



# DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE UN PUPITRE PARA LOS ALUMNOS DE PREGRADO DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

## RESUMEN

El trabajo que aquí se presenta consistió en el diseño de alternativas de un pupitre integrado, ajustado a los requerimientos y necesidades de los estudiantes de la Universidad Católica Andrés Bello. El trabajo se divide en tres secciones: situación actual, estudio antropométrico y diseño del prototipo. Se muestra el análisis realizado y los resultados obtenidos en cada una de estas secciones. Igualmente, se enseña el modelo propuesto, con sus dimensiones y costos. Finalmente se presentan las conclusiones.

## INTRODUCCIÓN

En el año 2001 se completó un trabajo de diseño de pupitres (Pérez C., Herrera J., Villanueva A., 2001) para una muestra de 140 estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Andrés Bello, Caracas. El trabajo propuso unas dimensiones para un pupitre integrado siguiendo los lineamientos de la Norma Venezolana COVENIN 1650:1989 referida a mobiliario escolar.

Este trabajo tiene como objetivo proponer las dimensiones de un pupitre integrado para el uso de los alumnos de pregrado de la universidad, en su sede en Caracas.

Por el largo tiempo que los estudiantes permanecen sentados en sus salones de clase, el diseño correcto del mobiliario (es decir: pupitres) puede ser un factor que afecte el confort de los estudiantes en un posible efecto positivo en la atención en clase.

■ Carolina O. Peña P.  
coopcalorias@hotmail.com

■ Dulce M. Riera De S.  
dulce\_riera@hotmail.com

## M E T O D O L O G Í A

Para la realización del Trabajo Especial de Grado fue necesario dividir el proyecto en cuatro etapas bien definidas, las cuales se muestran a continuación:

Etapa I: Estudio de la situación actual, se realizó una evaluación detallada del puesto de trabajo, esto con la finalidad de determinar si representaba algún tipo de riesgo para los estudiantes. Esta etapa comprendió los siguientes pasos:

- Identificar las actividades estudiantiles en las aulas de clase.
- Determinar las posturas de los alumnos.
- Describir los factores de riesgo y las posibles consecuencias que se presentan.
- Establecer el estado actual del pupitre de la UCAB y sus dimensiones.
- Conocer la opinión de los estudiantes con respecto a los pupitres actuales.
- Implementación de métodos de evaluación ergonómica.

Etapa II: Estudio antropométrico, aquí se presentan cada uno de los pasos realizados para la toma de medidas antropométricas de los estudiantes, así como la metodología utilizada para el estudio de los datos obtenidos:

- Obtención de la muestra piloto.
- Determinar medidas antropométricas de la población estudiantil.
- Calcular el tamaño de muestra real. Estimación de percentiles poblacionales.
- Realización de pruebas estadísticas.

Etapa III: Diseño del prototipo, esta etapa la constituyen una serie de pasos sucesivos, los cuales les permitieron llegar al diseño final del pupitre. Los pasos se mencionan a continuación:

- Establecer las dimensiones del pupitre.
- Conocer los requerimientos de los estudiantes.
- Comparar requerimientos de los estudiantes vs. características técnicas.
- Selección de materiales.

Etapa IV: Determinación del costo estimado de producción, la cual consiste en la obtención del costo asociado a los materiales empleados en el diseño, así como el costo de mano de obra y equipos, esto con la finalidad de establecer en forma sencilla cuál es el costo final estimado para la producción del pupitre propuesto.

## S I T U A C I Ó N A C T U A L

## 1. Actividades realizadas por los estudiantes

Se recorrieron diferentes aulas de clase, con la finalidad de observar las tareas de los estudiantes durante clases. Se encontró que los estudiantes realizan las siguientes actividades:

- Escritura a mano (toma de apuntes o exámenes).
- Lectura de material impreso.
- Lectura de: pizarrón, proyecciones de video y transparencias.
- Actividades en grupo (dinámicas, foros, debates)
- Escuchar cualquier tipo de información impartida.

Si se relacionan las exigencias de cada una de estas actividades con los requerimientos que debe satisfacer el diseño del pupitre a proponer, se encuentra que deberá reunir las siguientes condiciones:

- Ser lo suficiente cómodo para la permanencia sentada por largos períodos de tiempo.
- Ofrecer un apoyo adecuado a los brazos, espalda, glúteos y piernas.
- Permitir cambios en la postura, con el objeto de relajar la carga estática a la que se encuentra sometido el cuerpo.
- Estar acorde a las medidas antropométricas de la población estudiantil.

## 2. Posturas adoptadas por los estudiantes

Se tomaron fotografías de las posturas adoptadas por los estudiantes durante las actividades de clase. Se pudo apreciar que los estudiantes mientras permanecen sentados tienen posturas inadecuadas, las cuales pueden ser riesgosas para su salud.

## M E T O D O L O G Í A

Para la realización del Trabajo Especial de Grado fue necesario dividir el proyecto en cuatro etapas bien definidas, las cuales se muestran a continuación:

Etapa I: Estudio de la situación actual, se realizó una evaluación detallada del puesto de trabajo, esto con la finalidad de determinar si representaba algún tipo de riesgo para los estudiantes. Esta etapa comprendió los siguientes pasos:

- Identificar las actividades estudiantiles en las aulas de clase.
- Determinar las posturas de los alumnos.
- Describir los factores de riesgo y las posibles consecuencias que se presentan.
- Establecer el estado actual del pupitre de la UCAB y sus dimensiones.
- Conocer la opinión de los estudiantes con respecto a los pupitres actuales.
- Implementación de métodos de evaluación ergonómica.

Etapa II: Estudio antropométrico, aquí se presentan cada uno de los pasos realizados para la toma de medidas antropométricas de los estudiantes, así como la metodología utilizada para el estudio de los datos obtenidos:

- Obtención de la muestra piloto.
- Determinar medidas antropométricas de la población estudiantil.
- Calcular el tamaño de muestra real. Estimación de percentiles poblacionales.
- Realización de pruebas estadísticas.

Etapa III: Diseño del prototipo, esta etapa les permitieron llegar al diseño final del pupitre. Los pasos se mencionan a continuación:

- Establecer las dimensiones del pupitre.
- Conocer los requerimientos de los estudiantes.
- Comparar requerimientos de los estudiantes vs. características técnicas.
- Selección de materiales.

Etapa IV: Determinación del costo estimado de producción, la cual consiste en la obtención del costo asociado a los materiales empleados en el diseño, así como el costo de mano de obra y equipos, esto con la finalidad de establecer en forma sencilla cuál es el costo final estimado para la producción del pupitre propuesto.

## S I T U A C I Ó N A C T U A L

## 1. Actividades realizadas por los estudiantes

Se recorrieron diferentes aulas de clase, con la finalidad de observar las tareas de los estudiantes durante clases. Se encontró que los estudiantes realizan las siguientes actividades:

- Escritura a mano (toma de apuntes o exámenes).
- Lectura de material impreso.
- Lectura de: pizarrón, proyecciones de video y transparencias.
- Actividades en grupo (dinámicas, foros, debates)
- Escuchar cualquier tipo de información impartida.

Si se relacionan las exigencias de cada una de estas actividades con los requerimientos que debe satisfacer el diseño del pupitre a proponer, se encuentra que deberá reunir las siguientes condiciones:

- Ser lo suficiente cómodo para la permanencia sentada por largos períodos de tiempo.
- Ofrecer un apoyo adecuado a los brazos, espalda, glúteos y piernas.
- Permitir cambios en la postura, con el objeto de relajar la carga estática a la que se encuentra sometido el cuerpo.
- Estar acorde a las medidas antropométricas de la población estudiantil.

## 2. Posturas adoptadas por los estudiantes

Se tomaron fotografías de las posturas adoptadas por los estudiantes durante las actividades de clase. Se pudo apreciar que los estudiantes mientras permanecen sentados tienen posturas inadecuadas, las cuales pueden ser riesgosas para su salud.

Se puede observar que la muestra estudiada ubica a los pupitres de la universidad en un nivel 2, lo que evidencia que existe descontento por parte de los estudiantes con respecto a los pupitres actuales. De acuerdo a los estudiantes, algunas de las razones que influyen en su decisión son: tornillos sobresalientes en la superficie, tamaño de la mesa, altura de la silla, espaldar incómodo, bordes filosos-cortantes, entre otros.

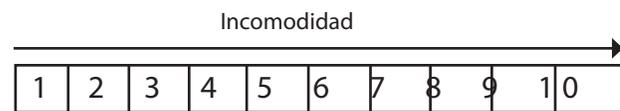
### 5. Evaluación ergonómica

Se utilizaron dos métodos de evaluación ergonómica, un método objetivo (RULA) (Mc Atamney & Corlett, 1993) y otro subjetivo (encuesta de comodidad-incomodidad). El objetivo que se persigue es observar si existe concordancia entre los resultados obtenidos para un método y otro.

### 5.1 Encuesta de comodidad-incomodidad

Se realizó una encuesta a 57 estudiantes, tanto al inicio como al final de la clase, con la finalidad de verificar si se presentaba molestia o incomodidad en distintas áreas de su cuerpo, mientras permanecen en posición sentado. Esta escala fue evaluada para las siguientes áreas: ojos, cuello, espalda (superior, media, baja), hombros, brazos, codos, antebrazos, muñecas, manos, codos, muslos, piernas y pies.

Para ello, se colocó una escala del 1 al 10, donde el 1 indica ninguna incomodidad y el 10 una incomodidad insoportable:



Los resultados más relevantes obtenidos en la encuesta fueron los siguientes :

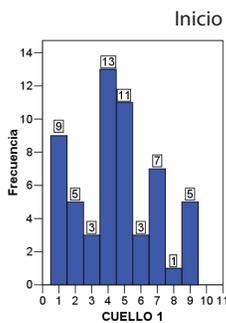


Figura 7. Resultado encuesta comodidad-incomodidad (Cuello)

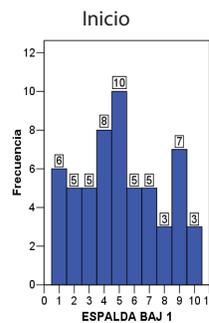
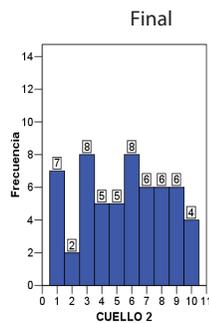


Figura 8. Resultado encuesta comodidad-incomodidad (Espalda Baja)

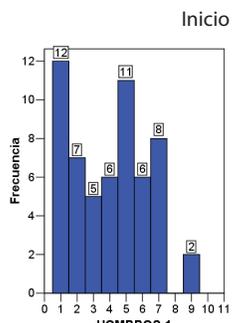
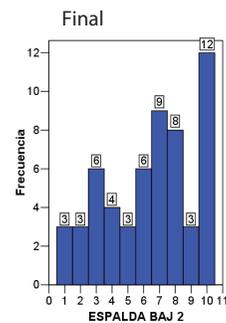


Figura 9. Resultado encuesta comodidad-incomodidad (Hombros)

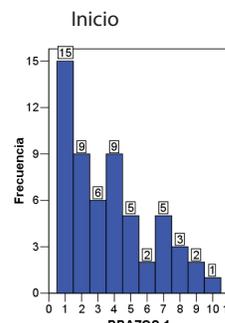
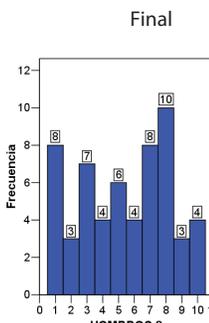
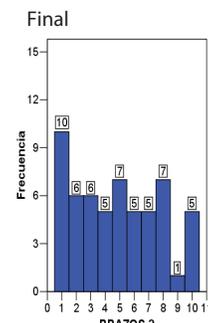


Figura 10. Resultado encuesta comodidad-incomodidad (Brazos)



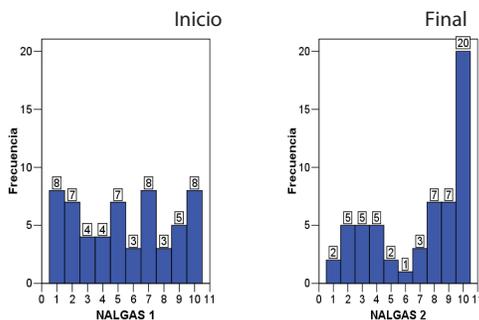


Figura 11. Resultado encuesta comodidad-incomodidad (Nalgas)

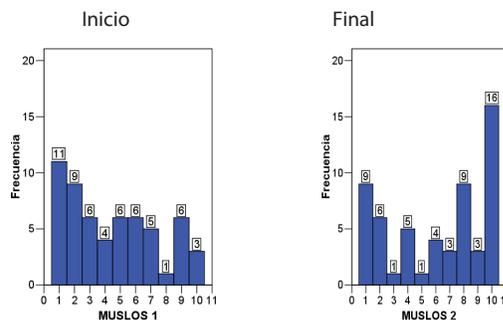


Figura 12. Resultado encuesta comodidad-incomodidad (Muslos)

Gráficamente se puede observar como se traslada la opinión de los estudiantes de escalas de incomodidad bajas (0-5) a las más altas (8,9,10). Estos cambios fueron estudiados a través de la Prueba de rangos con signos de Wilcoxon para muestras apareadas, la cual arrojó diferencias significativas para un p-valor inferior a 0,05, para cada una de las áreas del cuerpo estudiadas:

	Z	P- VALOR	CONCLUSION
Antebrazos	-3,073	0,002	Se rechaza H <sub>0</sub>
Brazos	-3,182	0,001	Se rechaza H <sub>0</sub>
Codos	-2,702	0,007	Se rechaza H <sub>0</sub>
Cuellos	-2,901	0,004	Se rechaza H <sub>0</sub>
Dedos	-3,262	0,001	Se rechaza H <sub>0</sub>
Espalda Media	-3,950	0,000	Se rechaza H <sub>0</sub>
Espalda Baja	-3,580	0,000	Se rechaza H <sub>0</sub>
Espalda Superior	-2,948	0,003	Se rechaza H <sub>0</sub>
Hombros	-3,693	0,000	Se rechaza H <sub>0</sub>
Manos	-3,766	0,000	Se rechaza H <sub>0</sub>
Muñecas	-4,104	0,000	Se rechaza H <sub>0</sub>
Muslos	-4,075	0,000	Se rechaza H <sub>0</sub>
Nalgas	-3,932	0,000	Se rechaza H <sub>0</sub>
Ojos	-3,774	0,000	Se rechaza H <sub>0</sub>
Piernas	-3,297	0,001	Se rechaza H <sub>0</sub>
Pies	-3,437	0,001	Se rechaza H <sub>0</sub>

Tabla 1. Resultados. Prueba de rangos con signos de Wilcoxon para muestras apareadas.

Donde H<sub>0</sub> (hipótesis nula) es que no hay diferencia entre el nivel de incomodidad antes y después y

H<sub>1</sub> (hipótesis alterna) es que si hay diferencia en el nivel de incomodidad entre el antes y el después.

### 5.2 Método Rula

El método RULA es una técnica de evaluación ergonómica. Estudia las posturas individuales y sus factores de riesgo ocupacionales que han sido asociados con desórdenes músculo-esqueléticos. El uso de RULA da como resultado un factor de riesgo entre 1 y 7, donde la puntuación o factor más alto significa un gran riesgo. Como quiera que sea, una baja puntuación o factor de riesgo no garantiza que el sitio de trabajo esté libre de riesgos ocupacionales. RULA es una herramienta de evaluación usada para detectar posturas de trabajo que requieran atención o modificación.

### 5.3 RULA Vs. Encuesta de comodidad-incomodidad

Se realizó la toma de fotografías a los estudiantes durante el inicio y el final de la clase. De estas se seleccionaron aquellas fotos en las que se observaron las posturas más críticas para su análisis a través del método RULA. A continuación se presentan los resultados obtenidos tanto para la encuesta de comodidad-incomodidad como para el RULA.

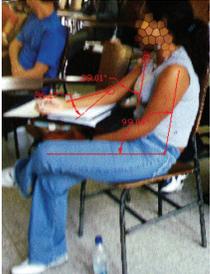
Ángulos	Evaluación RULA	Encuesta comodidad-incomodidad
 <p>Estudiante 1. Inicio</p> <p>Antebrazo: 59.22° Brazo: 23.36° Tronco: 109.91°</p>	<p>Factor de riesgo: 6</p>	<p>Cuello: 2 Espalda superior: 2 Espalda media: 2 Espalda baja: 2 Hombros: 1 Brazos: 1 Antebrazos: 1 Muñeca: 1 Piernas: 2</p>
 <p>Estudiante 1. Final</p> <p>Antebrazo: 31.73° Brazo: 9.84° Tronco: 118.59°</p>	<p>Factor de riesgo: 6</p>	<p>Cuello: 8 Espalda superior: 9 Espalda media: 10 Espalda baja: 10 Hombros: 8 Brazos: 9 Antebrazos: 9 Muñeca: 7 Piernas: 10</p>
 <p>Estudiante 2. Inicio</p> <p>Antebrazo: 26.17° Brazo: 39.01° Tronco: 99.04°</p>	<p>Factor de riesgo: 6</p>	<p>Cuello: 5 Espalda superior: 5 Espalda media: 5 Espalda baja: 8 Hombros: 5 Brazos: 4 Antebrazos: 4 Muñeca: 4 Piernas: 7</p>
 <p>Estudiante 2. Final</p> <p>Antebrazo: 142° Brazo: 72° Muñeca: 25° Tronco: 81°</p>	<p>Factor de riesgo: 6</p>	<p>Cuello: 7 Espalda superior: 8 Espalda media: 8 Espalda baja: 8 Hombros: 8 Brazos: 4 Antebrazos: 6 Muñeca: 6 Piernas: 10</p>

Tabla 2. Evaluación Rula vs. Encuesta de comodidad-incomodidad

E STUD IO A NT ROPO M É T R I CO

1. Muestra piloto

Para determinar la muestra piloto, se obtuvo en primer lugar el número de estudiantes que cursan estudios en la UCAB. Posteriormente se determinó el número de facultades existentes, así como la proporción del total de alumnos correspondientes a cada una de éstas.

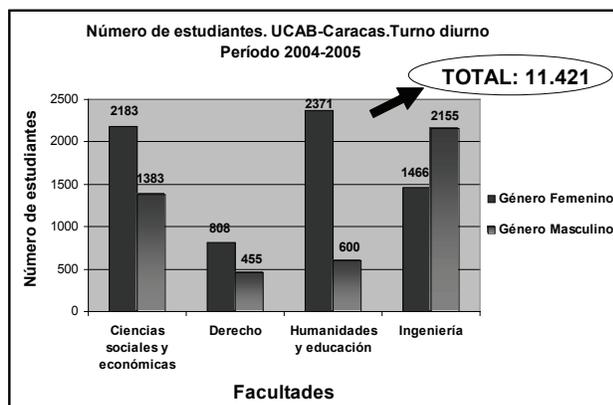


Figura 13. Número de estudiantes UCAB-Caracas. Período académico 2004-2005. Turno diurno

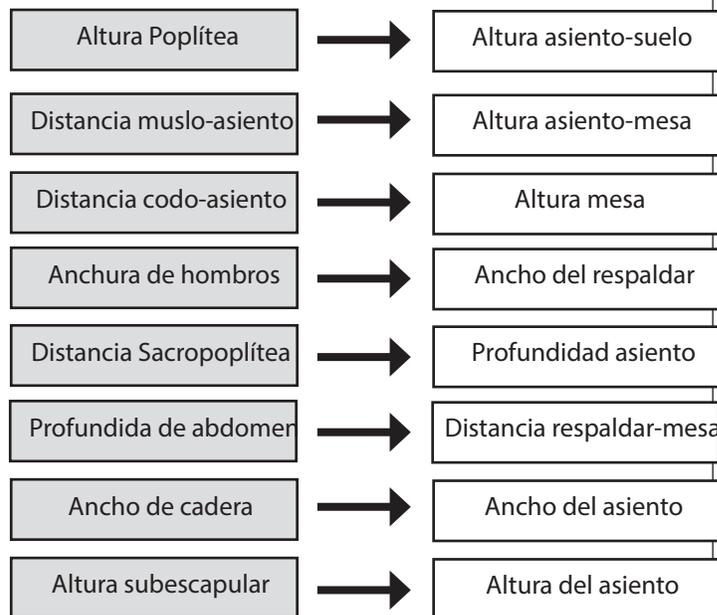
Finalmente se tomó una cantidad de 200 alumnos, la cual se estratificó de acuerdo a la facultad y el género. El tamaño de muestra para cada estrato se estableció en forma proporcional al tamaño del estrato en relación con la población:

Facultades	Nº estudiantes		n total
	Femenino	Masculino	
Facultad ciencias sociales y económicas	38	24	62
Derecho	14	8	22
Facultad de humanidades y educación	42	11	52
Facultad de ingeniería	26	38	63
Total (muestra piloto)	120	80	200

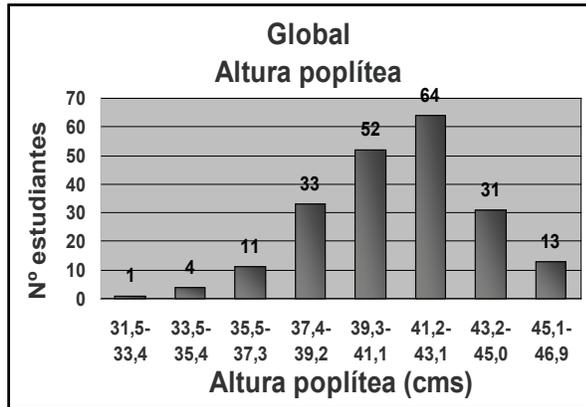
Tabla 3. Muestra piloto

2. Dimensiones antropométricas tomadas en el estudio

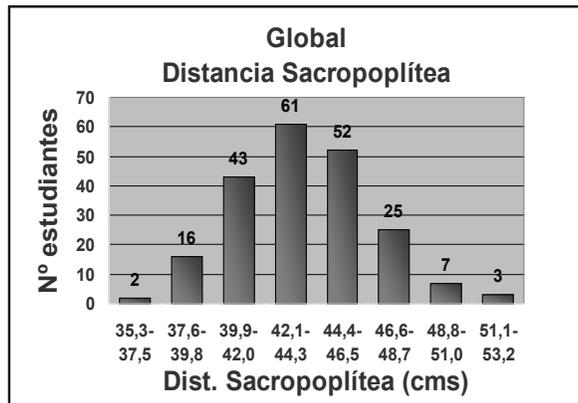
Cada alumno tiene que interactuar con su pupitre, por lo cual es importante contar con los detalles de las dimensiones de la parte apropiada del cuerpo. Así, entre todas las medidas antropométricas que existen, se escogieron las más apropiadas para el diseño:



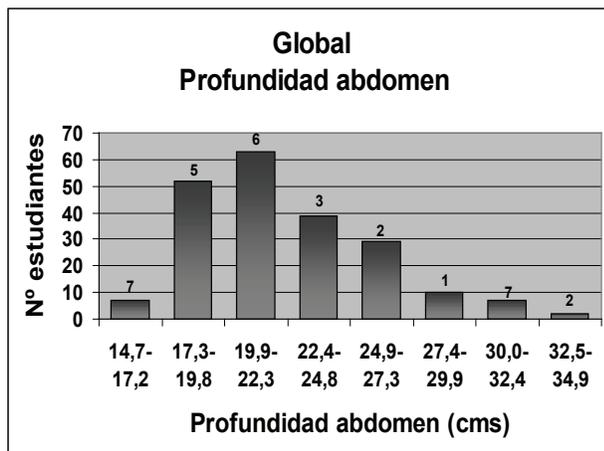
### 2.1 Histogramas de frecuencia para las medidas antropométricas



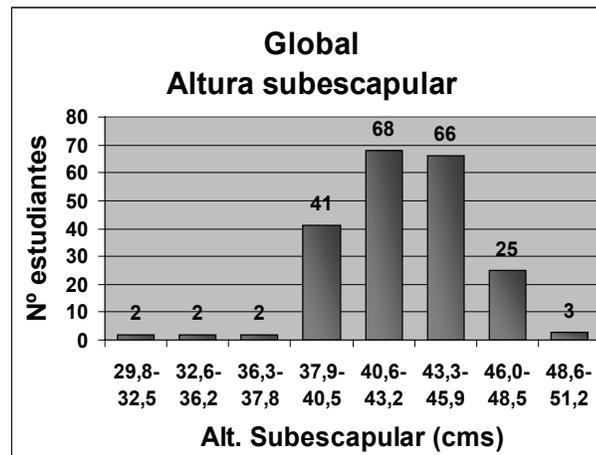
Media= 41.07 cms  
Desviación= 2.60 cms  
Figura 14. Histograma población global. Altura poplítea



Media= 43.87 cms  
Desviación= 3.01 cms  
Figura 15. Histograma población global. Distancia Sacropoplítea



Media= 22.21 cms  
Desviación= 3.63 cms  
Figura 16. Histograma población global. Profundidad abdomen



Media= 42.78 cms  
Desviación= 3.06 cms  
Figura 17. Histograma población global. Altura subescapular

### 2.2 Estimación de percentiles para la población.

Para ello se utilizó la siguiente ecuación, la cual nos provee una forma para la determinación, por ensayo y error, para la estimación de un percentil poblacional:

$$P [Y_j \leq \xi_q \leq Y_k] = B(k-1; n; q) - B(j-1; n; q)$$

Siendo  $B(x; n; q)$  la función de distribución de una binomial de parámetros "n y q".

Entonces, supóngase que se desea estimar el percentil  $\xi_q$ . Se fijará inicialmente un tamaño de muestra  $n_0$ . Para dicho tamaño escojamos dos estadísticos de orden  $Y_j$  y  $Y_k$ , tal que  $j \leq q(n_0+1) \leq k$ , y  $P [Y_j \leq \xi_q \leq Y_k] = \alpha$ , siendo  $\alpha$  el coeficiente de

confianza requerido. Evaluemos ahora en la muestra obtenida la diferencia  $(Y_k - Y_j)$  y si ésta es menor o igual a la precisión deseada, hemos concluido el proceso. En caso contrario, se fija otro tamaño de muestra  $n_1 > n_0$  y se repite el proceso hasta conseguir la precisión y confianza deseadas.

#### 2.2.1 Resultados:

##### Caracterización de la muestra

		Tamaño de muestra	Rango de edades
GLOBAL		209	
POR GÉNEROS	Femenino	125	16-28 años
	Masculino	84	
POR FACULTADES	Ingeniería	69	
	Cs. Sociales	62	
	Humanidades	54	
	Derecho	24	

Tabla 4. Caracterización de la muestra. Estudiantes UCAB-Caracas. Período académico 2004-2005

Percentiles poblacionales estimados. Población UCAB-Caracas.  
Período académico 2004-2005. Turno diurno

		P 5	P 10	P 15	P 20	P 50	P 60	P 70	P 75	P80	P 85	P 90	P 95
Altura poplitea	Global	36.30	37.50	38.50	38.85	41.05	41.75	42.50	42.80	43.30	43.65	44.40	45.35
	Femenino	35.75	36.90	37.40	37.95	40.20	40.85	41.50	41.60	42.00	42.55	43.05	44.00
	Masculino	38.35	39.45	39.95	40.55	42.40	43.25	43.60	44.10	44.40	44.70	45.30	46.10
	Ingeniería	37.25	38.90	39.20	39.65	41.95	42.45	43.30	43.65	44.15	44.40	44.75	45.35
	Cs sociales	37.00	37.65	37.85	38.75	41.15	41.20	42.70	42.90	43.35	43.60	44.35	44.95
	Humanidades	*****	36.35	36.75	37.20	39.85	40.25	40.30	41.20	41.70	42.10	43.40	43.90
Distancia muslo-asiento	Global	10.95	11.50	12.00	12.35	14.00	14.35	14.85	15.15	15.60	16.05	16.55	17.75
	Femenino	10.85	11.40	11.90	12.10	13.65	14.15	14.50	14.75	15.15	15.60	16.15	*****
	Masculino	11.25	11.75	12.45	12.75	14.40	15.05	15.45	15.70	15.95	16.60	17.15	17.65
	Ingeniería	11.05	11.85	12.10	12.35	13.95	14.55	15.25	15.60	16.40	16.65	17.40	*****
	Cs sociales	10.85	11.40	11.80	12.35	13.55	14.30	14.70	14.90	15.20	15.55	15.80	*****
	Humanidades	10.70	11.30	11.60	11.95	13.80	14.00	14.05	14.06	15.10	15.60	*****	*****
Distancia codo-asiento	Global	15.50	16.50	17.30	18.05	20.30	21.05	21.80	22.20	22.55	23.15	23.70	25.10
	Femenino	15.95	16.65	17.95	18.55	20.60	21.30	21.95	22.10	22.60	23.35	24.00	25.65
	Masculino	*****	16.30	16.65	17.65	20.00	21.00	21.95	22.15	22.80	23.25	23.95	25.00
	Ingeniería	15.80	16.40	16.75	17.70	20.40	21.20	22.15	22.85	23.20	23.55	24.10	24.75
	Cs sociales	*****	18.10	18.65	19.60	20.95	21.65	22.05	22.30	23.20	23.50	*****	24.85
	Humanidades	*****	*****	16.65	17.25	19.80	20.50	20.70	21.40	22.05	23.00	*****	*****
Distancia codo-mano	Global	21.95	22.65	23.10	23.40	25.00	25.45	26.00	26.30	26.75	27.35	27.90	29.50
	Femenino	21.95	22.35	22.70	22.90	23.95	24.30	24.70	24.90	25.10	25.45	26.10	27.60
	Masculino	24.35	25.20	25.25	25.45	26.45	26.90	27.60	27.80	28.05	28.20	29.10	30.15
	Ingeniería	22.65	23.15	23.85	24.20	25.55	26.40	27.00	27.50	27.75	28.00	28.95	*****
	Cs sociales	22.10	22.65	22.90	23.05	24.45	25.00	25.45	25.70	26.35	26.65	27.00	27.85
	Humanidades	22.20	22.55	22.80	23.20	24.25	24.80	24.80	25.25	25.75	26.20	*****	*****
Distancia sacropoplitea	Global	38.50	39.90	40.65	41.00	43.60	44.45	45.55	45.80	46.35	46.85	47.65	49.55
	Femenino	39.10	40.15	40.75	41.00	43.25	44.10	45.20	45.55	46.45	46.95	49.65	49.95
	Masculino	39.45	40.10	40.45	41.45	44.45	44.95	45.65	46.05	46.50	47.10	48.25	*****
	Ingeniería	39.05	39.90	41.05	41.55	44.40	45.35	46.15	46.50	46.90	47.70	48.90	*****
	Cs sociales	38.20	39.65	40.25	41.85	43.00	44.20	45.10	45.10	45.85	46.60	47.40	*****
	Humanidades	*****	39.90	40.85	41.05	43.15	44.30	44.40	45.25	46.05	46.95	47.45	48.00
Profundidad abdomen	Global	17.10	18.05	18.70	19.00	21.30	22.45	23.65	24.40	25.15	25.85	27.35	29.85
	Femenino	17.15	17.75	18.05	18.40	19.95	20.60	21.30	21.35	22.25	23.50	24.40	*****
	Masculino	19.45	20.25	21.25	22.05	24.30	24.95	25.85	26.40	27.10	28.45	29.75	*****
	Ingeniería	*****	18.15	19.25	19.55	22.60	24.25	25.25	26.00	27.20	28.20	*****	*****
	Cs sociales	17.20	17.70	17.85	18.40	20.45	21.95	22.80	23.50	24.40	25.75	*****	*****
	Humanidades	18.35	18.60	18.80	19.25	20.70	21.55	*****	22.55	*****	*****	*****	26.90
Anchura de hombros	Global	35.70	37.00	37.80	38.05	40.85	42.45	44.25	44.85	45.75	46.70	46.70	49.50
	Femenino	35.65	36.80	37.25	37.45	38.95	39.45	40.15	40.25	41.00	41.70	42.35	43.45
	Masculino	40.65	42.50	42.95	43.70	45.80	46.30	47.30	47.55	48.10	48.75	49.60	50.20
	Ingeniería	36.85	38.10	39.05	39.60	43.40	45.40	46.60	47.65	47.85	48.35	49.45	*****
	Cs sociales	*****	36.45	37.60	37.85	40.15	41.80	43.70	44.75	45.50	46.50	47.05	47.50
	Humanidades	36.40	37.20	37.65	37.90	39.80	40.30	41.00	41.55	43.10	43.60	44.85	45.75
Anchura cadera	Global	32.45	34.55	35.50	35.95	38.10	38.80	39.60	40.10	40.75	41.30	42.40	44.55
	Femenino	33.95	34.90	35.45	35.80	37.85	38.45	39.40	39.60	40.10	40.95	42.15	*****
	Masculino	*****	34.60	35.85	36.20	38.65	39.60	40.45	41.10	41.55	42.15	44.10	*****
	Ingeniería	*****	35.20	35.90	36.20	38.70	39.55	40.85	41.45	42.30	44.05	44.80	46.25
	Cs sociales	33.30	34.65	35.55	35.85	37.90	38.70	39.55	40.00	40.60	41.05	41.45	44.90
	Humanidades	34.40	34.70	35.20	35.55	37.90	38.50	38.55	39.20	39.75	40.40	41.85	42.20
Altura subescapular	Global	36.70	38.85	39.65	40.20	42.75	43.65	44.40	44.85	45.15	45.90	46.55	47.60
	Femenino	*****	38.80	39.20	39.70	41.90	42.60	43.45	43.75	44.25	44.85	45.40	46.60
	Masculino	37.85	40.50	40.70	41.65	44.15	44.95	45.80	46.00	46.45	46.90	47.45	49.25
	Ingeniería	39.40	40.10	41.10	41.85	44.45	45.25	46.20	46.40	46.70	47.40	48.00	49.25
	Cs sociales	*****	38.90	39.10	39.75	42.60	43.90	44.45	44.50	44.95	45.65	46.15	46.90
	Humanidades	36.30	39.15	39.85	40.15	42.05	42.65	42.50	43.15	43.65	44.05	44.40	45.10

Tabla 5. Percentiles poblacionales. Población UCAB-Caracas. Período académico 2004-2005. Turno diurno

Observación: Se estableció como nivel de confianza aceptable un 95 %-96% y como margen de error relativo máximo permitido: 5 %. Las celdas en blanco corresponden a aquellos percentiles que no se ajustaron a la confianza y el error establecido.

### 3. Estudio de normalidad

Se realizó con la finalidad de determinar cuales dimensiones antropométricas se ajustan a una distribución normal. Para ello, se utilizó la prueba de Kolmogorov- Smirnov.

Un nivel de significación mayor a 0.05 confirma la hipótesis de que la muestra estudiada sigue una distribución normal:

	Altura	Altura	Anchura de	Distancia	Distancia	Anchura de	Distancia	Profundidad	Distancia
	Poplítea	Subescapular	Cadera	Codo-asiento	codo-mano	Hombros	muslo-asiento	abdomen	Sacro-poplítea
Kolmogorov-Smirnov Z	0,529	0,622	0,819	0,875	1,236	1,482	1,014	1,609	0,55
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,942	0,834	0,514	0,428	0,094	0,025	0,255	0,011	0,923

Tabla 6. Resultados. Prueba Kolmogorov-Smirnov.

Finalmente se encontró que las siguientes medidas antropométricas se ajustan a una distribución normal: altura poplítea, altura subescapular, anchura de cadera, distancia codo-asiento, distancia codo-mano, distancia muslo-asiento, distancia sacropolítea.

Por otra parte, se obtuvo que las siguientes dimensiones no se ajustan a una distribución normal: profundidad de abdomen, anchura de hombros.

### 4. Análisis comparativo entre géneros.

El mismo se realizó con la finalidad de determinar si existían diferencias significativas entre las dimensiones antropométricas obtenidas para el género masculino y el género femenino, se encontraron los siguientes resultados:

		Género Femenino				Género Masculino			
		media	desviación	mín	máx	media	desviación	mín	máx
<b>PRESENTAN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA</b>	Altura poplítea	40,10	2,43	31,50	46,40	42,52	2,13	37,00	46,90
	Altura subescapular	41,88	2,87	29,80	48,10	44,11	2,85	35,50	51,20
	Distancia codo-mano	24,18	1,76	21,30	36,40	26,85	1,81	23,60	36,50
	Distancia muslo-asiento	13,74	1,91	9,70	22,00	14,56	2,20	10,50	25,80
	Anchura de hombros	39,19	2,39	28,40	47,00	45,94	3,07	39,10	61,30
	Profundidad de abdomen	20,54	2,70	14,70	31,10	24,71	3,39	18,20	34,90
<b>NO PRESENTAN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA</b>	Anchura de cadera	38,13	2,76	31,40	47,00	38,92	3,56	25,30	48,50
	Distancia sacropolítea	46,63	3,03	35,30	52,10	44,24	2,96	38,60	53,20
	Distancia codo-asiento	20,64	2,89	10,40	33,60	20,13	2,78	13,30	26,00

Tabla 7. Resultado análisis comparativo entre géneros

DISEÑO DEL PROTOTIPO

1.- Elaboración de la matriz de calidad. (YACUZZI E., MARTIN F.)

MATRIZ DE LA CALIDAD		REQUERIMIENTOS TECNICOS																										
		Ancho del respaldo	Largo del respaldo	Altura del respaldo	Inclinación del respaldo	Curvatura del respaldo	Posición de los tornillos en el respaldo	Material del respaldo	Ancho del asiento	Profundidad del asiento	Inclinación del asiento	Altura del asiento	Radio de curvatura del borde anterior	Curvatura del asiento	Material del asiento	Posición de los tornillos en el asiento	Altura de la mesa	Ancho de la mesa	Largo de la mesa	Inclinación de la mesa	Bordes de la mesa	Posición de los tornillos en la mesa	Material de la mesa	Posición relativa asiento-mesa	Posición mesa-respaldar	Area de la base	Material de la estructura	
<b>REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR</b>																												
<b>Respaldo Cómodo</b>	Que tenga la inclinación adecuada	5			⊙																							
	Buen tamaño	4	⊙	⊙																								
	Adaptable al cuerpo	5	⊙	△	⊙	△	⊙																					
<b>Asiento</b>	Más blando	5													⊙	△												
	Buen tamaño	5													⊙	⊙												
	Altura adecuada	5																										
	Menos recto	3													⊙													
	Mayor espacio entre silla y mesa	4																										
	Inclinación adecuada	5																										
<b>Superficie respaldo/asiento más segura</b>	Sin tornillos que dañen la ropa	5				⊙	⊙								⊙	⊙												⊙
	Sin partes filosas/cortantes	5				⊙										⊙												⊙
	No resbaladiza	5													⊙													⊙
<b>Superficie mesa</b>	Sin partes filosas/cortantes	5																										⊙
	Sin tornillos sobresalientes	5																										⊙
<b>Mesa apropiada</b>	Más grande	4																										
	Menos inclinada	4																										
	Más cerca del respaldo	3																										△
	Que esté centrada (ni a la derecha ni a la izquierda)	5				⊙																						⊙
<b>Material para su construcción</b>	Resistente	5													⊙													⊙
	Confortable	5													⊙													⊙
<b>Estructura más segura</b>	Mayor estabilidad	5													⊙													⊙
	Sin tubos atravesados que impidan el movimiento	5																										△
	Sin partes filosas/cortantes	5																										⊙
<b>Funcionabilidad</b>	Liviano	4													⊙													⊙
	Fácil mantenimiento	5													⊙													⊙
<b>Otras características</b>	Apoyabrazos más grueso	4																										△
	Parrilla con mayor capacidad	4																										△
<b>Ponderación total de cada característica técnica</b>			51	41	15	59	45	45	280	71	75	93	96	3	42	340	65	84	61	74	69	45	45	180	96	87	45	316

Figura 18. Matriz de la calidad

Grado de correlación entre RC y CT	Símbolo utilizado	Valor numérico asignado
Muy correlacionados	⊙	9
Correlacionados	○	3
Poco correlacionados	△	1
Sin correlación	Blanco	0

Tabla 8. Símbolos de la calidad

De acuerdo a la ponderación numérica final obtenida para cada característica técnica, se observó que el mayor puntaje se obtiene para el material de la estructura, asiento, respaldar y mesa. En tal sentido, para efectos del diseño se le debe dar gran importancia al material utilizado, a fin de dar satisfacción a las necesidades de los estudiantes.

2. Dimensiones del prototipo

Consideraciones previas a la selección de dimensiones :

Debido a la existencia de diferencias significativas para la población en estudio, se utilizó el principio de

diseño por rangos para la selección de las medidas antropométricas. De esta manera, se consideraron los percentiles obtenidos tanto para la población global, así como para géneros y facultades.

Los criterios empleados para la determinación de las medidas fueron los siguientes:

Altura de la silla (altura poplítea): se dio prioridad a las personas de más baja estatura, para evitar problemas de circulación en las piernas. En tal sentido, se propone el percentil 10 para la población global.

Distancia mesa-asiento (distancia muslo asiento) : la determinación de esta medida vino dada

por la distancia muslo-asiento para el percentil 95 (Global), más una holgura (12 cms) que permita la libertad de movimiento de las piernas. Además se consideró que la distancia mesa-asiento no presentara mucha diferencia con respecto a la distancia codo-asiento.

Profundidad del asiento (distancia sacro poplíteo): Nuevamente se le dió prioridad a las personas más bajas, debido a las razones mencionadas anteriormente para la altura de la silla. Se consideró que el percentil 10 (Femenino) es el más adecuado, a ésta medida se le restó 4 cms para evitar el roce entre el borde del asiento y la zona poplíteo.

Anchura del asiento (anchura de caderas): acuerdo a los requisitos establecidos en la Norma Covenin, la anchura del asiento no debe ser inferior a la anchura menor de los hombros. En tal sentido, se consideró a las personas con caderas más anchas (percentil 95 Global) y a esta medida se le agregó un exceso, de manera que se alcanzara el percentil 80 del género masculino correspondiente a la anchura de hombros, de esta manera se satisfacen los requerimientos de dicha Norma.

Anchura del respaldo (anchura de hombros): Se seleccionó el percentil 80 del género masculino.

Altura del respaldo (altura subescapular): Se le dió prioridad a las personas de baja estatura, a fin de evitar que se produzca incomodidad en la zona de los omoplatos producto de la presión del borde superior del respaldo en dicha zona. De esta manera, se escogió el percentil 5 (Humanidades).

Profundidad y largo de la mesa: Esta medida se escogió en base al espacio mínimo requerido por los estudiantes al realizar las actividades de clase.

Distancia respaldo-mesa (profundidad abdomen): En principio, se dio prioridad a las personas con abdomen más pronunciado, de manera que toda la población tuviese acceso al pupitre. Esto trajo como inconveniente que las personas más delgadas no pudieran hacer el correcto uso del respaldo por estar muy separados de la mesa.

Como solución a este problema se proponen dos modelos de pupitres (1 y 2) para un mismo salón. Para el pupitre 1 se escogió el percentil 75 del género masculino más una holgura. Para el 25% de la población que queda excluida, se propone el pupitre 2, para el cual se tomó el percentil 95 más una holgura.

Finalmente, se muestran las dimensiones establecidas para el pupitre 1 y 2 en la tabla 1, donde la única diferencia entre ellos es la distancia respaldo-mesa.

	Dimensión	cms
a	Altura de silla	37.50
b	Distancia mesa asiento	28.00
c	Profundidad de asiento	32.15
d	Anchura del asiento	48.10
e	Anchura del respaldo	48.10
f	Altura del respaldo	36.30
g	Ancho de la mesa	48.20
h	Largo de la mesa	36.00
i	Distancia respaldo-mesa	30.00/37.00
j	Inclinación de la mesa	4 °
k	Inclinación del asiento	4 °
l	Angulo respaldo-asiento	100 °

Tabla 9. Dimensiones para el pupitre propuesto

Para determinar la proporción que debe existir de pupitres 1 y 2, se tomó como referencia los datos antropométricos obtenidos para la muestra. El límite establecido es que los estudiantes cuya medida de profundidad de abdomen sea menor a 26,40 cm. (percentil 75 género masculino) deben usar el pupitre 1. En caso contrario, les corresponde el pupitre 2. De esta manera se tiene que, para el edificio de laboratorios, el 20% de los estudiantes supera el límite establecido, por tanto deben usar el pupitre 2 y el porcentaje restante debe hacer uso del pupitre 1. Para el edificio de aulas, el 11% que supera el límite, le corresponde usar el pupitre 2 y el resto el pupitre 1. Finalmente la proporción de pupitres 1 y 2 es:

- Para el edificio de aulas, deben existir aproximadamente en proporción 8:1 respectivamente.
- Para el edificio de laboratorios, deben existir aproximadamente en proporción 4:1 respectivamente.

Es importante señalar que en este estudio sólo se está considerando el edificio de aulas y el de laboratorios, ya que éstos son los edificios en donde los pupitres están en situación más crítica. Es por ello que sólo se consideraron las dimensiones para la población global y para la facultad de ingeniería.

### 3. Modelos preliminares

A continuación se presentan los diseños preliminares de las alternativas de pupitres:



Figura 19. Pupitre en madera



Figura 20. Pupitre en plástico

#### 4. Materiales

Los materiales se seleccionaron tomando en consideración los siguientes criterios:

##### 4.1 Disponibilidad en Venezuela.

Entre los materiales disponibles tenemos:

- Estructura: Hierro negro o aluminio.
- Mesa de trabajo: madera enchapada o MDF.
- Espaldar y asiento: madera enchapada, MDF o plástico polipropileno.

##### 4.2 Resistencia y durabilidad.

Se realizó el análisis estructural con la finalidad de estudiar el comportamiento para las estructuras propuestas tanto en hierro negro como en aluminio. Se simuló una carga de 20 Kg. Para la mesa y 90 Kg. Para el asiento. Para la estructura en hierro negro se encontró que resiste con holgura las cargas especificadas anteriormente, para un tubo de hierro negro de diámetro 1" para el sostén de la mesa y 3/4" para el resto de la estructura. De forma similar se realizó el análisis estructural para el aluminio. Debido a la excesiva deformación resultante se descarta como opción para la construcción la estructura en aluminio.

##### 4.3 Costos.

Se determinaron los costos totales de producción en serie para las alternativas de pupitres, donde cada uno tiene estructura de soporte en hierro negro. Un pupitre tendrá respaldo, asiento y mesa en madera y el otro con asiento y respaldo en plástico, conservando la mesa en madera. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 10.

Modelo	Costo unitario (producción a gran escala)
Pupitre madera y hierro negro	Bs. 102.298.37
Pupitre plástico y hierro negro	Bs. 135.969.25

Tabla 10. Costos unitarios

Para la madera, el costo unitario para la producción a gran escala se obtuvo para un lote mínimo de 200 pupitres y sus costos están respaldados por el fabricante del prototipo construido como muestra.

Por otra parte, es importante señalar que el plástico sólo se justifica para una producción continua y en serie que produzca grandes cantidades, debido al alto costo que implica la adquisición de los moldes diseñados específicamente para este mobiliario, de tal manera que el costo de estos habrá que amortizarlos en diez años. Esto tendría como consecuencia que la UCAB sólo podría usar estos pupitres de plástico para amortizar el costo de los moldes y promocionarlos fuera de la institución. Adicionalmente la Universidad deberá implementar una estrategia a corto, mediano y largo plazo de promoción de este producto o iniciar una alianza estratégica con un fabricante de productos plásticos que pudiera interesarse por este producto y así compartir el gasto inicial de los moldes. El costo que aparece en la tabla corresponde al costo unitario una vez que se ha producido en forma continua, de tal manera que para este caso deberá considerarse aparte una inversión inicial de Bs. 90.000.000 (Noventa millones) correspondiente a los moldes.

#### 5. Pupitre propuesto (en madera)

A continuación se muestran las vistas para el pupitre en madera enchapada y tubos de hierro negro. Cabe destacar que por ser éste un modelo nuevo, se procedió a su construcción con miras a demostrar la rigidez y estabilidad de la estructura metálica. Sin embargo, hay algunos aspectos considerados en el diseño y que no se realizaron en el prototipo, estos son: color de la mesa de trabajo (debe ser clara y mate), relleno de los tornillos, recubrimientos de los tornillos debajo de la mesa; por otra parte, la madera para asiento y respaldo puede ser de un grosor menor, a fin de poder darle un poco de curvatura.



Figura 21  
Vista isométrica



Figura 22  
Vista Lateral

### 6. Pupitre actual vs. Pupitre propuesto

	Costo (aproximado)	Antropometría	Versatilidad
Pupitre actual	Bs. 145.000,00	No se adapta a la antropometría estudiantil.	Ninguna
Pupitre Propuesto (madera enchapada)	Bs. 102.298,37	Adaptada a la antropometría de los Estudiantes.	- Sirve tanto para zurdos como diestros. - La mesa de trabajo es lo suficientemente espaciosa para satisfacer los requerimientos de las actividades.

Tabla 11. Pupitre actual vs. pupitre propuesto

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se encontró que los estudiantes de la UCAB realizan las siguientes actividades: escritura a mano, lectura de material impreso, lectura de pizarrón, proyecciones de video y transparencias, actividades en grupo (dinámicas, foros, debates), escuchar cualquier tipo de información impartida.
- El 51% de los estudiantes considera que los pupitres actuales son deficientes por diversas razones, siendo de mayor importancia la existencia de bordes filosos y tornillos sobresalientes.
- Aproximadamente el 31% de los pupitres de la UCAB están en condición crítica por la presencia de bordes filosos, tornillos sobresalientes y ángulos de inclinación inadecuados.

- Los pupitres actuales no se ajustan a las dimensiones antropométricas de los estudiantes UCAB, por lo cual favorecen la adopción de malas posturas y sus posteriores dañinas consecuencias. De igual manera, debido a lo limitado de la tabla de trabajo no están diseñados para permitir la realización de todas las actividades que se realizan en clase. Adicionalmente no hay una cantidad suficiente de pupitres para zurdos.
- Se encontró en el análisis para las posturas que adoptan algunos de los estudiantes un factor de riesgo 6, según el método de evaluación RULA. Esto sugiere que se requerirán cambios en un período breve de tiempo y una investigación respectiva. Este factor es el mismo tanto al inicio como al final de las clases, aunque las posturas varíen.
- Los resultados de la encuesta revelaron un aumento en la incomodidad de los estudiantes evaluados. Igualmente se verificó concordancia entre la incomodidad que manifestaban los mismos a lo largo del tiempo en clase y el resultado de la evaluación RULA.
- Se encontró que las medidas antropométricas tomadas a los estudiantes se ajustan a una distribución normal, exceptuando la medida de profundidad de abdomen y anchura de hombros.
- Se proponen dos modelos de pupitre para un mismo salón, con diferentes distancias mesa-respaldar.
- El material seleccionado para el diseño de la estructura fue el hierro negro, por su alta resistencia y bajo costo. Se propuso madera para la elaboración de la mesa, por su bajo costo y facilidad de ensamble. Para el asiento y respaldar se diseñaron dos alternativas: madera, por su

- bajo costo y disponibilidad; plástico, por brindar mayor ajuste ergonómico al cuerpo, bajo costo a grandes volúmenes y facilidad de producción.
- El costo del pupitre propuesto en madera es de aproximadamente 102.300 Bs. Comparando el pupitre actual, para una producción al mayor se obtiene una economía del 29%. Adicionalmente el pupitre propuesto es superior al actual desde el punto de vista ergonómico y estético.
  - Los modelos propuestos además de favorecer la adopción de correctas posturas por ajustarse a la antropometría de los estudiantes de la UCAB, son muy versátiles. Esto es debido a que pueden ser usados favorablemente tanto por zurdos como por diestros, y debido a su amplio plano de trabajo permiten la ejecución de todo tipo de actividades de clase.
  - Los modelos propuestos son de construcción sencilla y se ahorra material.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ. G., A. (2005). Apuntes de ergonomía. Recuperado en octubre 2005, de la UCAB, web site: <http://www.ucab.edu.ve>
- ARIENS G., BONGERS P., DOUWES M., "Are neck flexion, neck rotation and sitting at work risk factors for neck pain ? Results of a prospective cohort study", en *Occupational and Environmental Medicine* 58 (2001) 200-207.
- AVILA C., R. – PRADO L., L. (2001). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Primera edición. Guadalajara, México. Centro de Investigaciones en ergonomía.
- BERNARD B.P. (Ed.), "Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back". US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health. (1997).
- COVENIN 1650-89. "Mobiliario Escolar. Pupitre Integrado, mesa y silla. Parte I. Características generales. Requisitos de seguridad".
- EHRlich, M., "Physical self-resolution training for the management of temporomandibular disorders" en *Journal of Orofacial Pain* 15 (2001) issue 1.
- FERRER V., F.; MINAYA L., G.; NIÑO E., J.; RUIZ R., M. (1995). Manual de ergonomía. España. Fundación MAPFRE.
- KETOLA R., "Physical workload as a risk factor for symptoms in the neck and upper limbs: exposure assessment and ergonomic intervention" en *Journal of Sports Science & Medicine* (2004) 1-47.
- KNIGHT G., NOYES J., "Children's behaviour and the design of school furniture" en *Ergonomics* 42 (1999) 747-760.
- MANDAL A.C., "The prevention of back pain in school children" en Lueder R., Noro K. (Eds.), *Hard Facts About Soft Machines: The Ergonomics of Seating*. Taylor & Francis, London, (1994) 269-277.
- McATAMNEY, L. & CORLETT, E.N., "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders" en *Applied Ergonomics* 24 (1993) 91-99.
- MONDELO, P. et al. *Ergonomía 1: Fundamentos*. Tercera edición. España. Editorial alfaomega y ediciones UPC.
- MONDELO, P. et al. *Ergonomía 3: Diseño de puestos de trabajo*. Segunda edición. España. Editorial alfaomega y ediciones UPC.
- MURPHY S., "Back pain amongst schoolchildren and associated risk factors" en *Robens Centre for Health Ergonomics*.
- PARCELLS R.N., STOMMEL M., HUBBARD R.P., "Mismatch of classroom furniture and student body dimensions: empirical findings and health implications" en *Journal Adolescent Health* 24 (1999) 265-273.
- PEREZ, C.; HERERA, J.; VILLANUEVA, A. (2002) *Diseño de mobiliario en una universidad: una aplicación de ergonomía*. IEE Solutions.
- PUNNETT L., "Shoulder disorders and postural stress in automobile assembly work", en *Scandinavian Journal of work, Environment and Health* 26 (2000) 283-291.
- QUINTANA, L. (2004, Agosto) *Ergonomía, definiciones y contexto*. Artículo presentado en la pasantía internacional en el Centro de Estudios de Ergonomía de la pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
- SIEGEL S., (1988) *Estadística no paramétrica*. Segunda edición. Ediciones Mc.Graw-Hill.

YACUZZI, E. –MARTIN F. QFD: conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos. Enrique Yacuzzi (Universidad del Cema), Fernando Martín (Aventis Pharma).

Organización Internacional de Trabajo: [http://training.itcilo.it/actrav\\_cdrom2/es/osh/ergo/ermain.htm](http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ergo/ermain.htm)

Universidad de Zaragoza. Unidad de Protección y prevención de riesgos. <http://wzar.unizar.es/uz/uppr/ServPrev/Ergonomia/sillas.html>

[www.fundacionchile.cl/inicio/viewfull.cfm?ObjectID=36](http://www.fundacionchile.cl/inicio/viewfull.cfm?ObjectID=36)

Enlaces de información sobre posturas:

<http://www.sdmf.k12.wi.us/bf/handwriting/poor.htm>:

Alcances de la Terapia Ocupacional con respecto a buenas posturas y sus efectos en la escritura.

<http://www.chiro.org/LINKS/backpacks.shtml>

El Quiropráctico Frank Painter, provee información sobre morrales y dolores de espalda.

[http://www.education-world.com/a\\_tech/tech076.shtml](http://www.education-world.com/a_tech/tech076.shtml)

Sitio web para profesores para ayudar en el diseño ergonómicamente seguro de puestos de trabajo con computadoras

<http://www.angelfire.com/fm/alextech/index.htm>

Citas de John Dewey. Múltiples enlaces de sitios web sobre posturas, incluyendo la técnica Alexander.

<http://www.apta.org/Consumer/ptandyourbody/posture>

Sitio web de APTA (American Physical Therapy Association). Información sobre posturas.