, 2004)

Sin embargo, la carga intradiscal disminuye en la postura sedente con apoyo lumbar, debido a la fuerza que descarga el tronco sobre el respaldo (Frankeñ, 2004), pero esto no es suficiente para eliminar la evidente carga que conlleva el trabajo en posturas estáticas por tiempo prolongado lo cual aumenta la deshidratación del disco; debido a que entre el núcleo (parte cartilaginosa) y el tejido esponjoso (parte inferior de la meseta vertebral) se comunica por medio de poros microscópicos por donde pasa el agua que contiene el núcleo hacia el centro de los cuerpos vertebrales.

El espesor del disco intervertebral se puede ver afectado puesto que no se encuentra hidratado debido a las condiciones de la postura y a las cargas sobre el raquis, dicha condición de deshidratación se modificará sólo hasta que se retire la carga del conjunto vertebral (Kapandji, 2007). Es por esto que el espesor del disco se recupera en el transcurso de la noche, cuando en postura decúbito supino, la presión axial de las vértebras no está influenciada por la gravedad ni la acción del peso del cuerpo; por tanto el disco recupera su grosor inicial.

Hirsch demostró que la carga constante sobre el disco produce a largo plazo una disminución exponencial del grosor. La repetitividad de carga y descarga sobre el disco, o cuando la cantidad de tiempo de carga es demasiado prolongada, darán como resultado que el tiempo para la recuperación del disco no es suficiente y definitivamente se evidenciará envejecimiento en el mismo (Frankeñ, 2004; Kapandji, 2007). Este envejecimiento traerá consigo la degeneración del disco reduciéndose la cantidad de proteoglicanos y la capacidad hidrofílica, con esto a medida que el disco se deshidrata pierde la capacidad de almacenar energía y distribuir cargas haciéndolo más vulnerable a la demanda de ser cargado. (Frankeñ, 2004)

Las personas asumen posturas sedentes cifóticas para prolongar la duración, pero esto puede provocar la aparición de dolor lumbar (Carconea & Keirb, 2007), por

tanto los largos periodos de tiempo en postura sedente y la mala postura aumentan el índice de dolor lumbar, conllevando a una deshidratación de los discos y un posterior achatamiento de éstos, al provocar así que no se realicen los cambios de postura necesarios para el movimiento de los músculos, ligamentos y diferentes partes del raquis.

Por otra parte, trabajos recientes sobre la fisiología de la columna vertebral dan una gran importancia del affordance<sup>2</sup> de movimiento. Mc Gill (2002) sostiene que las sillas deben ser ajustadas cada 10 minutos a fin de evitar el dolor de espalda debido al tiempo prolongado en postura sedente. De lograrse esto, los usuarios darían mejores resultados en su desempeño, pero es importante aclarar que el entrenamiento previo al uso de una estación de trabajo en oficina hace más efectivo el uso de estos.

#### **4.2 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE SILLAS DE OFICINA**

En la literatura diversos autores han definido ciertos criterios que deben cumplirse a la hora de concebir el diseño de una silla de oficina, como se muestra en la tabla 1.

Dentro de los datos expuestos, en especial de las dimensiones de anchura, altura y profundidad del asiento así como del espaldar, debe considerarse que las magnitudes están dadas para los cánones de la población de donde se basa cada autor; estas medidas están desligadas para la región noroccidental colombiana, por tanto, se deben ajustar según corresponda. Cada uno de los autores menciona los puntos que se deben tomar en cuenta para altura poplítea, distancia nalga - poplítea y ancho de caderas manejando los percentiles correspondientes y las holguras pertinentes en cada caso.

---

<sup>2</sup>Nota del autor: Afordance: se define como la relación entre el usuario, objeto y acciones.

Por otra parte, corresponde considerar que el uso del respaldo favorece la lordosis lumbar y la estabilidad de las posturas cuando disminuye la frecuencia de grandes cambios y el aumento en la frecuencia de pequeños movimientos, por tanto se resaltan las correspondientes especificaciones que los autores tienen para el apoyo lumbar. Carcone (2007) por ejemplo, alude que las personas prefieren un apoyo lumbar de 3 cm de espesor, pero éste puede ser de hasta 5 cm (Carcone & Keirb, 2007). Por su parte Page (1992) afirma que el apoyo lumbar debe ser graduable cuando se incline la silla. Finalmente, otros autores [20], consideran tener en cuenta un espacio entre el asiento y el borde inferior del espaldar buscando que las nalgas se deslicen hacia atrás para efectuar una rotación de la pelvis.

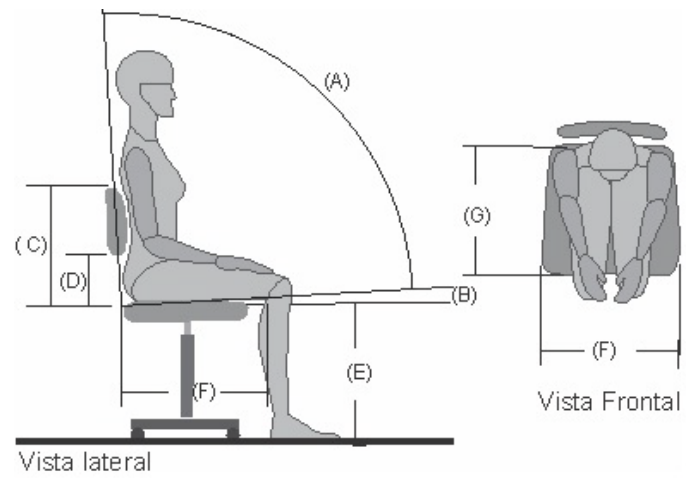
En cuanto al ángulo de inclinación del espaldar medido entre el tronco y los muslos, hay autores que consideran que debe ser hasta de  $130^{\circ}$ , asunto que sería ideal para que la espalda descansa sobre éste. Sin embargo es necesario tener en cuenta que el trabajo de oficina requiere del manejo del campo de visualización debido al uso frecuente de pantallas de visualización, teclados o actividades de escritorio que pueden generar incomodidad en el cuello debido a esfuerzos requeridos para realizar las tareas.

Por otra parte la inclinación del asiento (hacia adelante) de acuerdo con algunos autores debe ser la mayor posible; se habla hasta de  $15^{\circ}$  con el fin de tener una postura más cercana a la bipedestación. Es posible que la carga en las tuberosidades isquiáticas disminuya, pero el peso del cuerpo tenderá a transmitirse a las rodillas con el fin de mantener el equilibrio que requiere dicha postura. Por último, Page (1992) afirma que las sillas regulables dan peor resultado que las de dimensiones fijas, ya que los usuarios no utilizan correctamente las posibilidades de ajustar la silla a sus requerimientos, por tanto es conveniente que los mandos, botones o palancas que estén en la silla, sean de fácil acceso y de manejo simple e intuitivo.

Para la propuesta se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones en el desarrollo del correspondiente proceso de diseño; la dimensión del ancho del asiento relacionado con el ancho de caderas sedente y el percentil 95 mujeres más una holgura de 4cm; altura del asiento a partir de la altura poplítea con un rango que comprende desde el percentil 95 en mujeres (como máximo) y el percentil 5 en mujeres (como mínimo); profundidad del asiento asumida de la distancia nalga-poplítea y el percentil 5 de las mujeres con adición de una holgura de 2 a 4cm; altura de inicio del respaldo medida desde la altura iliocrestal entre el percentil 5 de mujeres al percentil 95 de mujeres; altura del respaldo tomando la altura subescapular entre el percentil 5 mujeres al percentil 95 mujeres. Todos los valores antropométricos anteriores fueron tomados del libro Datos antropométricos para el diseño, población Nororiental Colombiana 2008(María Fernanda Maradei Garcia, Espinel Correal, & Peña Leal, 2009). Cada una de las medidas están indicadas en la figura 11. Dimensiones consideradas para una silla de oficina.

Con respecto al ángulo del espaldar se tuvo en cuenta una variación del ángulo del espaldar ( $\phi$ ) dada entre  $90^{\circ}$  -  $110^{\circ}$ ; en la inclinación del asiento ( $\alpha$ ) se tendrá en cuenta entre los  $5^{\circ}$  hacia atrás y los  $10^{\circ}$  hacia adelante y finalmente en el espesor del soporte lumbar estará dado de 3 a 5 cm.

**Figura 11. Dimensiones consideradas para una silla de oficina**



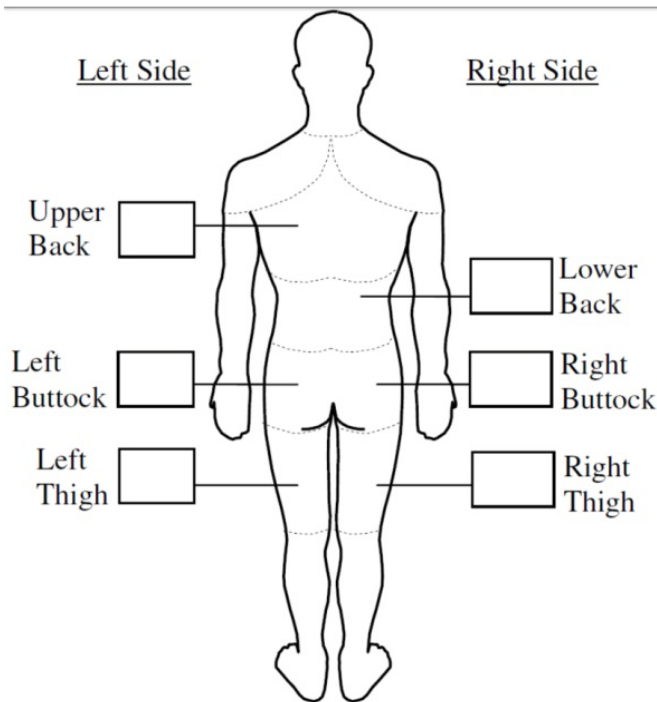
**Tabla 1. Recomendaciones ergonómicas para sillas de oficina, revisión de literatura.**

Autores	Criterios encontrados en la literatura							
	Inclinación del espaldar (Medido desde el asiento y el espaldar) (A)	Inclinación del asiento (B)	Altura del respaldo medida desde la silla (C)	Altura de apoyo lumbar (D)	Altura del asiento en cm (E)	Ancho del asiento en cm (F)	Profundidad del asiento(G)	Otras características
Bendix et al. 1985 en Chaffin 2006(D. B. Chaffin, 2006)		Inclinable entre 5° y 10°						El hábito de sentarse no depende sólo de la silla sino de la tarea que realiza
Grandjean, 1980	104°-106°	4°-6°	48-50		38-53	40-45	38-42	
Keegan, 1953 citado en Harrison et al. 1999(D. D. Harrison, 1999)	Mínimo 105° variación de 115° a 125°	0-5° inclinado hacia atrás	Altura de los hombros Ver gráfico					Espacio entre las nalgas y el sacro libre de soporte Debe existir soporte lumbar
Mandal citado en Jouvencel, 1994(Jouvencel, 1994)	120°	10 a 12° hacia adelante						La inclinación ideal del respaldo 135°
Burandt&GrandjeanenMcCormick 1980(McCormick, 1976)	100°	3° hacia atrás	34 - 44	14 - 24	40 - 48		35 - 40	Soporte lumbar de 3 cm de espesor
Norma BS 5940: Parte 1:1980, en Page et al. 1992.(Page, et al., 1992)	100°-120°	-5° a 8° regulable	>45	15-25 y 19-21 regulable	41- 43 no	>40	40 - 44	Altura del los reposabrazos 19-25 regulable Base de apoyo de 50 cm
Tilley &Dreyfuss, 2002 (Tilley & Associates, 2002)	90° -105°	0°-7° haciaatrás	63.5 altura de hombros	17,8 -292	36,8-48	40,6-56	40,6-50,8	Soporte lumbar de 2,5 -5,1 cm de espesor
C. Lelong et al. 1988 (Lelong, Drevet, Chevallier, & Phelip, 1988)	120°-130°	5° hacia atrás y 5°-15° hacia adelante						
Panero & Zelnik, 1979 (Panero & Zelnik, 1983)	95°-105°	0°-5°	34,4-48,3	19,2-25,4 al centro del apoyo	35,6-50,8	43,2-48,3	39,4-40,6	Consideración del espacio entre el asiento y el respaldo
Normas técnica colombiana NTC 1440 (ICONTEC)	100° -105°	Angulo de inclinación hacia adelante	Hasta el borde con los omoplatos	12 hasta el inicio del respaldo				
Ergonomía y salud entornos de oficina (Ofita)	100°-120° regulable	-5°(hacia adelante) - 8°	>45	15-25 y 19-21 no regulable	38-54		40-44	

### 4.3 MEDICIÓN DE INCOMODIDAD

Cuando se usa un objeto de manera repetitiva, por tiempo prologado o se inicia el contacto, el usuario puede discernir cual es el índice de incomodidad que prevalece. Para ello existen instrumentos que permiten definir dicho grado de incomodidad percibida. Dentro de estas se debe resaltar la escala de CorlettBodyPartDiscomfort (BPD) en el cual se maneja una imagen segmentada del cuerpo humano (cuello, hombros, parte superior de la espalda, zona lumbar, muslos, etc.) cada parte se evalúa por separado en un intervalo de tiempo, y la respuesta es dada en una escala de cinco puntos, donde 1 es lo menos incómodo y 5 el mayor grado de incomodidad percibida. Las respuestas dadas se ponderan y se evidencia la evolución temporal de las molestias experimentadas, esto es analizado en conjunto con las tareas y el mueble que utilice. Ver figura 12. Escala de Corlett Body Part Discomfort. (Gyouhyung, A., & Kari, 2008 ; Page, et al., 1992; Zhang, 1997)

**Figura 12. Escala de Corlett Body Part Discomfort**



Tomada de Kyung, Nussbaum, Reeves, 2008 (Kyung, Nussbauma, & Babski-Reevesb, 2008 )

Otro método usado comúnmente, es la escala visual análoga (VAS ó en español EVA) en la que por medio de una línea continua enumerada de 0 a 10, una persona puede marcar la intensidad de dolor que percibe siendo 0 lo más bajo y 10 el extremo de dolor, convirtiéndose en una herramienta sencilla, de corto tiempo de ejecución, sin realizar un entrenamiento complejo para su realización (Boyling & Jull, 2006). Sin embargo existe aproximadamente entre un 7% y un 11% de los participantes que tienen dificultades para indicar sobre una línea el dolor que perciben (Serra, 2006); este porcentaje está representado por población de adultos mayores, niños menores de 5 años y personas sin formación formal (Chaitow & Frits, 2008; Karwowski & Marras, 1999). Los datos obtenidos están dados en milímetros medidos desde el indicador de cero hasta el punto marcado por el participante, siendo 101 puntos de nivel para la descripción del dolor, con los cuales se pueden hacer análisis estadísticos paramétricos debido a que los datos se ajustan a una distribución normal (Karwowski & Marras, 1999). Ver figura 13.

**Figura 13. Escala visual análoga-VAS**



Tomada de Kyung, Nussbaum, Reeves, 2008 (Kyung, et al., 2008 )

Cabe resaltar que la escala visual de medición tiene un excelente índice de fiabilidad prueba re prueba con una correlación de  $r= 0,99$ , así como la validez del VAS frente a una escala de dolor con descripción verbal que tiene una correlación de  $r=0,87$ , haciéndolo un instrumento de medida de dolor tanto confiable como válido.

#### **4.5 CONCLUSIONES INCOMODIDAD EN POSTURA SEDENTE**

Es importante enfatizar que la pelvis tiene una importancia que va más allá de ser un componente de la estructura ósea. En este capítulo se reafirma la capacidad de movimiento de basculación anterior y posterior permitido por la pelvis. Estos movimientos tienen un importante efecto en las cargas estáticas que soporta la columna.

Además, se resalta que el apoyo lumbar aminora la carga intradiscal y la presencia de posturas cifóticas que conlleven a la presencia de cargas estáticas prolongadas, por tanto fue relevante la presencia de éste para evitar la aparición de dolor lumbar debido a la deshidratación y achatamiento de los discos intervertebrales, aspecto mencionado en el capítulo anterior. También es de importancia el espacio entre el asiento y el borde inferior del espaldar para el desplazamiento de las nalgas y la efectiva rotación de la pelvis.

Dentro de la ejecución de la propuesta de diseño se debe propender para que el ajuste de la silla se dé entre 10 y 12 minutos para mejorar el resultado de desempeño del usuario. Por otra parte, las dimensiones antropométricas y otros parámetros relacionados con el diseño ergonómico de sillas comparado en este capítulo, han sido resumidas en la tabla 2.

**Tabla 2. Dimensiones antropométricas diseño de sillas de oficina**

<b>Descripción</b>	<b>Dimensión</b>
<b>Altura del respaldo</b>	42,9 +/- 2 a 4 cm
<b>Altura del asiento</b>	35,3 a 43,7 cm
<b>Altura del apoyo lumbar</b>	16,1 -22,7 cm
<b>Ancho del asiento</b>	46,5 +/- 2 a 4 cm
<b>Profundidad del asiento</b>	44,3 +/- 2 a 4 cm
<b>Inclinación del espaldar</b>	90° -120°
<b>Inclinación del asiento</b>	-5°- 15°
<b>Espesor del apoyo lumbar</b>	3 cm a 5 cm

Finalmente, es importante concluir que el método usado para la medición de incomodidad fue por medio de una escala de VAS modificada, a la cual se agregó un diagrama de las partes del cuerpo, para que la persona señalara las partes donde presenta molestias, tomado de la Escala de Corlett body part confort.

## 5. DISEÑO EMOCIONAL

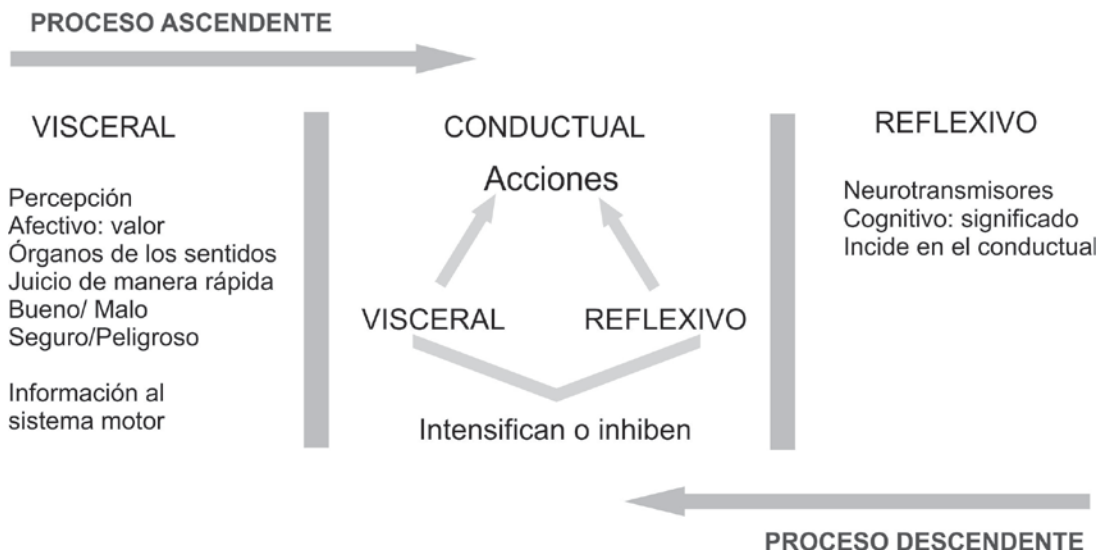
Diariamente convivimos con un sinnúmero de objetos que nos rodean y en ocasiones algunos de estos objetos pueden ser tan llamativos que con un sólo parpadeo pueden cautivar a su espectador. Según Norman (2009), es el juicio que se emite desde nuestro nivel visceral lo que por naturaleza mueve nuestro gusto por una u otra característica, está directamente relacionado con los órganos de los sentidos: tacto, sonido y el aspecto en general que tenga un objeto. Esto sumado a las experiencias previas, es el resumen de las reacciones iniciales sobre el objeto y así mismo se define si sirve o no para suplir determinada necesidad, creándose un impacto emocional inmediato. De tal forma que: “ Los objetos atractivos en realidad funcionan mejor: su carácter atractivo produce emociones positivas hace que los procesos mentales sean más creativos, más tolerantes respecto a dificultades menores” (Norman, 2004).

Sin embargo, el nivel visceral-apariencia no es el único dentro de la escala de evaluación, también está el aspecto conductual-uso el cual está relacionado a la función, comprensibilidad y usabilidad del objeto el cual inicia con la determinación de las necesidades del usuario por medio del estudio de los comportamientos relevantes ya sea por un diseño centrado en el usuario-DCU o cualquier otra metodología de diseño.

Finalmente, Norman plantea un aspecto reflexivo- simbólica en el cual el usuario crea un significado de las cosas, un efecto del objeto a largo plazo, aunque si en este aspecto no se logra nada, el aspecto visceral tenderá a desmoronarse, cerrándose así el ciclo de percepción del objeto. En la figura 14 puede visualizarse, como el procesamiento de un objeto puede darse en dos sentidos, uno ascendente el cual parte desde el juicio perceptivo, dado por los órganos de los sentidos llevan a la acción, por otra parte se encuentra el proceso descendente, el cual parte del análisis desde una etapa de significado la cual se

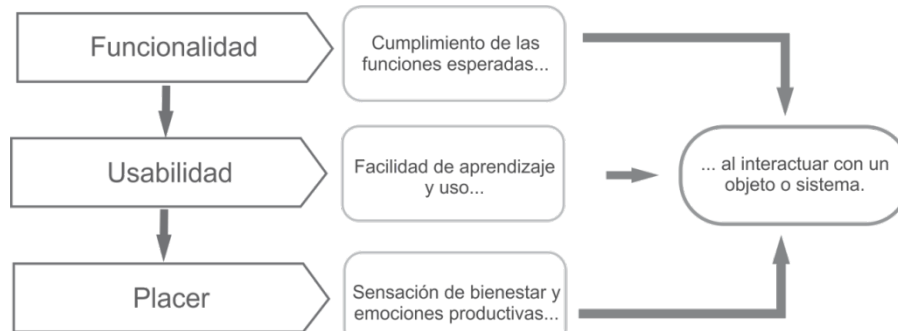
ve restringida por los neurotransmisores, emitiendo una respuesta para ejecutar la acción. Se puede evidenciar así, que el procesamiento que se da del uso de un objeto viene dado ya sea por el aspecto visceral o el reflexivo que inciden directamente en el aspecto conductual. La conducta está determinada por la acción seguida del uso del producto.

**Figura 14. Modelo del procesamiento de los objetos según Norman**



Por otra parte Jordán, también hace una clasificación sobre las necesidades de los usuarios, como se muestra en la figura 15. Jerarquías de las necesidades de los usuarios. En este caso se plantea que las personas se centran en la funcionalidad del objeto y con esto la usabilidad del mismo desembocándose en la interacción que conlleva al placer, siendo éste analizado desde diferentes puntos de vista: físico, psicológico, social e ideológico.

**Figura 15. Jerarquías de las necesidades de los usuarios**



Tomado de Ergonomía y procesos de diseño (2010, pp. 44).

Aunque es evidente que no todos los objetos causan impacto desde el mismo punto, aun así pasan por las diferentes etapas de los dos planteamientos que vimos anteriormente, los cuales se enfocan en mantener al producto como un elemento que evoca infinidad de sensaciones que permiten al usuario dar un juicio sobre éste. Por tanto el proceso de diseño debe encaminarse a la búsqueda de las necesidades del usuario teniendo en cuenta uno u otro modelo o jerarquía con que se conciba el objeto, siempre desde una perspectiva integradora de los aspectos funcionales, emocionales y estéticos del mismo.

## **5.1 PERCEPCIÓN DE COMODIDAD**

Normalmente los objetos llaman la atención de las personas por medio de colores brillantes, formas inusuales, armónicas y materiales únicos, los cuales siempre serán medidos desde el aspecto subjetivo de cada persona. Esto puede ser considerado como un primer acercamiento a las características estéticas que marcan la pauta entre lo que se ve y lo que evoca el objeto. Cabe resaltar que este juicio inicial no perdurará si en determinado momento la interacción directa con el objeto no es la esperada debido a que no cumple con las funciones específicas para las que fue diseñado.

En este aspecto es fundamental hacer referencia al término 'comodidad' el cual en algunos casos corresponde a uno de los requerimientos principales para el diseño de los objetos. Al respecto veamos que dicen algunos autores con relación al término señalado.

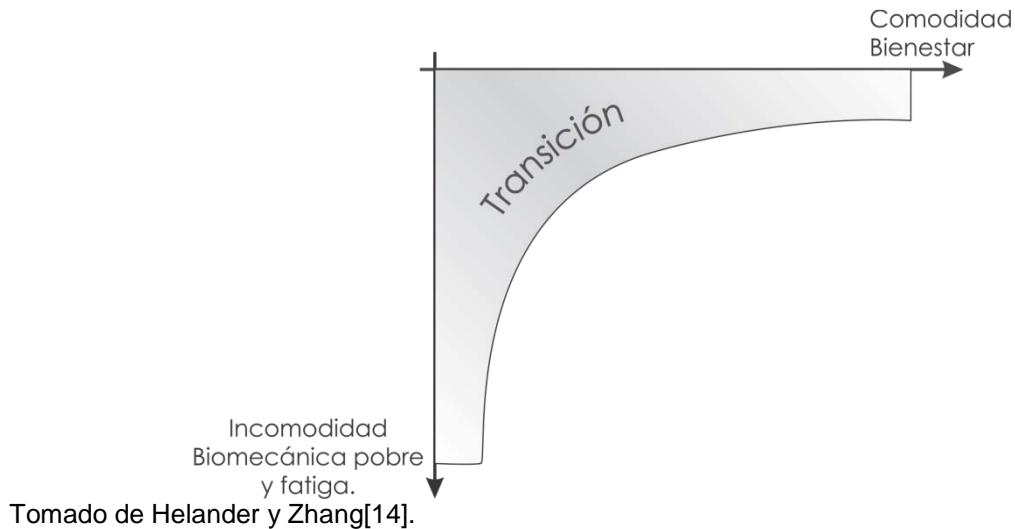
Slater (1985), define comodidad como un agradable estado fisiológico, psicológico y físico de armonía entre el ser humano y el ambiente.

Richards (1980), por su parte, hace hincapié en que la comodidad es un estado de la persona envuelta en una sensación de bienestar subjetivo, en relación a un entorno o una situación.

Webster's dictionary define la comodidad como el estado o sensación de tener alivio, estímulo y placer(de Looze, et al., 2003).

Sin embargo un estudio realizado por Helander y Zhang (1997) propone un modelo referente a la comodidad e incomodidad define que el primero es afectado por la percepción de bienestar otorgada por elementos estéticos, mientras el segundo va de la mano con los factores biomecánicos y lo directamente relacionado con la fatiga. (Figura16).

**Figura 16. . Un modelo conceptual de incomodidad y comodidad sedente**



Además debe considerarse la variable tiempo, que hace referencia a que afecta considerablemente la valoración sobre incomodidad, mientras que la percepción inicial de comodidad no cambia con la influencia prolongada de tiempo (Zhang, 1997), siempre y cuando el usuario no tenga contacto con el objeto.

Por tanto puede concluirse que la comodidad corresponde a la visión subjetiva de cada persona, afectada por las características del entorno en general, que se basa en el aspecto estético y la percepción de bienestar que un objeto pueda llegar a brindar. De otra parte la incomodidad está asociada con el dolor, cansancio entumecimiento y otras molestias en general.

De esta manera dos aspectos opuestos comodidad e incomodidad son de gran importancia puesto que deben complementarse para ser la base del proceso de proyectual de diseño en función de dar al usuario lo que necesita. La relevancia de la percepción estética del objeto sumada con la sensación que conlleva el uso del mismo, proporciona el resultado del impacto producido por el objeto en el usuario.

## 5.2 DIFERENCIAL SEMÁNTICO

Dentro del proceso de diseño existen distintos métodos de comprobación que permiten al diseñador identificar los aspectos de mayor importancia en el desarrollo del producto, esto se realiza por medio de pruebas, evaluaciones, test, entre otros, que se sitúan en diversos ámbitos y etapas, donde se involucran a los usuarios directamente.

El diferencial semántico (DS) es usado normalmente como uno de estos métodos y tiene como objetivo evaluar las reacciones emocionales (afectivas y psicológicas) que evocan los objetos sobre el usuario, al asignar valores cuantitativos a expresiones que describen al objeto (Delgado Gamboa, 2010).

Desmed realizó un esquema con el fin de determinar si un producto provoca una emoción y cuál en particular despierta. Los parámetros planteados: valoración, preocupación o interés y estímulo. Además clasifica los atributos semánticos en: instrumentales, estéticos, sociales, sorpresa, e interés (Delgado Gamboa, Maradei Garcia, & Espinel Correal, 2011). Así permite determinar la estructura cognitiva de cómo el usuario comprende, da un significado y una función al producto que observa.

Esta técnica de medición es bastante generalizada, por tanto debe ser adaptada a los requerimientos de cada problema de investigación. Las especificaciones del problema planteado se obtendrán de acuerdo con la información correspondiente y acorde con lo que se necesita (Barbasa Cuadros & Maradei Garcia, 2010; Delgado Gamboa, 2010; PINTO & GARCIA, 2010). En el trabajo "Determinación de atributos semánticos connotativos de objetos de uso en una población adulta" (Delgado Gamboa, et al., 2011), se realizó una indagación de los elementos de diseño evidenciados en los objetos a partir de una aplicación de diferencial semántico. Para esto se tuvo como base un grupo de imágenes y adjetivos

seleccionados, los cuales tienen relación con los elementos de diseño, agrupados por factores de diseño en tres categorías: funcionalidad, usabilidad y placer (categorías dadas por Jordan).

El resultado de este estudio mostró que el modelo mental de los usuarios (población adulta) fue atraído en primer lugar por la forma, luego la función y finalmente por la usabilidad y las emociones; además, permitió tomar la información que se presenta sobre la relación existente entre adjetivos, emociones y elementos de diseño, con el fin de ser aplicada a la estructuración del diseño conceptual (Delgado Gamboa, et al., 2011). Ver anexo A.

**Figura 17. Objetos y adjetivos del DS.**



Tomado de Delgado y Espinel (2010) (Delgado Gamboa, 2010)

En este orden de ideas, se tomó el listado de adjetivos otorgados en la mencionada investigación para analizar dos sillas con conceptos formales diferentes como se observa en la figura 17, es importante aclarar que el análisis con el diferencial semántico constó de diversos objetos. Así mismo, se retomó la abstracción de los elementos de diseño que fueron relacionados con los diferentes adjetivos (Delgado Gamboa, et al., 2011), para lo cual cada elemento de diseño se encuentra definido en el anexo B.




El objetivo de esta recopilación fue realizar el proceso inverso al plasmado en el estudio de Delgado y Espinel, con el fin de dar inicio al desarrollo de la propuesta de la silla de oficina con el conjunto de elementos de diseño que fueron retomados. Por tanto, la tabla 3 agrupa y clasifica los elementos de diseño que son asignados a los adjetivos que caracterizan la silla en los tres factores de diseño forma, función y usabilidad. Es importante resaltar que un grupo de elementos se repite en los tres factores planteados, los cuales se convierten en elementos de diseño transversales debido a que enlaza los tres factores de diseño, éstos fueron iluminados en la tabla con color verde.

De igual forma se evidencia una relación entre elementos que se repiten en los aspectos de forma/función, iluminados con color azul y en color morado se muestran los relacionados en función/usabilidad, además fue escasa la repetición de elementos entre la forma/usabilidad, sin embargo estos aspectos se mantienen correlacionados con los elementos que se denotaron como transversales. De esta manera, se concretaron elementos claves para concebir la propuesta de diseño, teniendo un antecedente de las emociones que éstos implican.

**Tabla 3. Relación de los elementos de diseño**

FACTORES DE DISEÑO	ELEMENTO DE DISEÑO	ABSTRACCIÓN DE ELEMENTOS DE DISEÑO
Forma	<p>Consideraciones etnográficas y expectativas culturales</p> <p>Interacción</p> <p>Necesidades</p> <p>Flexibilidad- usabilidad</p> <p>Componentes</p> <p>Accesibilidad</p> <p>Formas estructurales</p> <p>Consistencia</p> <p>Coherencia formal</p> <p>Formas orgánicas</p> <p>Formas geométricas</p>	<p>Consideraciones etnográficas y expectativas culturales</p> <p>Interacción</p> <p>Necesidades</p> <p>Flexibilidad- usabilidad</p> <p>Componentes</p>

FACTORES DE DISEÑO	ELEMENTO DE DISEÑO	ABSTRACCIÓN DE ELEMENTOS DE DISEÑO
	<p>Equilibrio  Proporciones  Ley de cierre  Material  Simetría  Ley de pregnancia  Textura  Color</p>	<p>Accesibilidad  Formas estructurales  Consistencia  Coherencia formal  Formas orgánicas  Formas geométricas  Equilibrio  Proporciones  Ley de cierre  Material  Simetría  Ley de pregnancia  Textura  Color</p>
Función	<p>Desempeño vs. Preferencia  Translación  Interacción  Necesidades  Accesibilidad  Flexibilidad-usabilidad  Consideraciones etnográficas y expectativas culturales  Componentes  Formas estructurales  Consistencia  Coherencia formal  Equilibrio  Proporciones  Formas orgánicas  Formas geométricas  Ley de cierre  Material</p>	<p>Desempeño vs. Preferencia  Translación</p>
Usabilidad	<p>Componentes  Formas estructurales  Necesidades  Consideraciones etnográficas y expectativas culturales  Flexibilidad-Usabilidad  Accesibilidad  Interacción  Desempeño vs. preferencia  Translación</p>	

FACTORES DE DISEÑO	ELEMENTO DE DISEÑO	ABSTRACCIÓN DE ELEMENTOS DE DISEÑO
Elementos de diseño transversales		
Elementos de relación Formal-funcional		
Elementos de relación Función-usabilidad		

### 5.3 CONCLUSIONES SOBRE DISEÑO EMOCIONAL

En el capítulo se resalta la diferencia entre los conceptos comodidad e incomodidad lo que permitió identificar elementos característicos de cada definición que aportan al desarrollo del proceso de diseño, así mismo es fundamental una retroalimentación constante en la medida que el proyecto se desarrolle.

En consecuencia con lo anterior y siendo el apunte más importante de este capítulo, fue la abstracción de los elementos de diseño que estaban correlacionados con los respectivos adjetivos asignados a las sillas de la investigación de Delgado y Espinel, de tal manera que permitió establecer el punto de partida para el desarrollo formal-estético de la propuesta de diseño del presente proyecto.

Además, se reitera el diferencial semántico como elemento evaluador de las características estéticas de los objetos y permite visualizar por medio de la respuesta de los usuarios, la percepción de comodidad. Por consiguiente, el DS se estableció como elemento evaluador donde se incluyeron los adjetivos retomados

del trabajo de Delgado y Espinel, para que los usuarios establecieran la presencia de estos en la propuesta de diseño desarrollada. A continuación los adjetivos a ser evaluados en la propuesta son:

- recargado /sencillo
- horrible/bonito
- confuso/ claro
- incomodo/cómodo
- rígido/flexible
- sucio/ limpio
- incompleto/terminado
- frío/caliente
- fijo/móvil

## 6. ELEMENTOS EXISTENTES

En la actualidad existen diversas configuraciones del concepto de las sillas de oficina y en el mercado tiene una gran cantidad de ofertas donde se evidencia la diversidad de formas y de mecanismos empleados para el ajuste dimensional de la silla, que reúnen el concepto de una silla ideal. Esto es posible observarse, entre otras, en empresas como KÖNIG+ NEURATH, Steelcase, Dauphin y Actiu. Éstas se han orientado, por años, en el diseño y elaboración de mobiliario para oficina, destacándose por las innovadoras propuestas para las sillas.

La necesidad de definir el modelo conceptual de una silla de oficina, llevó a la construcción del listado de las características que permitieron diferenciar una silla de oficina para una secretaria, de una para la gerencia o de una para sala de espera. Las características mencionadas se consignaron en la tabla 4. Esto fue necesario en razón a la amplitud de las categorías que pueden constituirse en el amplio mundo de las sillas.

De la tabla 4 se concluye que la silla de oficina no toma elementos sofisticados, elegantes o de gran robustez, así como se hace evidente la ausencia de elementos de apoyo cervical, inclinación en ángulos muy amplios para el espaldar, en ocasiones el apoyo para los brazos los cuales no son esenciales en el concepto de una silla de oficina. Es importante retomar que el público objetivo del presente proyecto está enmarcado en el trabajo sedente prolongado de oficina, para lo cual las sillas para secretaria se convierten en el referente analizado en este trabajo, tanto formalmente como funcionalmente.

## 6.1 FORMAS EXISTENTES

Luego de tener una tipología establecida, se procedió a evaluar diferentes sillas existentes en el mercado para identificar previamente los elementos de diseño más relevantes que deben estar presentes a la hora de concebir la silla del proyecto. Es importante destacar que con esta evaluación el diseñador hace un reconocimiento de cómo se presentan los diferentes elementos de diseño dentro del objeto que tiene como referencia para iniciar el planteamiento de los requerimientos del diseño a elaborar.

Los parámetros de evaluación correspondieron a los conceptos de diseño señalados en la tabla 3. Con base en cada concepto se marcó con una viñeta las casillas que evidenciaban el elemento de diseño en la silla evaluada, ver tabla 5. De la relación entre casillas señaladas, la silla Match fabricada por Sedus y la Viasit línea 3d presentaron el mayor número de elementos de diseño. En esta evaluación se omiten las consideraciones etnográficas y culturales<sup>3</sup> y el concepto de desempeño vs. preferencia<sup>4</sup> debido a la alta complejidad de dichos conceptos al estar directamente enlazados con la percepción que cada persona tiene sobre el objeto. Por tanto son estos los modelos de silla (Match y Viasit) que tienen las características más cercanas para definirlo como la entidad parangón<sup>5</sup>, es decir, cómodo, flexible, bonito, móvil, claro, sencillo, terminado y útil.


---

<sup>3</sup> Consideraciones etnográficas y culturales: es la observación de los usuarios en su entorno habitual, con los hábitos y costumbres con las que se desenvuelve diariamente.

<sup>4</sup> Desempeño Vs. preferencia: es una elección que realiza el usuario entre la preferencia hacia un objeto y desempeño del mismo, estos resultados están dados por diversos factores variables.

<sup>5</sup> Nota del autor: Parangón: m. Comparación o semejanza. Según la Real Academia Española (RAE).








**Tabla 4. Tipificación de las sillas de: espera, oficina y gerencial.**

	Silla de espera	Silla de oficina	Silla gerencial
			
<b>BASE</b>	Estática.	Móvil. Base con cinco ruedas.	Móvil. Base con cinco ruedas.
<b>ASIENTO</b>	Estático Sin modificación de alto o profundidad.	Permite movilidad. Con modificación de altura. Permite cambio de la inclinación. Permite cambio de la profundidad.	Permite movilidad. Con modificación de altura. La inclinación depende de la inclinación del espaldar. No común, el cambio de profundidad.
<b>ESPALDAR</b>	Estático. Inclinación establecida. Altura por debajo de la escapula.	El espaldar móvil. Inclinación graduada o libre. La altura es hasta los hombros.	El espaldar móvil. Inclinación libre, según el peso apoyado. La altura es superior a la altura de hombros.
<b>APOYO LUMBAR</b>	No suele tener apoyo lumbar.	Con apoyo fijo o móvil. Es posible graduar la altura del mismo.	Con apoyo fijo o móvil. La mayoría de las veces no permite graduación.
<b>APOYO CERVICAL</b>	No poseen apoyo cervical.	No poseen apoyo cervical.	Presenta apoyo cervical. En ocasiones es graduable.

APOYA BRAZOS	Presentan y no presentan apoyabrazos.	Poseen apoyabrazos.  Graduación vertical.	Poseen apoyabrazos.  Graduación vertical, rotación. En ocasiones son fijos.
ACOLCHADO	Acolchado sencillo.	Acolchado.  A veces se presenta sólo en el asiento.	Acolchado robusto en toda la silla.
APARIENCIA	Sencilla.  Acabados sencillos.	Sencilla y ligera.  Acabados limpios y normales.	Compleja, robusta.  Acabados elegantes más recargado.

La clasificación fue realizada por el autor basándose en la metodología propuesta por Rincón (2010)-Ergonomía y procesos de diseño, pagina 65-66.

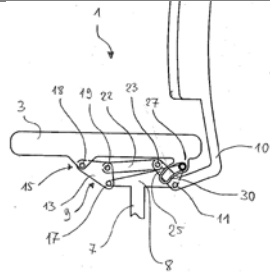
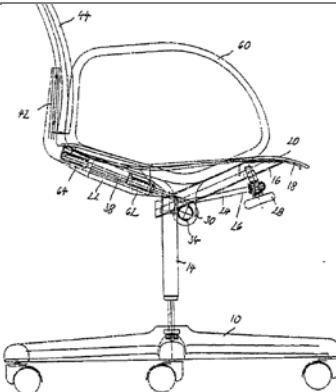
**Tabla 5. Evaluación de los elementos de diseño en las sillas en el mercado**

	Viasit línea 3d	KINETA fabricada por KÖNIG+ NEURATH	JUVENTA fabricada por KÖNIG+NEURATH	Reply fabricada por Steelcase	Leap fabricada por Steelcase	Match fabricada por Sedus	Aiko fabricada por Dauphin
							
Simetría	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Proporciones	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Formas geom.	✓	✓	✓				✓
Traslación	✓					✓	
Formas orgánicas					✓	✓	
Coherencia formal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Equilibrio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Flexib. - usabilidad	✓				✓	✓	✓
Formas estruc.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Color	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Accesibilidad	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Consistencia		✓	✓	✓	✓		
Ley de cierre	✓					✓	
Interacción	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ley de pregnancia	✓					✓	✓
Textura	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Desemp. Vs. Pref.							
Necesidades	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Consideraciones							

## 6.2 FUNCIONES EXISTENTES EN SILLAS DE OFICINA

Los mecanismos que son propuestos en las sillas de oficina abarcan una gran cantidad de funciones para permitir un mejor desempeño al momento del uso de las sillas. Por tanto se realizó una revisión, en la cual se incluyeron las funciones más representativas de las sillas que se encuentran en el mercado así como los mecanismos existentes para modificar la función del asiento específicamente. De manera que no sólo se abarcó la parte formal de los objetos existentes, se realizó una búsqueda digital en la página web de la Oficina Española de Patentes(España, 2012), en la cual están los registros de propiedad industrial e intelectual que hacen alusión a la manera que se fabrican los objetos que allí se contemplan.

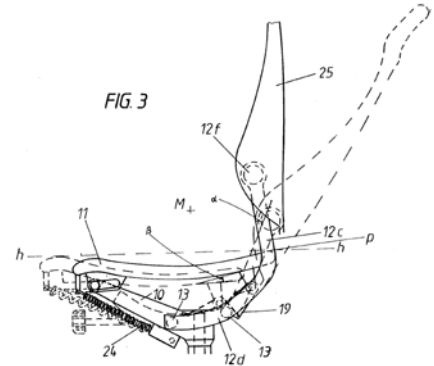
**Tabla 6. Revisión de las funciones existentes en sillas de oficina**

Empresa o Inventor	Características	Ilustración alusiva
Sander, Amin (Alemania- 2006)	<p>El mecanismo permite la sincronización de los movimientos del asiento con los del respaldo.</p> <p>El peso del cuerpo es el que permite la inclinación del respaldo.</p> <p>El mecanismo tiende a contrarrestar el peso de la persona en posición sedente.</p>	
Desantasimon – Gütersloh (Alemania-1991)	<p>El asiento proyecta una saliente en el extremo delantero pivotante y el respaldo superior pivotante, esto por medio de resortes.</p> <p>La parte baja del espaldar y la posterior del asiento están soportadas en placas rígidas dando la flexibilidad a los extremos de las mismas, sin requerir así articulaciones para proporcionar del movimiento elástico central del asiento y el respaldo.</p>	

Völkle, Rolf-Hohenholz (Alemania-1995)

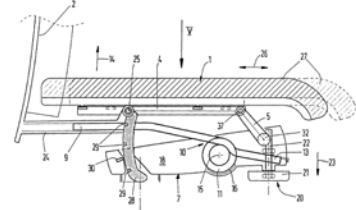
Permite la inclinación del respaldo con la ayuda del peso del cuerpo que induce una translación del asiento.

El asiento está montado sobre unas guías que mediante una palanca permite la liberación del seguro; la cuerda se une al marco del asiento como el resorte de la parte frontal, que se puedan extender para dar la inclinación deseada.



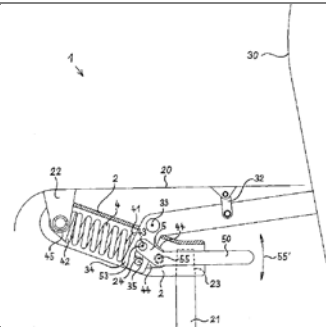
Firma König&Neurath KG (Alemania-1999)

El asiento posee un muelle de retorno por un resorte de torsión que tiene sobre el eje de la bisagra de apoyo del asiento y la parte posterior, la cual se traslada en el plano horizontal pero el movimiento está restringido.



Uhlenbrock, Johannes (Alemania-2002)

La configuración del asiento está dada por un elemento principal, el cual por medio de una palanca que pivota en un radio de acción permite que se pueda modificar la variación de la inclinación del asiento con ayuda de los resortes.



En esta revisión funcional se encontraron mecanismos conducentes a la graduación de la inclinación del asiento, la sincronización angular entre el asiento y el espaldar. Se resalta también la presencia de mecanismos que permiten la translación del asiento, sin embargo, no se evidenciaron dispositivos que permitan una variación continua de la inclinación del asiento. Por otra parte se encontró que existe una silla que concede la posibilidad de rotación a lo largo del eje axial del espaldar, así mismo se evidencia diversas formas para ajustar el espesor y la altura del apoyo lumbar.

Por tanto este tipo de características funcionales fueron contempladas en el planteamiento de los requerimientos de diseño, además la información recopilada sobre mecanismos existentes permitió tener una referencia para las propuestas de solución planteadas en etapas posteriores.

### **6.3 REVISIÓN DE SILLAS UTILIZADAS EN LA UIS**

Para el desarrollo de las pruebas experimentales contempladas en el proyecto, se contó con el personal conformado por las secretarias de las diferentes unidades académicas administrativas (UAA) de la Universidad Industrial de Santander. Con la intención de realizar una revisión de las sillas que actualmente usan en cada una de estas unidades, así como las características físicas de las secretarias, para lo cual se planteó el formato de revisión, se encuentra en el anexo C. La encuesta fue realizada para catalogar el personal con el que se cuenta para realizar la prueba y los antecedentes de postura sedente prolongada que permitieron

Para alcanzar el propósito mencionado fueron encuestadas veinte (20) secretarias con edades comprendidas entre los 26 y los 58 años. Además, se procedió a calcular su índice de masa corporal (IMC) cuyo promedio se situó en 26,42 kg/m<sup>2</sup>. La recolección y clasificación de las secretarias según su IMC es de suma importancia debido a que se ha catalogado como un factor que influye en la aparición de dolor músculo esquelético (Camargo, et al., 2004; D. Camargo, 2004), de esta manera debe ser una característica a controlar en la experimentación de validación para disminuir la posibilidad de sesgos. Como resultado general de esta variable puede indicarse que un 30% de las encuestadas estaba sobre el valor normal del IMC que se establece en 25 Kg/m<sup>2</sup>. De ese porcentaje 3 contaban con sobrepeso, puesto que el valor se situó en el rango entre 25 y el 30 Kg/m<sup>2</sup>. El 15% restante presentó obesidad tipo I, II y tipo III.

Con el fin de evitar una postura de tiempo prolongada se retoma el aporte teórico de McGill que habla de un reposicionamiento cada 10 minutos, sin embargo las secretarias encuestadas trabajan 8,5 horas diarias de las cuales manifestaron que en promedio permanecían cerca de 2,85 horas en postura sedente ininterrumpida. Solamente el 5% manifestó inconformidad por que su silla no le permitía realizar las tareas de rutina. En cuanto a la percepción visual de la silla el 90% declaró que le agradaba por la movilidad, color, forma, dimensiones y acolchado, los cuales hacen referencia a aspectos estéticos. Finalmente, el 65% de las encuestadas manifestaron haber sufrido dolor en la zona de la espalda durante la jornada de trabajo en el último año, tanto espalda alta como en la zona lumbar.

Además se solicitó a las secretarias que por medio de una escala de VAS marcaran el grado de incomodidad sentido luego de en un periodo de tiempo determinado en postura sedente, el inicio de la línea representaba el menor nivel de incomodidad. El resultado evidenciado en la tabla 7 permite visualizar que en general las encuestadas sienten mayor incomodidad en la medida que avanza el tiempo que permanecen sentadas. Además es importante resaltar que un 65% del total permanecen por encima de 2 horas en postura sedente.

**Tabla 7. Sensación de incomodidad secretaria UIS**

Tiempo transcurridosentadas	Valor de incomodidad promedio	Número de encuestadas
1 a 2 horas	5,4/10	7
2 a 3 horas	4,88/10	9
3 a 4 horas	6,55/10	4

Se resume entonces que la silla parangón de las UAA en la UIS posee las siguientes características que la identifican como elemento de referencia; ofrece graduación de altura del asiento, de la inclinación del espaldar, carece apoyabrazos, no tiene apoyo lumbar, ni translación e inclinación del asiento. En la figura 18 se aprecia la imagen del asiento descrito.

**Figura 18. Silla parangón de las UAA de la UIS**



#### **6.4 CONCLUSIONES ELEMENTOS EXISTENTES**

La categorización de las sillas permitió identificar las características básicas de una silla de oficina para secretarías con lo cual la búsqueda dentro de lo existente pudo realizarse con mayor facilidad. Es importante resaltar que la identificación de los elementos de diseño lleva a un acercamiento por parte del diseñador a entender lo que un objeto debe proyectar para ser agradable ante los usuarios.

La revisión de las funciones existentes en sillas de oficina no mostró mecanismos que permitiera la variación de la inclinación del asiento, sin embargo se encontraron mecanismos que permitían el desplazamiento del asiento en el mismo

plano, así como intervenciones en el ajuste del espaldar, el apoyo lumbar que son de gran importancia a la hora la evolución del concepto funcional de la propuesta de diseño.

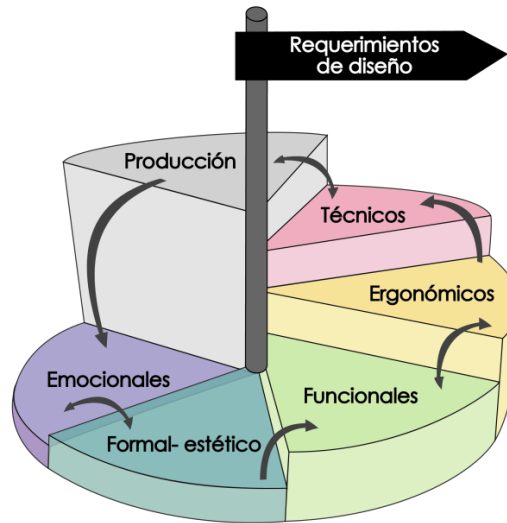
La revisión de sillas utilizadas en las diferentes UAA de UIS permitió relacionar la población de secretarias que sufrían molestias en la zona lumbar con factores como el IMC y el tiempo que en promedio permanecen en postura sedente.

## 7. PROCESO DE DISEÑO

Los requerimientos de diseño son la base para el desarrollo y evaluación tanto de las propuestas conceptuales como de los componentes y detalles del producto (Rincón, 2010), supliendo en la medida de lo posible las necesidades del usuario. Con el estado del arte y la recopilación de información se pudo abstraer algunos de los requerimientos de diseño los cuales se han clasificado en requerimientos emocionales, formal-estético, funcionales, ergonómicos, técnicos y de producción.

La retroalimentación que se debería observar en tres diferentes grupos de requerimientos, está dada por características propias entre estos, el primer grupo de requerimientos emocionales y formal-estético son de carácter visceral, movido desde los sentimientos. Por su parte el grupo de aspectos funcionales y ergonómicos se enlazan con el nivel conductual el cual conlleva al uso, finalmente los requerimientos de producción y técnicos están enlazados a nivel de las posibilidades locales de fabricación industrial. En la figura 19 podemos observar la interacción de los diferentes tipos de requerimientos que presentan un comportamiento cíclico, además se puede observar la retroalimentación continua entre escalafones.

**Figura 19. Estructuración de los requerimientos de diseño**



Como primera medida se analizó el estudio “Determinación de atributos semánticos connotativos de objetos de uso en una población adulta” (Delgado Gamboa, et al., 2011), en el cual por medio del diferencial semántico se halló la relación entre los adjetivos y los elementos de diseño designados a un objeto en este caso una silla. La abstracción de estos elementos de diseño es un aporte importante en el proceso de diseño emocional que además, sirvió para esquematizar el listado de requerimientos emocionales y formal-estéticos del presente proyecto.

**Figura 20. Requerimientos emocionales y formal-estéticos**



La obtención de estos dos grupos de requerimientos permite plantear la etapa inicial del desarrollo del concepto de diseño para la silla de oficina. Es importante tener en cuenta que si se agrega o se elimina un requerimiento emocional afecta la presencia de más de un requerimiento formal-estético y viceversa. Debido a que en este caso los adjetivos que se desean proyectar con la silla están relacionados con los elementos de diseño. Por tanto, se puede afirmar que estos dos grupos de requerimientos deben tener una retroalimentación continua. Ver figura 20.

En segunda instancia se realizó una recopilación de información en diversos documentos científicos teniendo como base de estudio la biomecánica de la columna vertebral y la incomodidad asociada a la postura sedente. Existe una estrecha relación entre los requerimientos funcionales y los ergonómicos, debido a que el planteamiento de elementos permita el uso de la silla por tiempo prolongado, deben ser estructurados con base en aspectos dimensionales, consideraciones etnográficas y otros aspectos comprendidos por los requerimientos ergonómicos. De esta manera se define que en estos grupos de requerimientos debe existir una retroalimentación continua, ver figura 21.

Con base en lo anterior, dentro de los requerimientos funcionales se resalta que la presencia de apoyo lumbar, debido a que se evidencia la necesidad de mantener una postura sedente que permita conservar la lordosis lumbar en función de disminuir la carga intradiscal. La correspondiente graduación del apoyo lumbar en altura permitirá disminuir la contracción prolongada que realizan los músculos paraespinales en función de mantener la espalda erguida (Vergara Monedero, 1998), para esto los datos antropométricos de la población son los que permitirán establecer los rangos de movimiento y dimensiones pertinentes para el diseño de este elemento dentro de la silla.

**Figura 21. Requerimientos funcionales y ergonómicos**



Otro requerimiento funcional de importancia es el referente a la inclinación del asiento la cual debe modificar la postura sedente, explícitamente el movimiento de basculación pélvico en función de variar la carga estática sobre la columna y los músculos de la espalda (Frankeñ, 2004). Este reposicionamiento del asiento es también justificado debido a que se debe considerar como un ajuste de la silla cada 10 minutos planteado por Mc Gill (2002) en la medida de evitar el dolor de espalda causado por la postura sedente prolongada. Por su parte Dunk (2010) encontró que las personas en trabajo de oficina se reposicionaba cada 12,6 minutos.

**Figura 22. Requerimientos técnicos y de producción**



En la figura 22 se observa el listado de los requerimientos técnicos establecidos y jerarquizados por medio de una matriz de despliegue de la función calidad (QFD<sup>6</sup>) (ver anexo D), en el gráfico también se pueden observar los requerimientos de producción. Para determinar estos últimos se tiene en cuenta que la fabricación del diseño planteado se hará con manufactura local, refiriéndose al área metropolitana de Bucaramanga. De igual forma el uso de los diferentes materiales que se produzcan en la región Santandereana será contemplado en las comprobaciones CAD- CAE que permitirán hacer un planteamiento gráfico y análisis de materiales usado en los diferentes componentes y facilitará los procesos de manufactura.

El QFD mencionado anteriormente, busca establecer el grado de importancia que tienen los requerimientos técnicos en un producto según los resultados que pretende obtener. En este caso los requerimientos emocionales, formal-estético,

<sup>6</sup> QFD: en ingles, Quality Function Deployment

funcionales, ergonómicos y de producción se establecieron como los elementos que buscaba el usuario del producto y permitieron establecer el porcentaje de importancia que tienen dentro del proyecto cada uno de los requerimientos técnicos propuestos como respuestas a las necesidades establecidas por el cliente. En orden de importancia la resistencia al movimiento del mecanismo de inclinación del asiento obtuvo un 14.4 % entre los demás aspectos técnicos, seguido por la variabilidad del pistón de altura, el mecanismo de ajuste de la altura del apoyo lumbar, los cuales obtuvieron un porcentaje mayor al 10 %, de esta manera se establece cual es la importancia de cada uno de estos requerimientos dentro del desarrollo del concepto de diseño de la silla.

## **7.1 PARÁMETROS DE DISEÑO**

Los parámetros de diseño son establecidos con el fin de describir el objeto a plantear, de manera que no se preste a ambigüedades por dejar abierto el marco de las características que éste contempla, sin embargo los rangos que sean establecidos para cada requerimiento, deberán darse dentro de cierta generalidad(Rincón, 2010). En la primera columna (requerimiento) de la tabla 8 se observa los requerimientos dados para cada grupo. En la columna Determinante se encuentra descrita la referencia para medir cada uno de los requerimientos, de tal forma que se observe como una característica cuantitativa dentro del proceso de diseño, dato que es consignado en la última columna parámetro.

**Tabla 8. Parámetros para el diseño de la silla de oficina**

	Requerimiento	Determinante	Parámetro
Emocional	<p>Sencillo</p> <p>Bonito</p> <p>Claro</p> <p>Flexible</p> <p>Limpio</p> <p>Terminado</p> <p>Móvil</p>	<p>La percepción se medirá a partir de las usuarias directas durante el proceso de diseño.</p>	<p>Evaluación de percepción por medio de la Escala de visualización análoga (EVA o VAS sigla en inglés).</p>
Formal-Estético	<p>Interacción</p> <p>Necesidades</p> <p>Flexibilidad- usabilidad</p> <p>Componentes</p> <p>Accesibilidad</p> <p>Formas estructurales</p> <p>Consistencia</p> <p>Coherencia formal</p> <p>Formas orgánicas</p> <p>Formas geométricas</p> <p>Equilibrio</p> <p>Proporciones</p> <p>Ley de cierre</p> <p>Material</p> <p>Simetría</p> <p>Ley de pregnancia</p> <p>Textura</p> <p>Color</p> <p>Translación</p>	<p>Definición de los elementos de diseño presentados, en función de comprender su aplicación en el desarrollo de las diferentes propuestas conceptuales a desarrollar, Anexo B.</p>	<p>Evaluación por medio de una matriz de comparación de elementos de diseño para seleccionar la alternativa con más número de estos. Ver tabla 5.</p>

	Requerimiento	Determinante	Parámetro
Funcionales	Inclinación del asiento	La inclinación del asiento encontrada en función de la variación de la carga intradiscal. Ver tabla 2.	El asiento podrá oscilar entre los 5 ° hacia atrás, hasta 10 ° hacia adelante ambos grados medidos desde el plano horizontal, de manera que se realizará una variación del ángulo dispuesto entre el asiento y el espaldar.
	Graduación del apoyo lumbar en altura	Teniendo en cuenta la información recopilada en la tabla 2, sobre las consideraciones de sillas, según diferentes autores.  Los datos de la altura del soporte lumbar, altura de la altura del asiento y la altura de los apoya	Debe evidenciar un apoyo lumbar entre los 2cm y 5cm de espesor.  Debe permitir la graduación de altura del apoyo lumbar para el percentil 5 y 95 de altura iliocrestal que corresponde desde <b>16,1 hasta 22,7cm.</b>
	Graduación altura del asiento	brazos se tomaron de los datos específicos de la población comprendida por mujeres de la región Nororiental colombiana de edades de 25 a 31 años. Tomado de la Tabla 32. Mujeres 25-31 años sedente- Libro Datos antropométricos para el diseño (María Fernanda Maradei Garcia, et al., 2009).	La altura del asiento debe variar según el percentil 5 y 95 de altura poplíteica que corresponde desde <b>35,3 hasta 43,7 cm.</b>
	Graduación inclinación del espaldar		Dada entre 90°-120° medidos desde la superficie del asiento.
	Apoya brazos (opcional)		La altura del apoyabrazos debe estar dada para el percentil 50 de altura de codos sedente que corresponde <b>23.7 cm.</b> El apoya brazos tiene la posibilidad de estar o no.
	Desplazamiento de la silla	Elementos que permiten la movilidad dentro del área de trabajo de manera segura.	Base con cinco brazos en forma de estrella, antivuelco, ruedas frenadas(Ofita).

	Requerimiento	Determinante	Parámetro
Ergonómicos	Dimensiones antropométricas	Se tendrán en cuenta dimensiones antropométricas con base a la población femenina de la región nororiental colombiana de edades de 25 a 31 años. Tomado de la <i>Tabla 32. Mujeres 25-31 años sedente-</i> Libro Datos antropométricos para el diseño (María Fernanda Maradei Garcia, et al., 2009).	<p>Altura del respaldo tomando el percentil 50 de la altura subescapular que corresponde a <b>42,9</b> cm.</p> <p>Ancho del asiento tomando el percentil 95 de ancho de caderas que corresponde a <b>46,5</b> cm.</p> <p>Profundidad del asiento tomando el percentil 5 de la dimensión profundidad nalga-poplitea que corresponde a <b>44,3</b> cm.</p> <p>Para el uso de las anteriores dimensiones se debe agregar una holgura de 2 a 4 cm.</p>
	Consideraciones etnográficas y expectativas culturales	Se tendrá en cuenta las expectativas ante la silla que usa la población de secretarias de la Universidad Industrial de Santander. Según los datos recolectados en el trabajo de campo.	<p>Dimensiones antropométricas ajustadas a la población de la región.</p> <p>Expectativas sobre los beneficios de la silla:</p> <p>Estética y función.</p>
	Desempeño vs. preferencia	Se tendrá en cuenta las tareas y el tiempo de trabajo sedente que realizan las secretarias de la UIS. Según los datos recolectados en el trabajo de campo. El trabajo de oficina se da en dos jornadas laborales una en la mañana y otra en la tarde.	<p>Tareas de oficina, contestar el teléfono, escribir en el computador, entre otras.</p> <p>Trabajo sedente prolongado de 1 a 3 horas por cada jornada de medio tiempo.</p>

	Requerimiento	Determinante	Parámetro
	Identificación de los elementos de control	La claridad para identificar los elementos de control permitirá al usuario realizar el uso adecuado de estos (María Fernanda Maradei Garcia & Espinel, 2008).	<p>Deben presentarse los siguientes aspectos a lo largo de las diferentes propuestas y evidenciarse en la evaluación final con los usuarios:</p> <p><b>Retroalimentación:</b> permitirá al usuario precisar las acciones que se encuentra ejecutando. La retroalimentación utilizada será por medio de resistencia del control a ser girado, empujado o deslizado.</p> <p><b>Tamaño del control:</b> no excederá el tamaño de la mano, para lo cual se tendrán en cuenta las dimensiones antropométricas de la mano para percentil 50, ancho de la mano <b>8,8 cm</b>; ancho de la palma de la mano <b>7,5 cm</b>; longitud de la palma de la mano <b>9,4 cm</b>; longitud de la mano <b>17 cm</b> (María Fernanda Maradei Garcia, et al., 2009).</p> <p><b>Textura del control:</b> se deben utilizar superficies de un coeficiente de fricción medio para que al tacto sea agradable para los usuarios, tales como madera pintada, aluminio, aglomerados, polímeros como ABS y Metacrilato (Mondelo, Gregori, Blasco, &amp; Barrau, 1999).</p> <p><b>Codificación del control:</b> en el presente trabajo, no existe una tabla de mandos de gran</p>

	Requerimiento	Determinante	Parámetro
	Usabilidad	Se tendrá en cuenta cuatro principios para un buen diseño propuestos en Ergonomía para el diseño (María Fernanda Maradei Garcia & Espinel, 2008).	Cuatro principios a tener en cuenta en el desarrollo del concepto de diseño: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Controles visibles</li> <li>2. El modelo conceptual del diseñador acorde al del usuario.</li> <li>3. Conservar las relaciones topológicas.</li> <li>4. Los controles deben tener retroalimentación en tiempo real.</li> </ol>
Técnicos	Mecanismo de inclinación asiento	Condiciones necesarias para la variación del asiento, mantener el peso y el uso por la modificación constante de la postura.	Resistencia al peso aplicado según las pruebas de seguridad <b>136 Kg.</b>
	Inclinación del espaldar	Condiciones necesarias para mantener un ángulo del espaldar acorde con las necesidades del puesto de trabajo (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2005; Ofita).	Inclinación entre <b>90° a 120°</b> , espaldar fijo. Resistencia a la carga de prueba <b>890 N</b> , ensayo de seguridad.
	Variabilidad pistón para altura	Condiciones para soportar el peso de cuerpo en postura sedente y los ensayos de seguridad. Tomado de la <i>Tabla 32. Mujeres 25-31 años sedente</i> - Libro Datos antropométricos para el diseño (María Fernanda Maradei Garcia, et al., 2009).	Variación entre desde <b>35,3</b> hasta <b>43,7 cm</b> , tomando desde el percentil 5 hasta el percentil 95 de la altura poplítea.

Requerimiento	Determinante	Parámetro
Mecanismo de ajuste del espesor del A.L.	Mantener una fuerza sobre el espaldar dada según Andreoni (2002) o una presión sobre el espaldar según la investigación de Makhsous (2009).	Debe resistir una carga aproximadamente <b>15 Kg</b> (Andreoni, Santambrogio, Rabuffetti, & Pedotti, 2002) o una presión promedio de <b>4,53 +/- 0,29 kpa</b> y un pico de presión de hasta <b>22,3 +/- 1,4</b> (Makhsous et al., 2009).
Traslación permitida por la base	Calidad de las ruedas para permitir un constante movimiento sumado el peso de la persona en posición sedente.	El material (caucho) de las ruedas debe tener un grado de dureza de más de <b>40 y 48</b> en la escala de Shore D.
Resistencia al movimiento de la inclinación del asiento	La variación del ángulo de inclinación debe darse por el impulso de la persona. Tomado de la Tabla 31. Mujeres 25-31 años sedente- Libro Datos antropométricos para el diseño (María Fernanda Maradei Garcia, et al., 2009).	La fuerza mínima requerida para mover el ángulo del asiento debe ser de <b>45,5 kg</b> correspondiente al percentil 5 de peso.
Mecanismo variación de altura del A.L.	Resistencia al peso ejercido por la espalda sobre el espaldar.	Debe resistir una carga aproximadamente <b>15 Kg</b> o una presión de hasta <b>4,53 kpa</b> .
Ventaja mecánica de los controles	La fuerza ejercida para poder accionar alguno de los controles de la silla debe ser mínima en función de que la persona los modifica mientras está sentada.	La fuerza aplicada para accionar el mecanismo debe ser entre <b>0 N</b> a <b>15N</b> .

	Requerimiento	Determinante	Parámetro
	Proceso de manufactura	Manufactura local, procesos de ensamble de los mecanismos existentes y fabricación de los ensambles propuestos.	<p>Procesos encontrados en la región:</p> <p>Fundición de piezas en metal en pieza de la base de la silla</p> <p>Doblado, maquinado de piezas en metal para el mecanismo de la inclinación del asiento.</p> <p>Elaboración de piezas fabricadas en materiales poliméricos usadas en la carcasa de la silla.</p> <p>Proceso de tapizado de muebles en las superficies de contacto de la silla.</p>
	Fabricación de las superficies de contacto	Según la Guía Ergonomía y salud en entornos de oficina. Ofita (Ofita).	La superficie de contacto del asiento debe tener un acolchado de mínimo 2 cm de espesor.
	Materiales a usar en la silla existentes en el mercado	Tapizado transpirable, que no resbale ni de calor, la superficie de contacto no debe provocar sudoración, según la guía de Ergonomía y salud en entornos de oficina. Ofita (Ofita).	<p>Cuero, Materiales sintéticos a base de poliéster u otros polímeros estos materiales no tienen buen sistema de refrigeración.</p> <p>Sin embargo las lonas para tapizar o mallas permiten una mejor ventilación para las superficies de contacto.</p> <p>Existen piezas prefabricadas que han sido importadas y tienen un bajo costo en el mercado regional, tales como los pistones y arboles de ruedas, facilitando la adquisición de estas.</p>

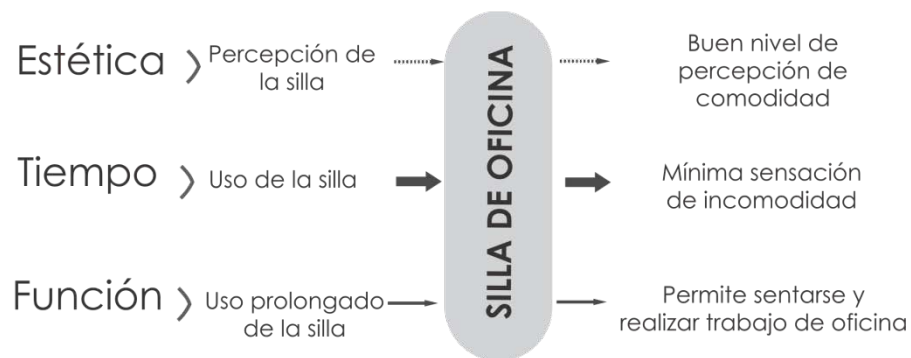
	Requerimiento	Determinante	Parámetro
	Estándares de seguridad	Se tendrá en cuenta las normas técnicas para verificar la seguridad que ofrece la silla.	Norma ICONTEC-NTC5345 Sillas de oficina, uso general. Ensayos(Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2005).
Producción	Fabricación con manufactura local	Descrito anteriormente. Ver casilla de procesos de manufactura.	Descrito anteriormente. Ver casilla de procesos de manufactura.
	Materiales distribuidos en la región	Distribuidores de materiales para fabricación de la propuesta de diseño.	Distribuidores en Bucaramanga y su área metropolitana.
	Elementos de ajuste existentes en el mercado	Verificación de los estándares de fatiga y resistencia según los catálogos de las piezas prefabricadas que serán usadas en la propuesta de diseño, debido a que serán sometidas a los diferentes ensayos normalizados.	Norma ICONTEC-NTC5345 Sillas de oficina, uso general. Ensayos (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2005).
	Pruebas del diseño mecánico con programas CAD-CAE	Modelar y probar los diferentes elementos de la propuesta de diseño para determinar la fatiga y resistencia individual, como en conjunto, para evidenciar el comportamiento de la propuesta modelada antes de realizar las pruebas pertinentes.	Modelado en Solid Works análisis CAD- CAE con las cargas establecidas en los ensayos de la norma NTC 5345.

## 7.2 ESTRUCTURACIÓN DEL PROBLEMA DE DISEÑO

La estructuración de un problema genera mejores resultados(Ulrich & Eppinger, 2009), en esta medida Ulrich plantea que descomponer un problema complejo en subproblemas más sencillos es la mejor manera para obtener una respuesta

conforme a los requerimientos de diseño. Para la elaboración del proceso de diseño de este proyecto se ha descompuesto en tres subproblemas fundamentales que enlazan la estética, la función y el tiempo de uso por medio de un elemento transversal en este caso la silla, como se puede visualizar en la figura 23.

**Figura 23. Estructuración del proceso de diseño**

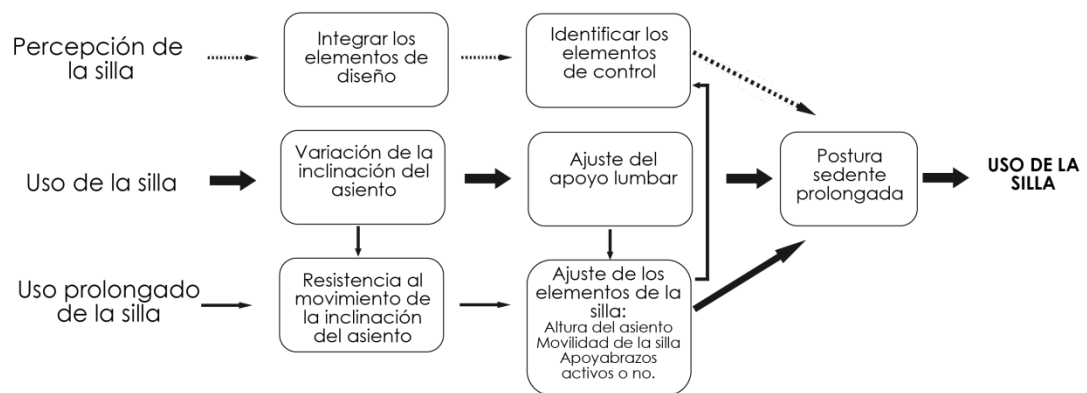


Cada uno de estos subproblemas desemboca en un aspecto que consolida las respuestas que una silla de oficina debe brindar al usuario tales como el nivel de percepción de comodidad, la sensación de incomodidad, la satisfacción de suplir la necesidad de sentarse y desenvolverse adecuadamente en su puesto de trabajo. Sin embargo, tener definidos los subproblemas, no implica que se haya desglosado completamente el problema de diseño, por tanto se tiene como referencia los respectivos requerimientos de diseño analizados en el ítem anterior para poder consolidar detalladamente cada subproblema.

En la figura 24, se indican cuáles son los aspectos más importantes dentro de cada uno de los subproblemas y la relación existente entre los mismos. Para el caso del subproblema percepción de la silla, los elementos de diseño y la identificación de los elementos de control se consideran como dos aspectos que deben ser estudiados de manera individual para dar una respuesta positiva a la hora de realizar la correspondiente evaluación de percepción.

Se debe resaltar que los tipos de flecha con los que se encuentran unidos los subproblemas y los diferentes aspectos que convergen en la respuesta: uso de la silla por tiempo prolongado, tienen un grado de importancia dentro de la profundización del proyecto. Las flechas en negrilla son las que tienen mayor grado de importancia seguida de las flechas delgadas y por último las flechas punteadas, de esta manera durante el proceso de diseño se hará énfasis en unos aspectos más que en otros.

**Figura 24. Despliegue de los subproblemas de diseño**



Esta última clasificación permitió dar inicio a la generación de ideas para cada aspecto que fue planteado, las cuales luego de una iteración se convertirán en conceptos que ser útiles para dar la respuesta de diseño según los requerimientos trazados; para esto se realizaron cinco mapas mentales con el que se profundizó en el detalle de cada elemento, mecanismo o concepto de diseño que se planteó en la silla propuesta.

En la figura 25 se muestra el mapa referente a los elementos de diseño, con éste se logró identificar los diferentes conceptos de diseño que formalmente se presentaron en las alternativas de diseño.

En el anexo E también se pueden observar los mapas realizados para los aspectos: identificación de los elementos de control, ajuste del apoyo lumbar, variación de la inclinación del asiento se unificó con la resistencia al movimiento de la inclinación del asiento debido a que estos se encuentran directamente relacionados y se integran uno con respecto al otro.

Por su parte el mapa de la identificación de los elementos de control, permitió identificar los tamaños, texturas, iconos y la compatibilidad que los mandos transmitirán a la hora de ser percibidos por el usuario, de este mapa se profundizará en concretar los iconos a usar en los cuatro controles que tendrá la silla de oficina.

Figura 25. Mapa de los elementos de diseño

Integrar los elementos de diseño

**Interacción**

**Ley de cierre**

**Ley de pregnancia**

**Accesibilidad**

**Textura**

**Color**

**Coherencia formal**

Mantener características de color, texturas, materiales y otros aspectos de forma y estructuración.

**Simetría**

**Traslación**

**Formas geométricas**      **Formas estructurales**

**Proporciones**

**Formas orgánicas**

**Componentes**

**Consistencia**

**Material**

El uso de materiales en el diseño de esta silla es variado debido a las diversas funciones con las que se cuenta, se manejan polímeros, metales y textiles, de tal manera que conjunto a la parte formal, la caracterización de superficies y elementos de control se da por la identificación de similitud de materiales.

**Flexibilidad/Usabilidad**

**Equilibrio**

**Necesidades**

Los siguientes mapas hacen referencia de los mecanismos usados en la silla debido a los requerimientos establecidos anteriormente. En primer lugar se encuentra el mapa donde se ven tres opciones para el mecanismo de la inclinación del asiento, así mismo se detallan elementos preliminares tales como materiales, forma global del asiento y la posible manera de fabricación los cuales permiten que se pueda realizar un proceso de evaluación para determinar cuál es el más adecuado para ser usado en la silla.

El siguiente mapa hace un recuento de los mecanismos que se podrían usar tanto para la graduación de altura como de espesor sin embargo se debe realizar una evaluación con respecto a las cualidades y así evidenciar la evolución para concebir las propuestas de solución. En el último mapa encontramos elementos de otros requerimientos que surgieron en el planteamiento inicial, como por ejemplo, variación de la altura del asiento, la movilidad de la silla, para suplir esta necesidad se usaran elementos de fácil disponibilidad en la industria local como pistones de gas, las bases de cinco ruedas y tornillos de seguridad, usados en la industria local.

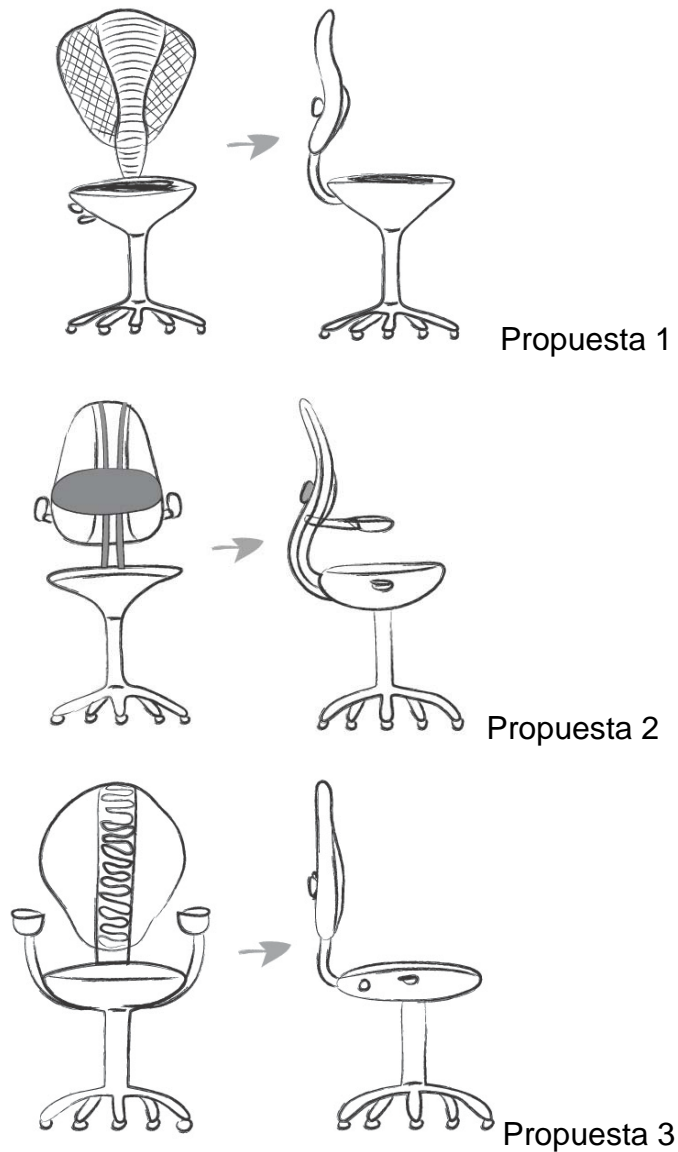
Luego de tener de una idea específica los diferentes elementos que podrían servir para conformar el concepto de diseño, se dio inicio a una integración de ideas con el fin de establecer sólidamente lo que será la alternativa final de diseño. Para desarrollar de una forma más clara el proceso de diseño los subproblemas fueron agrupados en formal y funcional. Esto no significa una separación de los conceptos, por el contrario deberán permanecer en una constante retroalimentación en función de no resultar como dos proyectos separados.

### **7.3 DISEÑO FORMAL**

Por medio de los mapas conceptuales se reunieron los elementos que debían estar presentes en las propuestas de diseño, como resultado son seleccionados

tres esbozos donde se hace una propuesta formal de las sillas como se observa en la figura 26. Éstos fueron puestos en consideración y evaluados por el grupo de participantes a quienes se les presentó una encuesta (anexo F), en la cual se evalúa el nivel de comodidad percibido en cada una de las imágenes presentadas, por medio de una escala de visualización análoga.

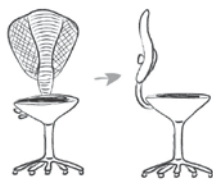
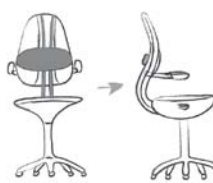
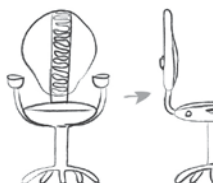
**Figura 26. Bocetos de la propuesta de diseño formal**



Los puntajes que cada secretaria asignó a las diferentes sillas fueron ponderados, en la tabla 9, allí se puede observar como la propuesta 3 y 2 tuvieron una mejor acogida por parte de las encuestas. De otro lado se encuentra propuesta 1 que no tuvo gran aceptación, la forma del espaldar al no generó una buena percepción de comodidad debido a la presencia de muchos elementos curvos. Las formas demasiado pronunciadas en la zona de apoyo lumbar fueron rechazadas y por el contrario prefirieron la silla que evidenciaba un espaldar dispuesto en ángulo recto.

Además se realizó una evaluación de los elementos de diseño presentes en cada una de las propuestas conceptuales de manera que permitió determinar cuál de estas presentaba más elementos de diseño, de manera tal que entre más elementos de diseño estuvieron presentes, más cómoda sería percibida la silla propuesta.

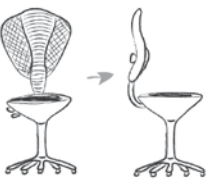
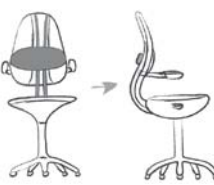
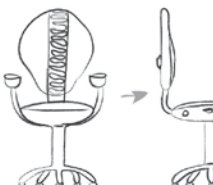
**Tabla 9. Resultados de la evaluación de propuestas con la Escala de visualización analógica (EVA)**

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Boceto			
Valor Promedio	4,09	5,14	6,36

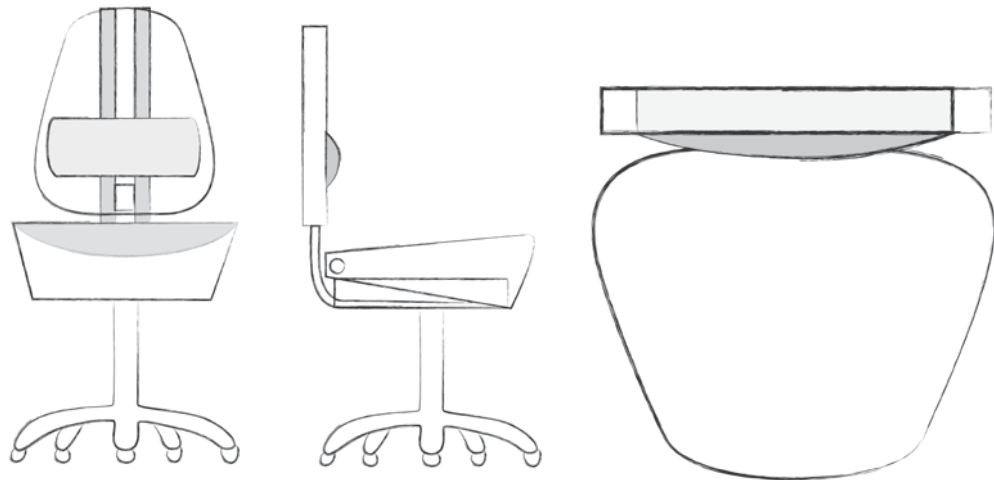
En la tabla 10 se presentan en la primera columna el listado de los elementos de diseño, seguida de las columnas con las propuestas realizadas, la evaluación fue realizada por el diseñador, el cual señalaba con una viñeta las casillas de los elementos de diseño presentes en la propuesta de los tres bocetos planteados preliminarmente.

Los resultados de la evaluación de los elementos de diseño mostrados en la tabla 10 sugieren que la propuesta 2 y 3 evidencian mayor número de elementos de diseño. Por tanto en el desarrollo del proceso se tomaron estas dos propuestas para elaborar una alternativa formal que pueda reunir los aspectos relevantes de cada una para conformar una nueva propuesta inclusiva. En la figura 27 se observa la propuesta bidimensional con la que se trabajará para modelar en tres dimensiones la propuesta final.

**Tabla 10. Evaluación de elementos de diseño en las tres propuestas de diseño formal**

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
<b>Elementos de diseño</b>			
Simetría	✓	✓	✓
Proporciones			✓
Formas geom.		✓	✓
Traslación	✓	✓	
Formas orgánicas	✓	✓	
Coherencia formal			✓
Equilibrio			✓
Flexib. - usabilidad		✓	✓
Formas estruc.		✓	✓
Color	N.A	N.A	N.A
Accesibilidad		✓	✓
Consistencia			✓
Ley de cierre	✓	✓	✓
Interacción	✓	✓	✓
Ley de pregnancia		✓	
Textura	✓		✓
Desemp. Vs. Pref.			✓
Necesidades		✓	✓
Consideraciones etnog.ycult.			✓
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>15</b>

**Figura 27. Propuesta combinada bidimensional**



#### 7.4 DISEÑO FUNCIONAL

Con los tres mecanismos propuestos en el mapa de separación de subproblemas se realizó la tabla 11 en esta se analizó la resistencia al movimiento permitida por el mecanismo, la altura ocupada medida desde el asiento y la facilidad de uso permitida por el mecanismo de inclinación, este análisis permitió identificar cuáles eran los mecanismos pertinentes para suplir la necesidad de inclinación de asiento.

**Tabla 11. Evaluación de los mecanismos de planteados**

<b>Tipo de mecanismo</b>	<b>Balanza con resortes</b>	<b>Pivote central y trinquete</b>	<b>Resorte de torsión</b>
Imagen			
Resistencia al movimiento del asiento	Está condicionado al los resortes, por tanto el movimiento es muy libre.	Movimiento estandarizado por los diferentes niveles.	El movimiento está restringido por el resorte de torsión.
Altura que ocupa en el asiento	Ocuparía aproximadamente 7 a 8 cm de altura medida desde el pistón de altura del asiento.	Ocuparía aproximadamente de 8 a 12 cm de altura medida desde la base del asiento.	Ocupa mínimo espacio 4 a 5 cm de altura medido desde el pistón de altura.
Facilidad de	Por el movimiento	La persona tendría	El movimiento se

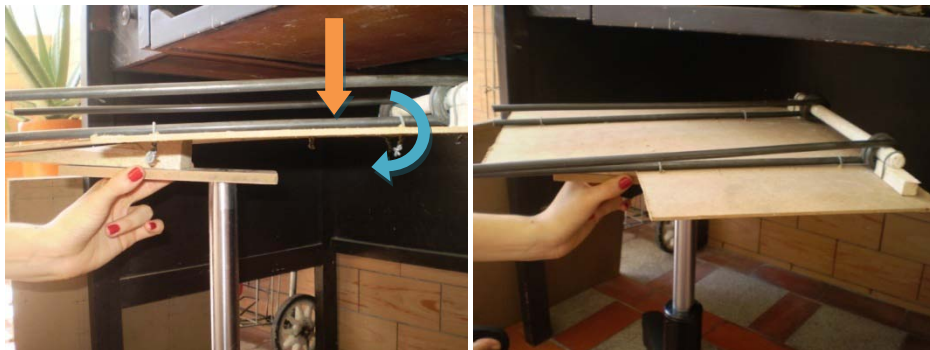
uso	voluntario del cuerpo de la persona.	que liberar el seguro para poder inclinar el asiento.	da voluntariamente por la persona.
-----	--------------------------------------	---	------------------------------------

El análisis permitió establecer que el mecanismo de trinquete con soporte en el centro no era viable, debido a que el accionamiento del mecanismo debía realizarse por medio de un botón para poder liberar el seguro que permitía la inclinación del asiento, esto se justifica debido a que existe evidencia en estudios previos que la mayoría de las personas no utilizan los controles que se disponen en las sillas de oficina (Karwowski & Marras, 1999 ).

De otro lado el mecanismo de balanza también fue descartado por la cantidad de espacio que podía llegar a ocupar, además no garantizaba que la libertad de movimiento podría controlarse con los resortes que se plantean bajo la superficie del asiento.

Por consiguiente, se realizó una maqueta a escala real con el mecanismo conformado por resortes de torsión para evidenciar su funcionamiento, el espacio ocupado y la facilidad de movimiento durante el uso. En la figura 28, se puede observar la estructura el mecanismo en dimensión real, sin embargo, el peso del eje sobre el que se ubica el resorte de torsión producía una fuerza (flecha color naranja) la cual aumentaba el momento de fuerza (flecha color azul), de manera que se producía un volcamiento de la estructura hacia la parte de posterior.

**Figura 28. Mecanismo con resorte de torsión**

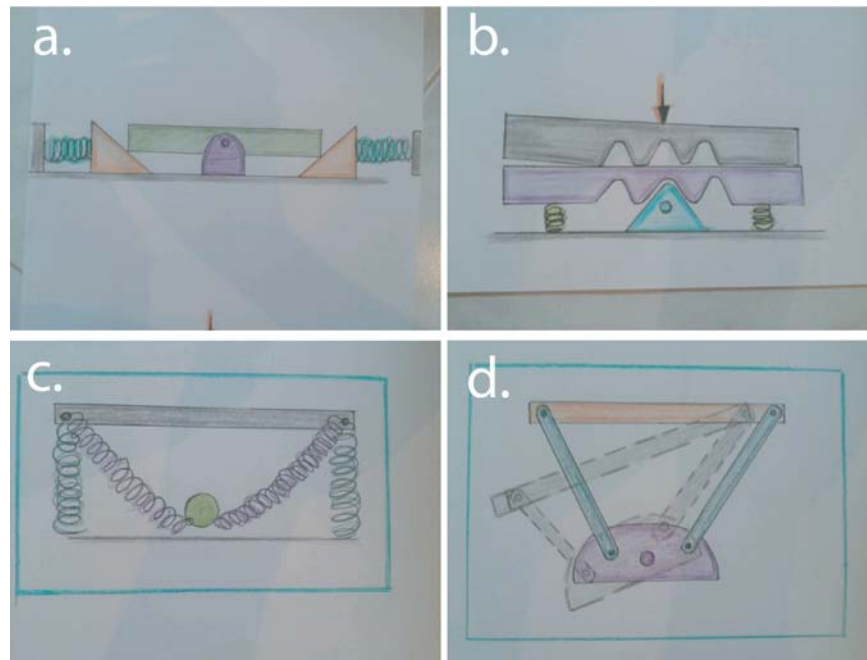


En esta etapa del proceso, se concluyó que debía ubicarse una camisa sobre el pistón de forma tal que permitirá contrarrestar el momento de fuerza que se genera por la ubicación de un mecanismo sobre el pistón para la variación de altura, debido a la pequeña área que tiene para soportar el peso y podría desembocar el volcamiento del asiento.

Además del desequilibrio generado por el peso hacia un lado, se evidenció que los resortes de torsión de una magnitud de 30 cm deben estar fabricados con un alambre de 5 milímetros de diámetro, lo cual aumentaba el peso sobre la superficie del asiento. Por tanto se realizó una nueva recopilación teniendo en cuenta las deficiencias de los mecanismos propuestos anteriormente.

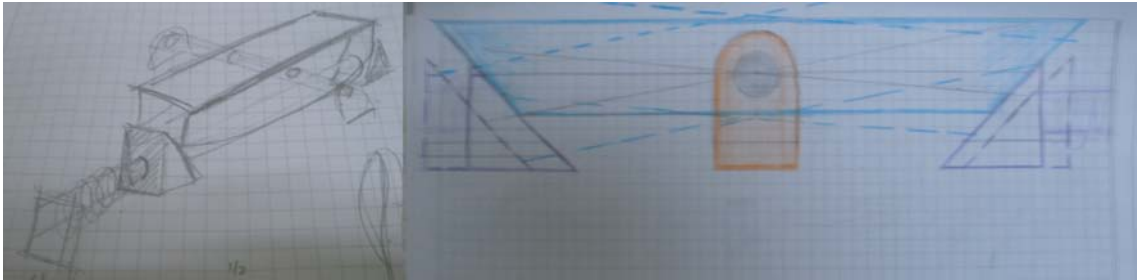
En la figura 29 se observan los bocetos de los mecanismos planteados, la figura 29a muestra una barra que al estar sometida a peso logra mover las cuñas para desplazar el resorte de compresión que al final dará la inclinación del asiento. El mecanismo expuesto en la figura 29b se planteó como un trinquete que en la medida que se retirara la carga del asiento este encajaría en una nueva posición. Por su parte la figura 29c es un compuesto de una barra y resortes a compresión que se comprimen en la medida que sea la inclinación del asiento. Finalmente la parte d de esta figura muestra un mecanismo compuesto por barras que realizan el movimiento oscilatorio para permitir que una de las barras se comporte con la inclinación necesaria.

**Figura 29. Lluvia de ideas de mecanismos**



En la figura 30 se observa el boceto del mecanismo planteado en la figura 29a presentado en tres dimensiones y esquema del mecanismo según la libertad de movimiento que debe permitir. En la medida de comprobar si el mecanismo era viable tanto en funcionamiento como en la distribución de fuerzas se realizó una maqueta a escala real mecanismo. La maqueta elaborada en madera permitió comprobar que el mecanismo tenía una distribución de fuerzas equitativa, debido a la simetría de sus partes. Además, se observó que el mecanismo permitía un avance controlado debido a la disposición horizontal de los resortes, por lo tanto cuando se ejercía fuerza sobre la superficie de contacto con el asiento la cuña sobre la que el soporte hacia presión se desplazaba sin inconveniente, ver figura 31.

**Figura 30. Mecanismo de balanza con resortes de compresión** A la derecha esquema en 3d, a la izquierda plano del mecanismo.



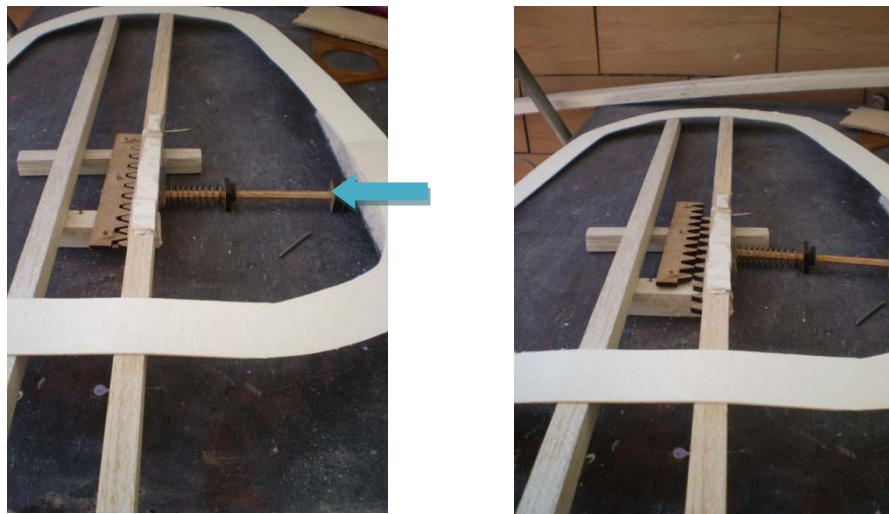
**Figura 31. Mecanismo de balanza con resortes de compresión**  
Escala 1:1



Por otra se verificó que el mecanismo propuesto para que el ajuste del apoyo lumbar responda las necesidades establecidas en los requerimientos de diseño. En la Figura 32, se observa una imagen de la maqueta del mecanismo para la variación de altura del soporte lumbar a escala real. Éste fue conformado por un

trinquete el cual se acciona por medio de la presión ejercida en el sentido de la flecha azul, lo cual libera el resorte permitiendo trasladar la cremallera hacia un nivel superior o inferior según la altura que se desee. Para dar solución a este mecanismo también contempló el uso un piñón-cremallera, característico por convertir un movimiento circular a uno de traslación, sin embargo este mecanismo no cumplió con el requerimiento de soportar la fuerza ejercida por la persona sobre la superficie del espaldar, lo cual permitiría el desplazamiento de cremallera con facilidad.

**Figura 32. Mecanismo para la variación de altura del soporte lumbar**



El espesor del apoyo lumbar se ha definido con el uso de un resorte plano que está sometido a compresión con la ayuda de tornillos para poder aumentar la superficie cóncava que se adecua a la curvatura lumbar. Inicialmente se había pensado un tornillo perpendicular a la superficie que realizará la fuerza, sin embargo con la maqueta se observó que un tornillo paralelo a la superficie (como se muestra en la figura 33) permite mantener la forma cóncava necesaria en el apoyo lumbar.

**Figura 33. Mecanismo que mantiene el espesor del apoyo lumbar**

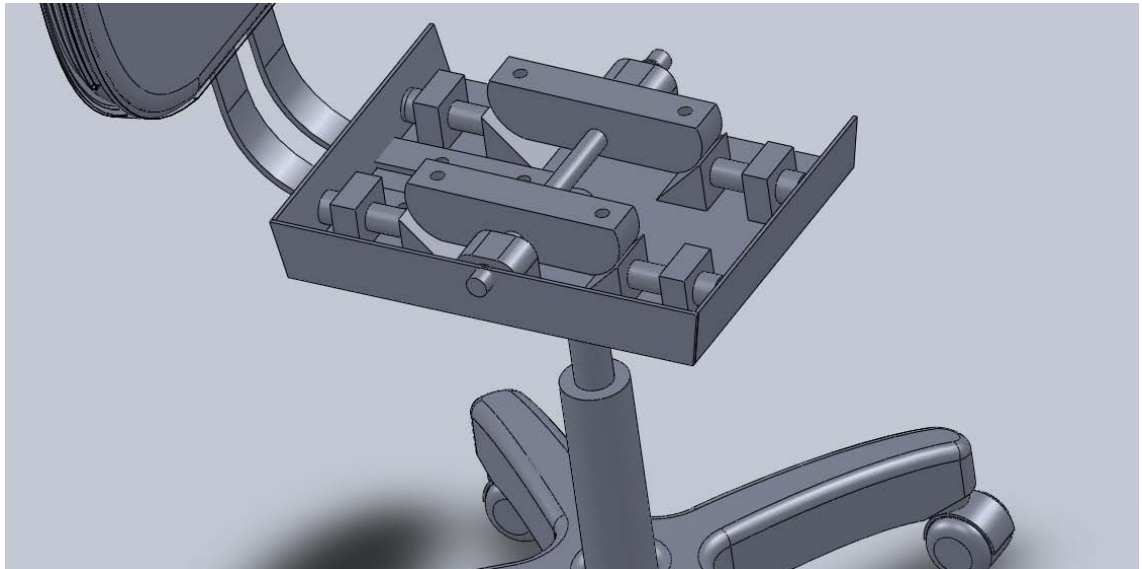


## **7.5 MODELADO Y VALIDACIÓN CAD- CAE**

Una vez definidos los mecanismos a utilizar, se reúnen todas las partes anteriormente descritas en un único objeto. Para esto se ha usado el software Solid Works versión 2010, con el cual se modeló y analizó la interacción de cada una de las partes de la silla.

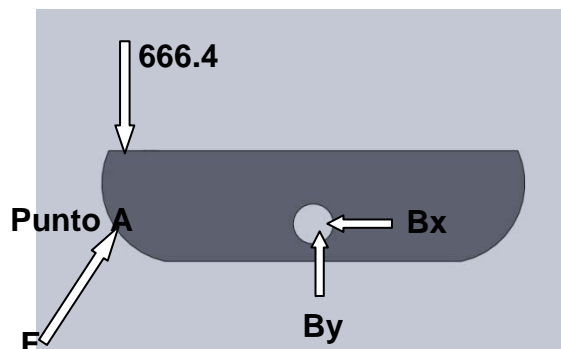
En la figura 34 se muestra el mecanismo usado para variar la inclinación del asiento en la propuesta de diseño. Este mecanismo está sometido a la fuerza que el cuerpo podría llegar a ejercer sobre el asiento. Por tanto se analizó la deformación unitaria, el factor de seguridad, desplazamientos y tensiones a los que estará sometida cada una de las piezas durante el uso.

**Figura 34. Mecanismo para la variación de la inclinación del asiento**



Antes de realizar la simulación en cada pieza, se realizaron los análisis estáticos en la medida de determinar las fuerzas a las que estaría sometida cada pieza. En primera medida se decidió analizar el soporte del asiento, ver figura 35, debido a que la resistencia al peso según la norma de ensayos para sillas NTC 5345 debe ser de 136 Kg equivalente a 1332,8 N. Debido a que el mecanismo cuenta con dos piezas de este tipo, la carga será dividida en dos, lo que indica que cada soporte deberá resistir una fuerza de 666.4 N. Además se aclara que el ángulo en el que está dispuesta la fuerza  $F$  es de  $53.13^\circ$  medido a partir de una línea vertical.

Figura 35. Estática del soporte del asiento



$$\sum F_x = 0 \quad (1)$$

$$F \cdot \sin 53,13 - B_x = 0$$

$$F \cdot \sin 53,13 = B_x$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2)$$

$$-666.4 \text{ N} + B_y + F \cdot \cos 53,13 = 0$$

$$\sum M_a = 0$$

$$B_y \cdot 0,1 \text{ m} = 0$$

$B_y = 0$  esta respuesta es reemplazada en la ecuación (2)

De esta manera se halla la fuerza F,

$$F \cos 53,13 = 666.4$$

$$F = 1110.66 \text{ N}$$

La fuerza F hallada equivale a la fuerza aplicada perpendicularmente sobre la cuña, de esta manera se puede encontrar que el valor para las componentes  $F_x = 88.53$  y  $F_y = 666.4$ . Por otra parte, el eje sobre el que se ubican los dos soportes le transmiten la totalidad de la fuerza a éste, por lo cual la fuerza a la que está sometido el eje es de 1332.8 N y de igual manera la fuerza que se ejercen por los apoyos fijos contrarresta la fuerza total que se aplica sobre el eje.

Finalmente, se debe señalar que el espaldar también está sometido a carga en este caso es de 890 N según la norma de ensayos para sillas NTC 5345. Por tanto la simulación de solid Works para el soporte del espaldar y el apoyo lumbar será la carga mencionada anteriormente.

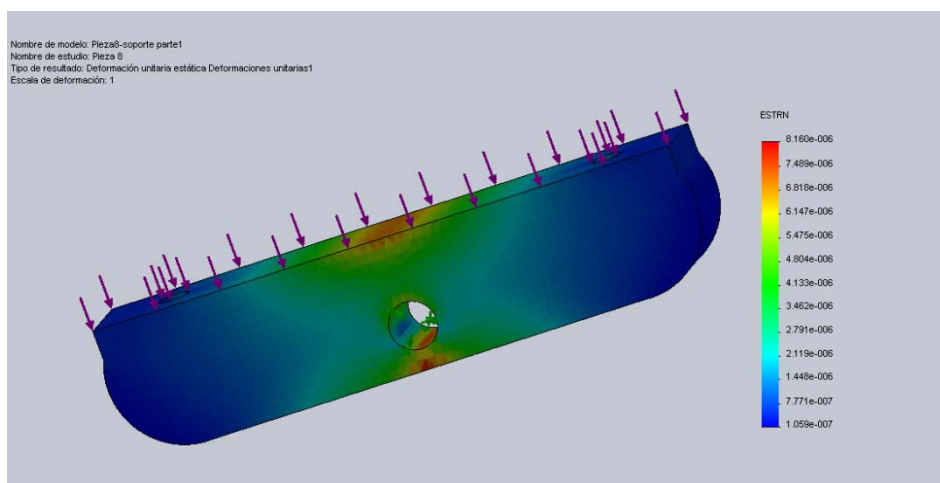
Los elementos como árbol de ruedas y el pistón no serán analizados por medio de la simulación debido a que estas piezas ya se encuentran estandarizadas por una

producción en serie y cuentan con las características de resistencia necesarias para ser usadas en las sillas de oficina que normalmente vemos.

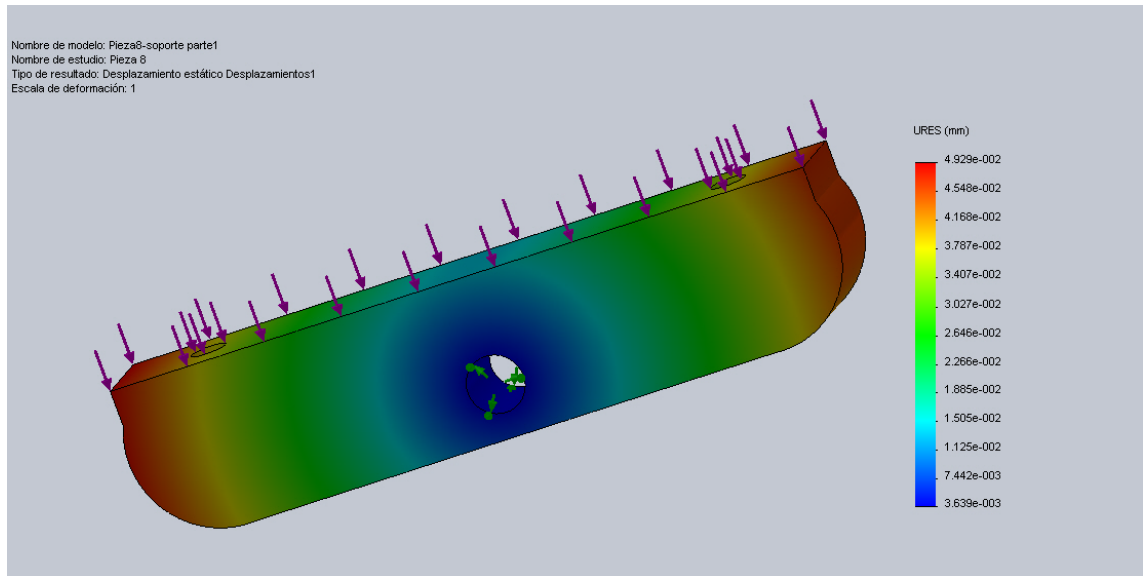
En la figura 36 se encuentra descrito los análisis de simulación realizados para la pieza soporte del asiento, inicialmente se observa la imagen de deformación unitarias que permite determinar que la deformación de pieza estará dada en los alrededores del agujero del eje, sin embargo las deformaciones son despreciables debido a que corresponden del orden de  $e-6$  cm (e significa que el valor esta elevado por un exponente el cual puede ser positivo o negativo), es decir son valores considerablemente pequeños.

En la grafica que 37, por el contrario se observa que el desplazamiento luego de ser aplicada la fuerza se evidenciará en los extremos libres del soporte en el orden de  $e-2$  mm. Esto indica que si la carga aplicada sobre la pieza supera los 666.4 N la pieza podría sufrir un desplazamiento en los puntos señalados en color rojo. Finalmente en la figura 38 se presenta el gráfico que muestra el factor de seguridad para esta pieza para la cual tiene un factor de seguridad sobre estimado y por tanto confirma que los supuestos de desplazamiento y deformación verían manifestados luego de ser cargas muy elevadas.

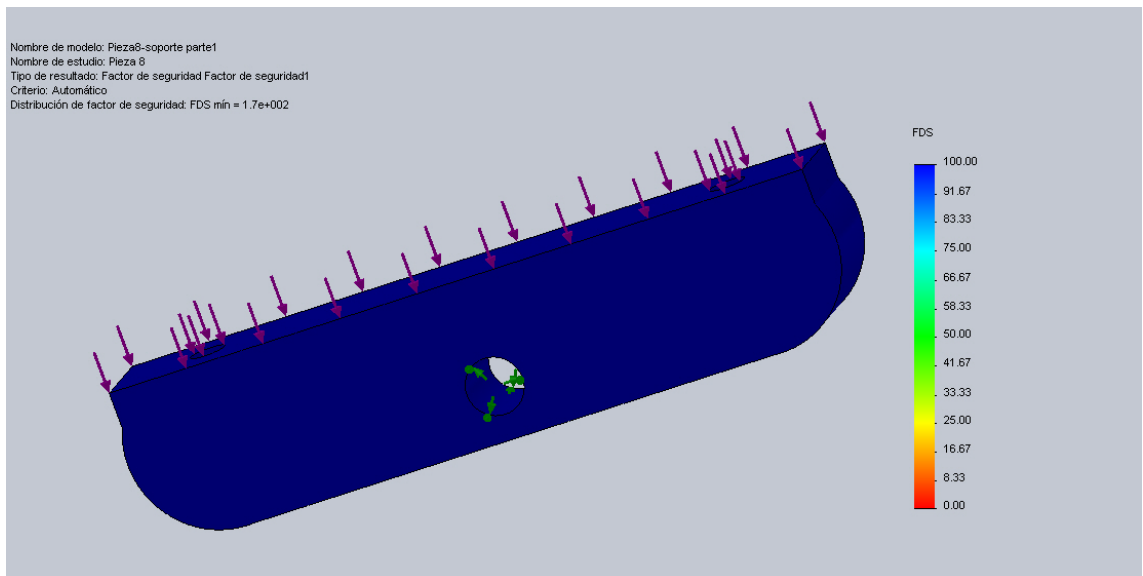
**Figura 36. Deformación unitaria para soporte del asiento**



**Figura 37. Desplazamiento estático del soporte del asiento**

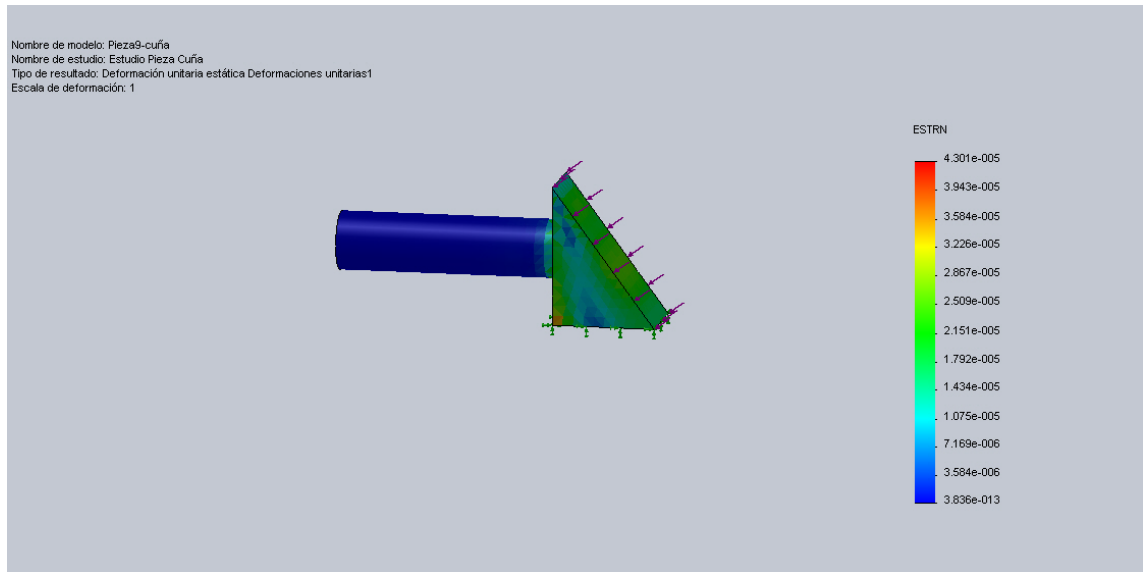


**Figura 38. Facto de seguridad del soporte del asiento**

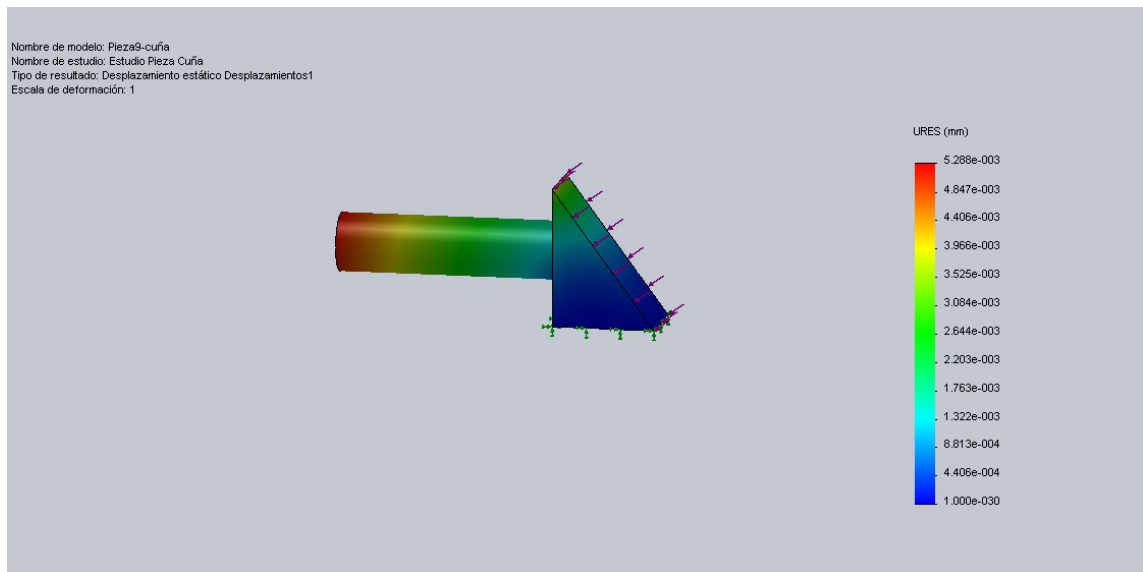


En la figura 39 se observa el comportamiento de la pieza cuña para la deformación unitaria luego de ser aplicada la fuerza, sin embargo se debe resaltar que la posible deformación se muestra sobre la cara plana debido sobre esta se aplica la fuerza. Se debe aclarar que las deformaciones son del orden de  $e^{-5}$  por tanto pueden ser despreciables.

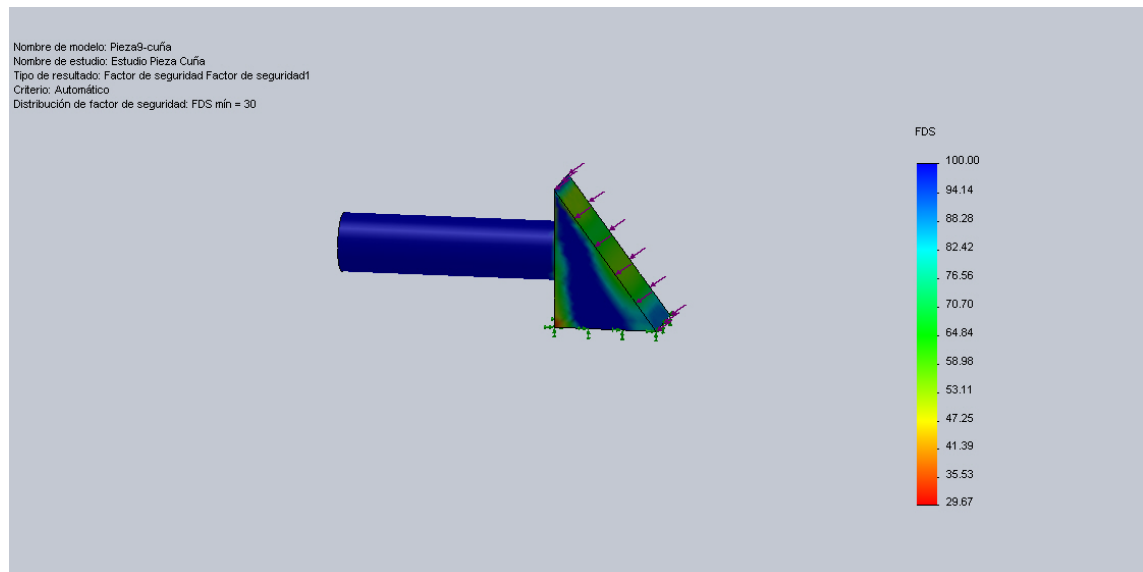
**Figura 39. Deformación unitaria de la cuña**



**Figura 40. Desplazamiento estático presentes en la cuña**



**Figura 41. Factor de seguridad de la cuña**

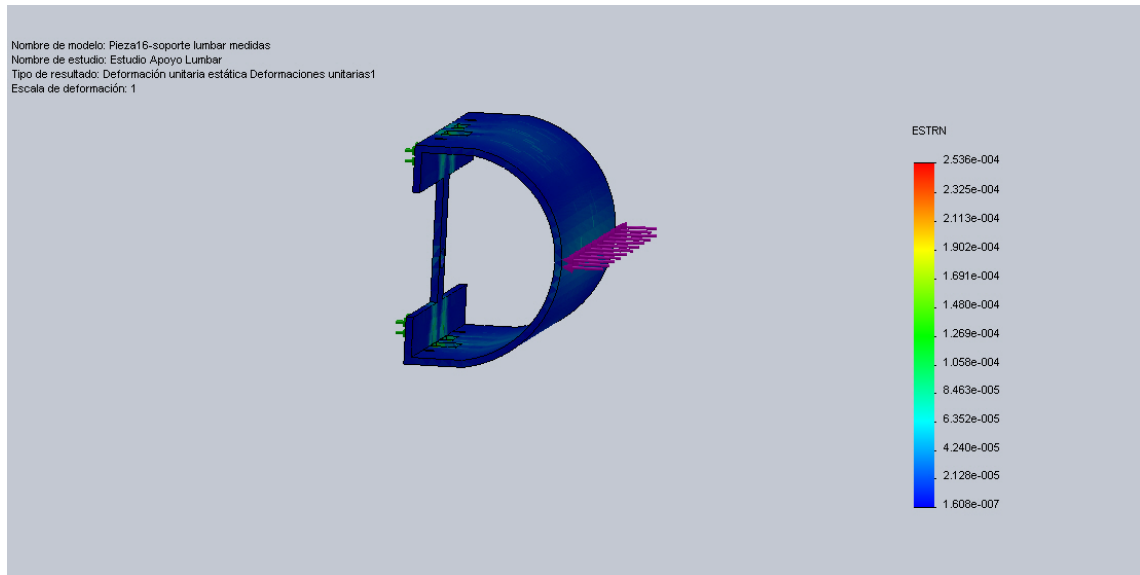


Por otra parte, la simulación de desplazamiento de la cuña se evidencia sobre para parte superior de la pieza debido a que en el análisis esto se encuentra en voladizo, sin embargo se debe aclarar que el eje que hace parte de la forma triangular se deslizará a lo largo de un buje, lo cual evitara que este se desplace como se muestra en la figura 40. Finalmente, el factor de seguridad de la pieza no se observa de manera uniforme, ver figura 41, sin embargo esto no implica que la pieza falle, debido a que se puede afirmar que la pieza es un 80 % segura.

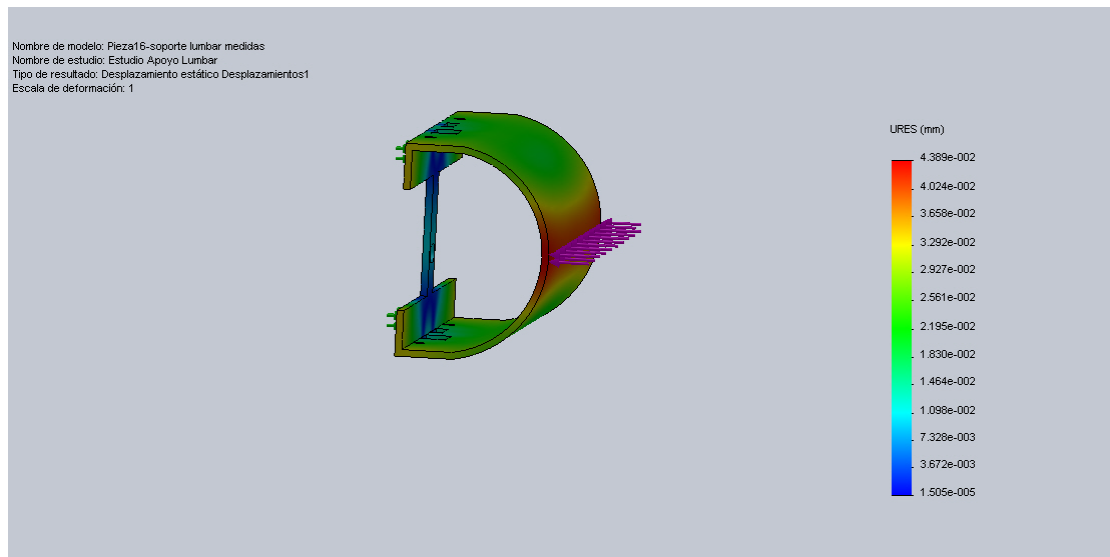
La simulación de la pieza del soporte lumbar se presenta en la figura 42, 43 y 44. En primer lugar se puede observar que la deformación que podría presentar por la presencia de la fuerza sobre esta pieza es mínima. Sin embargo, en la figura 43 se evidencia un posible desplazamiento sobre el área central del orden de  $e-2$  mm, este resultado se puede obviar debido a que se está una carga de 890 N sobre el soporte, valor que está sobre dimensionado debido a las normas para ensayos de sillas.

Finalmente, la figura 44 muestra el valor factor de seguridad donde data que el mínimo (área roja) es de 4.2 se acepta pero debe considerarse que un aumento de la carga haría fallar la pieza.

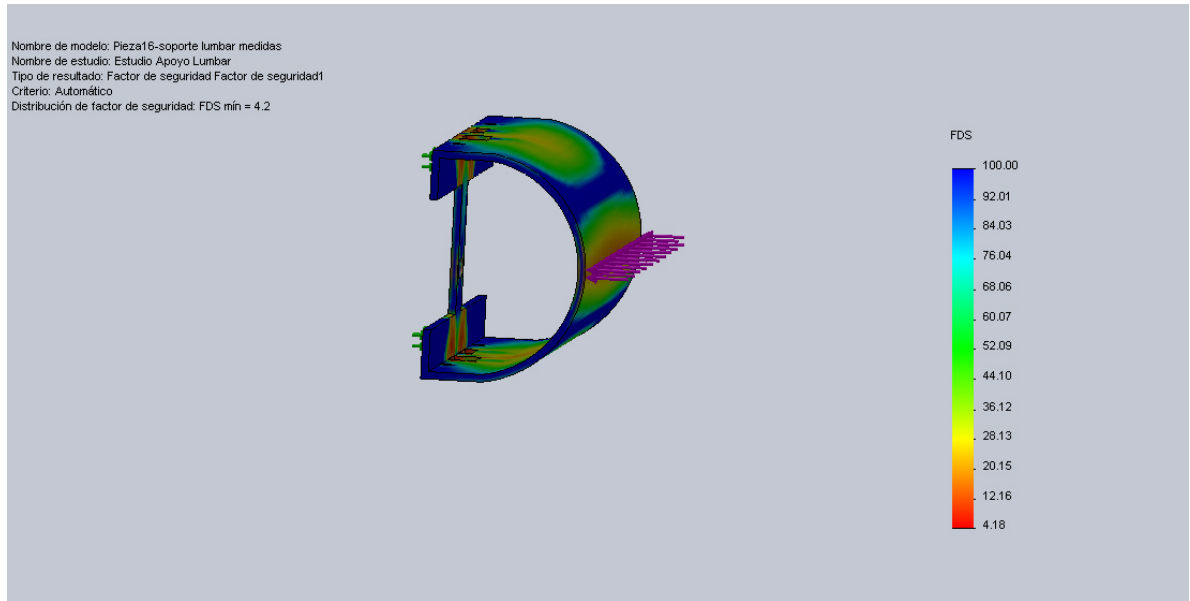
**Figura 42. Deformación unitaria del soporte lumbar**



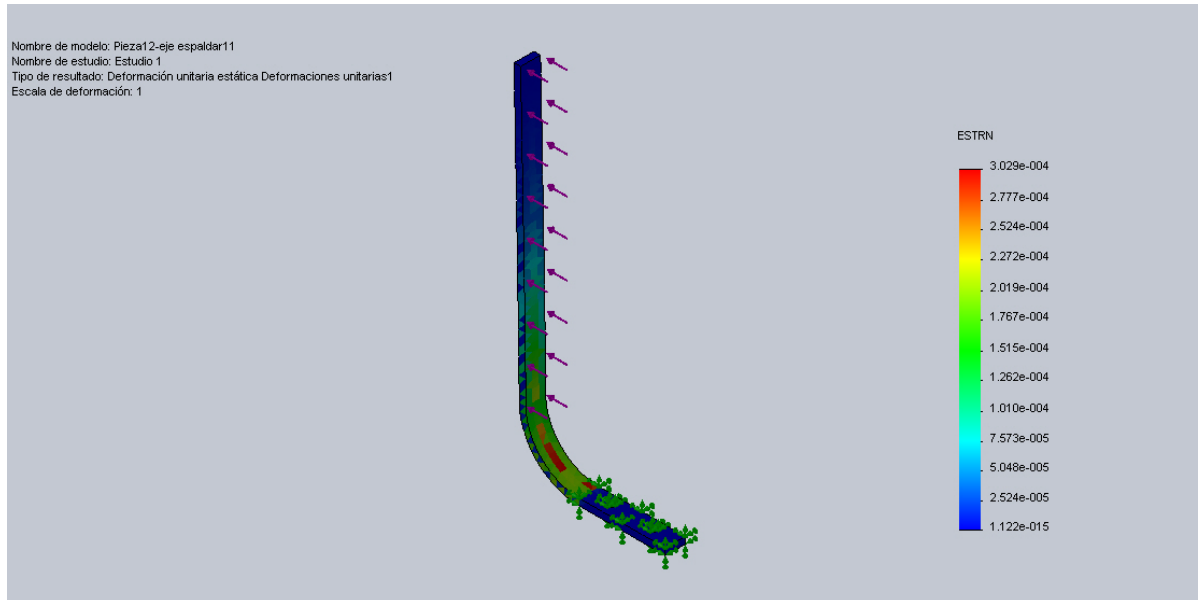
**Figura 43. Desplazamiento estático del soporte lumbar**



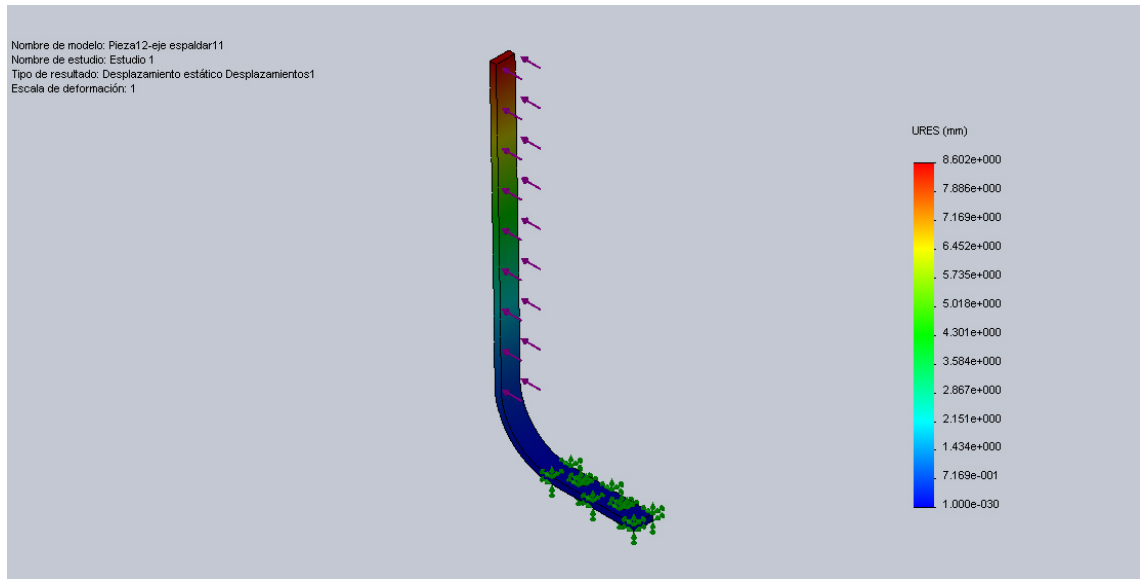
**Figura 44. Factor de seguridad soporte lumbar**



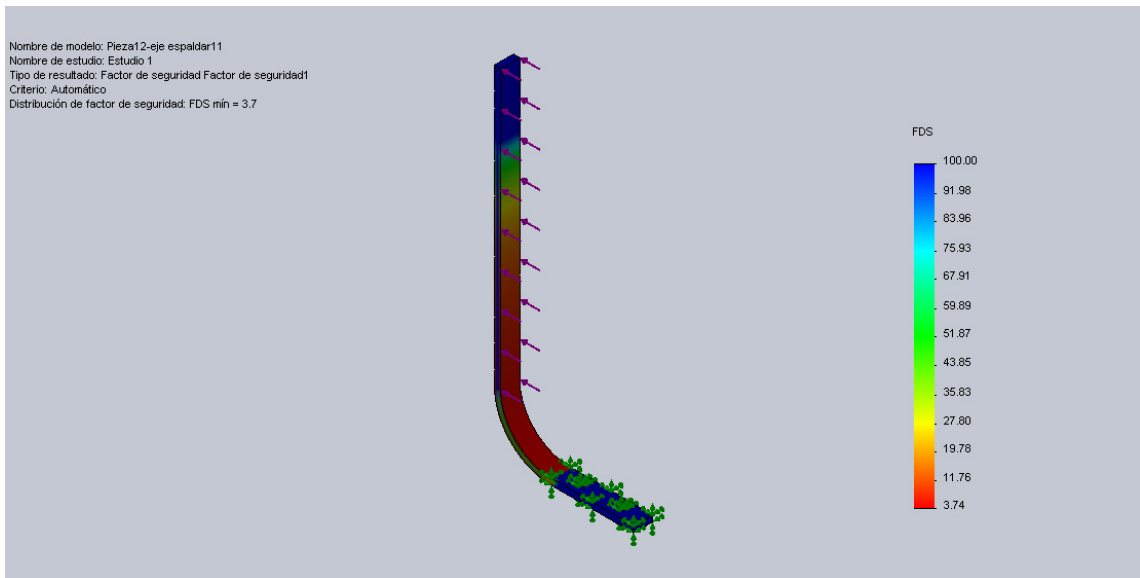
**Figura 45. Deformación unitaria soporte del espaldar**



**Figura 46. Desplazamiento estático soporte del espaldar**



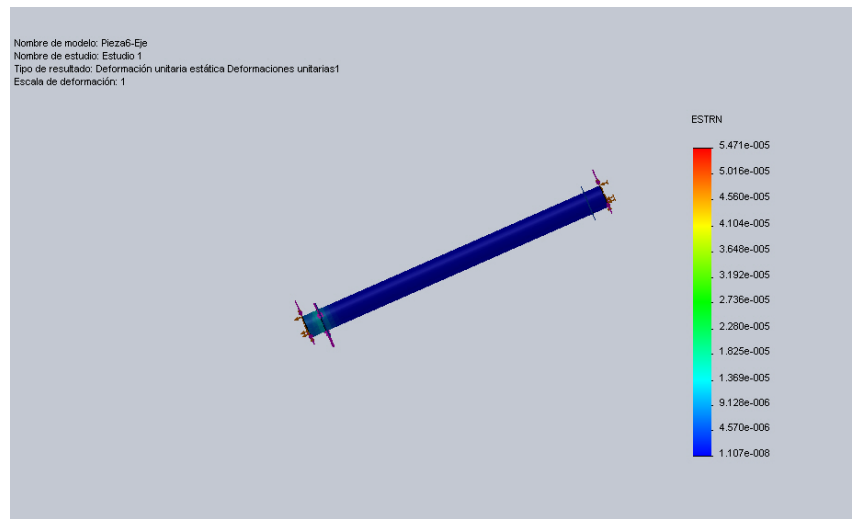
**Figura 47. Factor de seguridad soporte del espaldar**



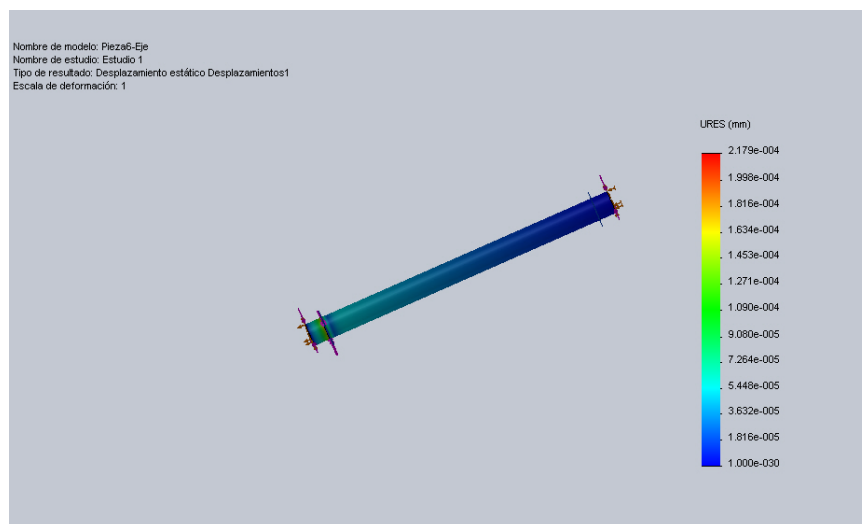
El análisis de la pieza soporte del espaldar sugiere una deformación unitaria mínima del orden de  $e^{-4}$  por tanto no es significativa, ver figura 45. Por otra parte se encuentra el análisis de desplazamiento el cual sugiere que el extremo superior de la pieza estará afectado por la fuerza de la espalda, lo que conllevaría a una flexión de esta pieza como se muestra en la figura 46. Sin embargo estos

desplazamientos son mínimos y se presentarán al momento de ubicar la carga de ensayo la cual es superior a la carga que ejerce una persona sobre el espaldar de la silla. Por último se observa la gráfica que representa el factor de seguridad, aunque gran área está marcada de color rojo lo que indica un nivel muy bajo del factor de seguridad este se mantiene en 3.7 un valor que es aceptable para la carga máxima del ensayo sugerido.

**Figura 48. Deformación en el eje**

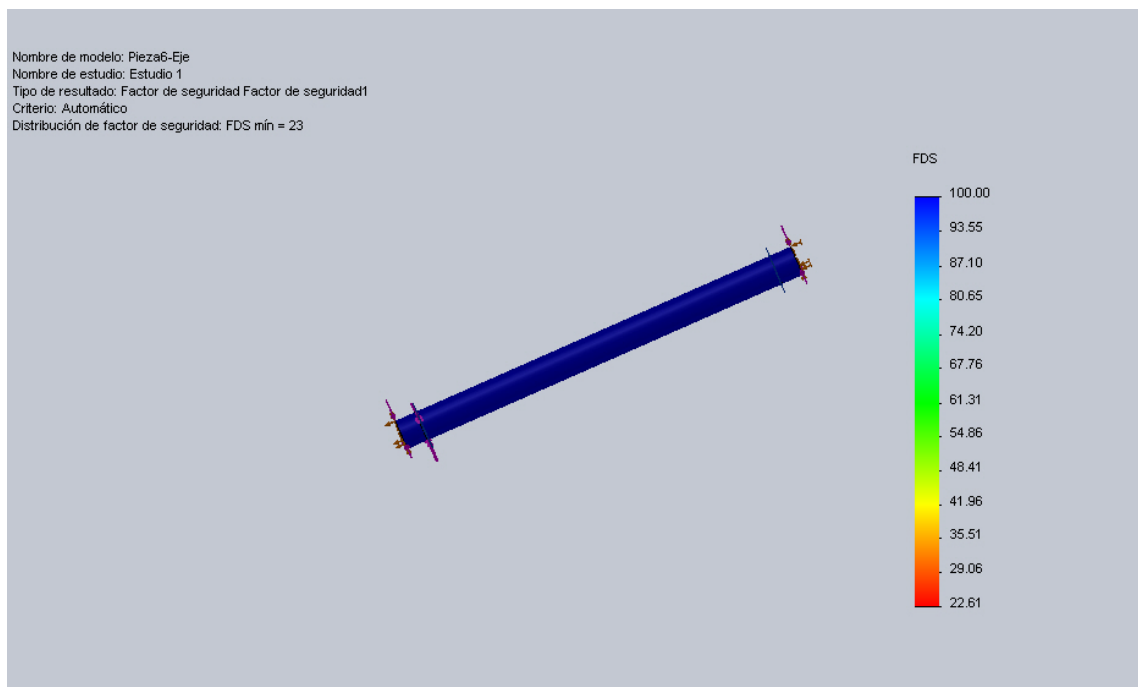


**Figura 49. Desplazamientos estáticos para el eje**



Las figuras 48, 49 y 50 permiten observar que el eje que soporta la carga de los soportes del asiento posee una deformación unitaria mínima, de igual forma el desplazamiento estático se ve afectado en un extremo debido a la presencia de una ranura para un anillo de seguridad, por lo cual la pieza tiene poca área. Finalmente, la figura que muestra el factor de seguridad de la pieza lo mantiene en el nivel más alto a lo largo de todo el eje. Por tanto, no existe riesgo para esta pieza y por el contrario se puede decir que está sobredimensionada.

**Figura 50. Factor de seguridad para el eje**



La simulación en las diferentes partes de la silla sometidas a fuerza permitió observar los puntos críticos de éstas y de igual forma verificar las dimensiones de las piezas eran las necesarias para resistir las cargas durante el uso de la silla.

## 7.6 RENDER Y PROTOTIPO FINAL

Los programas de diseño asistido por computadora como solid Works permiten realizar la estructuración de un producto en todo su aspecto mecánico y en ocasiones estético, si los requerimientos formales no son muy exigentes. De esta manera se pueden representar de claramente las alternativas de solución y modificar los elementos que no estén acordes con el objetivo del proyecto.

Por tanto, para la propuesta de diseño se realizó un modelado preliminar como se observa en la figura 51 donde se ubica el apoyo lumbar, el mecanismo del asiento sobre el pistón y el árbol de ruedas. Además, la vista lateral de la variación del ángulo permitida por el asiento hacia atrás o hacia adelante, sepuede observar en la figura 52 y la vista frontal en la figura 53. Finalmente, el detalle del mecanismo de cremallera del apoyo lumbar se visualiza en la figura 54.

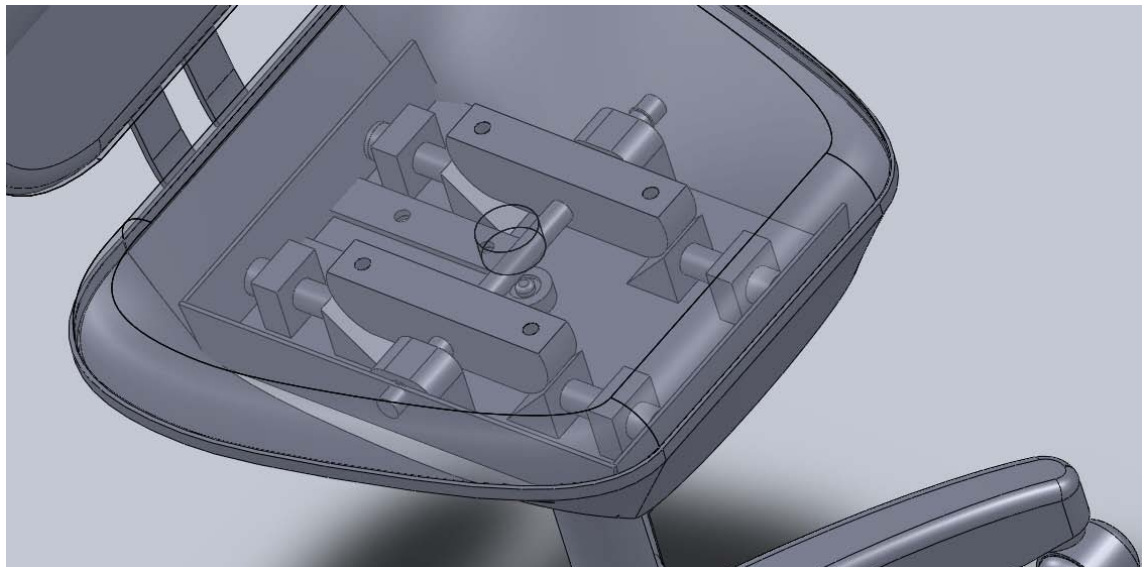
**Figura 51. Modelado de los mecanismos en la silla**



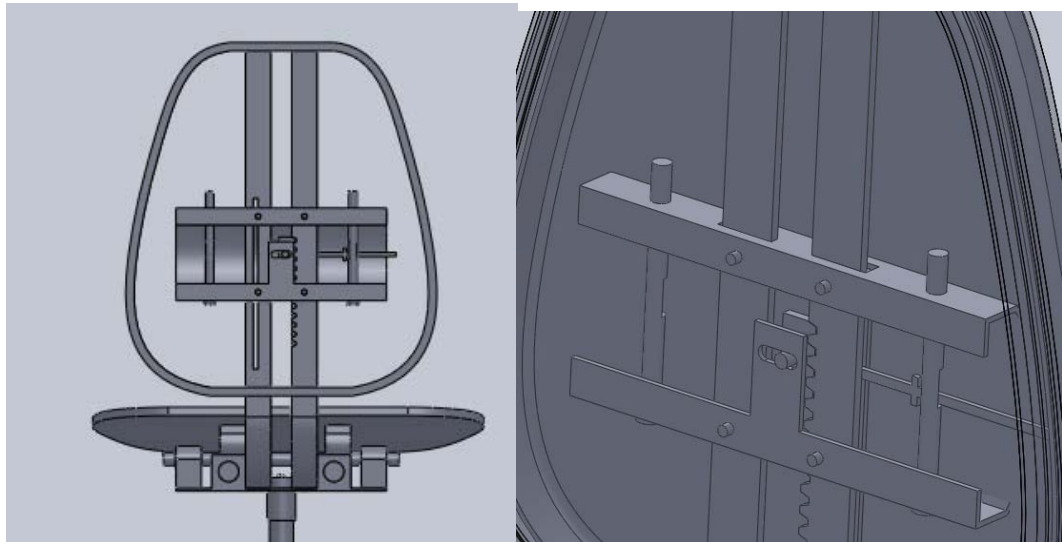
**Figura 52. Variación de la inclinación del asiento vista lateral**



**Figura 53. Vista superior del mecanismo de inclinación del asiento**



**Figura 54. Detalle del mecanismo para la graduación del soporte lumbar**



**Figura 55. Render de la silla propuesta para postura sedente prolongada**



**Figura 56. Posiciones de posible uso inclinación hacia atrás y adelante del mecanismo asiento**



Figura 57. Render de la silla propuesta en comparación con la mesa de trabajo



El resultado de este capítulo se evidencia con la propuesta de diseño construida, que presenta la funcionalidad del mecanismo de la variación del ángulo del asiento, así mismo permite variar el apoyo lumbar en altura para mantener una curvatura lumbar adecuada durante el trabajo en postura sedente prolongada. A continuación se muestran las imágenes del prototipo funcional de la silla propuesta usada en la etapa de validación, se observa la variación de altura del asiento ejecutada por medio de la palanca ubicada en la parte delantera del asiento. También se presentan las vistas frontal, posterior y la vista lateral especificando la variación de la inclinación del asiento.

**Figura 58. Variación de altura del asiento**



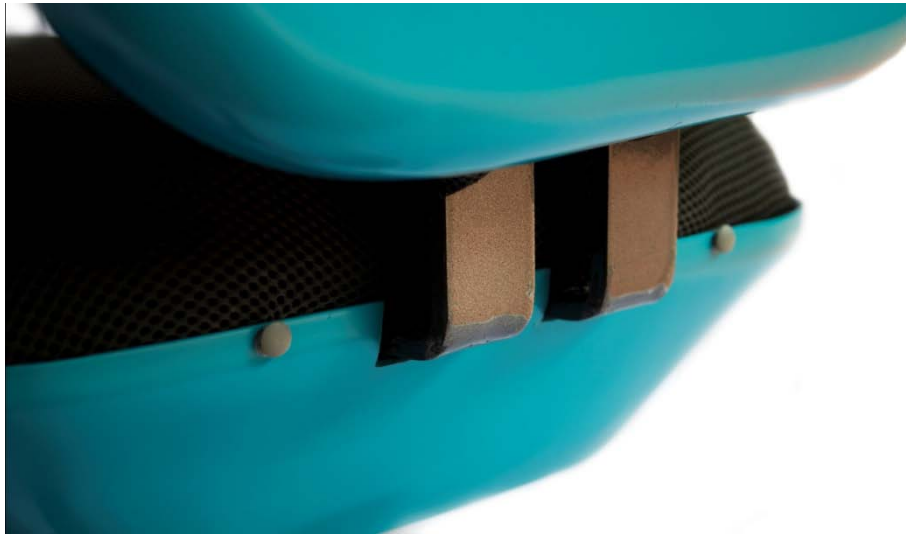


Figura 59. Detalle de los ejes del espaldar, vista posterior



**Figura 60. Vista de perspectiva de la silla propuesta**



**Figura 61. Vista lateral de la silla propuesta inclinación del asiento.**



## **8. VALIDACIÓN**

Una vez finalizado el proceso de diseño el resultado fue presentado a los usuarios directos para saber cuál es la respuesta de comodidad percibida e incomodidad sentida durante el uso de la silla. Además, estas respuestas fueron procesadas y analizadas estadísticamente para validar las hipótesis planteadas.

### **8.1 PRUEBA DE COMPROBACIÓN**

El protocolo de la prueba de experimentación busca medir las respuestas de comodidad e incomodidad debido a la interacción con dos sillas de oficina, una de ellas fue de oficina, catalogada como parangón, escogida luego de realizar un sondeo de los asientos usados dentro de la Universidad Industrial de Santander; la segunda corresponde al prototipo del resultado de la propuesta de diseño desarrollada.

Las hipótesis planteadas para ser resueltas por el experimento planteado son:

Hipótesis 1: La percepción de comodidad de la silla disminuirá después del uso en postura sedente prolongada.

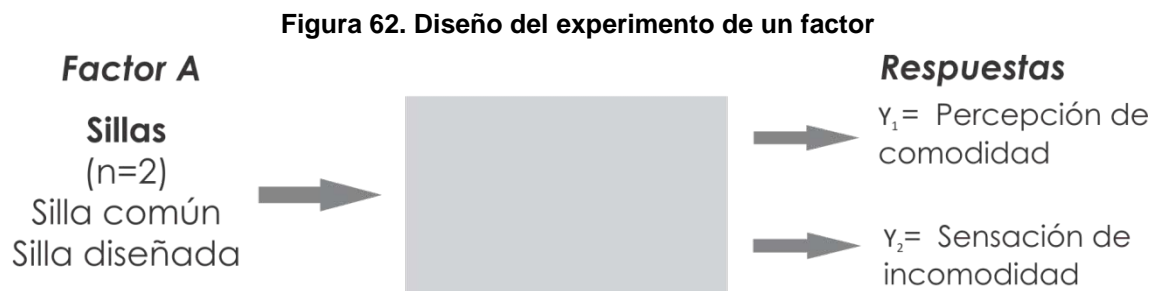
Objetivo 2: Comprobar si la percepción de comodidad en la silla diseñada varía con relación a la silla existente.

Hipótesis 2: “La variación de la inclinación del asiento y la presencia de apoyo lumbar, en postura sedente prolongada, durante cierto intervalo de tiempo mitigará la sensación de incomodidad en comparación con la silla parangón”

Objetivo 2: Comprobar si la presencia de un mecanismo para la variación del ángulo del asiento y el soporte lumbar mitigan la sensación de incomodidad en

tiempo prolongado en comparación con la incomodidad presentada durante el uso de una silla parangón.

Para responder las hipótesis, se utilizará un arreglo de un factor como se visualiza en la figura 62, donde el factor A (sillas) es el factor que influye en las respuestas de comodidad (Y1) e incomodidad (Y2).



#### *Participantes y selección*

Se buscó que las diferencias observadas en la prueba sean en lo posible atribuibles al factor (sillas), por tanto, las participantes provenían de una población homogénea, para lo cual debían poseer características de edad, antropometría, peso e índice de masa corporal (IMC) similares. Por tanto, los sujetos fueron mujeres de un rango de edad entre los 20 y los 45 años que desempeñen trabajo de oficina en postura sedente prolongada. Con un índice de masa corporal (IMC) entre 20 y 30 kg/m<sup>2</sup>.

#### *Descripción de la variable independiente*

El factor en este caso denominado silla tiene dos niveles: parangón y propuesta como se muestra en la tabla 12, figura 63.

**Tabla 12. Relación de los factores y sus niveles de prueba**

<b>FACTOR</b>	<b>NIVELES</b>
<b>Silla (A)</b>	Silla 1: Silla parangón. Ver figura 63 (a) Silla 2: Silla propuesta de diseño. Ver figura 63 (b)

**Figura 63. Sillas a utilizar en la experimentación: (a) Silla parangón- (b) Silla propuesta de diseño**



#### *Descripción de las variables dependientes*

La respuesta Y1 (percepción de comodidad) fue evaluada a través del método del diferencial semántico con una modificación en la escala de evaluación. Se utilizaron escalas visuales análogas que ofrecían al participante una línea recta de 10 centímetros de longitud constante. Sobre ésta se señalaron los valores entre 0 y 10, la modificación pretende obtener datos continuos para realizar análisis de estadísticos robustos. Los participantes marcaron sobre la línea, según su percepción. La variable dependiente Y2 fue estudiada con base en la escala de Corlett and Birshop, modificada, donde también se utilizaron escalas visuales

análogas (VAS) que permitieron determinar el nivel de incomodidad sentida en tres partes del cuerpo relacionadas según el tiempo transcurrido.

#### *Descripción del experimento*

Inicialmente se realizó la presentación formal del proyecto a los participantes de manera individual. Luego de estar al tanto de los procedimientos, riesgos y la privacidad con la que sería manejada la información recabada, se solicitó la lectura del consentimiento informado. Este documento contiene todos los aspectos antes señalados y si el participante estaba conforme y a satisfacción con él, se solicitó que lo firmara. (Anexo G. Consentimiento informado).

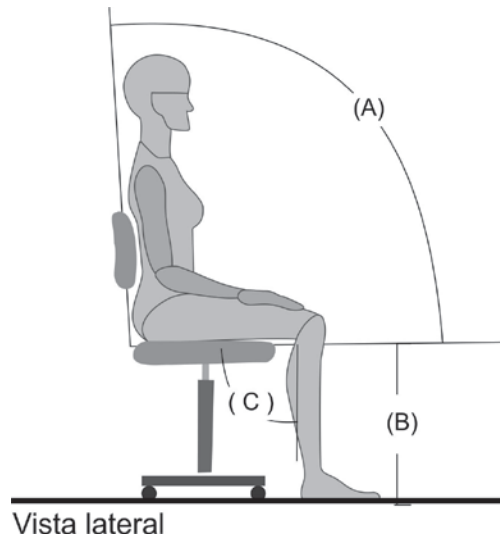
Después se continuó con la recolección de información correspondiente a la toma de datos antropométricos, edad, peso y talla con el objetivo registrar los datos de la población. Con base en la norma ISO 7250 se definen los parámetros más relevantes tomados para el proyecto. En total, se definen 12 parámetros como aparecen en la tabla 13.

**Tabla 13. Dimensiones antropométricas**

<b>Medidas en Posición Sedente</b>
Peso
Talla
Altura normal sedente
Altura ojos sedente
Altura hombro-asiento
Altura máxima del muslo
Altura rodilla
Altura poplítea
Longitud nalga-poplítea
Longitud nalga-rodilla
Ancho caderas
Perímetro cintura

La primera evaluación realizada por las participantes fue sobre la percepción visual de la silla evaluada por medio de un diferencial semántico modificado, ver Anexo H. A continuación, se da inicio a la segunda prueba, donde se indicó a la persona el orden de las cuatro tareas a realizar: leer, digitar, escribir a mano y navegar en internet, ver tabla 14, cada tarea fue ejecutada en un lapso de 15 minutos. Antes de iniciar el desarrollo de las tareas se realizó una evaluación de incomodidad, por medio del VAS (Anexo I) y al igual, luego de ejecutar cada una de las tareas, siendo cinco evaluaciones en total; a lo largo de la prueba se grabó en video el plano sagital del participante. Este procedimiento se llevó a cabo tanto para la silla parangón como para la silla diseñada en dos jornadas diferentes, conservando la hora de la evaluación. La altura de la silla fue adaptada por cada participante según sus requerimientos antropométricos, la indicación dada fue que sus pies estuviesen en contacto con el piso y el ángulo formado por sus piernas debe ser de  $90^\circ$  como en la figura 64. Sin embargo la inclinación del espaldar fue de  $90^\circ$  medida desde el asiento.

**Figura 64. Postura para graduar la silla antes de la prueba.**



A) Ángulo del espaldar-  $105^\circ$ , B) Altura del asiento C) Ángulo formado por las piernas - $90^\circ$

### *Aleatorización de los tratamientos*

Las cuatro tareas seleccionadas para realizar durante la experimentación fueron: leer, transcribir un texto, escribir manualmente y navegar en internet a cada tarea le fue asignado un código como se observa en la tabla 14 y la correspondiente aleatorización se observa en la tabla 15. Esta aleatorización de tareas se realizó para evitar que las respuestas estén en función de la tarea y no por las características propias de la silla. En la tabla cuatro la columna de participante fue enumerada de 1 a 6 para las pruebas con la silla parangón y fueron señaladas de 1 a 6 y con una comilla (') las tareas que fueron realizadas durante el uso de la silla propuesta.

**Tabla 14. Código de las tareas a realizar**

<b>Código</b>	<b>Tarea</b>
1	Leer
2	Transcribir un texto
3	Escribir manualmente
4	Navegar en internet

**Tabla 15. Aleatorización de las tareas**

<b>Participante</b>	<b>POSTURA</b>			
	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	4	1	2	3
3	3	4	1	2
4	2	3	4	1
5	1	2	4	3
6	3	1	2	4
1'	2	3	1	4
2'	4	2	3	1
3'	1	3	4	2
4'	2	1	3	4
5'	4	2	1	3
6'	3	4	2	1

## 8.2 DATOS DESCRIPTIVOS DE LAS PARTICIPANTES

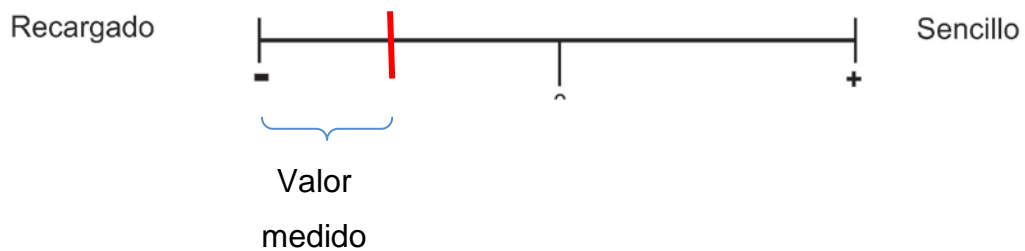
Los datos descriptivos de la población participante muestra que los sujetos de estudio tenían un promedio de edad de 31.3 años con una desviación estándar (DS) de 9.85, talla de 1.6 m(DS 0,059), peso de 52.5 kg (DS 5,7) y un IMC entre el margen de normalidad 20 a 30 Kg/m<sup>2</sup>, estos datos pueden observarse en detalle en la tabla 16. De igual forma se incluyeron que los valores ponderados de las dimensiones antropométricas tomadas. De acuerdo con el análisis comparativo puede considerarse que las características especificadas corresponden, en general, a una población homogénea, debido a que la desviación estándar no tiene valores muy grandes por tanto los datos no presentan una dispersión muy marcada entre ellos.

**Tabla 16. Características de los participantes**

Dimensiones antropométricas	Participantes						Promedio ponderado	Desviación estándar
	P01	P02	P03	P04	P05	P06		
Edad (años)	42	42	24	36	20	24	31,3	9,85
Peso (kg)	61	46,1	54,6	46,25	52,3	54,95	52,5	5,7
Talla(m)	1,6	1,53	1,67	1,5	1,59	1,58	1,6	0,059
Altura normal sedente (cm)	84,8	83,1	89,6	80,8	87,8	83,8	85,0	3,21
Altura ojos sedente (cm)	74,8	73,2	77,6	70	76,6	73	74,2	2,74
Altura hombro-asiento (cm)	56,9	56,2	62	55,4	57,1	57,6	57,5	2,31
Altura codo-asiento (cm)	21,3	24	27,2	23,8	22,7	24,1	23,9	1,95
Altura máxima del muslo (cm)	16	12,4	17,4	14,3	15,8	16,2	15,4	1,75
Altura rodilla (cm)	39,3	47	51,9	45,4	47,2	48	46,5	4,48
Altura poplitea (cm)	38,7	39	41,5	37	38,5	38,7	38,9	1,45
Longitud nalga-poplitea (cm)	51,5	44,9	49	45,7	43,7	49,7	47,4	3,08
Longitud nalga-rodilla (cm)	58,6	52,3	57,2	53	54,7	58,5	55,7	2,76
Ancho caderas (cm)	40,5	36,9	38,6	39	39,7	36,7	38,6	1,51
Perímetro cintura (cm)	75	70	72	66	74	77	72,3	3,93
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,8	19,7	19,6	20,6	20,7	22,0	21,1	

Por otra parte, los resultados indicados por las participantes en la evaluación de diferencial semántico fueron compilados para hallar los valores estadísticos descriptivos y de esta manera proceder con el análisis de la respuesta de los usuarios. Es de importancia aclarar que el valor señalado por las participantes en la línea de evaluación fue tomado como si el cero estuviese ubicado en el extremo izquierdo de la escala como se muestra en la figura 65. Esto en razón de facilitar los análisis estadísticos. Por ejemplo para el par de adjetivos recargado/sencillo, si el valor es cercano a cero (0) se estaría haciendo referencia al primer adjetivo mencionado, recargado, pero si el valor es cercano a diez (10) significa que se ha evaluado como sencillo.

**Figura 65. Tabulación de la evaluación de los pares de adjetivos**



### 8.3 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE COMODIDAD

Según lo anterior, en la tabla 17. Estadísticos descriptivos de la evaluación diferencial semántico, se observan los resultados obtenidos para cada par de adjetivos los cuales se ubican en la primera columna. En la columna llamada Tipo de silla según tiempo de uso, se diferencia entre las evaluaciones realizadas antes del uso de la silla y luego de haber usado la silla por una hora en postura sedente tanto para la silla parangón como para la silla propuesta. En las columnas siguientes se observan los valores de mediana, varianza y desviación estándar resultado de los datos obtenidos de las pruebas realizadas a las secretarias.

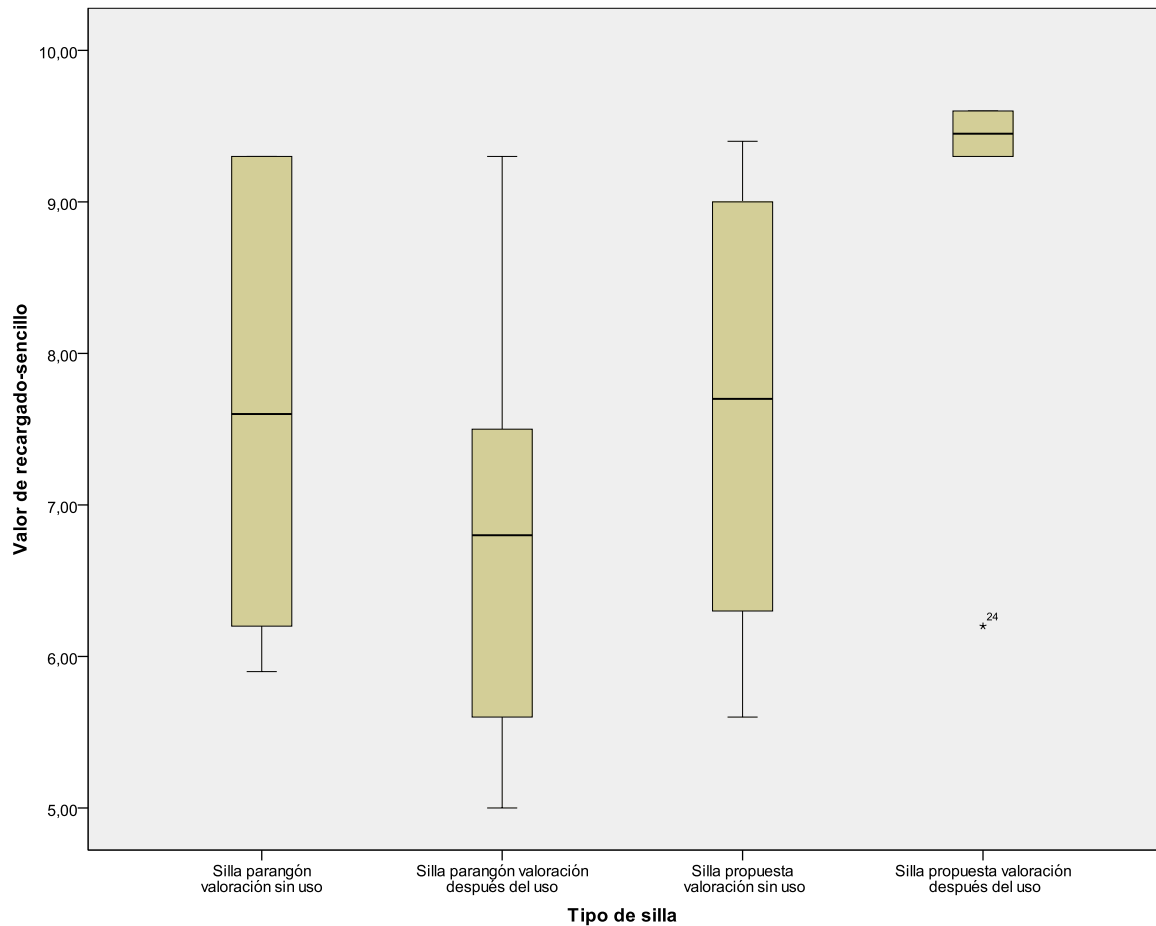
**Tabla 17. Estadísticos descriptivos de la evaluación diferencial semántico**

Pares de adjetivos evaluados	Tipo de silla según el tiempo de uso	Mediana	Desviación estándar
Valor de Recargado/Sencillo	Silla parangón valoración antes del uso.	7,6	1,458
	Silla parangón valoración después del uso	6,8	1,531
	Silla propuesta valoración antes del uso.	7,7	1,561
	Silla propuesta valoración después del uso.	9,45	1,344
Valoración para Horrible/ Bonito	Silla parangón valoración antes del uso.	6,4	2,215
	Silla parangón valoración después del uso	6,1	3,36
	Silla propuesta valoración antes del uso.	8,85	0,403
	Silla propuesta valoración después del uso.	9,4	0,873
Valoración para Confuso/Claro	Silla parangón valoración antes del uso.	7,8	1,73
	Silla parangón valoración después del uso	7	1,486
	Silla propuesta valoración antes del uso.	5,2	2,476
	Silla propuesta valoración después del uso.	8,9	2,397
Valoración para Incomodo/Cómodo	Silla parangón valoración antes del uso.	7,15	1,46
	Silla parangón valoración después del uso	4,3	2,709
	Silla propuesta valoración antes del uso.	8,75	1,828
	Silla propuesta valoración después del uso.	9,35	1,06207
Valoración para Rígido/Flexible	Silla parangón valoración antes del uso.	6,05	2,378
	Silla parangón valoración después del uso	3,35	3,289
	Silla propuesta valoración antes del uso.	7,35	1,735
	Silla propuesta valoración después del uso.	9,4	0,9208
Valoración para Sucio/límpio	Silla parangón valoración antes del uso.	6,1	3,706
	Silla parangón valoración después del uso	4,95	2,284
	Silla propuesta valoración antes del uso.	9,15	0,6022
	Silla propuesta valoración después del uso.	9,45	0,42622
Valoración para	Silla parangón valoración antes del	8,15	1,109

Pares de adjetivos evaluados	Tipo de silla según el tiempo de uso	Mediana	Desviación estándar
Incompleto/ terminado	uso.		
	Silla parangón valoración después del uso	5,05	3,372
	Silla propuesta valoración antes del uso.	8,15	1,92189
	Silla propuesta valoración después del uso.	9,35	1,855
Valoración para Frio/Caliente	Silla parangón valoración antes del uso.	5	1,36
	Silla parangón valoración después del uso	5,5	1,28
	Silla propuesta valoración antes del uso.	5	2,9532
	Silla propuesta valoración después del uso.	5	2,99
Valoración para Fijo/ Móvil	Silla parangón valoración antes del uso.	8,4	2,385
	Silla parangón valoración después del uso	6,55	2,861
	Silla propuesta valoración antes del uso.	9,1	1,807
	Silla propuesta valoración después del uso.	9,6	0,521

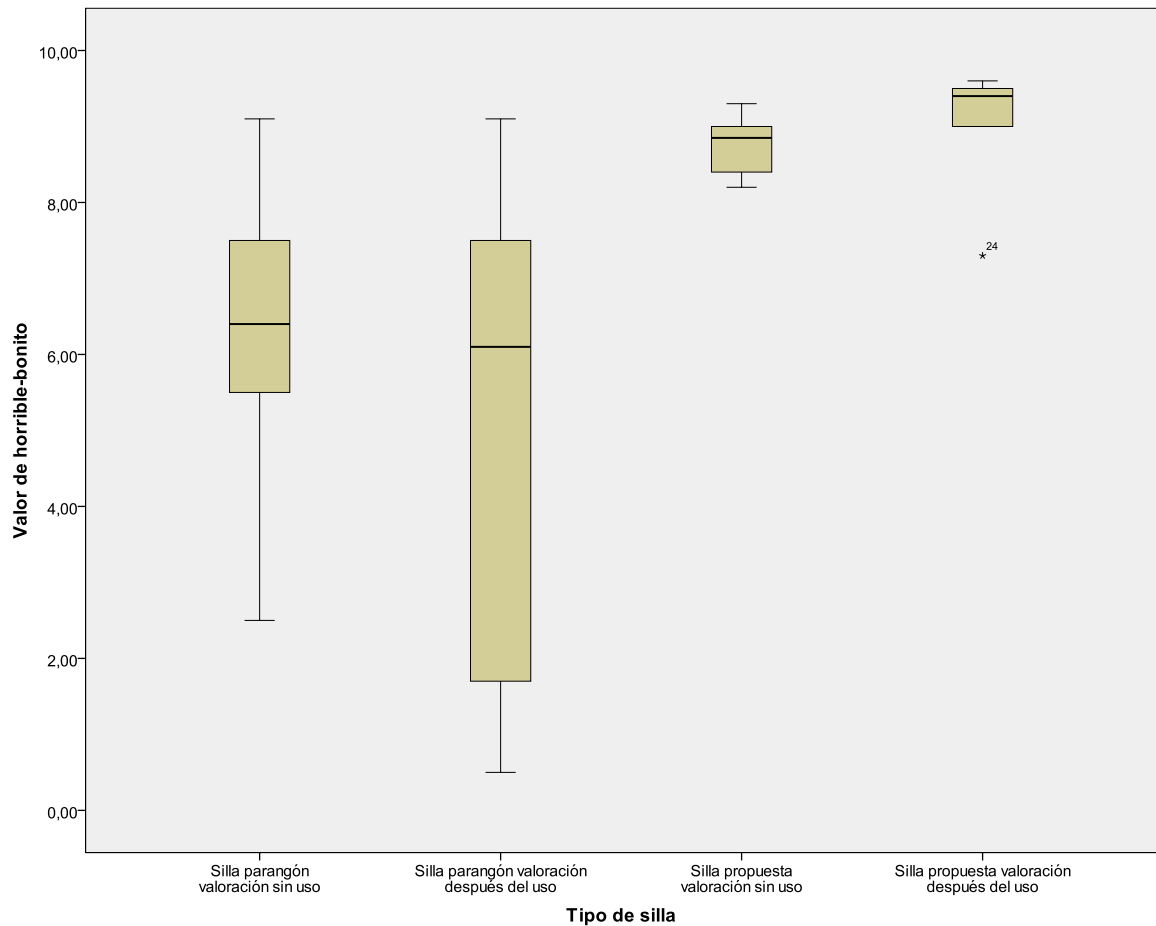
Para reforzar los datos obtenidos en la tabla 17, se realizó un gráfico de caja y bigotes para cada par de adjetivos donde se señala cada una de las sillas antes y después del uso. En el diagrama de caja se muestra el valor mínimo y máximo por medio de dos líneas llamadas bigotes que se extienden de los extremos de la caja hasta los valores extremos de un grupo de datos. Los cuartiles inferior y superior (el percentil 25 y el percentil 75, respectivamente) son representados por los lados de inicio y fin de una caja alineada horizontal o verticalmente. La mediana (el percentil 50) es representada por una línea resaltada que atraviesa la caja. Se deben señalar además que en ocasiones se observan puntos por fuera de la caja los cuales son denominados datos atípicos que indican que no son parte de la respuesta promedio.

**Figura 66. Diagrama de caja y bigotes para recargado/sencillo**



El resultado de la figura 66, muestra cómo es la variación de las mediana de los valores de la evaluación de recargado /sencillo, para lo cual se encuentra que en la estimación antes del uso de las sillas la percepción es similar. Sin embargo, luego del uso los resultados son diferentes, la caja que muestra los resultados de la silla parangón deja ver unos bigotes bastante largos lo que permite deducir que existe una variabilidad en las respuestas obtenidas. Por otra parte, la caja que representa la silla propuesta compila todos los datos en una caja de menor tamaño lo que indica que las respuestas están muy ubicadas muy cerca de la media y su variabilidad es mínima, excepto por el dato 24 que se muestra como un valor atípico el cual muestra un cambio de percepción del adjetivo sencillo disminuye después del uso.

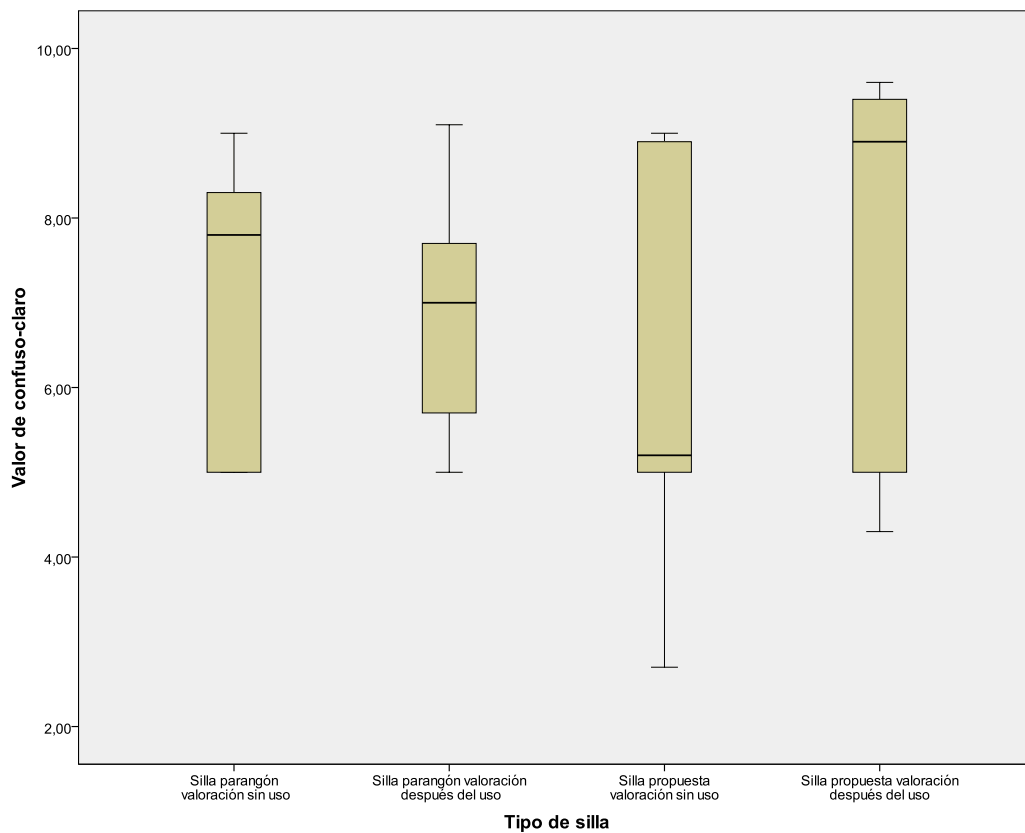
**Figura 67. Diagrama de caja y bigotes para horrible/bonito**



En el diagrama de caja y bigotes para horrible/bonito, se aprecia una concentración de las respuestas para la silla propuesta antes y después del uso, lo cual indica baja variabilidad en las respuestas de los participantes. A excepción del dato atípico 24 el cual evidencia un cambio de percepción de la silla como bonita y es calificada con 7 puntos después del uso. Además, se presenta un leve aumento en la mediana de la respuesta después del uso caracterizando la silla como bonita. Por otra parte, en la silla parangón se visualiza el mismo efecto en el cambio de la mediana y las opiniones divididas luego del uso, que se evidencia debido a la longitud de los bigotes, sin embargo en este caso las personas después del uso le dan mayor valor a la denominación de horrible.

En la figura 68. se observa que las respuestas de las participantes tenían un carácter muy variable, sin embargo las medianas muestran que en los resultados de la silla parangón después del uso la percepción de ser un objeto claro disminuye, efecto contrario al ocurrido en la silla propuesta. La respuesta inicial para ésta silla muestran que las participantes mantenía una opinión neutra sobre este par de adjetivos, pero al ser usada el adjetivo claro se evidencia más notorio.

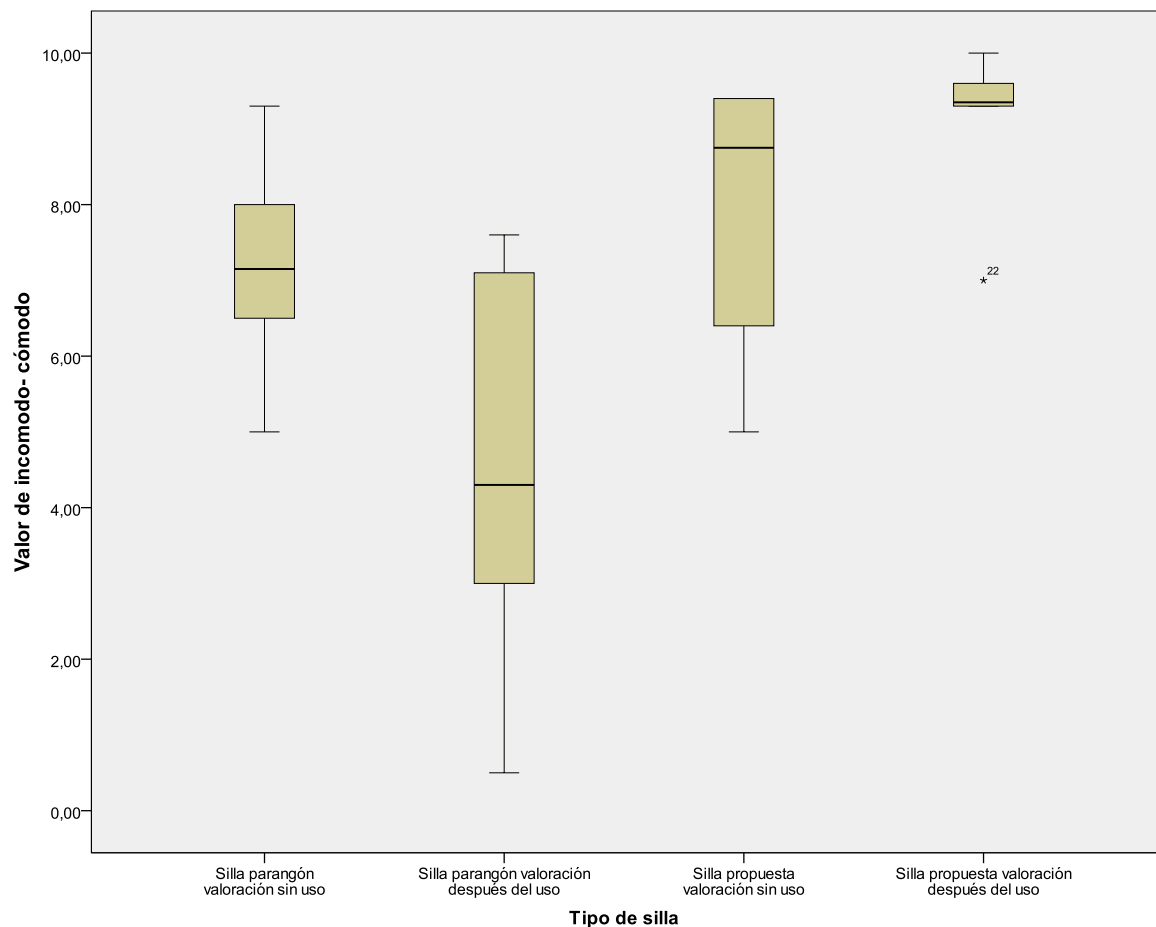
**Figura 68. Diagrama de caja y bigotes para confuso/claro**



La percepción inicial para el par de adjetivos incomodo/cómodo se observa en la figura 69, la silla parangón se puede señalar como cómoda debido a que su mediana esta sobre los 7 puntos en la escala de evaluación, sin embargo la percepción de este adjetivo después del uso pierde valor, debido a que se la media se posiciona sobre el punto intermedio de la escala de evaluación y no se

por lo cual no se puede afirmar si es cómoda o incómoda. Por otra parte el resultado de la silla propuesta muestra que las personas en general la percibían cómoda antes del uso, los bigotes muestran una variabilidad de tendencia hacia el centro de la escala donde ninguno de los dos adjetivos tomaba fuerza. Pero la evaluación de la silla luego del uso agrupó los datos en la parte superior de la escala lo que podría definirse como cómodo a excepción del dato 22 que se comporta como atípico.

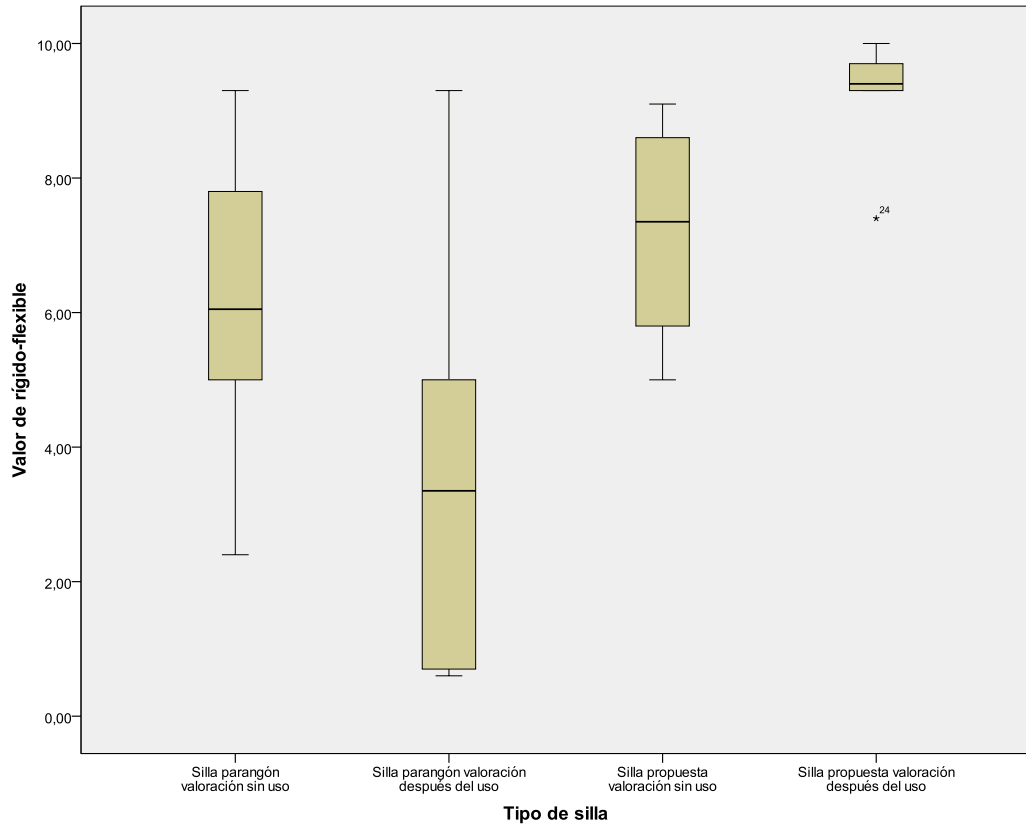
**Figura 69. Diagrama de caja y bigotes para incomodo/cómodo**



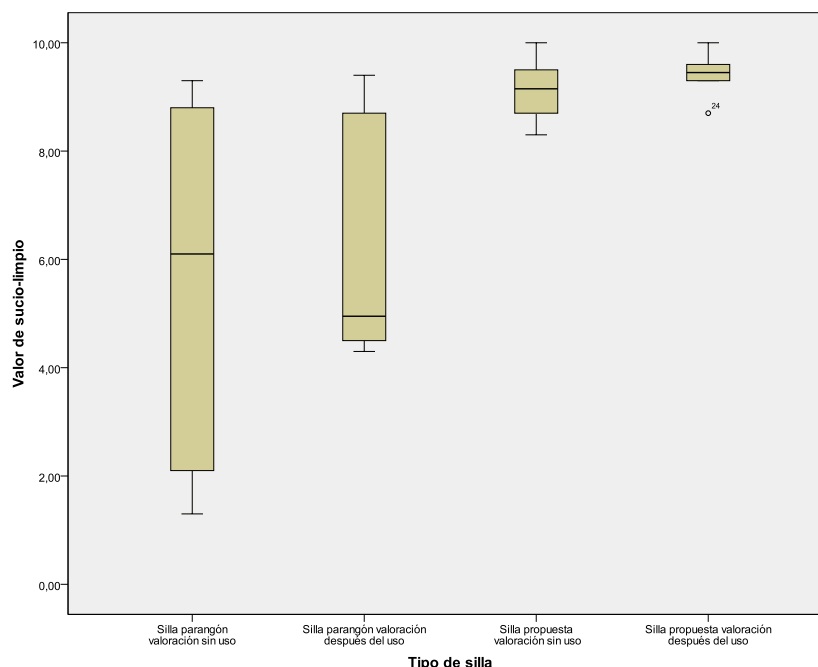
En la figura 70. rígido/flexible, la variabilidad de los datos de las respuestas antes y después del uso de la silla parangón es amplio, lo cual indica que no se puede definir como rígido o flexible. Por otra parte, la silla propuesta inicialmente

muestra una respuesta con cierta variabilidad, sin embargo después del uso las respuestas tienden a agruparse para dar valor al adjetivo flexible, excepto por el dato 24 que se comporta como atípico.

**Figura 70. Diagrama de caja y bigotes para rígido/flexible**



**Figura 71. Diagrama de caja y bigotes para sucio/limpio**

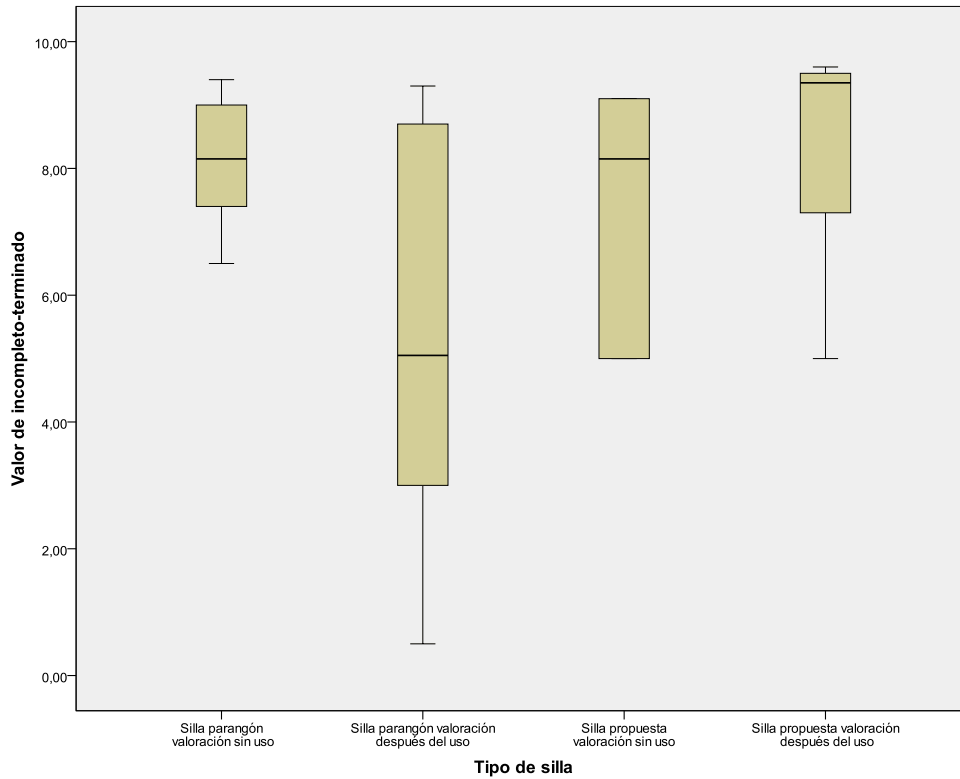


El diagrama referente a sucio/ limpio se observa en la figura 71, las respuestas para la silla parangón tienen una gran variabilidad, mientras que la respuesta para la silla propuesta se observa agrupada en un sector. Además se debe resaltar que la percepción del adjetivo limpio después del uso de la silla parangón pierde valor, mientras que en la silla propuesta se mantiene la respuesta dada por los usuarios.

La variabilidad encontrada en la figura 72 para incompleto/completo se encuentra marcada antes y después del uso en ambas sillas. Por medio de las medianas se puede decir que el fenómeno presentado en anteriores adjetivos se repite, por lo cual el adjetivo completo, después del uso de la silla parangón pierde valor y las participantes prefirieron no inclinarse hacia ninguno de los dos adjetivos. Por su parte la silla propuesta tiene un aumento en la valoración de este par de adjetivos donde puede afirmar que es percibida como un elemento completo, sin embargo

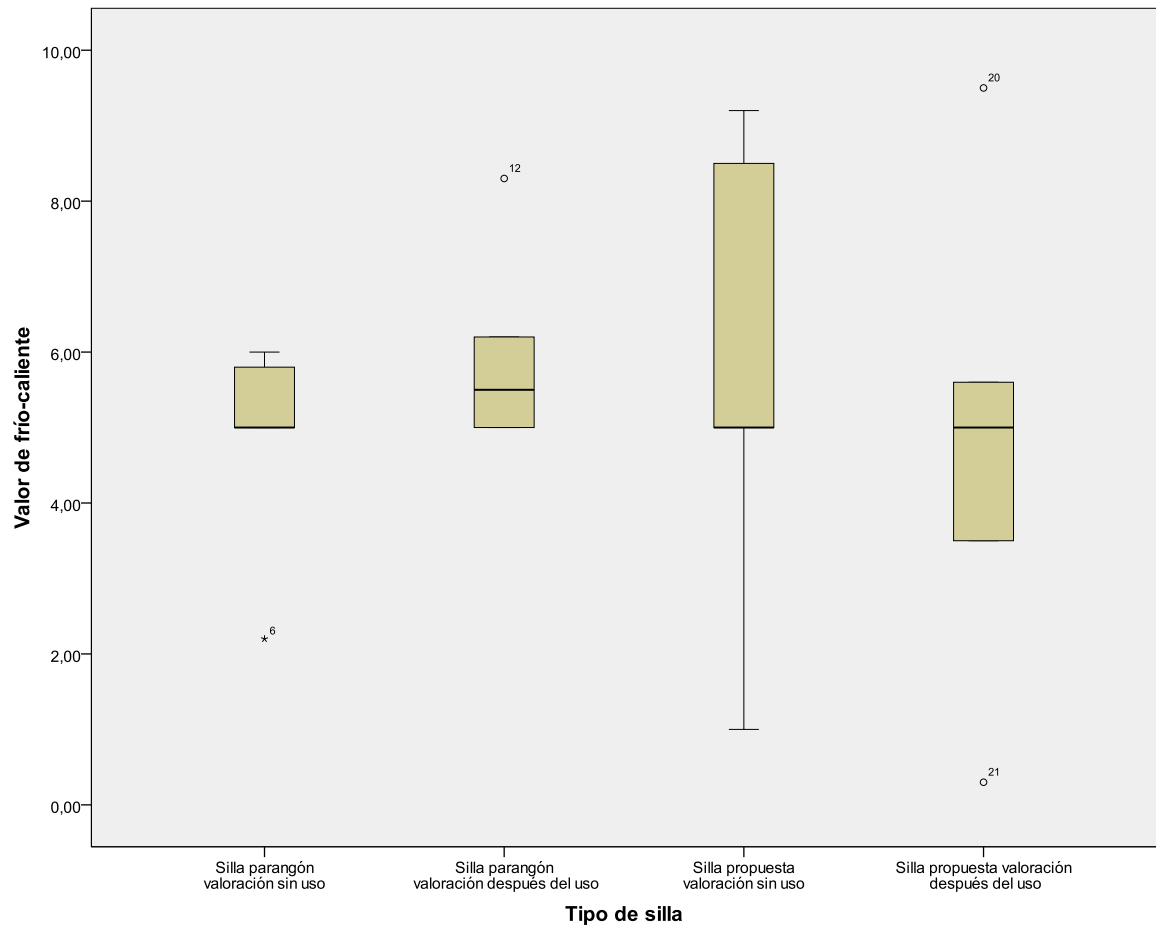
los datos no se encuentran agrupados en una zona pequeña lo que indica la variabilidad de opiniones entre los usuarios.

**Figura 72. Diagrama de caja y bigotes para incompleto/terminado**



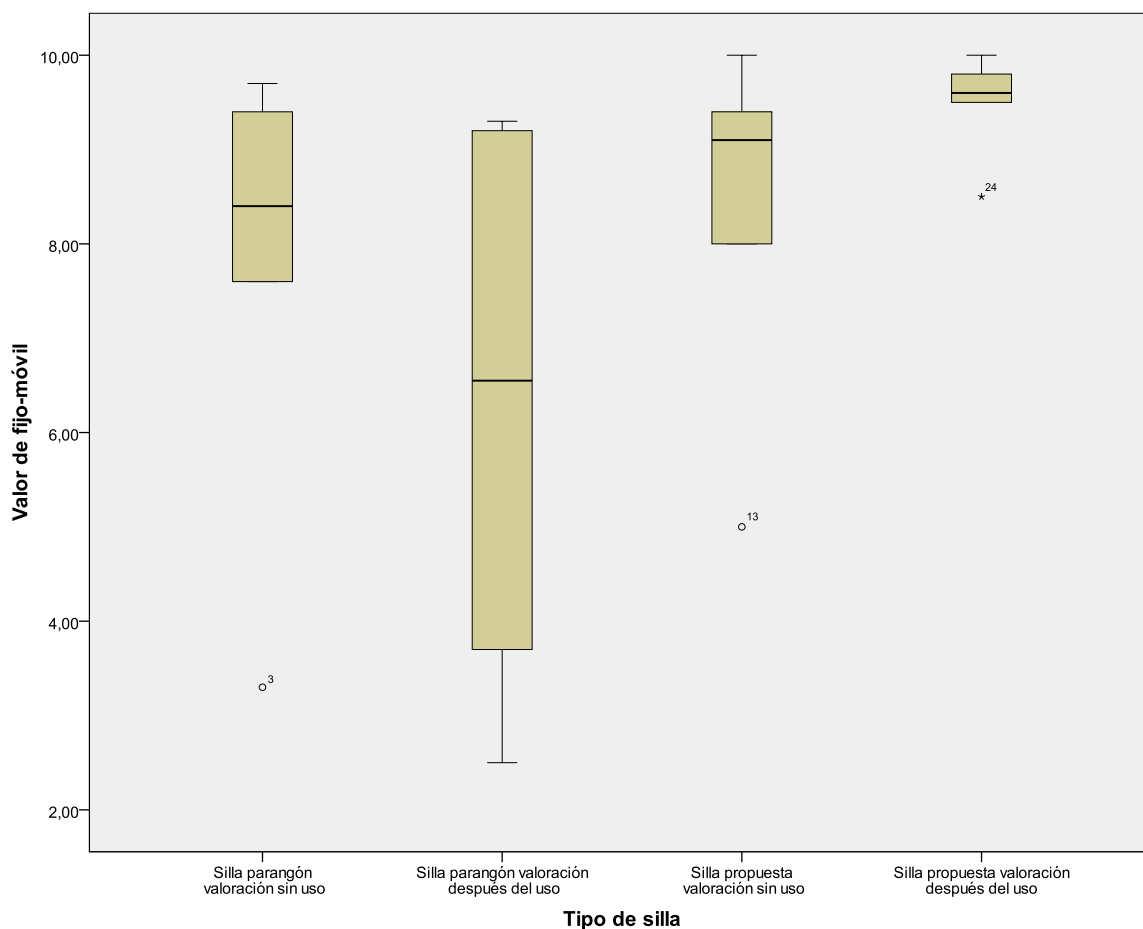
La figura 73. muestra que en general este adjetivo frío/caliente no es muy característico debido a que las medianas de los datos tanto para la silla parangón como para la silla propuesta antes y después del uso es similar. Se debe señalar los datos 6, 12, 20,21 como datos atípicos.

**Figura 73. Diagrama de caja y bigotes para frío /caliente**



Finalmente en la figura 74 se visualizan las respuestas encontradas para fijo/móvil, inicialmente la silla propuesta mostró una percepción de móvil, sin embargo el uso conllevó a que las personas calificaran con gran variabilidad el par de adjetivos. Por otra parte, las respuestas de la silla propuesta tuvieron menor variabilidad debido a que la corta longitud de los bigotes y al tamaño de las cajas que compila los datos en un pequeño espacio lo que permite decir que los usuarios coincidían en la característica móvil para calificar el objeto.

**Figura 74. Diagrama de caja y bigotes para fijo/móvil**



Con la observación de cada uno de los gráficos descriptivos de cajas y bigotes se concluye que las respuestas de las participantes tuvieron un cambio significativo con respecto a la evaluación realizada antes y después del uso. En la silla parangón se muestra que los valores de evaluación son menores después del uso, mientras que para la silla propuesta tienen un aumento y concentración significativa como se observó en los pares de adjetivos sucio/limpio, incomodo/cómodo, rígido/flexible, horrible/bonito y recargado/sencillo. Lo anterior conlleva a plantear que existe un cambio en las respuestas de percepción de comodidad después del uso, sin embargo no hay una diferencia notable entre la primera evaluación de percepción de las dos sillas.

## 8.4 RESULTADOS PARA INCOMODIDAD

Una vez observado el comportamiento de las evaluaciones de comodidad se da paso al análisis de la incomodidad que ha sido evaluada en tres partes de la espalda: alta, media y baja, durante los diferentes intervalos de tiempo en los que se evaluó la silla, el tiempo cero (inicio de la prueba), a los 15, 30, 45, 60 minutos tomados como T1, T2, T3, T4, T5 respectivamente. En la tabla 18 también se especifica la mediana y la desviación estándar de los valores obtenidos en las pruebas para cada una de las sillas evaluadas. Es importante aclarar que la escala de VAS usada en la prueba para evaluar incomodidad tiene un rango de valores entre 0 (mínima incomodidad) y 10 (máxima incomodidad).

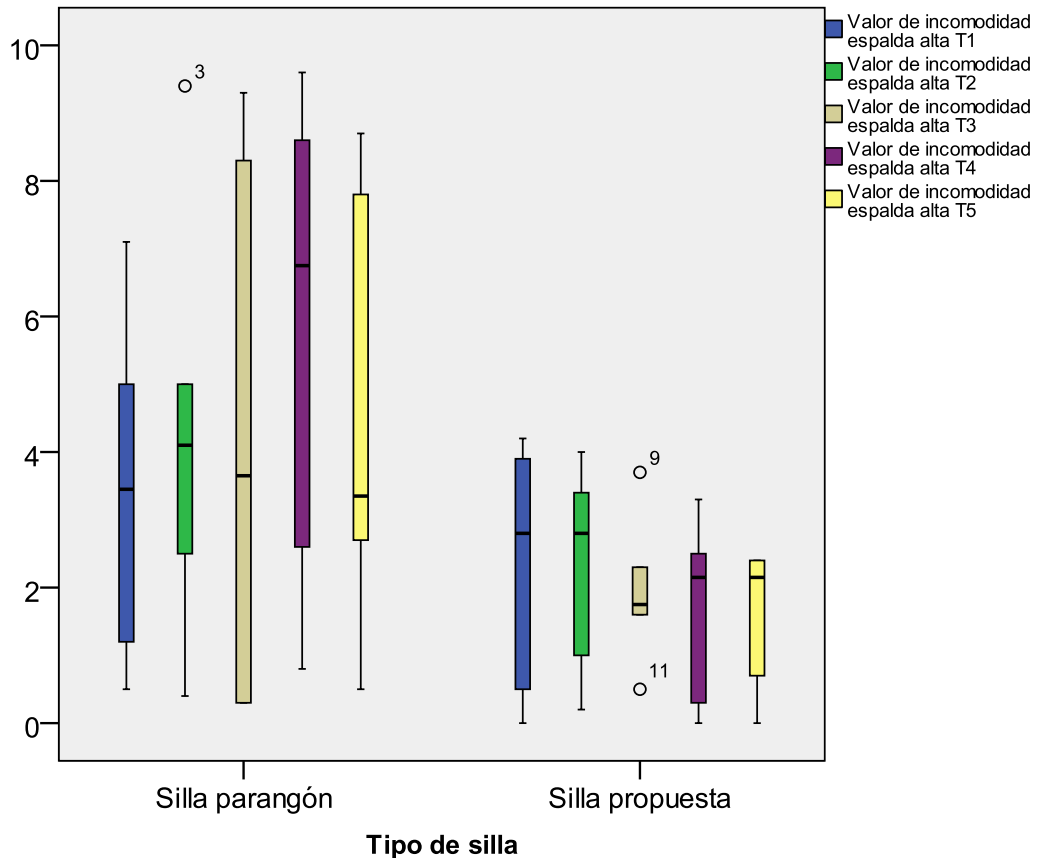
**Tabla 18. Estadísticos descriptivos para las respuestas de incomodidad.**

	<b>Incomodidad medida</b>	<b>Tipo de silla según el tiempo de uso</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desviación estándar</b>	
Espalda alta	Minuto 0 (T1)	Silla parangón	3,45	2,5	
		Silla propuesta	2,8	1,797	
	Minuto 15 (T2)	Silla parangón	4,1	3,05	
		Silla propuesta	2,8	1,473	
	Minuto 30 (T3)	Silla parangón	3,65	3,93	
		Silla propuesta	1,75	1,048	
	Minuto 45 (T4)	Silla parangón	6,75	3,617	
		Silla propuesta	2,15	1,303	
	Minuto 60 (T5)	Silla parangón	3,35	3,17	
		Silla propuesta	2,15	1,028	
	Espalda media	Minuto 0 (T1)	Silla parangón	1,3	3,29
			Silla propuesta	0,55	1,59
Minuto 15 (T2)		Silla parangón	2,75	2,18	
		Silla propuesta	0,85	0,788	
Minuto 30 (T3)		Silla parangón	3,35	2,3	

	Incomodidad medida	Tipo de silla según el tiempo de uso	Mediana	Desviación estándar
		Silla propuesta	0,9	1,35
		Silla parangón	4,9	3,45
	Minuto 45 (T4)	Silla propuesta	0,55	1,67
		Silla parangón	5,2	3,65
		Silla propuesta	0,85	0,86
Espalda baja	Minuto 0 (T1)	Silla parangón	0,95	3,46
		Silla propuesta	0,8	3,43
	Minuto 15 (T2)	Silla parangón	1,85	2,52
		Silla propuesta	0,55	0,66
	Minuto 30 (T3)	Silla parangón	2,9	2,28
		Silla propuesta	1,35	1,745
	Minuto 45 (T4)	Silla parangón	3,2	3,58
		Silla propuesta	0,9	2,74
	Minuto 60 (T5)	Silla parangón	4,35	3,34
		Silla propuesta	0,8	1,044

En el figura 75 se muestra el diagrama de cajas y bigotes para la medición de incomodidad de la espalda alta en los diferentes tiempos para cada una de las sillas. Se puede observar que la mediana de la silla parangón en cada uno de los tiempos fue mayor que la mostrada para la silla propuesta. Además se debe destacar que los bigotes de los datos de la silla parangón son más largos lo cual indica una variabilidad mayor desde 1 hasta 9 en la escala de incomodidad, mientras que las respuestas dadas con el uso de la silla propuesta se mantienen entre 0 y 4 puntos de la escala de incomodidad, es decir la respuesta se mantiene en un rango de incomodidad relativamente bajo.

**Figura 75. Medición de incomodidad espalda alta**

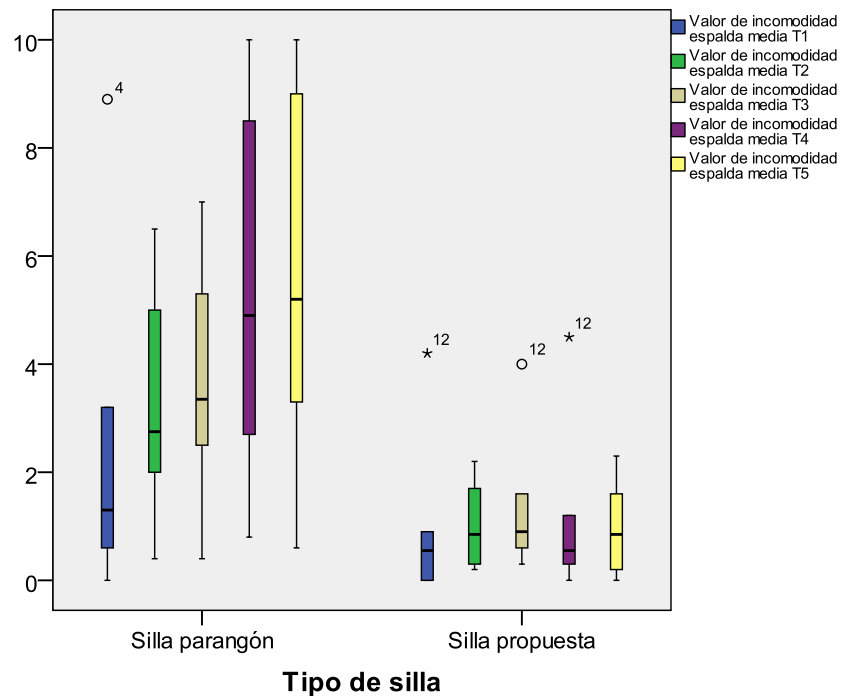


En el gráfico de incomodidad de la espalda media se observa un aumento directamente proporcional de la incomodidad que se presenta al usar la silla parangón. A medida que aumenta el tiempo la mediana de los datos de incomodidad también aumenta y como es evidente la variabilidad de éstos tiene un rango amplio de respuestas debido a la longitud observada en los bigotes. No debe descartarse la presencia del dato 4 como atípico en el inicio de la prueba, esto puede deberse a que la participante presentará algún tipo de molestia o dolor ocasionado por una mala postura durante su jornada de trabajo, algún esfuerzo físico realizado antes de la prueba o haber permanecido en postura sedente prolongada antes de la evaluación, de esta forma se justifica un valor de incomodidad tan alto al inicio de la prueba.

Por otra parte las cajas que representan la incomodidad de la silla propuesta tiene entre si un comportamiento muy similar y la variación es muy pequeña a medida que transcurre el tiempo, a excepción del dato 12, el cual manifiesta una incomodidad mayor que puede deberse a características propias de la participante como la sobrecarga de sus discos intervertebrales o la fatiga de los músculos de la espalda media antes de iniciar la prueba y no al uso de la silla.

Finalmente se podría deducir que las participantes experimentaron un menor grado de incomodidad en la espalda media durante el uso de la silla propuesta sin embargo, los estadísticos descriptivos sólo permiten describir, organizar los datos y concluir de manera preliminar por tanto deben usarse herramientas estadísticas más robustas para confirmar las hipótesis con mayor validez.

**Figura 76. Medición de incomodidad espalda media**

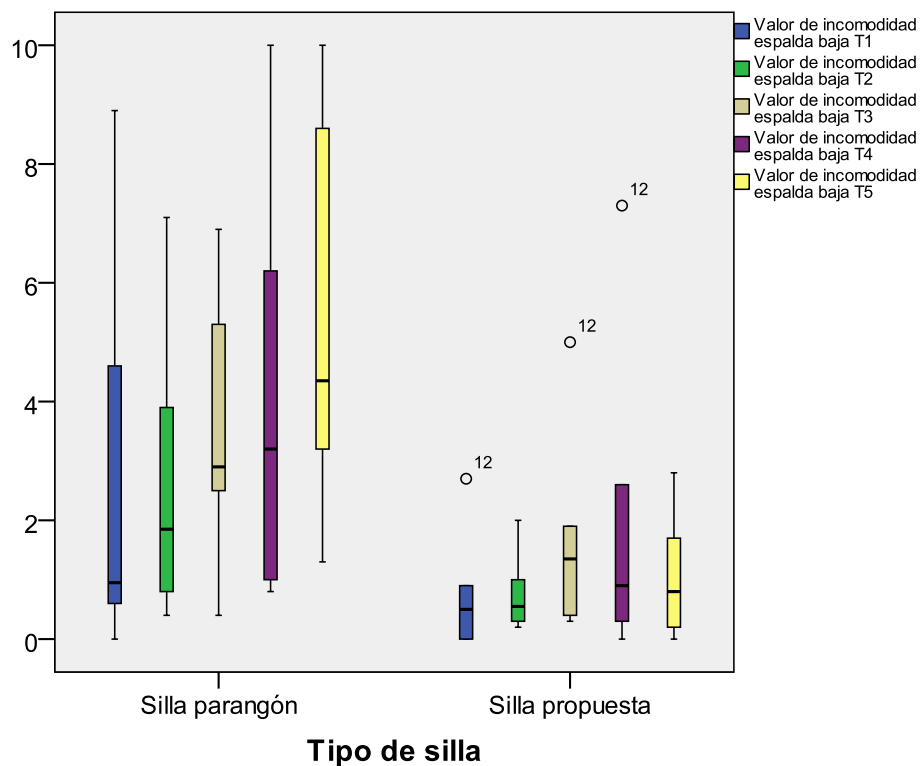


Finalmente se observa en la figura 77 la incomodidad en la espalda baja evaluada en la silla parangón es similar a la de la espalda media analizada anteriormente. Los bigotes de gran longitud muestran una gran variabilidad de los datos mientras

que en las respuestas de incomodidad para la silla propuesta se observan compiladas en cajas pequeñas con bigotes de longitudes cortas que se ubican entre el nivel de menor incomodidad y el valor 3 de la escala de incomodidad. Con esta gráfica se puede afirmar que el dato doce también presente en el gráfico anterior es un dato atípico que aparece en tres de los tiempos de evaluación por lo cual es posible que la participante estuviese presentando molestia o dolor de espalda antes de iniciar la prueba.

Además, este diagrama de caja y bigotes permite dejar abierta la posibilidad de que la silla propuesta permite experimentar una menor incomodidad que con la silla parangón.

**Figura 77. Medición de incomodidad espalda baja**



## 8.5 ANÁLISIS DE UN FACTOR PARA EL ESTUDIO DE COMODIDAD

Al observar a los gráficos de cajas y bigotes se podría llegar a concluir que los resultados de la percepción de comodidad se modifican antes y después del uso de la silla, así como puede observarse que durante el uso de la silla propuesta se presenta menor incomodidad, no obstante los estadísticos mostrados sólo describen la población y no permiten aceptar o rechazar las hipótesis que fueron planteadas al inicio de las pruebas.

Por tanto es necesario analizar por medio de un estadístico robusto como lo es el Análisis de varianza de un factor (ANOVA) el cual sirve para comparar varios grupos de variables cuantitativas. A la variable categórica que define los grupos que se desean comparar se le llama independiente o factor, mientras que la variable cuantitativa en la que se desea comparar los grupos se le llama dependiente. La hipótesis que se pone a prueba en el ANOVA de un factor es que las medias poblacionales son iguales. Si las medias poblacionales son iguales significa que los grupos no difieren en la variable dependiente y que, en consecuencia el factor es independiente de la variable dependiente.

La estrategia para poner a prueba la hipótesis de igualdad de medias consiste en obtener un estadístico, llamado F, que refleja el grado de parecido existente entre las medias que se comparan. Siendo, la Hipótesis nula ( $H_0$ ) la que define la igualdad entre las media poblacionales, si ésta es rechazada se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) que establece la diferencia entre las medias poblacionales. El estadístico F se interpreta según el nivel crítico asociado o significancia (Sig.), si éste es menor que 0,05 la  $H_0$  puede ser rechazada y se toma la  $H_a$  como verdadera, pero si el valor de Sig. es mayor que 0,05 la  $H_0$  no puede ser rechazada lo que significa que las medias poblacionales son iguales.

Con base en lo anterior surge la necesidad de comparar las medias poblacionales para dar respuesta a las hipótesis planteadas en este experimento, en primer lugar

se realizó una comparación entre la percepción de los adjetivos antes y después del uso para cada una de las sillas.

Para la silla parangón se plantea que:

Ho: las medias poblacionales de las respuestas para cada par de adjetivos son iguales para la silla parangón antes y después del uso.

Ha: las medias poblacionales de las respuestas para cada par de adjetivos son diferentes para la silla parangón antes y después del uso.

Para decidir si se acepta o rechaza la hipótesis nula se tomó como nivel de significación igualo menor a 0.05.

Para elaborar el estadístico robusto ANOVA que se presenta a continuación, se introdujeron los datos para las variables dependientes e independientes en el programa estadístico informático SPSS versión 18, el cual arroja las tablas de resultados y gráficos según se necesite. Este programa es usado comúnmente para realizar todo tipo de análisis estadísticos.

**Tabla 19. ANOVA valoración de adjetivos antes y después del uso silla parangón**

		Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.
Valor de recargado-sencillo	Inter grupos	2,001	1	2,001	,894	,367
	Intra grupos	22,368	10	2,237		
	Total	24,369	11			
Valor de horrible-bonito	Inter grupos	3,413	1	3,413	,421	,531
	Intra grupos	81,167	10	8,117		
	Total	84,580	11			
Valor de confuso-claro	Inter grupos	,163	1	,163	,063	,807
	Intra grupos	26,063	10	2,606		
	Total	26,227	11			
Valor de incomodo- cómodo	Inter grupos	22,141	1	22,141	4,663	,056
	Intra grupos	47,482	10	4,748		
	Total	69,623	11			
Valor de rígido-flexible	Inter grupos	17,041	1	17,041	2,068	,181

	Intra grupos	82,388	10	8,239		
	Total	99,429	11			
Valor de sucio-limpio	Inter grupos	,801	1	,801	,084	,777
	Intra grupos	94,782	10	9,478		
	Total	95,583	11			
Valor de incompleto-terminado	Inter grupos	24,083	1	24,083	3,822	,079
	Intra grupos	63,013	10	6,301		
	Total	87,097	11			
Valor de frío-caliente	Inter grupos	3,521	1	3,521	2,000	,188
	Intra grupos	17,602	10	1,760		
	Total	21,123	11			
Valor de fijo-móvil	Inter grupos	6,750	1	6,750	,973	,347
	Intra grupos	69,400	10	6,940		
	Total	76,150	11			

En este caso los valores críticos (Sig) de la comparación de medias de los pares de adjetivos para antes y después del uso son mayores que 0,05 por tanto la Ho no puede ser rechazada, de manera que se afirma que la percepción de comodidad en la silla parangón no cambia antes y después del uso.

Para la silla propuesta se plantea que:

Ho: las medias poblacionales de las respuestas para cada par de adjetivos son iguales para la silla propuesta antes y después del uso.

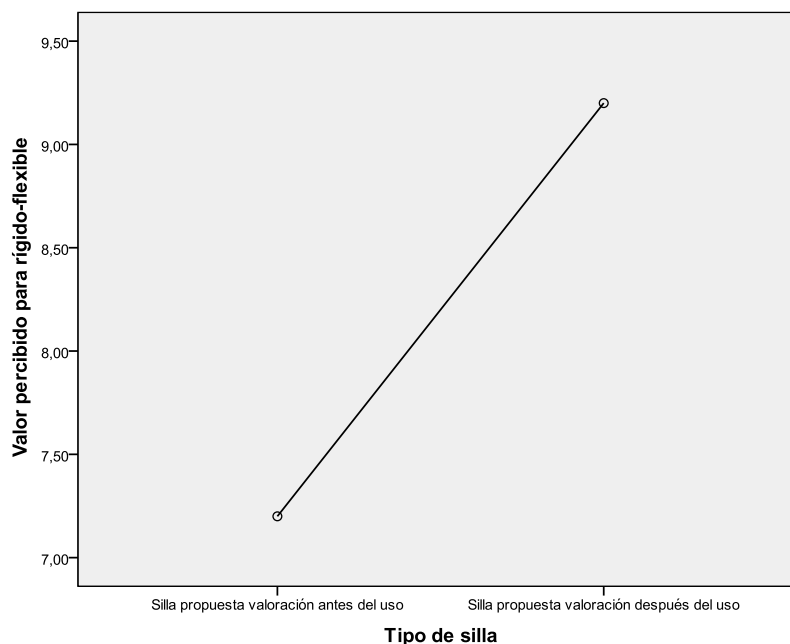
Ha: las medias poblacionales de las respuestas para cada par de adjetivos son diferentes para la silla propuesta antes y después del uso.

**Tabla 20. ANOVA valoración de adjetivos antes y después del uso silla propuesta**

		Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.
Valor de recargado-sencillo	Inter grupos	5,201	1	5,201	2,451	,149
	Intra grupos	21,222	10	2,122		
	Total	26,423	11			
Valor de horrible-bonito	Inter grupos	,213	1	,213	,461	,513
	Intra grupos	4,627	10	,463		
	Total	4,840	11			
Valor de confuso-claro	Inter grupos	8,501	1	8,501	1,431	,259
	Intra grupos	59,388	10	5,939		
	Total	67,889	11			
Valor de incomodo- cómodo	Inter grupos	3,968	1	3,968	1,775	,212
	Intra grupos	22,355	10	2,235		
	Total	26,322	11			
Valor de rígido-flexible	Inter grupos	12,000	1	12,000	6,218	,032
	Intra grupos	19,300	10	1,930		
	Total	31,300	11			
Valor de sucio-limpio	Inter grupos	,241	1	,241	,885	,369
	Intra grupos	2,722	10	,272		
	Total	2,963	11			
Valor de incompleto-terminado	Inter grupos	2,613	1	2,613	,732	,412
	Intra grupos	35,683	10	3,568		
	Total	38,297	11			
Valor de frío-caliente	Inter grupos	1,920	1	1,920	,217	,651
	Intra grupos	88,357	10	8,836		
	Total	90,277	11			
Valor de fijo-móvil	Inter grupos	3,413	1	3,413	1,929	,195
	Intra grupos	17,693	10	1,769		
	Total	21,107	11			

Para la silla propuesta, la  $H_0$  solo puede ser rechazada para el par de adjetivos rígido/flexible el cual tiene un Sig., de 0,032 menor a 0,05 y por tanto se acepta la  $H_a$  que para el caso específico significa que la media poblacional para la percepción de rígido/flexible en la silla propuesta si cambia después del uso. En la figura 78 se observa que la silla propuesta se percibe más flexible después del uso.

**Figura 78. Comparación de medias para rígido/flexible**



Con los resultados del ANOVA realizado para las dos sillas del experimento, se concluye que la percepción de comodidad no cambia antes y después del uso, sin embargo surge la pregunta: ¿Es la percepción de comodidad en la silla parangón igual a la percepción de comodidad en la silla propuesta?. Por esta razón se realizó un ANOVA donde se compara las respuestas de las participantes antes del uso en las dos sillas y después del uso en las dos sillas.

Se plantean las hipótesis para la percepción de comodidad antes del uso en las sillas del experimento:

Ho: las medias poblacionales de las respuestas para cada par de adjetivos son iguales para la silla parangón y la silla propuesta antes del uso.

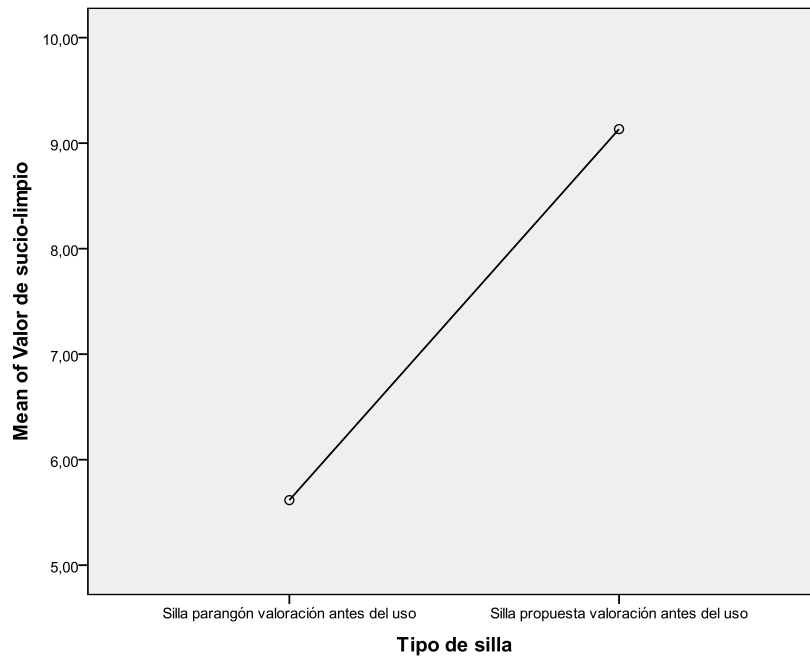
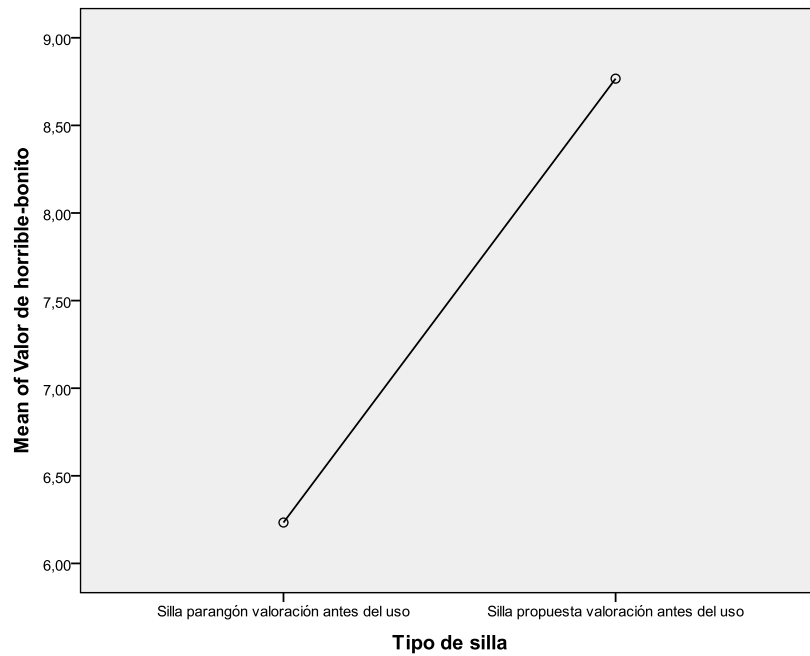
Ha: las medias poblacionales de las respuestas para cada par de adjetivos son diferentes para la silla parangón y la silla propuesta antes del uso.

**Tabla 21. ANOVA valoración de adjetivos antes del uso silla parangón y silla propuesta**

		Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.
Valor de recargado-sencillo	Inter grupos	,003	1	,003	,001	,970
	Intra grupos	22,823	10	2,282		
	Total	22,827	11			
Valor de horrible-bonito	Inter grupos	19,253	1	19,253	7,596	,020
	Intra grupos	25,347	10	2,535		
	Total	44,600	11			
Valor de confuso-claro	Inter grupos	3,967	1	3,967	,869	,373
	Intra grupos	45,675	10	4,567		
	Total	49,642	11			
Valor de incomodo- cómodo	Inter grupos	1,763	1	1,763	,641	,442
	Intra grupos	27,503	10	2,750		
	Total	29,267	11			
Valor de rígido-flexible	Inter grupos	3,630	1	3,630	,838	,382
	Intra grupos	43,340	10	4,334		
	Total	46,970	11			
Valor de sucio-limpio	Inter grupos	37,101	1	37,101	5,262	,045
	Intra grupos	70,502	10	7,050		
	Total	107,602	11			
Valor de incompleto-terminado	Inter grupos	1,401	1	1,401	,569	,468
	Intra grupos	24,628	10	2,463		
	Total	26,029	11			
Valor de frío-caliente	Inter grupos	1,841	1	1,841	,348	,568
	Intra grupos	52,922	10	5,292		
	Total	54,762	11			
Valor de fijo-móvil	Inter grupos	1,203	1	1,203	,269	,616
	Intra grupos	44,793	10	4,479		
	Total	45,997	11			

La percepción de los adjetivos en las dos sillas antes del uso es similar debido a que el valor de Sig. es mayor a 0,05, pero se debe hacer una excepción para los pares de adjetivos horrible/bonito, sucio/limpio que presentan valores sig. de 0,020 y 0,045 respectivamente. Por tanto para estos adjetivos la  $H_0$  se rechaza y se toma la  $H_a$ , en este caso la percepción de estos adjetivos si difiere antes del uso, por tanto la silla propuesta es percibida más bonita y limpia que la silla parangón, como se muestra en la figura 79.

**Figura 79. Comparación de medias para horrible/bonito y sucio/limpio antes del uso.**



Para la valoración después del uso se presentan las siguientes hipótesis:

$H_0$ : las medias poblacionales de las respuestas para cada par de adjetivos son iguales para la silla parangón y la silla propuesta después del uso.

Ha: las medias poblacionales de las respuestas para cada par de adjetivos son diferentes para la silla parangón y la silla propuesta después del uso.

**Tabla 22. ANOVA valoración de adjetivos después del uso silla parangón y silla propuesta**

Pares de adjetivos	Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.	
Valor de recargado-sencillo	Inter grupos	13,230	1	13,230	6,371	,030
	Intra grupos	20,767	10	2,077		
	Total	33,997	11			
Valor de horrible-bonito	Inter grupos	44,853	1	44,853	7,420	,021
	Intra grupos	60,447	10	6,045		
	Total	105,300	11			
Valor de confuso-claro	Inter grupos	1,763	1	1,763	,443	,521
	Intra grupos	39,777	10	3,978		
	Total	41,540	11			
Valor de incomodo-cómodo	Inter grupos	64,403	1	64,403	15,213	,003
	Intra grupos	42,333	10	4,233		
	Total	106,737	11			
Valor de rígido-flexible	Inter grupos	90,201	1	90,201	15,459	,003
	Intra grupos	58,348	10	5,835		
	Total	148,549	11			
Valor de sucio-limpio	Inter grupos	32,341	1	32,341	11,977	,006
	Intra grupos	27,002	10	2,700		
	Total	59,342	11			
Valor de incompleto-terminado	Inter grupos	28,521	1	28,521	3,851	,078
	Intra grupos	74,068	10	7,407		
	Total	102,589	11			
Valor de frío-caliente	Inter grupos	3,630	1	3,630	,684	,427
	Intra grupos	53,037	10	5,304		
	Total	56,667	11			
Valor de fijo-móvil	Inter grupos	30,720	1	30,720	7,262	,023
	Intra grupos	42,300	10	4,230		
	Total	73,020	11			

La conclusión del ANOVA de estos pares de adjetivos muestra que para algunos de ellos la  $H_0$  debe ser rechazada, como es el caso de recargado/sencillo, horrible/bonito, incomodo/cómodo, rígido/flexible, sucio/limpio, fijo/móvil para los cuales el sig. mostrado es de 0.03, 0.021, 0.003, 0.003, 0.006, 0.023 respectivamente, valores que son menores al nivel crítico del estadístico F o nivel de significancia de 0,05. Por tanto se toma la  $H_a$  con la cual se afirma que la percepción de los pares de adjetivos anteriormente mencionados son diferentes para la silla parangón y la silla propuesta después de ser usadas. De esta manera se puede determinar que la silla propuesta es percibida con respecto a la silla parangón como más sencilla, bonita, cómoda, flexible, limpia y móvil. Sin embargo, los adjetivos para los cuales no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula, hace referencia a que la percepción después del uso en ambas sillas es igual sin que el tiempo de uso influya en la respuesta.

Recordemos que el objetivo de la primera hipótesis planteada en este proyecto, buscaba comprobar que la percepción de comodidad en la silla diseñada tiene pocas variaciones con relación a la silla existente, el cual ha sido cumplido. En general las respuestas de las participantes muestran que la percepción de comodidad es similar en las dos sillas, debido a que los diferentes análisis de ANOVA mantienen la hipótesis nula que plantea la igualdad entre las medias poblacionales. A excepción de algunos adjetivos que si presentaron un cambio entre la silla parangón y la silla propuesta después del uso.

Además, se comprobó que la hipótesis: “La percepción de comodidad de la silla disminuirá después del uso en postura sedente prolongada” no es válida, para ninguna de las sillas usadas en el experimento, debido a que no se pudieron rechazar las hipótesis planteadas en el análisis estadístico robusto.

## 8.6 ANÁLISIS DE UN FACTOR PARA EL ESTUDIO DE INCOMODIDAD

En función de comprobar la hipótesis: “La variación de la inclinación del asiento y la presencia de apoyo lumbar en postura sedente prolongada, durante cierto intervalo de tiempo mitigará la percepción de incomodidad en comparación con la silla parangón”

Para lo cual se planteó la siguiente  $H_0$  para realizar el ANOVA de la comparación de la incomodidad durante el uso de las sillas del experimento.

$H_0$ : la mediana de los valores de incomodidad en espalda alta, media y baja es igual en la silla parangón que en la silla propuesta.

$H_a$ : la mediana de los valores de incomodidad en espalda alta, media y baja es diferente en la silla parangón que en la silla propuesta.

Para realizar este ANOVA los datos de incomodidad fueron tabulados en tres grupos espalda alta, media y baja sin discriminar el tiempo en el cual fue tomado el valor de incomodidad.

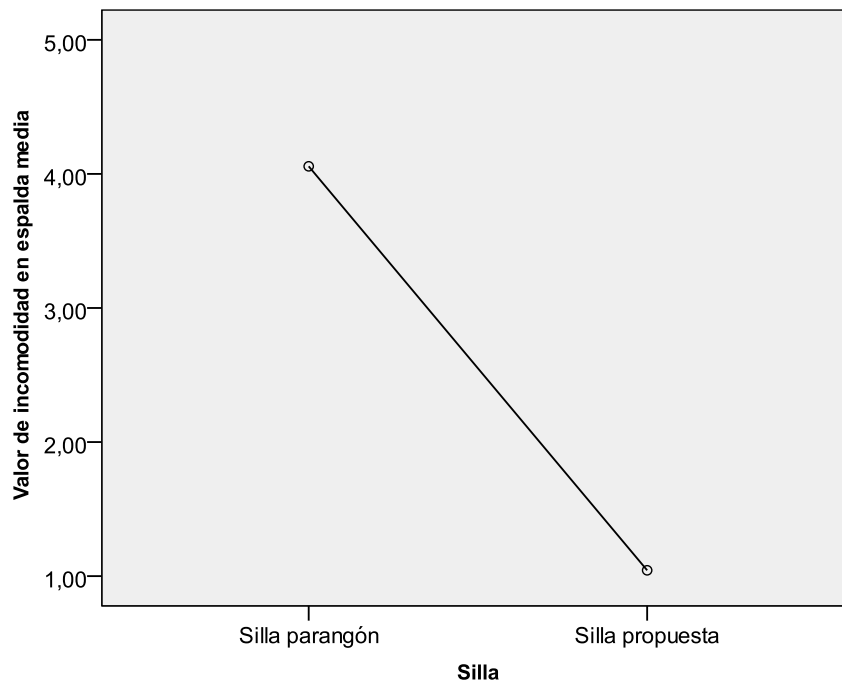
**Tabla 23. ANOVA comparación de incomodidad de la silla parangón y silla propuesta**

		Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.
Valor de incomodidad en espalda alta	Inter grupos	88,817	1	88,817	15,211	,000
	Intra grupos	338,651	58	5,839		
	Total	427,467	59			
Valor de incomodidad en espalda media	Inter grupos	136,203	1	136,203	25,731	,000
	Intra grupos	307,007	58	5,293		
	Total	443,210	59			
Valor de incomodidad en espalda baja	Inter grupos	84,491	1	84,491	14,360	,000
	Intra grupos	341,259	58	5,884		
	Total	425,749	59			

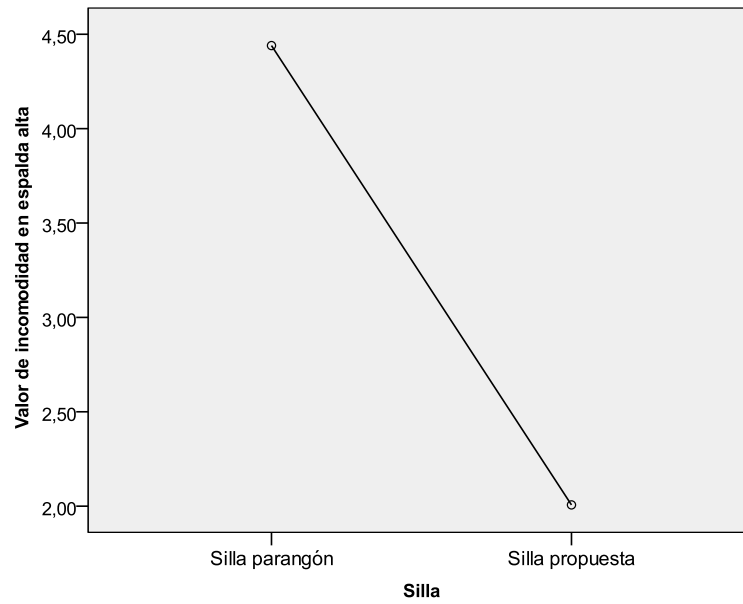
En la tabla 23 se visualiza el ANOVA para las tres partes de la espalda evaluadas con la escala VAS tanto para la silla parangón y la silla propuesta. Los valores de sig. o p-valor resultantes para espalda alta, media y baja fueron de 0,00 el cuales son menores que 0,05, de lo anterior se puede deducir que hay evidencia para rechazar la hipótesis nula y se acepta la Ha, con la cual se comprueba que los valores de incomodidad para las dos sillas son diferentes.

En las figuras 80, 81 y 82, se observa que la incomodidad en espalda alta, media y baja es menor durante el uso de la silla propuesta. Por lo cual la hipótesis: “La variación de la inclinación del asiento y la presencia de apoyo lumbar en postura sedente prolongada, durante cierto intervalo de tiempo mitigará la percepción de incomodidad en comparación con la silla parangón” es válida, por lo cual se puede afirmar que durante el uso de la silla propuesta se percibe menos incomodidad que durante el uso de la silla parangón.

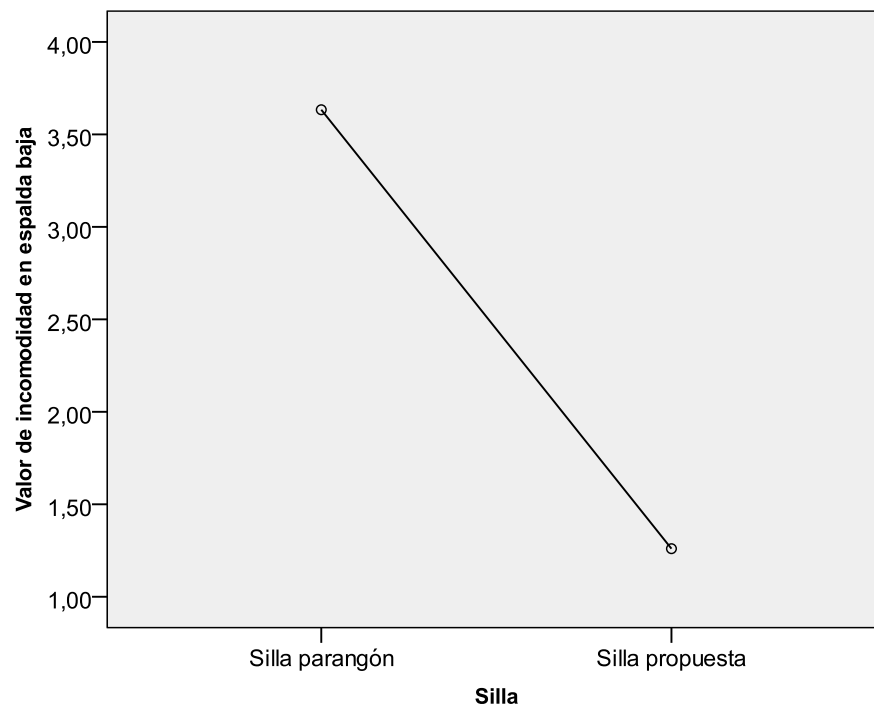
**Figura 80. Comparación de medias para la incomodidad en la espalda alta**



**Figura 81. Comparación de medias para la incomodidad en la espalda media**



**Figura 82. Comparación de medias para la incomodidad en la espalda baja**



## 9. CONCLUSIONES

El aumento de enfermedades músculo esquelético en el país, entre otras, el dolor lumbar como una de las más relevantes, son debidas a las exigencias propias de los puestos de trabajo. Para el caso particular de estudio fue tomado el puesto de trabajo en oficina, y como objeto particular la silla, debido a la postura sedente durante tiempo prolongado que exigen las tareas que se desarrollan dentro de la oficina. Los tipos de sillas que suelen utilizarse en este lugar de trabajo no permiten un reposicionamiento de la cadera para aliviar las cargas a las que está permanentemente expuesta la columna vertebral; esto sumado con los malos hábitos posturales, aumentan la aparición de molestias y de manera particular el dolor en la zona lumbar.

Lo anterior orientó el análisis de la problemática y la búsqueda de una respuesta en el campo del diseño industrial para las necesidades encontradas en los trabajos donde la postura sedente es prolongada. A través del estudio para alcanzar el resultado, fue posible evidenciar que el dolor de espalda puede ser mitigado cuando existe la presencia de un apoyo lumbar y un mecanismo de la variación de la inclinación del asiento. El apoyo lumbar permite mantener una lordosis lumbar cercana a la curvatura natural de la espalda. Por su parte, la posibilidad de contar con un dispositivo que permita variar la inclinación del asiento, facilita la rotación de la cadera en los momentos que se necesita realizar un cambio de una postura adoptada; además, la inclinación del asiento hacia adelante colabora para que el individuo permanezca con la espalda recta mientras realiza actividades de alto requerimiento visual como escribir a mano o leer, debido a que no es la espalda de la persona la que se inclina sino por el contrario es el asiento el que realiza tal movimiento.

De acuerdo con los resultados es importante señalar que en el de diseño de las sillas para postura sedente prolongada debe ser considerada la presencia del apoyo lumbar y los mecanismos que permitan la variación de inclinación del asiento de la silla. De igual forma, estos requerimientos deberían ser tomados en cuenta a la hora de adquirir una silla.

Con este trabajo se abre un campo de estudio promisorio para investigaciones futuras en el diseño de mobiliario para oficinas. Es importante indicar que un aspecto que debería ser abordado es establecer si las personas usan la inclinación del asiento de manera voluntaria como un movimiento de reacomodación normal. De esta manera se podría determinar si vale la pena automatizar dicha función o si puede ser ejecutada por la persona sin interrumpir su rutina de trabajo.

Otro de los aspectos importantes que abarcó el proyecto fue la percepción de comodidad transmitida por la silla diseñada. El proceso de retroalimentación basado en el estudio realizado por Delgado y Espinel, permitió establecer un proceso inverso donde se parte de los elementos de diseño característicos de los adjetivos presentes en una silla. Éstos facilitaron enfocar las características proyectuales más relevantes para la propuesta sin dejar de mostrar la esencia de una silla de oficina.

Los resultados mostraron que la silla diseñada tuvo una percepción de comodidad igual a la que obtuvo la silla parangón. Sin embargo, en las respuestas la silla propuesta comparadas con la parangón, después del uso, tuvieron una variación con tendencia hacia los adjetivos de carácter positivo (bonito, sencillo, claro, limpio, flexible, cómodo, terminado, móvil). Además fue visible para ciertos adjetivos una variación significativa en los resultados obtenidos después del uso. Por tanto en estudios futuros sobre percepción de comodidad o desarrollo de productos se sugiere analizar el producto antes y después del uso en función de

dar una excelente respuesta con el diseño planteado, para lo cual la respuesta de comodidad como mínimo debe ser la misma antes y después del uso, si la respuesta comodidad después del uso disminuye posiblemente no cumple con la función para la que fue diseñado el objeto.

Finalmente cabe advertir que la metodología usada en el proyecto permitió realizar un proceso de diseño integral donde no sólo se tuvieron en cuenta aspectos estéticos, que permitieron obtener una buena percepción de comodidad, sino que además se contemplaron elementos que admitieron comprobar una menor sensación de incomodidad en postura sedente prolongada. Es decir, que a partir del complemento de la estética y la función fue posible obtener una propuesta original de diseño que cumple con los objetivos planteados.

## BIBLIOGRAFIA

- Andreoni, G., Santambrogio, G. C., Rabuffetti, M., & Pedotti, A. (2002). Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers. *Applied Ergonomics*, 33(6), 511-522.
- Barbasa Cuadros, L. K., & Maradei Garcia, M. F. (2010). *Determinación de los atributos semánticos connotativos de una población infantil*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Boyling, J. D., & Jull, G. A. (2006). *Grieve- Terapia Manual Contemporanea. Columna Vertebral*. (3ra. ed.): Masson.
- Camargo, D., Jimenez, J., Archila, E., & Villamizar, M. (2004). El dolor: una perspectiva epidemiológica. *Salud UIS*, 36, 2-13.
- Carcone, S. M., & Keirb, P. J. (2007). Effects of backrest design on biomechanics and comfort during seated work. *Applied ergonomics*, 38, 10.
- Chaitow, L., & Frits, S. (2008). *Guía de masaje para terapeutas manuales: lumbalgia y dolor pélvico*: Elsevier.
- Chansirinukor, W., Lee, M., & Latimer, J. (2001). Contribution of pelvic rotation to lumbar posteroanterior movement. *Manual Therapy*, 6(4), 242-249.
- D. B. Chaffin, G. B. A., and B. J. Martin. (2006). *Occupational Biomechanics*. New York: J. Wiley & Sons.
- D. Camargo, J. J., E. Archila, and M. Villamizar. (2004). El dolor: una perspectiva epidemiológica. *Salud UIS*, 36, 2-13.
- D. D. Harrison, S. O. H., A. C. Croft, D. E. Harrison, and S. J. Troyanovich. (1999). Sitting biomechanics Part I: Review of the Literature. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 22, 594-609.
- de Looze, M. P., Kuijt-Evers, L. F. M., & van Dieen, J. (2003). Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures. *Ergonomics*, 46(10), 985-997.
- Delgado Gamboa, A. C. (2010). *Determinación de los atributos semánticos connotativos de una población adulta*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Delgado Gamboa, A. C., Maradei Garcia, M. F., & Espinel Correal, F. (2011). Determinación de atributos semánticos connotativos de objetos de uso en una población adulta. *Iconofacto*, 7(8), 10-28.
- España, G. d. (2012). Oficina Española de Patentes. from <http://www.oepm.es/es/index.html>
- Frankeñ, M. N. a. V. (2004). *Biomecánica básica del sistema musculo esquelético*. Madrid
- Gyouhyung, K., A., N. M., & Kari, B.-R. (2008 ). Driver sitting comfort and discomfort (part I): Use of subjective ratingsin discriminating car seats and

- correspondence among ratings. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38, 516-525.
- ICONTEC. Norma técnica Colombiana NTC 1440. Muebles de oficina. Consideraciones generales relativas a la posición de trabajo: silla-escritorio. Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, I. (2005). Norma Técnica Colombiana NTC 5345. Silla de oficina, para uso general. Ensayos. (pp. 45). Colombia.
- Jouvencel, M. R. (1994). *Ergonomía básica. Aplicada a la medicina del trabajo*. Madrid.
- Kapandji, A. I. (2007). *Fisiología Articular. Tomo 3: Tronco y Raquis*.
- Karwowski, W., & Marras, W. (1999). *The occupational ergonomics. hand book*. Estados Unidos: CRC Press LCC.
- Kyung, G., Nussbauma, M. A., & Babski-Reevesb, K. (2008). Driver sitting comfort and discomfort (part I): Use of subjective ratings in discriminating car seats and correspondence among ratings. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38, 516-525.
- Lelong, C., Drevet, J. G., Chevallier, R., & Phelip, X. (1988). Biomécanique rachidienne et station assise. *Revue du Rhumatisme*, 55(5), 5.
- Makhsous, M., Lin, F., Bankard, J., Hendrix, R. W., Hepler, M., & Press, J. (2009). Biomechanical effects of sitting with adjustable ischial and lumbar support on occupational low back pain: evaluation of sitting load and back muscle activity. *Bmc Musculoskeletal Disorders*, 10.
- Makhsous, M., Lin, F., Hendrix, R. W., Hepler, M., & Zhang, L. Q. (2003). Sitting with adjustable ischial and back supports: Biomechanical changes. *Spine*, 28(11), 1113-1121.
- Maradei Garcia, M. F., Espinel Correal, F., & Peña Leal, A. A. (2009). *Datos antropométricos para el diseño, Región Nororiental Colombiana 2008*. Bucaramanga, Colombia: División de publicaciones UIS.
- Maradei Garcia, M. F., & Espinel, F. (2008). *Ergonomía para el diseño*. Colombia: Ediciones UIS.
- McCormick, E. J. (1976). *Ergonomía, Factores humanos en Ingeniería y Diseño*. Barcelona: Gustavo Gilli S.A.
- Mondelo, P. R., Gregori, E., Blasco, J., & Barrau, P. (1999). *Ergonomía 3. Diseño de puestos de trabajo* (Segunda edición ed.). Barcelona.
- Norman, D. (2004). *El diseño emocional, Por qué nos gustan (o no) los objetos cotidianos*.
- Ofita. *Ergonomía y salud en los entornos de oficina*. España.
- Page, A., García, C., Moraga, R., Tortosa, L., & Verde, V. (1992). *Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico*. España: Instituto de Biomecánica de Valencia.

- Panero, J., & Zelnik, M. (1983). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores, Estándares antropométricos*. Barcelona: Ediciones G. Gilli S.A.
- Piedrahita, H. (2006). Costs of work-related musculoskeletal disorders (MSDs) in developing countries: Colombia case. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 12(4), 379-386.
- PINTO, L. C. A., & GARCIA, M. F. M. (2010). *DETERMINACION DE LOS ATRIBUTOS SEMANTICOS CONNOTATIVOS EN UNA POBLACION ADOLESCENTE* Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Quintana, E., Martín, A., Sánchez, C., Rubio, I., López, N., & Calvo, J. I. (2004). Estudio de la postura sedente en población infantil. *Fisioterapia*, 26(3), 11.
- Rincón, O. (2010). *Ergonomía y procesos de diseño*. Bogotá.
- Serra, J. (2006). *Tratado de dolor neuropático*: Panamericana.
- Snijders, C. J., Hermans, P. F. G., Niesing, R., Spoor, C. W., & Stoeckart, R. (2004). The influence of slouching and lumbar support on iliolumbar ligaments, intervertebral discs and sacroiliac joints. *Clinical Biomechanics*, 19(4), 323-329.
- Tilley, A. R., & Associates, H. D. (2002). *The measure of man and woman*. New York: John Willey & Sons, INC.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2009). *Diseño de productos y desarrollo de productos* (Cuarta edición ed.). Mexico: McGraw-Hill.
- Vergara Monedero, M. (1998). *Evaluación ergonómica de sillas. Criterios de evaluación basados en el análisis de la postura.*, Universitat Jaume I.
- Viladot Voegeli, A. (2001). *Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor*. España: Springer.
- Zhang, M. G. H. a. L. (1997). Field studies of comfort and discomfort in sitting. *Ergonomics*, 40, 895-915.

## ANEXOS

### ANEXO A. Relación entre adjetivos, emociones y elementos de diseño de las figura 7 y 19. Tomado de “Determinación de los atributos semánticos connotativos de una población adulta”(Delgado Gamboa, 2010)

ADJETIVO	EMOCIÓN	RELACIÓN	ELEMENTO DE DISEÑO
Incompleto	Disgusto Indignación Desagrado Aburrimiento	Forma	Coherencia formal Consideraciones etnográficas y expectativas culturales
Terminado	Atracción Admiración Agrado Inspiración	Forma	Interacción Textura Consistencia Componentes
Incómodo	Frustración Indignación	Forma	Material Interacción Necesidades Proporciones
Cómodo	Satisfacción Admiración	Forma Función	Formas orgánicas Accesibilidad Textura Prospecto-refugio
Recargado	Disgusto Aburrimiento	Forma	Componentes Formas geométricas
Sencillo	Atracción Inspiración	Forma	Formas estructurales Simetría Coherencia formal Ley de pregnancia
Fijo	Frustración Satisfacción	Función	Translación Flexibilidad-usabilidad
Móvil	Frustración	Función	Componentes

	Satisfacción	Usabilidad	Interacción Formas estructurales Desempeño vs. preferencia
Rígido	Frustración	Forma	Material Formas estructurales
Flexible	Satisfacción	Forma	Textura Necesidades Formas orgánicas
Horrible	Disgusto Desagrado Aburrimiento	Forma	Coherencia formal Consideraciones etnográficas y expectativas culturales
Bonito	Atracción Agrado Inspiración	Forma	Color Material Textura Componentes
Inservible	Frustración Indignación Desagrado	Valor	Interacción Necesidades Desempeño vs. Preferencia
Útil	Satisfacción Admiración Agrado	Función	Consideraciones etnográficas y expectativas culturales Flexibilidad-Usabilidad Accesibilidad
Confuso	Frustración Indignación Desagrado Disgusto Aburrimiento	Función	Consistencia Consideraciones etnográficas y expectativas culturales Interacción
Claro	Satisfacción	Forma	Flexibilidad- usabilidad

	Admiración Agrado Atracción Inspiración		Coherencia formal Accesibilidad
Peligroso	Frustración Indignación	Función	Formas estructurales Equilibrio Necesidades
Seguro	Satisfacción Admiración	Forma	Formas geométricas Ley de cierre

## ANEXO B. Glosario de términos- elementos existentes

Tomado de "Determinación de los atributos semánticos connotativos de una población adulta". (Delgado Gamboa, 2010)

### FORMA

**Coherencia formal:** es la configuración objetual con argumentos de unidad y síntesis formal. No son productos del azar ni de casualidades. Todo se construye con la suma o la unión de varias partes. Un elemento es más coherente a medida que se perciba como una sola forma continua y no la agrupación de formas aisladas. Uniformidad de materiales y acabados de coherencia interformal (familia de objetos), coherencia intraformal (productos en sí).

**Proporciones:** relación de correspondencia y equilibrio entre las partes y el todo, o entre varias cosas relacionadas entre sí, en cuanto a tamaño y cantidad: entre las distintas partes del cuerpo humano hay proporción. Son relaciones de crecimiento y comparación entre el todo y sus partes o el todo y otras formas que conforman un sistema. Las proporciones permiten que las formas crezcan de manera equivalente y que sus componentes dimensionales mantengan

Algún tipo de relación. Proporción aurea, proporciones humanas.

**Formas geométricas:** son figuras geométricas compuesta por líneas rectas y segmentos circulares. Todo lo que pueda ser visto posee una forma que aporta la identificación principal en nuestra percepción. Cualquier entidad visual que comprenda todos los elementos visuales de la figura: tamaño, color y textura.

**Simetría:** es la disposición de las distintas partes de un todo de forma ordenada y con mutua correspondencia, que genera una forma ordenada y equilibrada. Una figura es simétrica si existe una recta tal que tomada como eje de simetría transforma a la figura en ella misma. Da sensación de orden y alivia la tensión, pero es pobre conceptualmente. Puede tener uno o varios ejes central, axial y bilateral.

**Translación:** cambios de posición de una figura sin cambiar su dirección.

### FUNCION

**Flexibilidad- usabilidad:** los diseños flexibles pueden desarrollar funciones que los diseños especializados, pero su desempeño en cada uno de las funciones es menos eficiente. Un desempeño flexible disminuye la eficiencia, añade complejidad, incrementa el tiempo y costos de desarrollo. Cuando se tiene claras las necesidades, la persona tiende a adquirir equipos especializados enfocados a ese

grupo específico de necesidades, lo más eficientemente posible.

**Formas estructurales:** soportan y contienen una composición.

**Equilibrio:** una forma equilibrada se percibe como estable y con gravedad, el equilibrio puede ser simétrico o asimétrico. La apreciación subjetiva de los elementos en una composición no va a caer. Un toque de asimetría puede hacer que un producto resulte aún más atractivo.

### USABILIDAD

**Accesibilidad:** atributo de calidad que se refiere a la posibilidad de que el sitio web pueda ser accedido y usado por el mayor número posible de personas, indiferentemente de las limitaciones propias del usuario o de las derivadas del contexto de uso.

**Interacción:** la pérdida de la complejidad no ocurre sin la interacción. En naturaleza, la interacción permite que las estructuras complejas se formen progresivamente empleando estructuras más simples. El diseño de interacción permite que las estructuras complejas sean creadas progresivamente explorando, probando, y aplicando el diseño. Cada ciclo en el proceso de diseño enangosta la amplia gama de posibilidades hasta que el diseño se ajuste a los requisitos de diseño.

**Consistencia:** la utilidad de un sistema se mejora cuando las piezas similares se expresan en maneras similares. Considere consistencia estética y funcional en todos los aspectos del diseño. Consistencia estética del uso para establecer identidades únicas que puede ser reconocido fácilmente. Utilice la consistencia funcional para simplificar utilidad y la facilidad del aprendizaje. Asegúrese de que los sistemas sean siempre internamente consistentes, y externamente consistente al grado que sea posible.

**Ley de pregnancia:** una tendencia a interpretar imágenes ambiguas como simples y complejas, versus complejas e incompletas. Es uno de los principios de percepción de la Gestalt, cuando se

presentan elementos ambiguos puede ser interpretados de diferentes formas las personas tienden a simplificarlo e interpretarlo de una forma más sencilla. Es más fácil procesar visualmente figuras similares que complejas, también reordenarlas. Minimice el número de elementos en un diseño. En igualdad de circunstancias tendemos a percibir como unidad aquellos elementos que presentan el mayor grado de simplicidad, simetría, regularidad y estabilidad (buenas formas).

**Ley de cierre:** la figura se presenta incompleta o discontinua, pero la percibimos completa, ya que nuestra mente la completa, aunque las líneas no están unidas se puede percibir un triángulo. Nuestra mente añade los elementos faltantes para completar una figura. Existe una tendencia innata a concluir las formas y los objetos que no percibimos completos. "Las formas cerradas y acabadas son más estables visualmente, lo que hace que tendamos a "cerrar" y a completar con la imaginación las formas percibidas buscando la mejor organización posible. Las formas abiertas o inconclusas

provocan incomodidad y existe una tendencia a completar con la imaginación aquello que falta.

**Textura:** consiste en la modificación o variación de la superficie de los materiales utilizados, ya sea de una forma visual o táctil. Sirve frecuentemente para expresar visualmente las cualidades de otro sentido, el tacto. "Cuando hay una textura real, coexisten las cualidades táctiles y ópticas, no como con el tono y el color que se unifican en un valor comparable y uniforme, sino por separado y específicamente, permitiendo una sensación individual al ojo y a la mano, aunque proyectemos ambas sensaciones en un significado fuertemente asociativo".

**Color:** manera como la luz, es reflejada y percibida por el ojo a partir de la superficie de una figura o forma. Es usado en el diseño para llamar la atención, agrupar elementos, indicar un significado y aumentar la estética. Si es usado de forma inapropiada, los colores pueden causar un serio daño a la forma y función de un diseño.

## EMOCIONES Y SENTIMIENTOS

**Desempeño vs. Preferencia:** los diseños que ofrecen mejor desempeño no siempre son los más deseados por las personas. Las razones por las que una persona prefiere un diseño en vez de otro es una combinación de varios factores, y es posible que no tenga nada que ver con el desempeño. El balance entre el desempeño y preferencia debe ser tomado muy en cuenta en el desarrollo de los

requerimientos de diseño. El mejor método de obtener requerimientos de desempeño y preferencia precisos es observar a las personas interactuando con el diseño (o uno similar) en contextos reales. No confíe en reportes de lo que la gente dice que ha hecho, hará, o planea hacer en el futuro, referente al uso de un diseño; estos reportes no son fiables.

## VALOR

**Consideraciones etnográficas y expectativas culturales:** la observación de los usuarios en su entorno habitual es, a menudo, la mejor forma de determinar sus requerimientos de usabilidad. Mientras que el test de usabilidad tradicional proporciona un entorno de laboratorio que facilita la captación y registro de datos, al mismo tiempo saca al usuario y al producto del contexto del lugar de trabajo. En ocasiones es preferible ver cómo se hacen las cosas en el mundo real. Esta técnica se utilizaría preferiblemente en las etapas tempranas del proceso de desarrollo, cuando se necesita conocer más acerca de los aspectos del mismo susceptibles de ser medidos. En estas etapas, cuando tan apenas se tiene la idea de que se requiere elementos que incrementen su valor; son asequibles para todos.

un determinado producto para satisfacer una necesidad particular, las observaciones de campo ayudan a establecer los requerimientos del usuario así como otros elementos a incorporar en diseños preliminares.

**Necesidades:** fisiológicas o de seguridad. La primera trata de las necesidades básicas y esenciales de la vida, como el aire, agua, alimento, abrigo, etc. Las de seguridad son las necesidades de sentirse seguro y no ser amenazado por las circunstancias del entorno que podrían comprometer la existencia del individuo. Básicamente tratan de recuperar el equilibrio perdido en el organismo. Es un factor igual para todos y no debe tener

**ANEXO C. Formato de revisión de las sillas en la UIS**

En el ámbito del desarrollo del trabajo de grado: **ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ERGONÓMICAS DE UNA SILLA DE OFICINA PARA ASUMIR UNA POSTURA SEDENTE PROLONGADA. PROPUESTA DE DISEÑO. PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN** y con el ánimo de realizar una revisión de las sillas usadas por las secretarias que se desempeñan en las diferentes escuelas y departamentos administrativos de la universidad Industrial de Santander, se solicita la siguiente información y colaboración.

Nombre: _____ Escuela o departamento: _____ Edad: _____ Fecha: _____ Peso: _____ Estatura: _____	Asiento (altura)	Asiento (traslación)	Asiento (inclinación)
	Fijo	Ajuste de traslación	Fijo
	Graduable	Traslación móvil	Graduable
	Móvil	Fijo	Móvil
	Espaldar (inclinación)	Apoya brazos (altura)	Apoyo lumbar (altura)
		 No tiene	 No tiene

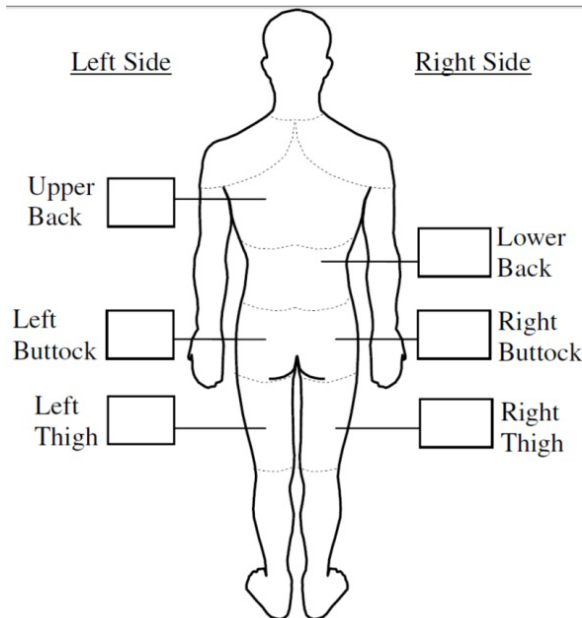
	Fijo		Fijo		Fijo	
	Graduable		Graduable		Graduable	
	Móvil		Móvil		Móvil	

Nota: debe tomarse registro fotográfico de cada silla evaluada.

Preguntas sobre percepción y uso de la silla:

1. ¿Cuántas horas trabaja diariamente?  
\_\_\_\_\_
  2. ¿Cuánto tiempo continuo permanece sentado(a) durante su jornada de trabajo? \_\_\_\_\_
  3. ¿Por qué razón hace las pausas? \_\_\_\_\_
- 
4. ¿Ha presentado molestias o dolor durante su jornada de trabajo en los últimos doce meses? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Si la respuesta es **Si**, señale en el gráfico la parte del cuerpo ha presentado dolor.





5. La silla le permite realizar las diferentes tareas durante su jornada laboral:  
Si \_\_\_ No \_\_\_  
¿Por qué? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. ¿La percepción visual de la silla es: Positiva\_\_\_\_\_ Negativa\_\_\_\_\_  
¿Por qué? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
7. La silla le genera incomodidad entre:  
1 a 2 horas  
2 a 3 horas  
3 a 4 horas  
Más de cuatro horas
8. Estaría usted dispuesto (a) a participar en una prueba experimental de medición de la comodidad e incomodidad de una silla, que se piensa desarrollar dentro del presente trabajo de investigación: Si\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

Código asignado: \_\_\_\_\_

EVALUADO POR: \_\_\_\_\_

## ANEXO D. Matriz de QFD

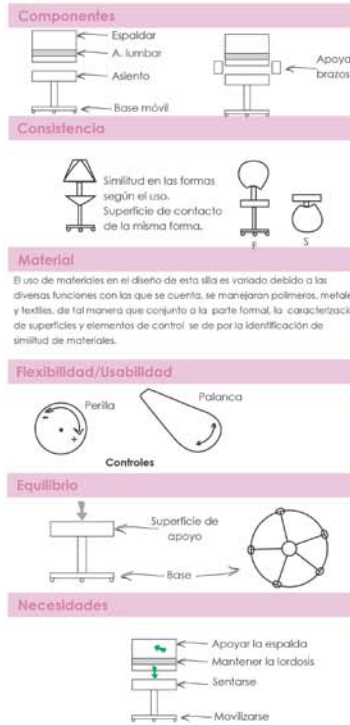
Dirección de la mejora Direction of Improvement												- Negative / Tradeoff Matriz de planeación Planning Matrix									
Requerimientos Usuario	Requerimientos técnicos	IMPORTANCIA DEL CLIENTE																			
		Estándares de seguridad	Materiales en el mercado	Procesos de fabricación de las superficies de contacto	Procesos de manufactura	Espesor del apoyo lumbar	Mecanismo para variación de la altura de A.L.	Traslación permitida por la base	Variabilidad del pistón para altura	Resistencia al movimiento en el mecanismo de inclinación del asiento	Velocidad del mecanismo de inclinación del asiento	Ventaja mecánica de los accionamientos	Rango de importancia para el usuario	Diseño a plantear	Másit Línea 3D (opción 1)	Sedus Match (opción 2)	Rango planeado	Factor de mejora 0,2	Sales Point	Ponderación general	Porcentaje de protagonismo
Forma	Texturas agradables	4	3	9	1							3	4	4	4	4	1	1	3	5%	
	Materiales de alta calidad	4	9	3	9	3		3	9	9		3	4	4	4	4	1	1	3	5%	
Funcionales	Resistencia a diversos pesos	4	9	3	3	3	1	9	9	9	3	5	4	4	4	4	1	1	5	8%	
	Altura del asiento	4	1					9	9	3	3	4	4	4	4	4	1	1	4	7%	
	Inclinación del espaldar	4	3			3	3	1		3		3	4	4	3	2	4	1,2	1	4,8	8%
	Espesor del apoyo lumbar	3	3	3		9	3			3		3	4	3	3	1	4	1,2	1	4,8	8%
	Altura del apoyo lumbar	3				3	9			3		3	3	2	1	3	1,2	1	3,6	6%	
	Altura del apoyabrazos	1										1	2	1	4	4	4	1	1	2	3%
	Desplazamiento de la silla	3	3	3	3	3		9				3	5	3	5	5	5	1	1	5	8%
	Inclinación variable del asiento	5				3			9	9	3	3	5	0	0	5	2	1	6	10%	
Ergonómicos	Facilidad para manejar los elementos de control	3	1		3	3	3	3	3	3	9	3	3	3	3	4	1,2	1	3,6	6%	
	Identificación de los elementos de control	2	3	1	3	9	1	3	9	3	9	4	2	4	3	4	1,2	1	4,8	8%	
	Ajuste para diferentes personas	4	1	3	9	9	9		9		3	1	4	4	4	4	1	1	4	7%	
	Facil limpieza y mantenimiento	3		9	3	3	3	3	1	3	1	3	2	3	3	3	4	1,2	1	2,4	4%
Producción	Construcción de un modelo CAD	2			1	3	1	1	9	9	3	1	2	1	1	2	1,2	1	1,2	2%	
	Fabricación con manufactura local	4		9	9	9	9	9	3	9	9	3	1	4	0	0	4	1,2	1	1,2	2%
	Uso de diferentes materiales	3	9	3	3	1	1	1	1	1	3	1	3	3	3	4	1,2	1	1,2	2%	
<b>Prioridad de los requerimientos técnicos</b>		103	102	140	144	165	170	168	189	250	166	152	1749,00				<b>Total (100%)</b>		<b>60</b>	<b>100%</b>	
<b>Porcentaje del total</b>		6	6	8	8,2	9,4	9,7	9,6	11	14,3	9,5	8,7	<b>Total (100%)</b>								
Convenciones	Convención de colores en la matriz																				
	Relación Fuerte																			9	
	Relación Media																			6	
	Relación Baja																			3	

## ANEXO E. Mapas mentales de los subproblemas

Anexo 5. Mapas para desglosar los subproblemas de diseño



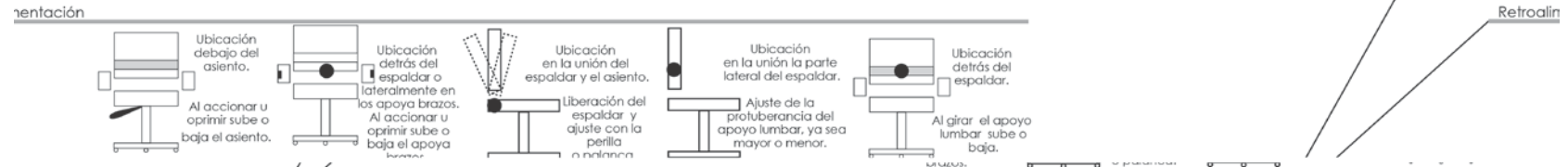
### Integrar los elementos de diseño



Graduación de:

Altura del asiento    Altura del apoyabrazos    Inclinación del espaldar    Espesor apoyo lumbar    Altura del apoyolumbar

			Tamaño/ tipo		
Perilla: 8,8 cm de perímetro+2cm deholgura.	Perilla: 8,8 cm de perímetro+2cm deholgura.	Botón: 8,8 cm ancho.	Palanca: 8,8 cm mínimo de largo. Perímetro: 7,6 cm	Palanca: 8,8 cm mínimo de largo. Perímetro: 7,6 cm	Palanca: 8,8 cm mínimo de largo. Perímetro: 7,6 cm
			Botón: 8,8 cm ancho.	Botón: 8,8 cm ancho	Perilla: 8,8 cm de perímetro+2cm deholgura.
			Perilla: 8,8 cm de perímetro+2cm deholgura.		



Identificación de los controles

Iconos de los controles



Compatibilidad



Textura del control

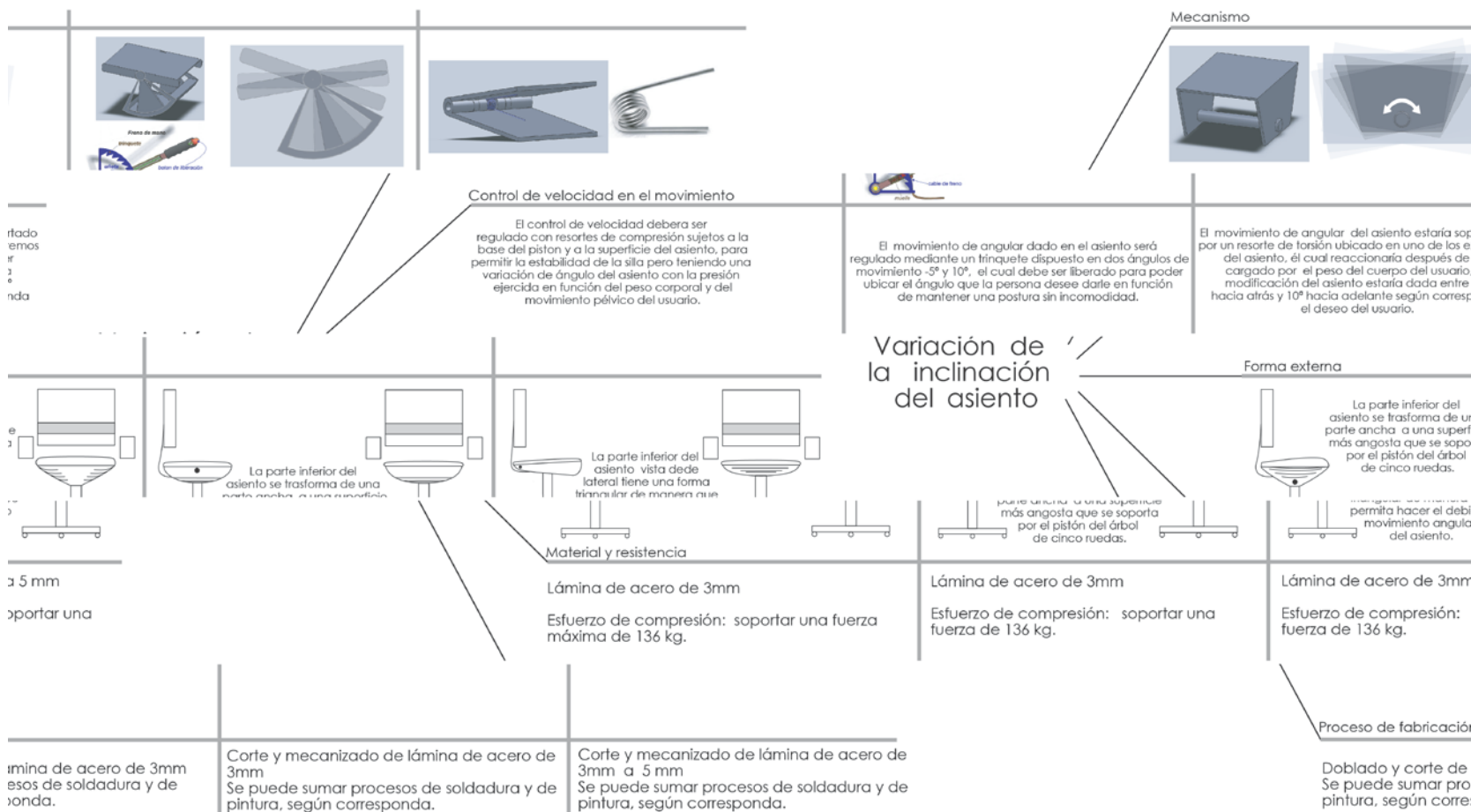


El material de los botones así como el de perillas o palancas debe tener un mínimo coeficiente de fricción para permitir una correcta manipulación.

Mecanismo de balanza

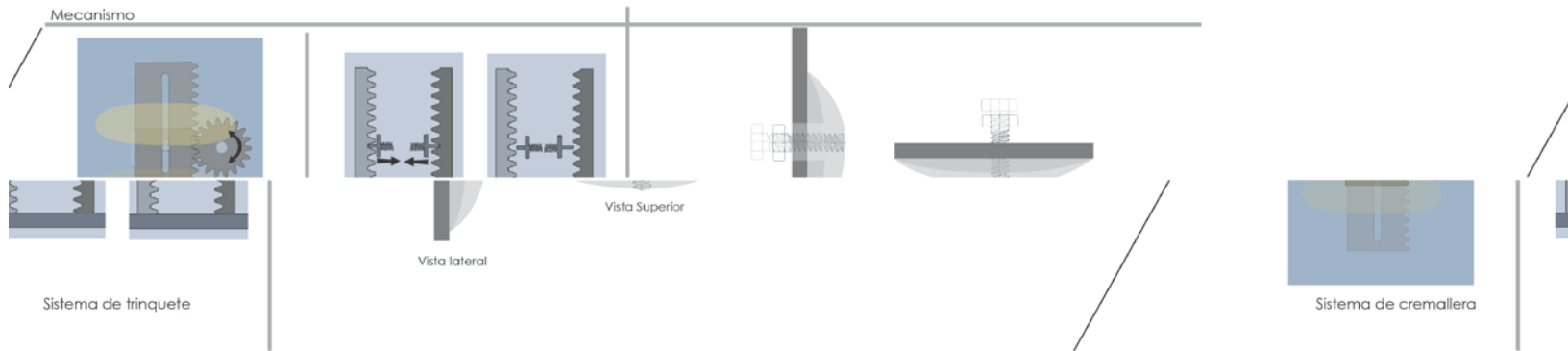
Mecanismo con pivote central y trinquete

Mecanismo con resorte de torsión



Graduación de altura

Espesor del apoyo lumbar



Ajuste del apoyo lumbar

Sistema de tornillo y placa flexible ( el tornillo esta perpendicular a la placa flexible), según sea el sentido de giro del tornillo se evidencia un mayor o menor protuberancia sobre la placa

adaptado a la barra dentada vertical.

Descripción del mecanismo

Sistema cremallera  
Por medio de una perilla se gira la rueda dentada, que según sea el sentido de giro subirá o bajará el apoyo lumbar que está en el pasador, este pasador es presionado para liberar la presión que está sobre éste, permitiendo así trasladarlo con libertad.

Sistema trinquete:  
Esta compuesto por una cremallera y un pasador: la primera permite posicionar el pasador en diferentes niveles de altura, dicho pasador es presionado a la placa flexible (soporte lumbar).

Proceso de fabricación

-Materiales  
Ambos sistemas se pueden mecanizar en metal si la resistencia del mecanismo a si lo requiere.

-Materiales  
Tornillo prefabricado con placa metálica con los ajustes de forma y tamaño correspondientes para que se ajuste a los requerimientos del apoyo lumbar.

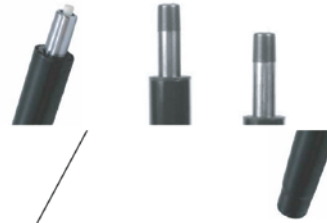
Altura del asiento

Desplazamiento



Arbol de cinco brazos con ruedas que permiten el desplazamiento en cualquier dirección paralela al plano del piso.

Mecanismo



DIMENSIONES  
Extendido 355 mm  
Sin extender 275 mm



Ajuste de otros elementos

Forma externa



Disponibl  
la distribu  
local.

La forma del árbol de cinco  
ruedas esta estandarizado con  
diferentes formas, la manufactura  
local no fabrica directamente  
este tipo de piezas, por tanto

este tipo de piezas, por tanto  
para el desarrollo de este  
proyecto se tomará una de estas  
pieza que se distribuye localmente.

e en  
ción



Posibles formas para  
fabricar la carcasa del  
pistón.

Proceso de  
fabricación

-Materiales

Debido a que se hará un sólo prototipo de la  
silla, las piezas como la carcasa del pistón se  
realizarán en fibra de vidrio para mayor

resistencia y durabilidad.

Esta pieza se encuentra fabricada  
en Nylon

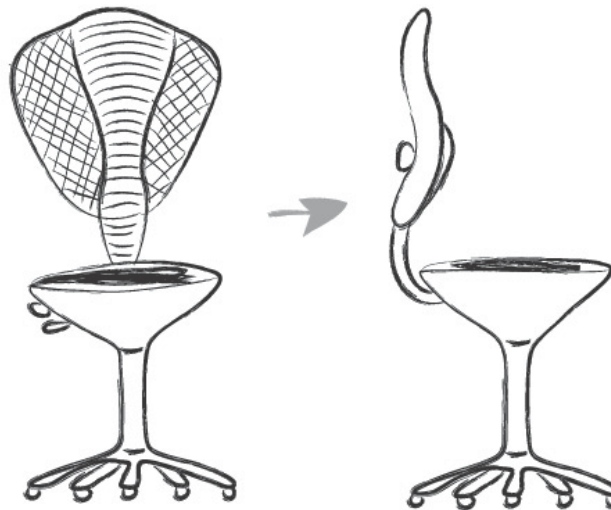
**ANEXO F.Formato de encuesta para medir el nivel de percepción de  
comodidad, bocetos preliminares.**

En el ámbito del desarrollo del trabajo de grado: **ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ERGONÓMICAS DE UNA SILLA DE OFICINA PARA ASUMIR UNA POSTURA SEDENTE PROLONGADA. PROPUESTA DE DISEÑO. PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN** y con el ánimo de realizar una encuesta de opinión sobre la percepción de comodidad que según su opinión tiene cada una de las tres propuestas presentadas para el diseño de una silla de oficina, se solicita la siguiente información y su colaboración.

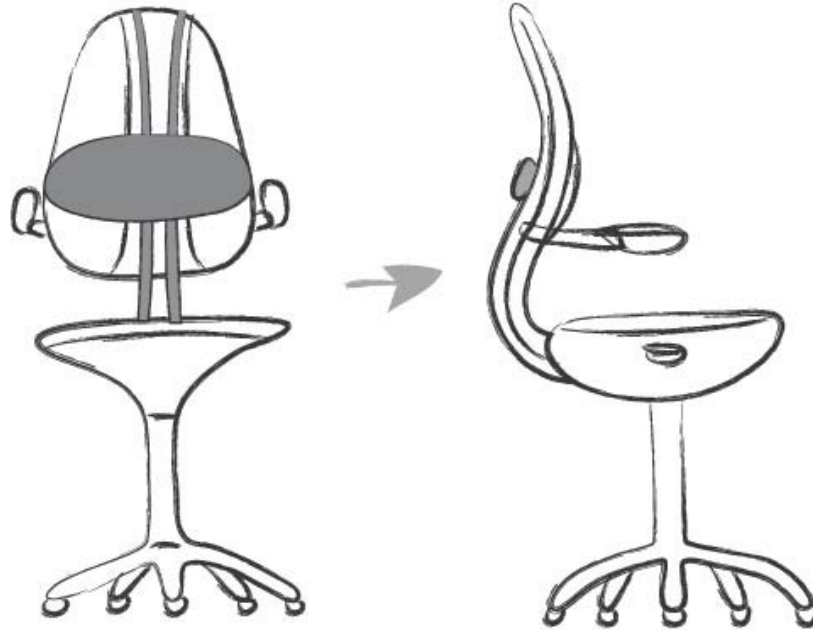
Código asignado: \_\_\_\_\_ UAA: \_\_\_\_\_

EVALUADO POR: \_\_\_\_\_

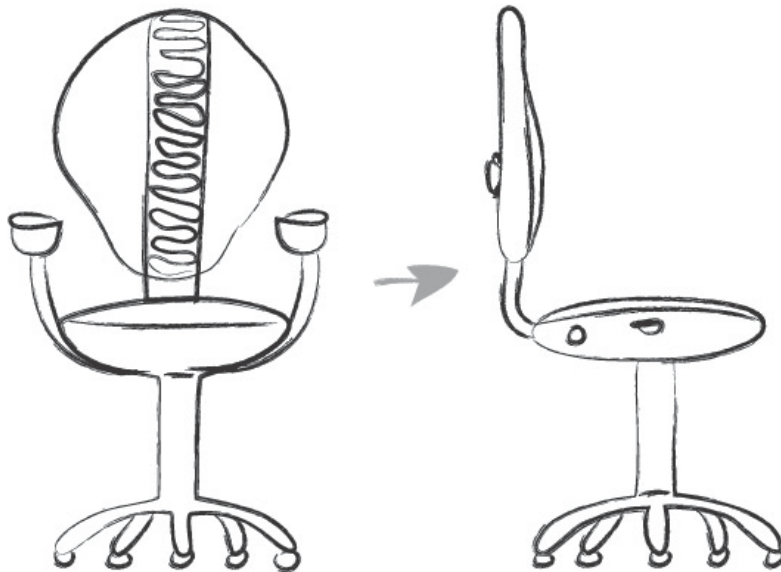
PROPUESTA No. 1



PROPUESTA No. 2



PROPUESTA No. 3





## ANEXO G. Formato de consentimiento informado

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Apreciado participante:

Con base en los principios establecidos en la Resolución 008430 de 4 de Octubre de 1993 por la cual se establecen las normas para la investigación en salud en Colombia, específicamente en el Artículo 15, en lo relacionado con el Consentimiento Informado, usted deberá conocer acerca de esta investigación y aceptar participar en ella si lo considera conveniente. Por favor lea con cuidado y haga las preguntas que desee hasta su total comprensión.

1. **El objetivo y justificación de la investigación.** El objetivo del presente proyecto es estudiar las características ergonómicas posturales y perceptivas de una silla para trabajo sedente prolongado, enfocado a personas que realicen actividades y tareas de oficina, con el fin de disminuir la sensación de incomodidad.

La investigación se basa en el alto índice de enfermedades por desórdenes músculo esqueléticos, entre ellas el dolor lumbar, esto se debe a que actualmente ha aumentado la demanda de trabajos con posturas sedentes prolongadas. Existe evidencia que muestra, que durante el trabajo sedente existe una sobrecarga en la columna, debido a la carga estática sobre los discos intervertebrales y la presencia de malas posturas de la espalda (cifosis). Esta condición, evita la nutrición de los discos intervertebrales que sumado a largas jornadas en la misma postura da respuesta a la incomodidad que se presenta.

Se sabe que el movimiento pélvico afecta la curvatura lumbar por tanto, para disminuir la incomodidad es necesario proponer una silla que permita el cambio de postura, los movimientos de acomodación de la pelvis y la conservación de la correcta postura de la parte baja de la espalda, la mayor parte del tiempo. Es por esto que los investigadores a cargo de la investigación lo invitan a ser uno de los 20 participantes en la experimentación con el prototipo de la silla que ha sido diseñada para evaluar el grado de incomodidad y comodidad que se experimente durante la prueba en mención, se aclara que su participación es absolutamente voluntaria.

2. **Procedimiento.** Cuando usted haya firmado a satisfacción este consentimiento informado se dará inicio a la recolección de información correspondiente a la toma de 12 datos de



dimensiones antropométricas, así como la edad, peso y talla con el objetivo registrar los datos de los participantes. Luego, se realizará la primera evaluación sobre la percepción visual de la silla, por medio de un diferencial semántico, documento que será entregado y explicado por el investigador a cargo. A continuación, se da inicio a la segunda prueba, usted deberá sentarse y ajustar la silla según las iniciaciones recibidas por el investigador encargado. Seguido de esto usted realizará una evaluación en formato de la Escala VAS que le será entregado y explicado al igual que el anterior. Seguido de esto se le indicará el orden de las cuatro tareas a realizar, entre las cuales esta: leer, digitar, escribir a mano y navegar en internet, cada tarea será ejecutada por un lapso de 15 minutos, luego de ejecutar cada una de las tareas evaluará por medio de formatos de Escala de VAS, siendo cinco evaluaciones en total. Este procedimiento se seguirá tanto para la silla A como para la silla B, en dos jornadas diferentes, conservando la hora de la evaluación. Es importante aclarar que usted será grabado en video a lo largo de la prueba.

3. **Molestias o riesgos esperados.** Según las investigaciones realizadas con experimentos similares no se han registrado dificultades o riesgos de gran magnitud, por tanto para la prueba de la que usted será participe no se prevé ningún riesgo. El estudio a realizar es seguro en todas las etapas tanto para usted como para sus compañeros de trabajo y los investigadores participes. Por tanto se puede sentir con plena confianza y tranquilidad.
4. **Los beneficios.** Los resultados de la presente investigación ayudarán a determinar si las características propuestas en el diseño de la silla con la que se realiza la experimentación permiten percibir más cómoda e incómoda la silla antes, durante y después del uso.
5. **Inquietudes y respuestas.** Si usted tiene alguna duda o aclaración con respecto a los procedimientos a realizar, los riesgos, beneficios y cualquier otro tema relacionado con el presente estudio, puede con toda libertad preguntar al investigador a cargo, él dará a usted la respuesta con la profundidad y veracidad con la que esta investigación se realiza.
6. **Retiro de su consentimiento.** Si usted no se siente seguro o no desea continuar en la investigación, usted puede manifestar su retiro de ésta en cualquier momento, sin ningún inconveniente.
7. **Privacidad y Anonimato.** La información recolectada se guardará de manera segura y confidencial en los archivos de la Universidad Industrial de Santander. Esta información no podrá ser consultada por nadie diferente al personal vinculado a la investigación.
8. **Autorización.** Manifiesta usted la autorización para los datos obtenidos en este estudio, puedan ser utilizados en otros estudios y laboratorios, previa aprobación del Comité de Ética para la Investigación Científica de la facultad de Salud de la UIS para realizar dichos estudios.



# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Escuela de Diseño Industrial

Grupo de investigación

Ergonomía, Producto y Significado



Firma de autorización

Si autoriza \_\_\_\_\_

No autoriza \_\_\_\_\_

9. **Aceptación:** Con fecha \_\_\_\_\_, certifico que he comprendido lo anterior y una vez que se le aclararon todas las dudas que surgieron con respecto a mi participación en la investigación, acepto participar de manera voluntaria en investigación titulada: “Estudio y evaluación de las características ergonómicas de una silla de oficina para asumir una postura sedente prolongada. Propuesta de diseño. Pasantía de investigación”

Firma: \_\_\_\_\_

Huella: \_\_\_\_\_

Nombre completo participante: \_\_\_\_\_

C.C: \_\_\_\_\_

Investigador principal:

\_\_\_\_\_  
 Francisco Espinel Correal  
[fespinel@hotmail.com](mailto:fespinel@hotmail.com)  
 Universidad Industrial de Santander  
 Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas  
 Escuela de Diseño Industrial  
 Grupo de Investigación Ergonomía, Producto y Significado  
 Teléfono: 6344000 Ext. 2768

**Contacto Comité de Ética:** Para preguntas o aclaraciones acerca de los aspectos éticos de ésta investigación pueden comunicarse con \_\_\_\_\_ Coordinador (a) del Comité de Ética para la Investigación Científica de la Facultad de Salud de la UIS, o con cualquiera de los miembros del Comité, al teléfono: \_\_\_\_\_

## ANEXO H.Formato de medición de comodidad, diferencial semántico modificado



Proyecto: "Estudio y evaluación de las características ergonómicas de una silla de oficina para asumir una postura sedente prolongada. Propuesta de diseño. Pasantía de investigación"

Formato de evaluación de comodidad a partir de Diferencial semántico modificado con escala visual análoga (VAS) modificada por el autor.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN ERGONOMÍA, PRODUCTO Y SIGNIFICADO (GEPS)

Participante: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Hora de inicio: \_\_\_\_\_ Hora de finalización: \_\_\_\_\_

A continuación haga una marca sobre la línea según sea su calificación para el adjetivo en mención. Marque más cerca de los extremos de la línea cuando considere que el adjetivo es más evidente en la silla que usted esté observando.

Recargado		Sencillo
Horrible		Bonito
Confuso		Claro
Incómodo		Cómodo
Rígido		Flexible
Sucio		Limpio
Incompleto		Terminado
Frío		Caliente

## ANEXO I. Formato de medición de incomodidad, escala de Corlett and Bishop modificada con VAS



Proyecto: "Estudio y evaluación de las características ergonómicas de una silla de oficina para asumir una postura sedente prolongada. Propuesta de diseño. Pasantía de investigación"

Formato de evaluación de incomodidad a partir de una escala visual análoga (VAS) modificada según (Karwowski & Marras, 1999).

GRUPO DE INVESTIGACIÓN ERGONOMIA, PRODUCTO Y SIGNIFICADO (GEPS)



Participante: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_  
Fecha: \_\_\_\_\_ Hora de inicio: \_\_\_\_\_ Hora de finalización: \_\_\_\_\_

