



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de  
Producto**

**Análisis ergonómico de aulas de prácticas en  
la EII**

**Autor:**

**López Sanabria, Eduardo**

**Tutor:**

**Prádanos del Pico, Roberto  
Ciencia de Materiales...**

**Valladolid, junio y 2019.**

## Índice

1. OBJETIVOS.....	2
2. INTRODUCCIÓN .....	2
3. OBTENCIÓN DE DATOS .....	5
3.1. MEDICIONES .....	5
3.3. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	20
3.3.1. LUXÓMETRO:.....	20
3.3.2. SONDA FOTOMÉTRICA:.....	20
3.3.3. SONÓMETRO:.....	21
3.3.4. CALIBRADOR ACÚSTICO:.....	22
3.3.5. MEDIDOR DE ESTRÉS TÉRMICO: .....	23
3.3.6. FLEXÓMETRO:.....	24
4. ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES .....	24
4.1. AMBIENTE TÉRMICO: .....	24
4.2. AMBIENTE ACÚSTICO: .....	25
4.3. NIVEL DE ILUMINACIÓN: .....	27
4.4. MOBILIARIO:.....	32
4.4.1. MESAS: .....	32
4.4.2. SILLAS: .....	35
5. SIMULACIÓN.....	36
6. RESULTADOS SIMULACIÓN.....	41
7. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA .....	60
7.1. NIVEL DE ILUMINACIÓN: .....	60
7.2. AMBIENTE ACÚSTICO: .....	61
7.3. AMBIENTE TÉRMICO: .....	61
7.4. MÉTODO RULA:.....	62
7.5. ALCANCE DEL ALUMNO:.....	63
8. BIBLIOGRAFÍA.....	64
9. PLANOS .....	66
10. ANEXOS.....	68

# 1. OBJETIVOS

El objetivo principal establecido que se quiere cumplir a lo largo de este trabajo es el siguiente:

Analizar desde el punto de vista ergonómico las nuevas aulas de simulación del nuevo aulario IndUVa, situado en el Paseo del Cauce en Valladolid.

Para realizar el objetivo anterior realicé los siguientes tipos de análisis: Nivel de iluminación, ambiente acústico, ambiente térmico y carga postural del usuario en dichas aulas, a través de una simulación en Cata V5. Se harán los estudios anteriormente comentados en las aulas de prácticas, pero también, a un aula de teoría en aras de completar más el proyecto.

Como consecuencia del objetivo principal del trabajo surge otro diferente:

Proponer posibles mejoras o recomendaciones de cara a las nuevas aulas de simulación que construya la Escuela de Ingenierías Industriales en un futuro o para las que ya están en uso.

## 2. INTRODUCCIÓN

En este trabajo estudié desde el punto de vista ergonómico las nuevas aulas provisionales de simulación del aulario IndUVa. Este aulario ha sido construido recientemente para y por la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid, y su uso para todos los distintos grados que en ella se imparten. A parte de las aulas de teoría que conforman el nuevo edificio, se han creado cuatro aulas nuevas de simulación en otro edificio, ya existente, anexo a este con el objetivo de permitir la impartición de clases prácticas de forma provisional hasta que se termine la reforma de lo que era la antigua sede Mergelina. Este proyecto no sólo tiene intención de arrojar información acerca del estado de estas cuatro aulas en el presente, sino que una de las ideas principales, por las cuales surgió este trabajo, es intentar proponer mejoras o sugerencias para las aulas de prácticas que se construyan en un futuro. Por otra parte, y para algunos casos, para hacer el estudio un poco más completo se estudió también un aula de teoría del aulario IndUVa.

Esas cuatro aulas son iguales dos a dos en cuanto a su tamaño y distribución, ambas tienen el mismo número de ordenadores, pero con diferentes sistemas de iluminación. Por eso en este estudio nos centramos en el estudio nos centramos en esos dos modelos de aulas de simulación (la 21 y la 22) y en una de teoría (34).



Fig. 01. *Aula de simulación 21 del IndUVa*. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 02. *Aula de simulación 22 del IndUVa*. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 04. *Aula de teoría 34 del IndUVa*. Fuente: Elaboración propia.

Con la ayuda de un luxómetro, un medidor de estrés térmico y un sonómetro realicé diferentes mediciones en las aulas para así saber más acerca del nivel de iluminación, del nivel acústico y del ambiente térmico que hay en las aulas y después, compararlos con lo que diferentes normas exigen o recomiendan para este tipo de situaciones.

Posteriormente, con la ayuda de los datos medidos del mobiliario estudiamos otro aspecto ergonómico como es el postural, para ello nos fijamos en las dimensiones y formas del mobiliario del aula y compararlos, como en el caso anterior, con normas o recomendaciones.

Y, por último, pero no menos importante construí los puestos de trabajo del estudiante para las dos aulas de simulación en un programa de CAD, Catia V5. Este programa cuenta con un módulo de ergonomía que nos ayudó a realizar el método RULA para diferentes tipos de estudiantes divididos por sexo y percentil. Con esta herramienta fui capaz de obtener la información acerca de las partes del cuerpo que más carga postural sufren debido al diseño que tienen las aulas de simulación del aulario. Y con el objetivo de llegar lo más lejos posible con el estudio, al igual que antes, con otra herramienta del mismo módulo del programa obtuvimos unas imágenes en las cuales se podía apreciar de forma visual la envolvente que genera el posible alcance de los brazos en esa posición escogida para ver así si el espacio otorgado al usuario es suficiente o no.

### 3. OBTENCIÓN DE DATOS

#### 3.1. MEDICIONES

Para la realización de todas las mediciones dividimos las aulas en 5 puntos distribuidos con la intención de abarcar el máximo espacio posible. Y todos esos puntos están situados encima de mesas del aula para que estuvieran a la altura del plano de trabajo, 75 cm. En la siguiente imagen podemos observar dónde se sitúan estos puntos en las diferentes aulas (A, B, C, D y E).

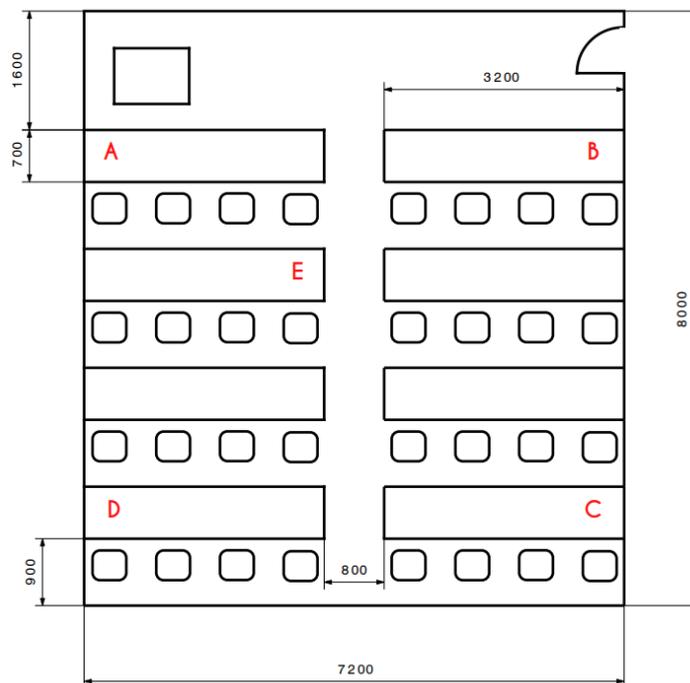


Fig. 05. Aula de simulación 21 del IndUVa y puntos de medición. Fuente: Elaboración propia.

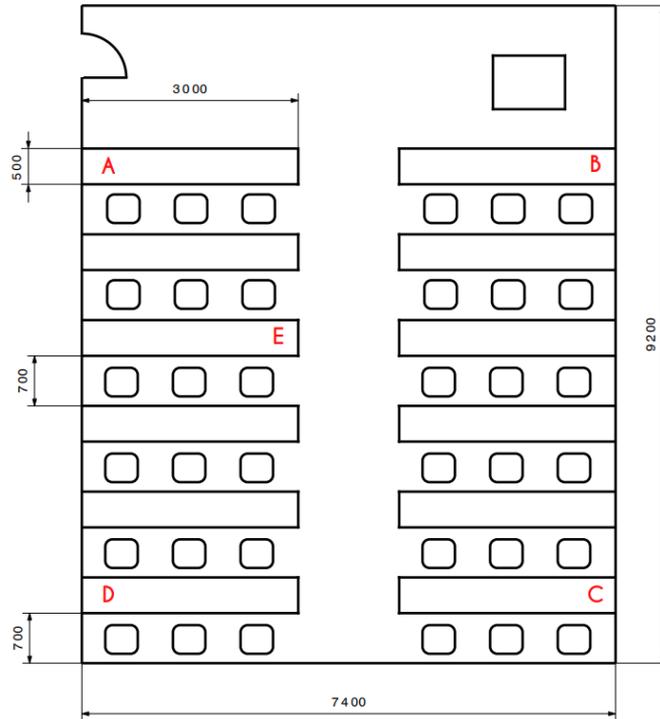


Fig. 06. Aula de simulación 22 del IndUVa y puntos de medición. Fuente: Elaboración propia.

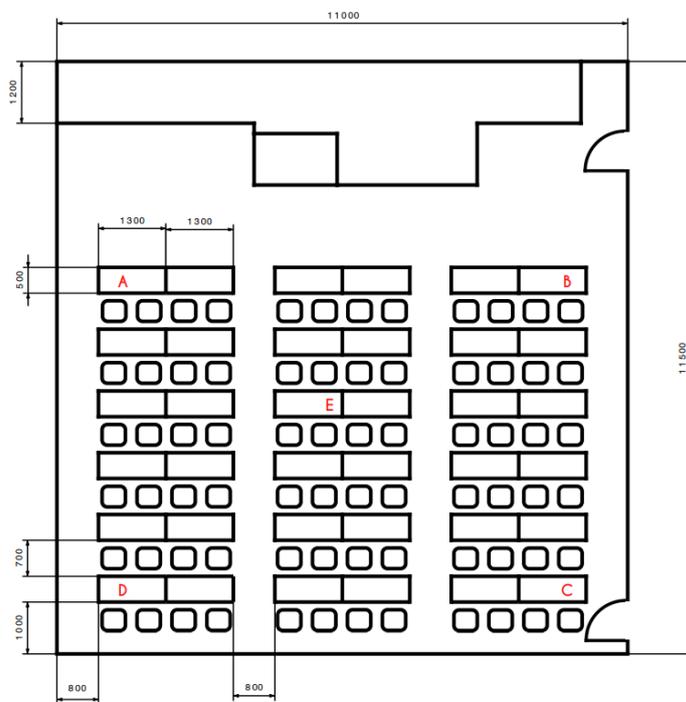


Fig. 07. Aula de teoría 34 del IndUVa y puntos de medición. Fuente: Elaboración propia.

Después de esto, comenzamos con las mediciones, para cada una escogimos una serie de puntos y condiciones de medida en función de que era lo que queríamos observar.

MAGNITUDES EMPLEADAS	
Ta	Temperatura del aire
Tg	Temperatura de globo
Tnw	Temperatura húmeda natural
RH	Humedad relativa
WBGT	Temperatura de globo de bulbo húmedo-interiores
L <sub>AMx</sub>	Nivel máximo (Ponderación A y tiempo rapido F)
L <sub>AfmX</sub>	Nivel mínimo (Ponderación A y tiempo rapido F)
L <sub>AEq</sub>	Nivel continuo equivalente (Ponderación A y tiempo rapido F)

Fig. 08. *Magnitudes empleadas para los estudios de nivel de estrés térmico y del nivel acústico.* Fuente: Elaboración propia.

Para el **aula de teoría (34)** los resultados fueron los que se muestran en las tablas a continuación. Las mediciones fueron realizadas el día 20 de diciembre del 2018 entre las 12:00 y las 14:00. Las posiciones empleadas A, B, C, D y E son las que se ven en la Fig. 07.

	Ta °C	Tg °C	Tnw °C	RH %	WBGT
<b>A</b>	21,8	22,0	17,6	64,2	19,0
<b>B</b>	22,0	22,2	17,6	62,8	19,0
<b>C</b>	21,3	21,6	18,0	70,2	19,1
<b>D</b>	21,5	21,8	17,3	63,9	18,6
<b>E</b>	21,2	21,5	17,7	69,3	18,8

Fig. 09. *Resultados de las mediciones de ambiente térmico del aula de teoría 34 del IndUVa.* Fuente: Elaboración propia.

(dB)	L <sub>AfMx</sub>	L <sub>AfmX</sub>	L <sub>AEq</sub>
<b>A</b>	77,6	53,1	62,3
<b>B</b>	78,1	52,6	58,7
<b>C</b>	73,1	52,6	61,1
<b>D</b>	75,8	52,4	61,1
<b>E</b>	72,2	51,6	56,5

Fig. 10. *Resultados de las mediciones de ambiente acústico del aula de teoría 34 del IndUVa. En el caso 1, sin los proyectores encendidos.* Fuente: Elaboración propia.

(dB)	$L_{AfMx}$	$L_{AfmX}$	$L_{AEq}$
A	76,1	54,9	63,8
B	76,3	53,9	59,6
C	76,5	53,9	59,6
D	73,9	53,1	60,0
E	78,9	51,5	58,5

Fig. 11. Resultados de las mediciones de ambiente acústico del aula de teoría 34 del IndUVa. En el caso 2, con los proyectores encendidos. Fuente: Elaboración propia.

El aula de teoría del nuevo aulario dispone de diferentes tipos de iluminación, por tanto, estudiamos las diferentes posibles posiciones:



Fig. 12. Posición 1: Todas las luminarias apagadas. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 13. *Posición 2: Todas las luminarias encendidas.* Fuente: Elaboración propia.



Fig. 14. *Posición 3: Solo una parte de las del techo (Solo B).* Fuente: Elaboración propia.



Fig. 15. Posición 4: Solo las luminarias del techo (A y B). Fuente: Elaboración propia.

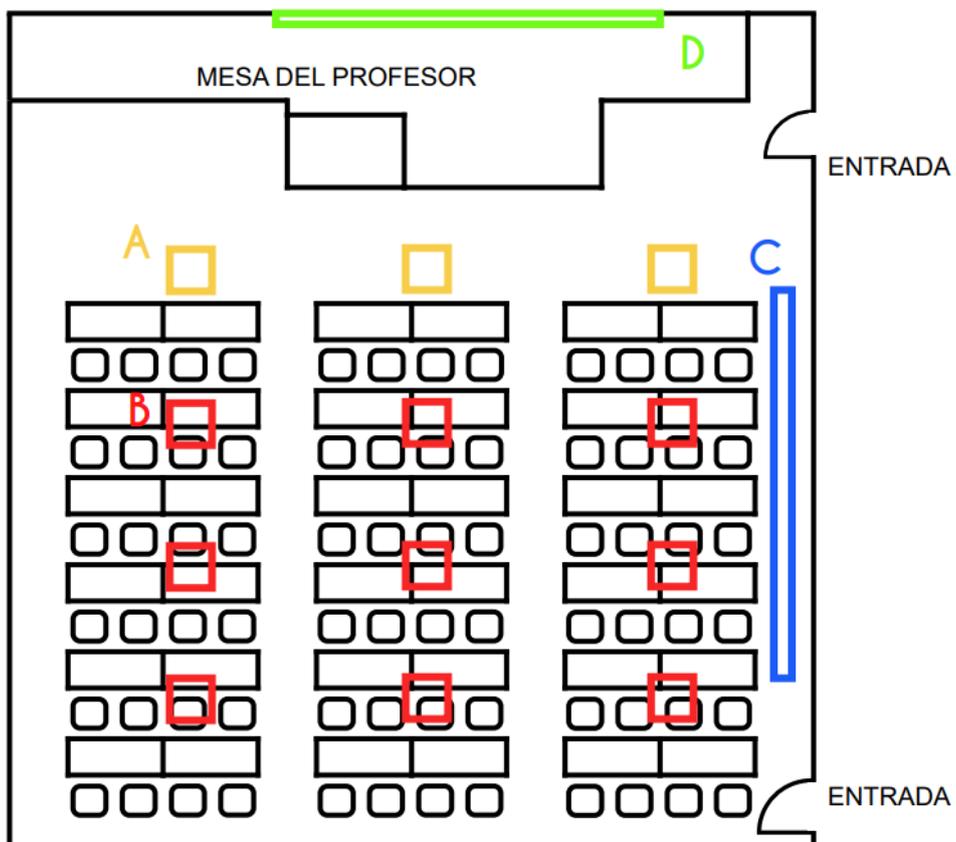


Fig. 16. Esquema del sistema de iluminación del aula de teoría 34 del IndUVa. Fuente: Elaboración propia.

<b>lx</b>	<b>Pos1</b>	<b>Pos2</b>	<b>Pos3</b>	<b>Pos4</b>
<b>A</b>	150	450	210	310
<b>B</b>	60	590	95	260
<b>C</b>	30	450	220	220
<b>D</b>	220	400	390	330
<b>E</b>	50	520	273	280

Fig. 17. Resultados de las mediciones de iluminación del aula de teoría 34 del IndUVa.

En el caso 1, con los proyectores encendidos y con los estores recogidos. Fuente:

Elaboración propia.

<b>lx</b>	<b>Pos1</b>	<b>Pos2</b>	<b>Pos3</b>	<b>Pos4</b>
<b>A</b>	50	400	110	220
<b>B</b>	50	600	80	250
<b>C</b>	20	460	200	210
<b>D</b>	150	430	300	300
<b>E</b>	20	530	250	270

Fig. 18. Resultados de las mediciones de iluminación del aula de teoría 34 del IndUVa.

En el caso 2, con los proyectores encendidos y con los estores desplegados. Fuente:

Elaboración propia.

Las aulas de simulación de las que dispone el IndUVa son 4 de dos tipos diferentes, ambas cuentan con un espacio para 30 alumnos más el profesor, pero tienen diferente distribución como hemos visto en las imágenes de las aulas de la introducción (Fig. 01 y 02).

El **primer formato de aula de simulación es el número 21**, las mediciones fueron realizadas el día 17 de enero del 2019 entre las 9:00 y las 14:00 y los resultados fueron los siguientes. Las posiciones empleadas A, B, C, D y E son las que se ven en la Fig. 05.

	Ta °C	Tg °C	Tnw °C	RH %	WBGT
<b>A</b>	22,3	22,6	17,6	60,0	19,1
<b>B</b>	22,2	22,6	17,6	61,5	19,0
<b>C</b>	22,1	22,6	17,5	61,4	18,9
<b>D</b>	22,0	22,4	17,5	62,0	18,9
<b>E</b>	22,0	22,5	17,5	62,0	19,0

Fig. 19. Resultados de las mediciones de ambiente térmico del aula de simulación 21 del IndUVa. Fuente: Elaboración propia.

(dB)	L <sub>AfMx</sub>	L <sub>Afmx</sub>	L <sub>AEq</sub>
<b>A</b>	81,6	61,3	73,7
<b>B</b>	72,1	51,7	58,7
<b>C</b>	73,0	51,5	58,5
<b>D</b>	75,6	52,2	59,8
<b>E</b>	73,5	53,2	60,5

Fig. 20. Resultados de las mediciones de ambiente acústico del aula de simulación 21 del IndUVa. Fuente: Elaboración propia.

Al igual que el aula de teoría, el de simulación también dispone de diferentes tipos de iluminación, por tanto, estudiamos las diferentes posibles posiciones:



Fig. 21. Posición 1: Todas las luminarias encendidas. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 22. *Posición 2: Sólo las luminarias del techo.* Fuente: Elaboración propia.



Fig. 23. *Posición 3: Solo la luminaria del final (sin las del techo).* Fuente: Elaboración propia.

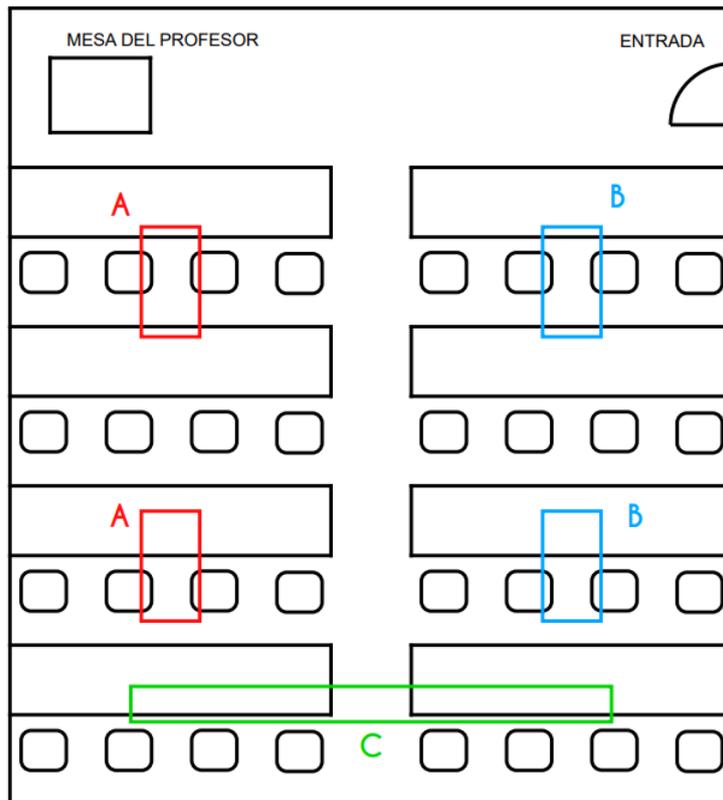


Fig. 24. Esquema del sistema de iluminación del aula de simulación 21 del IndUVa.

Fuente: Elaboración propia.

	Pos1	Pos2	Pos3
A	263	266	13,4
B	262	254	12,4
C	206	186	26,5
D	300	176	153,2
E	382	355	26,7

Fig. 25. Resultados de las mediciones de iluminación del aula de simulación 21 del IndUVa. Fuente: Elaboración propia.

Por último, tenemos **el otro tipo de aula de simulación del aulario al cual le corresponde el número 22**. Las mediciones fueron realizadas el día 17 de enero del 2019 entre las 9:00 y las 14:00 y los resultados fueron los siguientes. Las posiciones empleadas A, B, C, D y E son las que se ven en la Fig. 06.

	Ta °C	Tg °C	Tnw °C	RH %	WBGT
<b>A</b>	23,2	23,7	18,1	58,7	19,8
<b>B</b>	23,1	23,6	18,1	60,1	19,8
<b>C</b>	23,1	23,6	18,3	60,1	19,9
<b>D</b>	23,0	23,5	18,2	60,6	19,7
<b>E</b>	23,0	23,3	18,0	59,2	19,6

Fig. 26. Resultados de las mediciones de ambiente térmico del aula de simulación 22 del IndUVa. Fuente: Elaboración propia.

(dB)	L <sub>AfMx</sub>	L <sub>Afmx</sub>	L <sub>AEq</sub>
<b>A</b>	72,2	52,2	58,2
<b>B</b>	84,0	52,8	58,3
<b>C</b>	79,7	51,9	57,5
<b>D</b>	75,1	52,5	57,2
<b>E</b>	76,5	52,2	85,4

Fig. 27. Resultados de las mediciones de ambiente acústico del aula de simulación 22 del IndUVa. Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en los otros dos casos previos, también hay distintas posiciones de alumbrado:



Fig. 28. Posición 1: Todas las luminarias encendidas. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 29. *Posición 2: Sólo las luminarias del techo (A Y B).* Fuente: Elaboración propia.

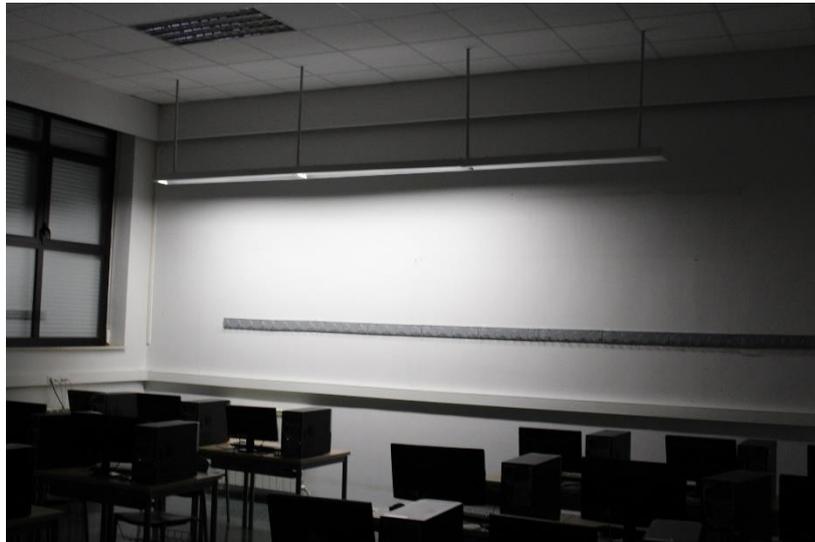


Fig. 30. *Posición 3: Solo la luminaria del final (sin techo).* Fuente: Elaboración propia.



Fig. 31. *Posición 4: Solo las luminarias tipo A.* Fuente: Elaboración propia.

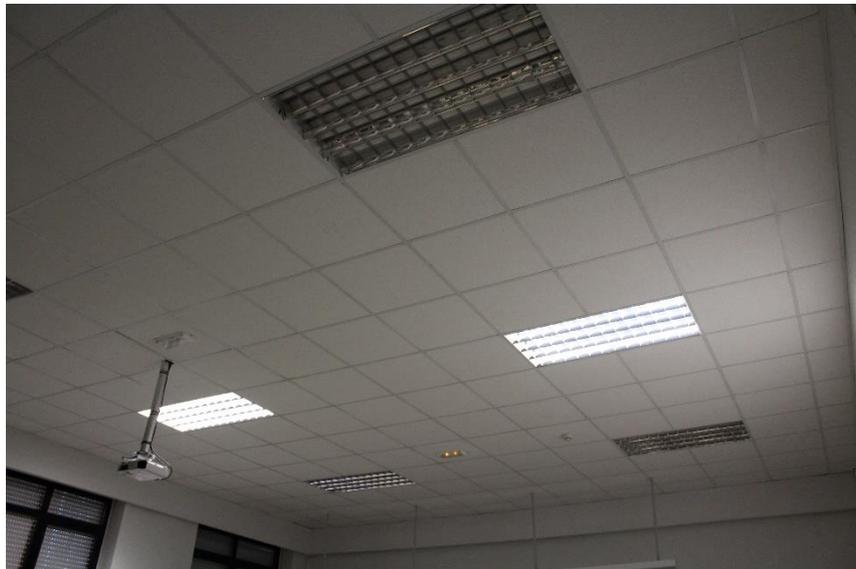


Fig. 32. *Posición 5: Solo las luminarias tipo B.* Fuente: Elaboración propia.

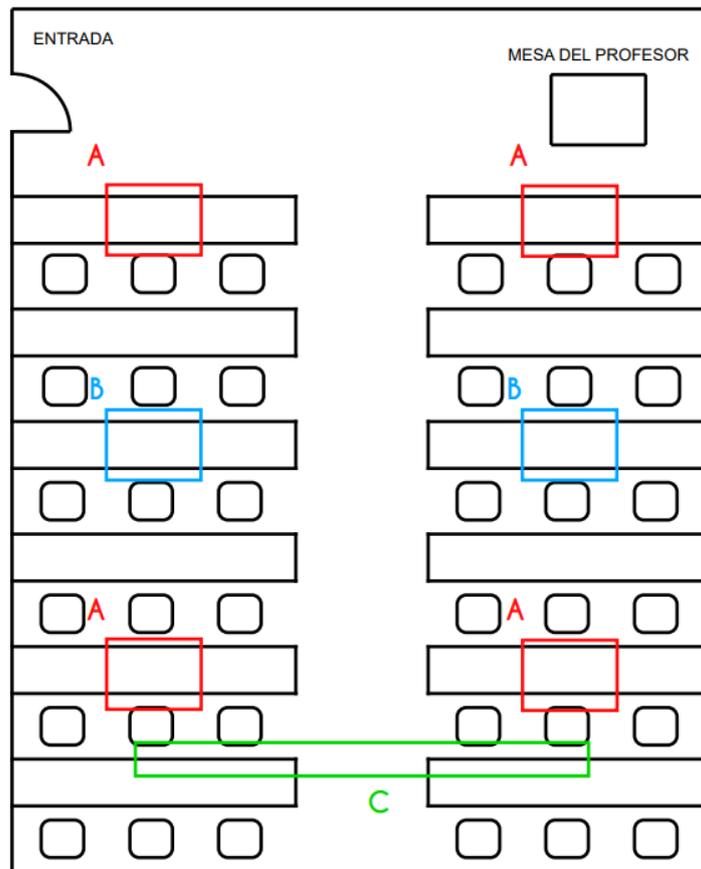


Fig. 33. Esquema del sistema de iluminación del aula de simulación 22 del IndUVa.

Fuente: Elaboración propia.

<b>lx</b>	<b>Pos1</b>	<b>Pos2</b>	<b>Pos3</b>	<b>Pos4</b>	<b>Pos5</b>
<b>A</b>	386	357	8,3	220	105,4
<b>B</b>	282	253	9,1	163	86,7
<b>C</b>	334	207	124,1	123	45,7
<b>D</b>	332	305	24,1	248	58,6
<b>E</b>	568	542	20,0	315	241

Fig. 34. Resultados de las mediciones de iluminación del aula de simulación 22 del IndUVa. Fuente: Elaboración propia.

Por último, todas las mediciones del mobiliario han sido realizadas por mí, al igual que las anteriores, y mediante un flexómetro. En las siguientes imágenes vemos el mobiliario utilizado y su disposición para cada aula objeto de estudio.



Fig. 35. *Espacio de trabajo del aula de simulación 21.* Fuente: Elaboración propia.



Fig. 36. *Espacio de trabajo del aula de simulación 22.* Fuente: Elaboración propia.



Fig. 37. *Espacio de trabajo del aula de teoría 34.* Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

#### 3.3.1. LUXÓMETRO:

Marca: Delta OHM

Modelo: HD 9021

Número de Serie: 0909994173

Referencia: 10234084



Fig. 38. *Luxómetro*. Fuente: Elaboración propia.

#### 3.3.2. SONDA FOTOMÉTRICA:

Marca: Delta OHM

Modelo: HD 9021 PHOT/C

Referencia: 10234085

Rango de medida: 0 a 200.000 lx



Fig. 39. Sonda Fotométrica. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3. SONÓMETRO:

Marca: Cel

Modelo: 400 serie 450/490 (2) Tipo 2

Identificación: 025464

Referencia: 10266879

Fecha de calibración (No confundir con la realizada antes de las mediciones de cada aula con el calibrador): 01-04-2005 ENAC

Incertidumbre de la medida:  $\pm 0.1$  dB



Fig. 40. Sonómetro. Fuente: Elaboración propia.

#### **3.3.4. CALIBRADOR ACÚSTICO:**

Marca: Cel

Modelo: 110/2

Identificación: 114846

Referencia: 10266878

Fecha de calibración: 01-04-2005 ENAC

Incertidumbre de la medida:  $\pm 0.1$  dB



Fig. 41. *Calibrador acústico*. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.5. MEDIDOR DE ESTRÉS TÉRMICO:

Marca: Casella Cel

Modelo: Microtherm WBGT

Identificación: 2181342

Referencia: 10300731



Fig. 42. *MICROTHERM Heat Stress WBGT*. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.6. FLEXÓMETRO:

Marca: Amig

Dimensiones: 13 x 3000 mm



Fig. 43. *Flexómetro Amig*. Fuente: Elaboración propia.

## 4. ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES

### 4.1. AMBIENTE TÉRMICO:

Según el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97 23-04-1997 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Anexo III, para trabajo ligeros la temperatura debe estar entre 14 °C y 25 °C, y en trabajos sedentarios entre 17 °C y 27 °C. En nuestro caso de estudio consideramos las clases como un trabajo sedentario o ligero. En las aulas de laboratorio del aulario IndUVa podemos observar como en la primera que estudiamos registramos valores de 22 °C en la temperatura del aire, y para la segunda 23 °C, por lo tanto, consideraríamos que las aulas se encuentran en buenas condiciones de trabajo. Sin embargo, las mediciones fueron realizadas en el mes de enero y pese a que escogimos la situación de máximo calor (con todas las luces, proyector y ordenadores encendidos) en el aula solo estaba el medidor, y estos dos factores influyen mucho en la temperatura. En una situación de uso en la que haya al menos 20 alumnos la temperatura seguramente sufriría un incremento, al igual que si hubiésemos hecho las mediciones en otro mes de más calor como mayo o junio. Pero valorando todos estos casos consideramos que la temperatura en las aulas de simulación es aceptable.

Con respecto a la humedad según el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97 23-04-1997 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Anexo III, la humedad relativa del aire ha de estar comprendida entre 30 y 70%. Según nuestras mediciones en ambos modelos de aula de simulación disponemos de una humedad relativa entorno al 60% y en la de teoría cercano al 70%, por tanto, en las aulas de simulación del IndUVa, como en las de teoría nos encontraríamos con una humedad aceptable.

Como posible caso de estudio de la temperatura se podría realizar una medición durante una clase para que haya más alumnos y se aproxime a una situación más real y en un mes más caluroso como mayo. Seguramente ahí alcancemos valores de temperatura más altos que es posible que estén cerca del límite que aconseja la norma.

#### **4.2. AMBIENTE ACÚSTICO:**

Por otro lado, realicé un estudio del nivel acústico con un sonómetro. Para este decidimos estudiar, al igual que en el estudio anterior el caso máximo, lo cual implicaba tener ordenadores, luces y proyectores encendidos. También despreciamos los niveles de pico ya que en un aula no existen variaciones bruscas del nivel sonoro, por tanto, solo estudiamos el nivel continuo. En cada punto la duración de las medidas fue de 5 minutos en banda ancha.

Pese a que según el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre protección de seguridad y la salud de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición a ruido. Referencia: BOE-A-2006-4414, Artículo V, dice que en un puesto de trabajo el nivel sonoro continuo equivalente A (nivel continuo equivalente) no debe sobrepasar los 87 dB y el nivel de pico no debe superar los 140 dB, consideramos que ese valor cómo válido, pero demasiado alto para la función que se va a desempeñar en nuestro caso a estudiar y por eso recurrimos a la NTP 503: Confort Acústico: ruido en oficinas. Esta Nota Técnica de Prevención lo que nos muestra es la siguiente tabla en la cual aparecen los niveles sonoros continuos equivalentes de ruido aéreo que se recomienda no sobrepasar en distintos tipos de edificios.

TIPO DE EDIFICIO	LOCAL	L <sub>Aeq</sub> (dBA) (8 - 22 h)
Residencial (público y privado)	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	40
	Servicios	50
	Zonas comunes	50
Administrativo y de oficinas	Despachos profesional.	40
	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
Sanitario	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	30
	Zonas comunes	50
Docente	Aulas	40
	Salas de lectura	35
	Zonas comunes	50

Fig. 44. Tabla en la que se muestran los niveles sonoros continuos equivalentes de ruido aéreo que se recomienda no sobrepasar en distintos tipos de edificios para un determinado periodo de tiempo. Fuente: NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas.

Ahora vamos a comparar el Real Decreto y la norma con nuestras medidas realizadas. Podemos observar como en el aula de teoría nos encontramos con dos posibles situaciones una en la que los dos proyectores no se encuentran encendidos y otra con ellos funcionando. Para el primer caso obtenemos un nivel continuo equivalente medio de las 5 medidas de  $59,94 \approx 60$  dB y para el segundo uno de  $60,3 \approx 60$  dB. Por lo tanto, nos damos cuenta de que los proyectores no influyen en la medición del nivel acústico del aula de teoría.

En la primera aula de simulación (número 21) los resultados fueron diferentes a los anteriores ya que obtuvimos un nivel continuo equivalente medio de las 5 mediciones de  $62,24 \approx 62$  dB. Pese a que el valor no se aleja mucho del obtenido en el aula de teoría, si nos fijamos, la medida A en la figura 20 podemos ver que es muy superior a las demás y esto se debe a que en el aula número 21 el proyector se encuentra mucho más bajo y justo sobre el lugar donde se realizó esta medición.

En la segunda aula de simulación, la número 22, el sonómetro nos dice que el nivel continuo equivalente medio para los 5 puntos fue de  $63,32 \approx 63$  dB. En este caso nos sucede como en el comentado anteriormente, ya que si nos fijamos en la medida E en la

figura 27 observamos que supera los otros cuatro valores de forma notoria y esto es debido a la influencia del proyector que se sitúa justo encima de él.

Como análisis podemos ver cómo pese a que estas se encuentran dentro de esos supuestos 87 dB máximos permitidos en el puesto de trabajo, sin embargo, si comparamos con el NTP 503, la conclusión es muy diferente ya que se encuentran muy por encima de esos 40 dB aconsejables.

### **4.3. NIVEL DE ILUMINACIÓN:**

El último estudio que realicé fue el de iluminación, en las diferentes posiciones que dispusiera cada aula, mediante un luxómetro y con mediciones en los mismos cinco puntos que en los otros estudios.

Según el manual de iluminación de Indalux se establecen unos niveles mínimos de iluminación en función de las distintas actividades que se realicen.

## 2.2.- Recomendaciones. Niveles de iluminación

**TABLA I**

TIPO DE ACTIVIDAD	ILUMINANCIA EN SERVICIO Ems (lux)	CALIDAD DE LIMITACION DESLUMBRAMIENTO DIRECTO	GRUPO DE RENDIMIENTO DE COLOR
<b>LOCALES DE USO GENERAL</b>			
Almacenes, mercancías grandes	50	E	3
Almacenes, mercancías no iguales	100	E	3
Almacenes, necesaria lectura	200	D	2
Vestuarios	100	D	2
Lavabos, servicios	100	C	2
Dispensario médico	500	A	1
<b>ZONAS DE CIRCULACION</b>			
Areas generales de edificios	100	E	2
Escaleras	150	D	2
Cuartos - Almacén	150	D	2
<b>OFICINAS Y SALAS</b>			
Oficinas admin., proceso de datos	500	B	2
Oficinas panorámicas	750	B	1
Oficinas técnicas (CAD/CAM/CAE)	750	A	1
Salas de conferencias	300	A	2
Salas de recepción	100	B	2
Salas para público	200	B	2
<b>DOCENCIA Y VARIOS</b>			
Docencia, aulas, laboratorios	400	B	2
Docencia, sala de estudios	500	B	2
Auditorios, salas de concierto	100	C	2
Auditorio de uso múltiple	200	B	2
Iglesias, nave central	100	D	2
Coro, altar, púlpito	200	C	2
Bibliotecas, estanterías	200	C	2
Bibliotecas, mesas de lectura	500	B	1
Bibliotecas, mostradores	300	B	2
Bibliotecas encuadernación	300	B	2
<b>INDUSTRIA QUIMICA</b>			
Plantas automáticas	100	D	2
Zonas generales de planta	150	D	2
Salas de proceso, laboratorios	500	C	1
Industria farmacéutica	500	C	1
Inspección	750	B	1
Contrastado de colores	1000	A	1
Fabricación de neumáticos	500	C	2
<b>IND. DEL VIDRIO, CEMENTO, CERAMICA</b>			
Vidrio - alfarería, zona fundido	150	D	3
Vidrio, moldeo, mezclado, formado	300	C	3
Vidrio, acabados	500	C	2
Vidrio, decoración	750	B	1
Vidrio, precisión en lentes	1000	A	1
Industria cementera, hornos	150	C	3
<b>FUNDICIONES ACERO Y LAMINACION</b>			
Fundiciones, chimeneas	200	D	3
Fundiciones, moldeo pesado	300	C	3
Fundiciones, precisión, inspección	500	B	2

TIPO DE ACTIVIDAD	ILUMINANCIA EN SERVICIO Ems (lux)	CALIDAD DE LIMITACION DESLUMBRAMIENTO DIRECTO	GRUPO DE RENDIMIENTO DE COLOR
<b>INDUSTRIAS METALURGICAS</b>			
Plantas automáticas	100	E	3
Forja, operación esporádica	150	E	3
Soldadura, operación manual	300	D	2
Utilajes, tratamientos	500	B	1
Control de calidad	750	A	1
<b>CENTRALES ELECTRICAS</b>			
Calderas, reactor, contenciones	100	D	3
Turbina, planta de operación	200	C	3
Bombas, tanques, compresores	100	D	3
Cables, túneles de cables	50	E	3
Teléfono, sala de comunicaciones	200	C	2
Locales, pupitres de control, CCM	300	B	2
Paneles verticales de alarma	300	B	2
Parte trasera paneles	150	C	2
<b>INDUSTRIA DE APARELLAJE ELECTRICO</b>			
Ind. eléctrica, fabricación cable	300	C	2
Ind. eléctrica, montaje componentes	500	B	1
Ind. eléctrica bobinados	750	B	1
Ind. eléctrica, electrodomésticos	1000	A	1
Ind. eléctrica, electrónica	1500	A	1
<b>JOYERIA Y RELOJERIA</b>			
Fabricación de joyería	1000	A	1
Piedras preciosas y relojes	1500	A	1
<b>MADERA Y CARPINTERIAS</b>			
Sierra, montaje	250	C	2
Acabados	500	B	1
<b>PAPEL Y ARTES GRAFICAS</b>			
General, basto	200	D	3
Encuadernación	300	C	2
Control y contraste de colores	1500	A	1
<b>INDUSTRIA TEXTIL</b>			
Cosido, manipulación	750	B	1
Inspección, tintes	1000	A	1
Planchado	500	B	2
<b>INDUSTRIA DE ALIMENTACION</b>			
Areas generales, mataderos, leche	300	C	2
Procesos automáticos, azucareras	200	D	2
Inspección	500	B	1
<b>TALLERES</b>			
Trabajo casual	200	E	3
Montaje pesado y soldadura	300	D	3
Montaje y ajuste tipo medio	500	C	3
Montaje y ajuste precisión	750	B	2
Montaje y ajuste gran precisión	1500	A	1

12

Fig. 45. Niveles mínimos de iluminación recomendables en el puesto de trabajo en función de la clase de actividad realizada. Fuente: INDALUX ALUMBRADO

TÉCNICO. Luminotecnia práctica 94/96.

Nosotros consideramos que cuando un aula se está usando simplemente para trabajar con los ordenadores o viendo el proyector podemos decir que es un auditorio de uso múltiple, es decir, definimos un nivel mínimo de 200 lx, sin embargo, sería recomendable alcanzar los 400 lx recomendados en aulas y laboratorios según la tabla anterior. Y cuando un alumno tiene que tomar apuntes, escribir, o simplemente leer algo, definimos que se encuentran en un aula de docencia o en una sala de estudio, por lo tanto, 500 lx mínimo.

Una vez visto lo que recomienda Indalux, procedemos a analizar los resultados obtenidos en nuestras mediciones.

El aula de teoría es uno de los que más variantes ofrece con respecto a la iluminación, dispone de un modo de alumbrado máximo, otro adaptativo a la luz que haya en ese momento (este no es objeto de análisis), otro en el cual se encienden una parte de las del techo, otro con solo las luminarias del techo y otro en el que se encienden la de la pizarra y una que hay en el lateral con pared (tampoco es objeto de estudio ya que se usará en caso muy puntuales y cuando la luz que entre por las ventanas sea considerablemente alta). Además, cuenta con un lado completamente de cristal por el cual puede entrar mucha luz y por eso dispone de dos estores en la parte delantera del aula permitiendo una mejor visualización de los proyectores. Es importante remarcar el hecho de que las mediciones fueron tomadas en un día nublado en el que no entraba mucha luz por las ventanas. Los proyectores apenas influyen en las mediciones, como mucho suben un poco el nivel de iluminación en las dos medidas de la zona delantera por lo tanto no analizamos el caso en el que se encuentran apagados, realizamos todas las mediciones con ellos encendidos. De esta forma nos encontramos con dos casos, cuando los estores no están desplegados (caso 1, figura 17) y cuando si que se encuentran protegiendo la entrada de luz (caso 2, figura 18).

En la posición A de la figura 07, con todas las luminarias del aula apagadas, observamos que cuando los estores no se encuentran desplegados (caso 1) la media de luxes del aula es de 102 lx y cuando los estores se encuentran desplegados (caso 2) es de 58 lx. No es casual que la variación que existe entre ambos casos sea tan baja, se debe a que ese día estaba nublado y no entraba demasiada luz por las ventanas. Otra cosa que podemos observar es que la medida D es notablemente superior a las demás porque es la que se encuentra en el lado más cercano a la ventana. Suponemos que esta posición se utilizará cuando se está usando el proyector o en días muy luminosos en los cuales no haga falta dar las luces y se vea sin ningún tipo de problema.

En la posición B de la figura 07, es la situación máxima, y es donde obtenemos valores más altos. En el caso 1 hay 482 lx de media y en el caso 2 la media está en 484 lx, pero como no estaba mucha luz apenas varía en los dos casos.

En la posición C de la figura 07, encendemos solo ciertas luminarias de las que hay en el techo y se nota en los resultados ya que en el primer caso 238 lx de media y en el segundo 188 lx. Esta posición es para casos muy particulares en los que no se necesita la máxima intensidad de luz, pero si un poco, y para los casos para los que está pensada la considero óptima ya que no te ofrece 500 lx, pero si 200 lx.

Por último, en la posición D de la figura 07 son sólo las luminarias del techo las que están encendidas. Esta situación si que se puede dar con más frecuencia que alguna de las anteriores ya que un profesor puede estar dando clase sin llegar a usar la pizarra y los alumnos necesitar un nivel de exigencia visual alta o incluso en algunos exámenes. Para el caso 1 obtuvimos una media de 280 lx y para el caso 2 una media de 250 lx.

Como resumen de los análisis de las mediciones obtenidas del aula de teoría del edificio nuevo IndUVa, podemos observar que para días en los que la luz natural que entre por las ventanas no sea elevada el aula va un poco justa ya que apenas llega a esos 500 lx que el manual recomienda. Quizás en el diseño se pensó en que llegara a esos 500 lx, pero la realidad es que se queda un poco justo de nivel de iluminación como en nuestras mediciones se demuestra porque sólo en dos de las cinco se supera ese valor de referencia. De todas formas, para personas jóvenes y que rara es la ocasión en la cual estén allí ocho horas seguidas de trabajo, como si fuera una jornada laboral de un trabajador, el nivel de iluminación, aun no alcanzando esos 500 lx, puede ser válido y suficiente.

Por otro lado, tenemos las aulas de simulación, la primera que analizaremos es la 21. En esta aula el sistema de alumbrado es un poco más limitado ya que solo dispone de tres posiciones: todas las luminarias encendidas, solo las que existen en el techo y por último sólo la luminaria horizontal que hay en la parte trasera del aula. Esta última apenas da luz y está enfocada a estar encendida cuando los alumnos estén viendo el proyector. También cabe destacar que esta tiene una ventana situada a unos 3 metros de altura y de apenas unos 50 cm de altura que ocupa todo un ancho de la clase (justo en el que está la mesa del profesor) y que comunica con el pasillo, todo esto implica que la luz que entra a través es escasa y, por tanto, despreciable en nuestro estudio. El proyector apenas influye en las mediciones, como mucho sube un poco el nivel de iluminación de las medidas de la zona

delantera, por eso durante las mediciones estuvieron encendidos considerando así, solo el caso máximo.

En la posición 1, como hemos comentado antes, el aula tiene todas las luminarias encendidas y haciendo la media de las cinco mediciones obtenemos 283 lx por tanto si el aula se estuviera usando para trabajar con los ordenadores simplemente (exigencias visuales moderadas) podríamos afirmar que la clase está bien iluminada. Sin embargo, podría darse el caso en el que los alumnos no estuvieran sólo con los ordenadores y además tuvieran que hacer cosas de mayor exigencia visual, entonces esta no tendría suficiente luz y estar una gran cantidad de hora en esta situación puede ser perjudicial para la vista del usuario.

La posición 2 tenemos sólo las del techo encendidas y la media obtenida es de 247. Las conclusiones son iguales que las obtenidas para el caso anterior pero además vemos como en los puntos C y D la iluminación baja considerablemente de la posición 1 a la 2 ya que apagamos la luz supletoria trasera. Debido a eso diremos que esta luz está bien añadida, ya que sin ella la fila trasera de la clase no tendría buena iluminación porque en los dos puntos estudiados no se alcanzan esos 200 lx que estamos considerando según su posible uso.

Y en la posición número 3 tenemos el caso inverso al anterior, es decir, sólo la luz supletoria trasera encendida que, como hemos comentado previamente, se usará sólo en momento muy puntuales en los que no se necesite mucha luz. La media es de 46 lx. Como era de esperar los niveles de iluminación obtenidos en esta posición son muy bajos, y sobre todo en los dos puntos de la primera fila (A y B). El único punto que tiene un valor relativamente alto comparado con el de los demás es el D y es debido a que es sobre el que más incide esta luz.

En definitiva, esta aula de simulación está bien diseñada siempre y cuando se use como sala de ordenadores y el proyector, pero si las exigencias visuales fueran un poco más altas no cumpliría las especificaciones que la referencia tomada aconseja, porque no habría 500 lx.

Y por último la otra aula de simulación, cuenta con un sistema que ofrece mayor número de posiciones ya que las seis luminarias del techo se dividen tres a tres de forma independiente. También tiene una luminaria supletoria en la parte posterior de la clase. Y

repetimos las condiciones de medida que hemos aplicado en el estudio anterior. Esta tiene una ventana parecida a la que existe en la otra aula de simulación.

La primera posición de estudio es con todas las luminarias encendidas y obtuve una media de 380 lx. Este valor es más alto al que había en la otra aula y pese a que ninguno llega a esos 500 lx este se acerca un poco más, e incluso en la medida del centro si que se llegan a superar. Por eso podemos decir que no es recomendable al cien por cien para un aula de docencia o sala de estudio, pero como auditorio de uso múltiple (que son el propósito por el cual fueron creadas) lo alcanza sin ningún tipo de problema.

Y en la segunda posición sucede lo mismo que para la primera ya que la luz trasera no afecta mucho al nivel de iluminación general, solo al de las filas de más atrás. La media es de 333, y como vemos no hay mucha diferencia con respecto a la posición anterior.

En la posición 3 es la de menor número de luminarias encendidas y, por tanto, la que menor media va a obtener, sin embargo, es una luz para casos puntuales o con exigencias visuales bajas. El resultado es de 37 lx de media en el aula, la medida más alta y que dista mucho de las otras es la D porque sobre ella índice más la luminaria trasera. Con esta posición sucede lo mismo que en la otra aula, es decir, que si esta luz se usa como simple acompañamiento mientras los alumnos están realizando alguna acción con una exigencia visual baja esta sirve, pero aconsejable que no estuviera encendida sola nunca esta luminaria.

Por último, hicimos otros dos estudios en dos diferentes posiciones, encendiendo sólo las luminarias A del techo (posición cuarta), y otro encendiendo sólo las luminarias B del techo (posición quinta). Para la cuarta obtuvimos 214 lx y para la quinta 107 lx de media. En este caso observamos cómo solamente con las luminarias tipo A encendidas si que obtendríamos esos 200 lx que dicen en el manual de Indalux, pero con las del tipo B no sería recomendable, ya que el nivel medio obtenido es prácticamente la mitad al deseado.

#### **4.4. MOBILIARIO:**

##### **4.4.1. MESAS:**

Con respecto a las mesas de las aulas del IndUVa, cabe decir que miden de alto 75 cm todas (incluidas aulas de teoría como las de laboratorio), sin embargo, para los dos modelos de aula de laboratorio que existen las mesas cambian de tamaño ya que en la 1ª

son dobles y miden 160 cm de longitud y 70 cm profundidad, y en la 2ª segunda son mesas individuales de 100 cm de longitud por 70 cm de profundidad. En las de teoría las mesas son dobles y con unas dimensiones de 130 cm de anchura y 50 cm de profundidad.

Según el libro “Guía de recomendaciones para el diseño y selección de mobiliario docente universitario” (1995):

La altura óptima para una mesa es de  $75 \pm 1$  cm (para sillas de 44 cm de altura) o de  $76 \pm 1$  cm (para sillas de 45 cm de altura). La norma ISO 5970 establece unos valores mínimos de 50 cm de profundidad y 70 cm de anchura, en mesas escolares de uso individual. En mesas de dos plazas, la anchura disponible por usuario disminuye hasta los 65 cm. No obstante, las revisiones de la misma que se están realizando con motivo del proyecto de norma prEN, aunque mantienen el valor mínimo de la profundidad, varían los valores mínimos de anchura: 60 cm para mesas de uso individual y entre 65 y 75 cm para mesas de dos plazas. (p. 65,66)

Por lo tanto, si analizamos las mesas que encontramos en nuestras aulas de estudio, podemos observar que para todas las mesas la altura es la óptima para todas las aulas, 75 cm. En el primer caso, el aula de simulación 21, el alumno dispone de un espacio de 80 cm de anchura y 70 cm de profundidad lo cual quiere decir que el usuario dispone de una espacio mayor que el óptimo en ambas dimensiones. Sin embargo, la adición de los periféricos del ordenador hace que ese espacio quede reducido a 80 cm de longitud y 23,5 cm de profundidad.

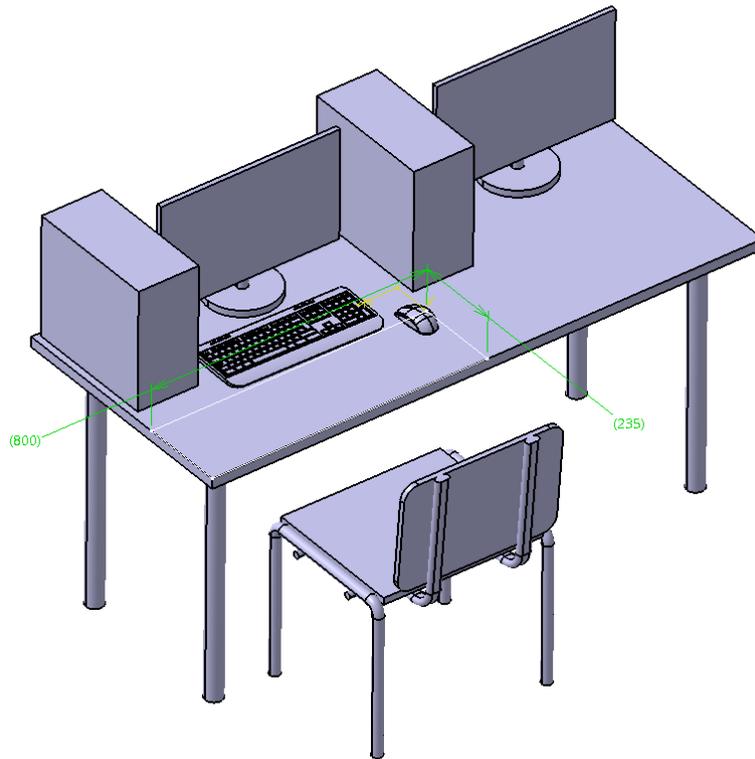


Fig. 46. *Espacio disponible libre para el alumno en el aula de simulación 21.* Unidades: mm. Fuente: Elaboración propia.

Y en el segundo caso, aula de simulación 22, cada alumno tiene a su disposición una mesa de 100 cm de anchura y de 70 cm de profundidad por tanto en este otro caso nos encontramos una situación mejor que la anterior. El alumno dispone de una superficie de 101 cm de longitud y 25 cm de anchura.

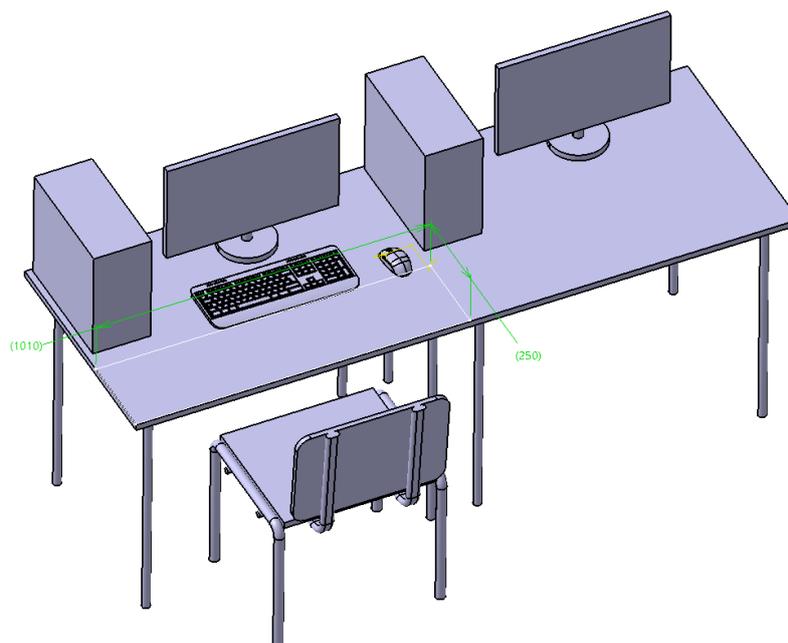


Fig. 47. *Espacio disponible libre para el alumno en el aula de simulación 22*. Unidades: mm. Fuente: Elaboración propia.

En las aulas de teoría estaríamos justo en los valores óptimos, disponiendo cada usuario de 65 cm de longitud y 50 cm de profundidad y con la altura adecuado, además al no haber ordenadores ni sus periféricos correspondientes, el espacio por alumno es adecuado.

Tras este pequeño análisis consideramos que las mesas en las aulas de teoría de este aulario IndUVa están correctamente seleccionadas, ya que las dimensiones son las óptimas.

Por otro lado, las aulas de simulación, que disponen de menos espacio, están peor que las de teoría, y sobre todo en el caso del modelo de aula 21. Partiendo de la base de que un folio mide 297 mm de largo, podemos observar como para ningún caso, con los periféricos puestos en posición de uso normal, hay espacio suficiente para apoyar completamente un folio y en una posible situación de tomar apuntes o realizar ejercicios en papel con la ayuda del ordenador (situaciones que se dan con mucha frecuencia) el alumno se vería obligado a mover el teclado y el ratón de forma ya antinatural e incómoda de usar. Por lo tanto, sería aconsejable aumentar las dimensiones de las mesas o instalar periféricos de menor tamaño como, por ejemplo, reducir el tamaño de la base del monitor o incluso la torre del ordenador.

#### **4.4.2. SILLAS:**

Las sillas son iguales para todos los modelos de estudios, y tienen las siguientes dimensiones: 45 cm de altura, 46 cm de anchura del asiento y del respaldo, 43 cm de profundidad del asiento

Según el libro: Guía de recomendaciones para el diseño y selección de mobiliario docente universitario: “La altura óptima para una silla es de 45 cm y la profundidad es 41-42 cm. La anchura del asiento recomendable está entre 42 y 46 cm.”

Si nos basamos en las recomendaciones que el libro nos aporta vemos que las sillas del aulario IndUVa tienen las dimensiones óptimas.

## 5. SIMULACIÓN

Como apoyo para todos los análisis hechos con anterioridad y gracias al programa CATIA V5 realizamos una simulación de un puesto de trabajo del aula de simulación, es decir una mesa con un alumno y la relación entre ambos. Lo primero que hice fue crear, mediante unas medidas previamente obtenidas, el puesto de trabajo incluyendo los ordenadores, ratón teclado, monitor, silla y mesa de las aulas 21 y 21 de simulación del aula IndUva. Después creamos una serie de maniqués a través del módulo de ergonomía que el Catia dispone (Ergonomic Design and Analysis) de percentiles 5, 50 y 95 de la población francesa (datos que nos ofrece la base de datos del programa y que son los que más se pueden parecer a los españoles). Y, por último, para poder evaluar el puesto de trabajo escogimos el método RULA, recomendado por el INSHT para este tipo de situaciones mediante la asistencia que el programa incluye sacaremos los correspondientes resultados.

El método RULA fue desarrollado por los doctores McAtamney y Corlett de la universidad de Nottingham en 1993 (Institute for Occupational Ergonomics, en el Reino Unido) y es que vamos a utilizar para evaluar una postura concreta de los estudiantes en la situación de uso normal del aula para diferentes percentiles.

Este método evalúa la exposición de los estudiantes a factores de riesgo que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo: posturas, repetitividad de movimientos, fuerzas aplicadas, actividad estática del sistema musculoesquelético...

RULA evalúa solamente posturas concretas y es importante que estén bien escogidas y que sean las que tienen una carga postural más elevada. Para nuestro caso la posición que queremos estudiar es cuando un alumno se encuentra sentado en la silla utilizando el ratón con una mano y el teclado del ordenador con la otra. Esta postura es la que mayor carga, para las dos aulas, postural requiere ya que no permite al usuario sentarse y descansar los brazos de forma cómoda sobre la mesa, sino que tiene que usar el ordenador de la forma más cómoda que le sea posible.

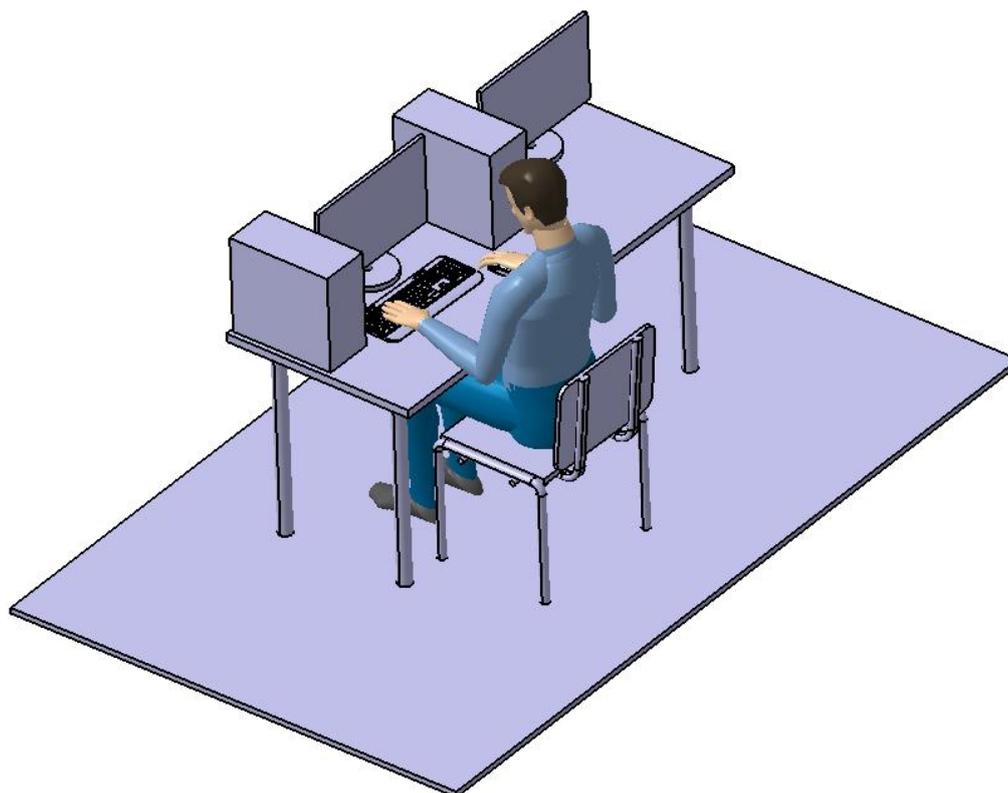


Fig. 48. *Posición de estudio escogida para el aula 21.* Fuente: Elaboración propia.

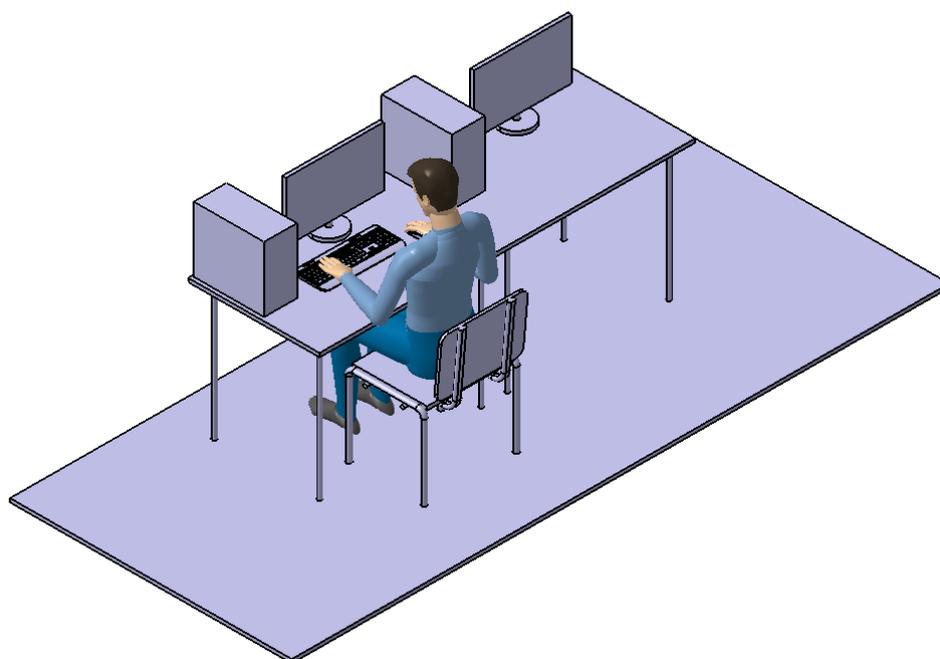


Fig. 49. *Posición de estudio escogida para el aula 22.* Fuente: Elaboración propia.

Para ciclos de trabajo largos se suelen realizar diferentes evaluaciones en una serie de intervalos regularmente escogidos y se incluye el tiempo que la persona está en esa postura. Para nuestro caso lo despreciamos porque el estudiante no suele pasar más de tres o cuatro horas en esa posición debido a que las duraciones de las clases normalmente no exceden nunca de esas duraciones, por tanto, consideramos esa posición como estática.

Las mediciones que el método realiza sobre las posturas son fundamentalmente angulares; analizan los ángulos que forman los miembros del cuerpo con respecto a determinadas referencias. El Catia nos ayuda mucho en este aspecto ya que nos permite modificar todos y cada uno de esos ángulos a nuestro antojo.

El método se aplica dividiendo el cuerpo en dos lados; derecho e izquierdo. Y pese a que se podría llegar a analizar sólo el que está sometido a mayor carga postural, es conveniente hacerlo de ambos lados.

También RULA realiza otra división más aparte de la comentada anteriormente, divide el cuerpo en dos grupos: grupo A, miembros superiores; y grupo B, que se corresponde con las piernas, el tronco y el cuello. Mediante una serie de tablas asociadas al método se asignan diferentes puntuaciones a cada zona corporal. A posteriori, se modifican las puntuaciones globales en A y en B en función del tipo de actividad muscular que el usuario desarrolla y de la fuerza que aplica. Con esa última puntuación se obtienen las conclusiones ya que, el valor final es proporcional al riesgo que conlleva la realización de dicha tarea.

En el Anexo I podemos observar la forma de aplicar el método RULA según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Para mi estudio he escogido los siguientes casos, vamos a realizar para los siguientes percentiles y tanto para hombres como para mujeres de nacionalidad francesa ya que, es la más parecida a la española que viene integrada en la base de datos del programa. En la siguiente tabla podemos observar la estatura en milímetros de los diferentes percentiles para hombres y mujeres.

<b>Percentil/Sexo</b>	<b>HOMBRE</b>	<b>MUJER</b>
<b>5</b>	1639,69	1520,37
<b>50</b>	1744,80	1621,20
<b>95</b>	1849,91	1722,03

Fig. 50. *Percentiles de la estatura en milímetros de la población francesa, hombres y mujeres.* Fuente: Elaboración propia.

Para confirmar que la población francesa escogida para el estudio es la más similar me he fijado en una publicación del Instituto de Biomecánica de Valencia que realizaron en el cual decían lo siguiente (2015):

Si observamos que la media de altura del hombre español ha pasado de 171,8 cm establecidos por el INE en 1998 a los 173,1 cm según el estudio llevado a cabo por el IBV.

Por lo tanto, ese 1744,8 mm que nos ofrece la base de datos para el percentil 50 de un hombre es bastante similar a nuestra población. Además, un estudio de la OECD de 2019 nos enseña la estatura media de los países europeos comparados unos con otros, y en la siguiente foto podemos apreciar como la población francesa tanto en hombre como en mujeres es muy similar a la nuestra, y mucho más si la comparamos con la alemana (también nos da la posibilidad el programa de escogerla).

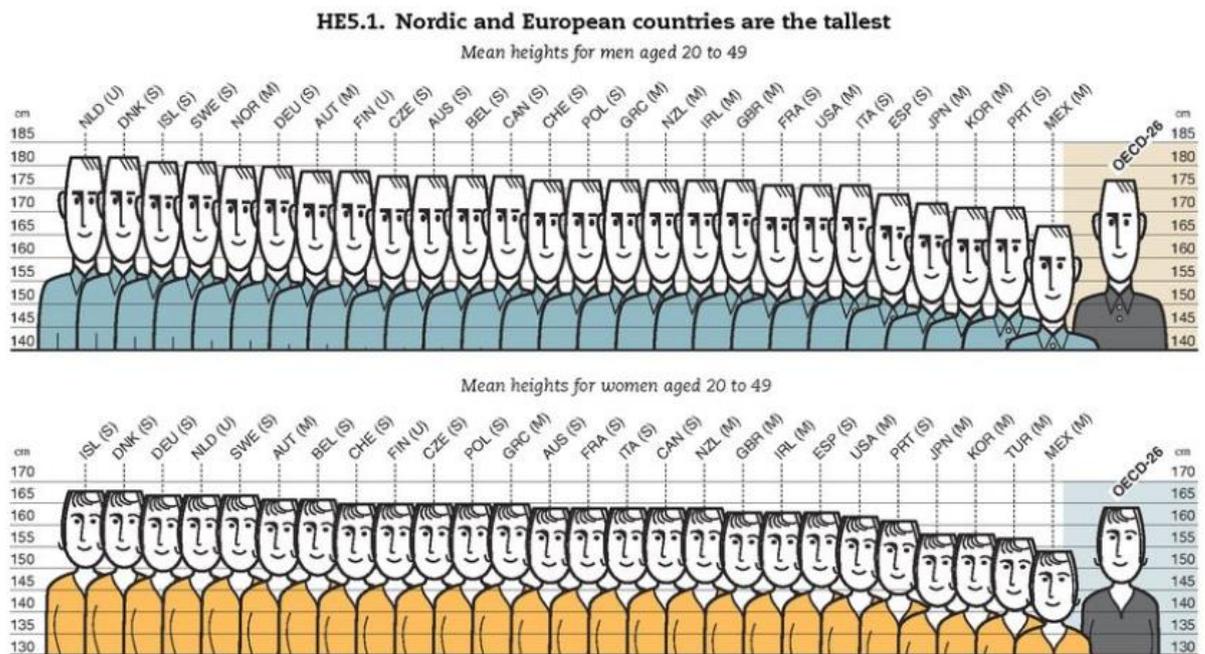


Fig. 51. Gráfico de las alturas de hombres y mujeres de 20 a 49 años en Europa.  
Fuente: OECD (2009), "Height", in Society at a Glance 2009: OECD Social Indicators.

Una vez fijada la población francesa de la base de datos del programa, nos damos cuenta de que para el percentil 5 de hombres, como para el 5 y el 50 de las mujeres, la estatura es relativamente baja y a la hora de sentarse en la silla se encuentran con el inconveniente de que, o bien no son capaces de apoyar los pies completamente para así poder apoyar la espalda correctamente, o bien que apoyando los pies completamente en el suelo no son capaces de apoyar la espalda. De todas formas, para intentar plasmar y estudiar esto hemos realizado el método RULA, como en los casos previos, pero ahora activando en la opción de "Check Balance" que nos ofrece el programa, en las siguientes capturas podemos ver cuáles fueron los resultados obtenidos. Como para la silla para ambas aulas es igual para ambas aulas y la altura de la mesa no varía, necesitaremos analizar tanto hombre de percentil 5 como mujer, pero sólo en una de las dos aulas.

Finalmente, y apoyándonos en una herramienta del Catia V5, en aras de completar mi estudio, realicé otro análisis más, pero este simplemente visual del campo de actuación que el maniquí tiene en cada situación con la herramienta "Computes a reach envelope" que nos ofrece el programa. El propio módulo del programa incluye una herramienta que permite generar una envolvente definida por el posible alcance del maniquí creado previamente en el espacio 3D y, gracias a esto, observamos si esa envolvente creada

interfiere con algún objeto del puesto de trabajo, principalmente con las torres de los ordenadores. Estudié para ambos géneros y aulas ya que, el tamaño de las mesas de un aula a otro varía y el de los periféricos y la torre del ordenador no, por eso el espacio disponible para el alumno varía y estudié sendas clases. Pero tras la observación de las diferentes envolventes de todos los posibles casos, vimos que sólo había interferencias para algunos casos del aula 21, y que en la 22 ninguno de los percentiles, ya fuera hombre o mujer, interfería. Esto es debido a que el tamaño de la mesa del aula 22 es mayor, y por tanto el espacio libre también. Y por esta misma razón hemos incluido únicamente las imágenes del aula de simulación 21 en el siguiente apartado.

## 6. RESULTADOS SIMULACIÓN

A continuación, se encuentran las diferentes fotos de los análisis realizados. En ellas se puede apreciar la valoración para el método RULA que el programa calcula y el maniquí con una básica escala de colores que nos permite apreciar que zonas del cuerpo son las que sufren mayor carga postural. Sobre aquellas que estén en color rojo o naranja son en las que más nos tendremos que fijar y las que hay que intentar corregir en la medida de lo posible.

Primero vamos a realizar el análisis para el aula de simulación 21 del aulario IndUVa.

- Hombre de percentil 5:

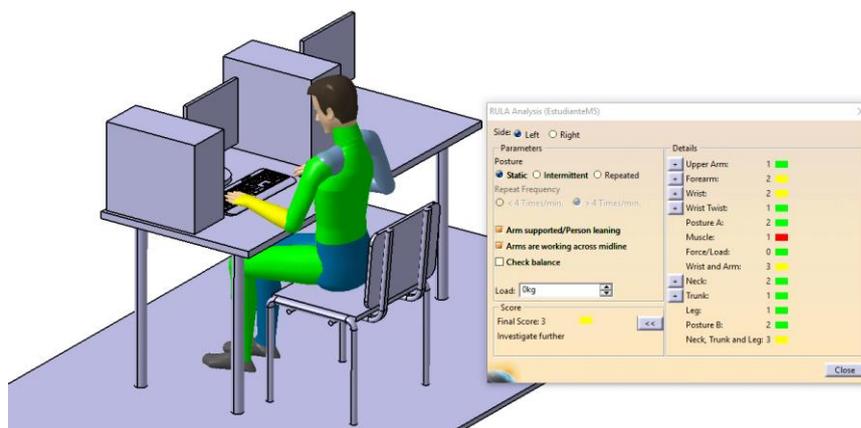


Fig. 52. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de un hombre de percentil 5 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.

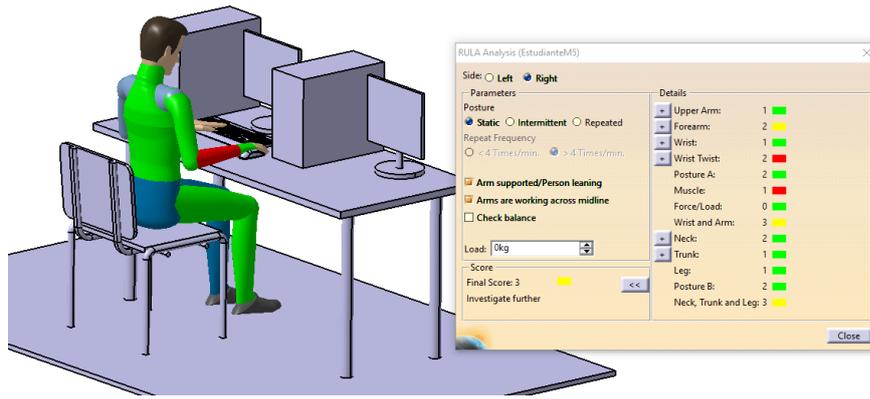


Fig. 53. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de un hombre de percentil 5 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.

- Hombre de percentil 50:

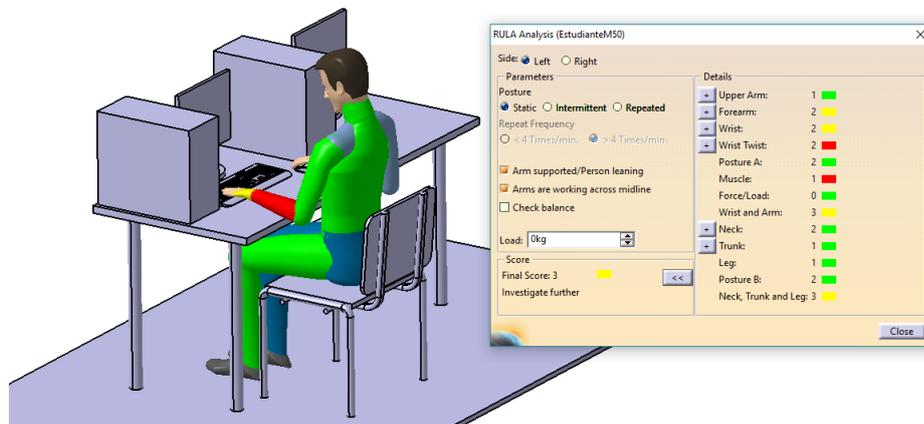


Fig. 54. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de un hombre de percentil 50 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.

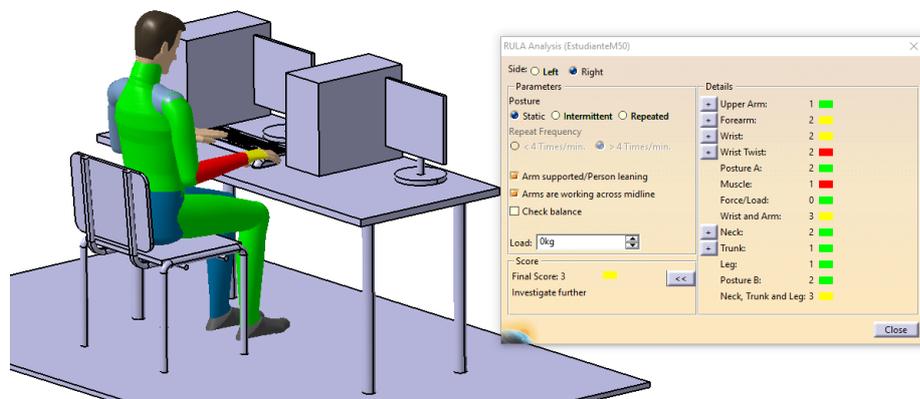


Fig. 55. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de un hombre de percentil 50 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.

- Hombre de percentil 95:

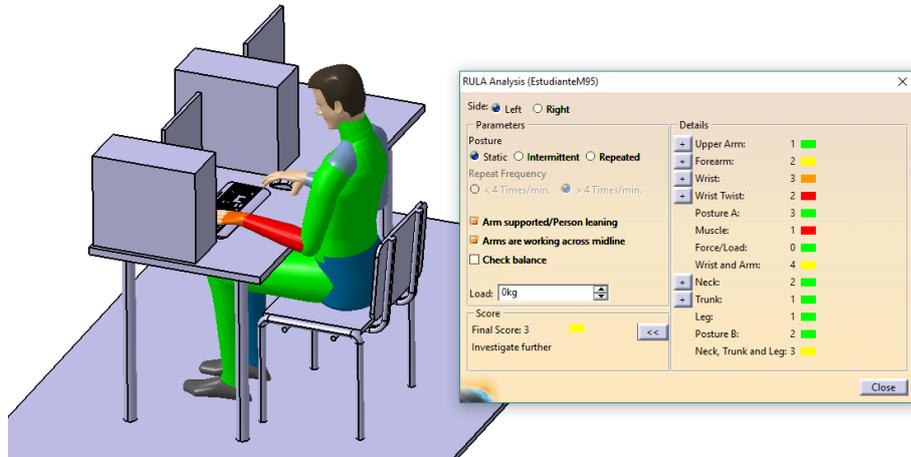


Fig. 56. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de un hombre de percentil 95 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.

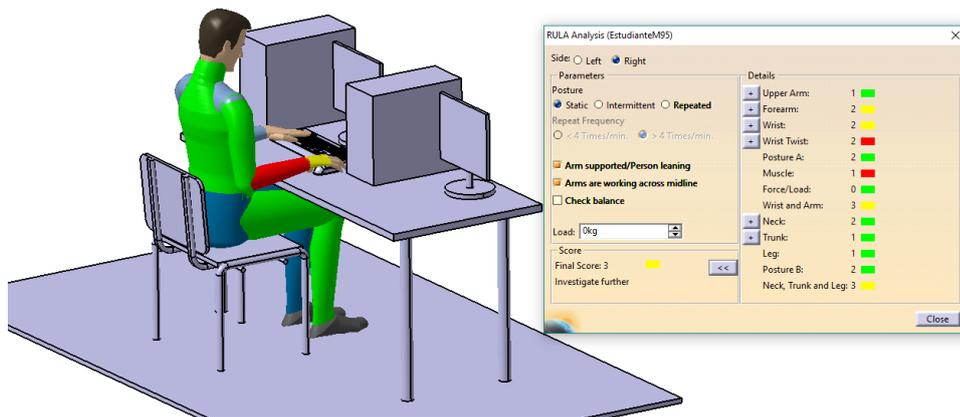


Fig. 57. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de un hombre de percentil 95 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.

- Mujer de percentil 5:

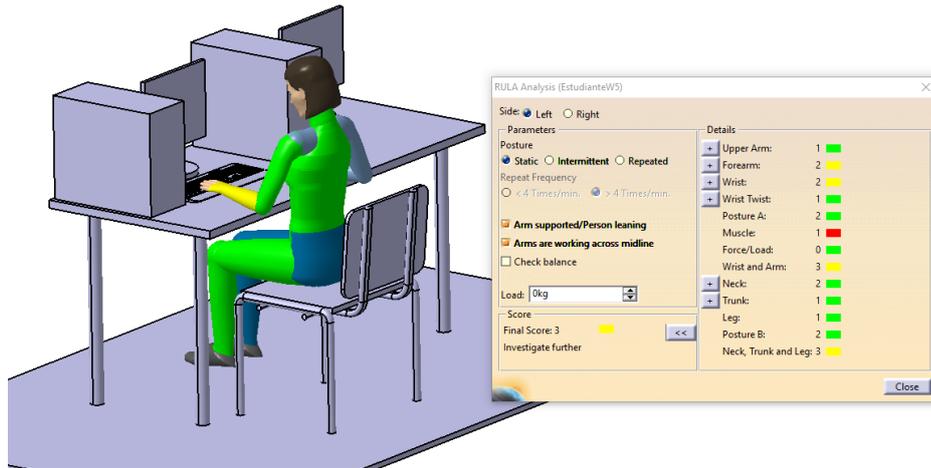


Fig. 58. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de una mujer de percentil 5 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.

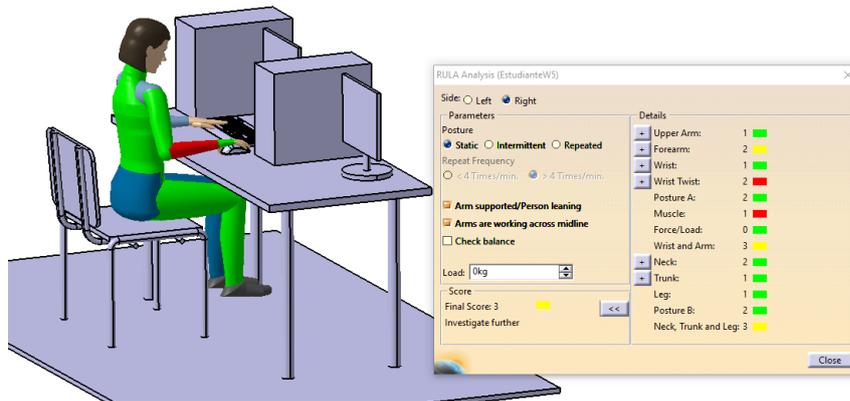


Fig. 59. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de una mujer de percentil 5 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.

- Mujer de percentil 50:

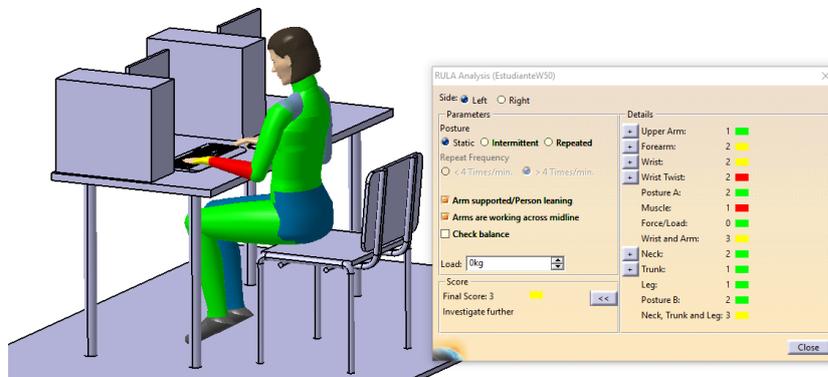


Fig. 60. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de una mujer de percentil 50 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.

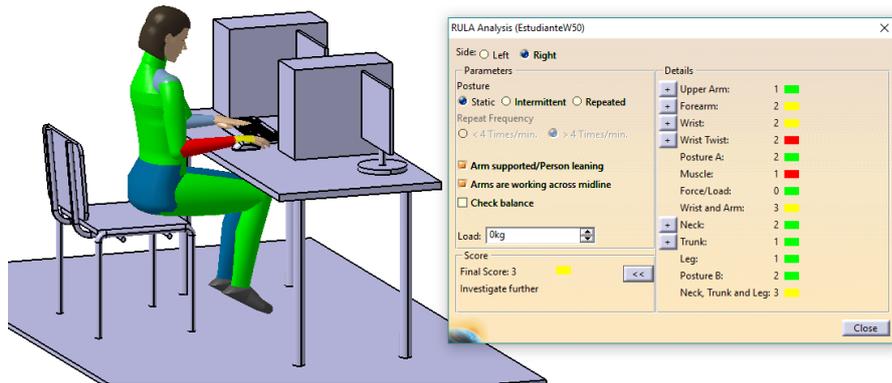


Fig. 61. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de una mujer de percentil 50 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.

- Mujer de percentil 95:

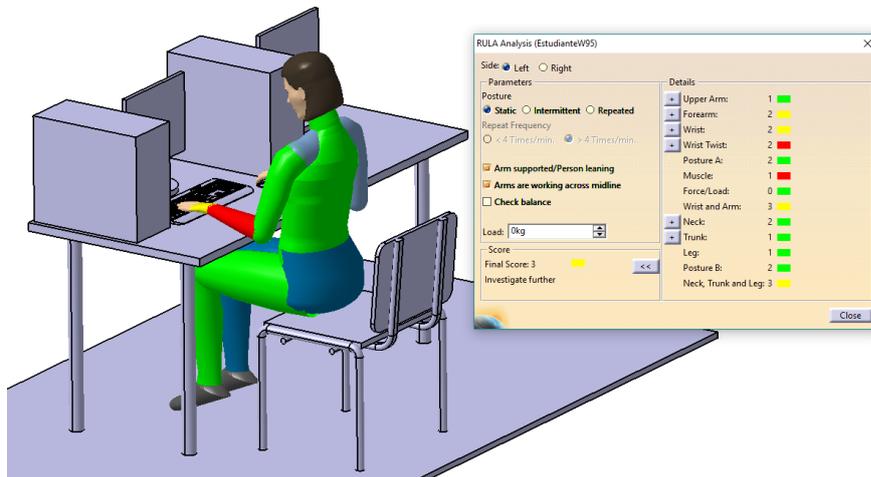


Fig. 62. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de una mujer de percentil 95 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.

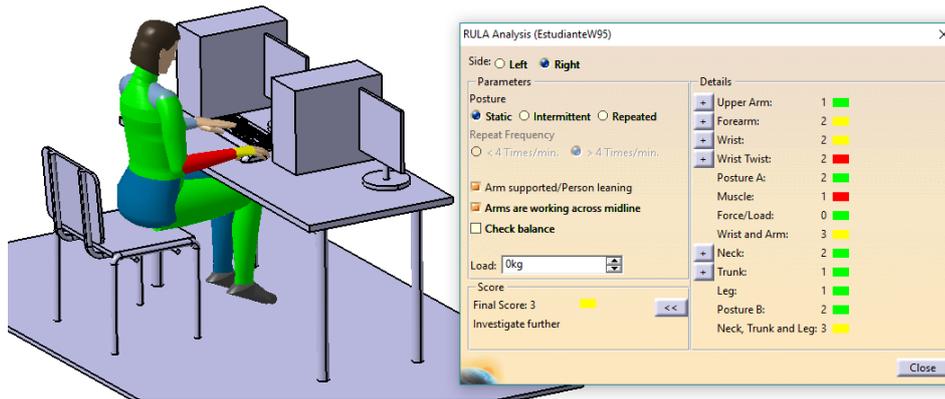


Fig. 63. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de una mujer de percentil 95 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.

Y ahora presentamos los datos obtenidos tras el análisis del aula de simulación 22 del aulaario IndUVa.

- Hombre de percentil 5:

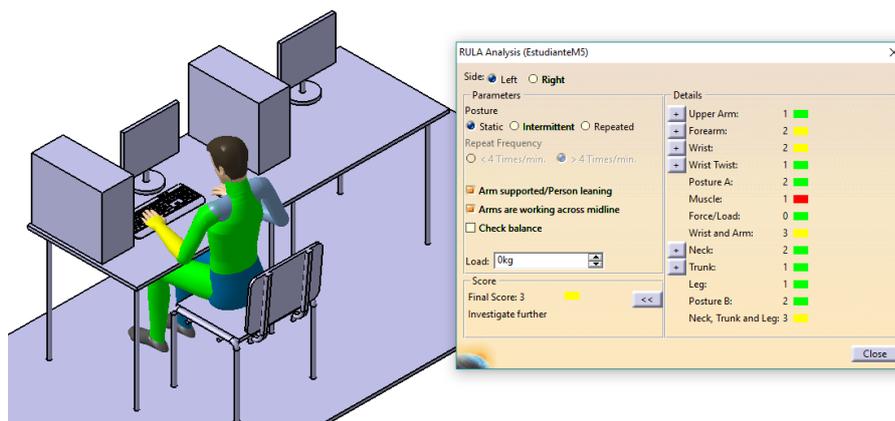


Fig. 64. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de un hombre de percentil 5 en el aula 22. Fuente: Elaboración propia.

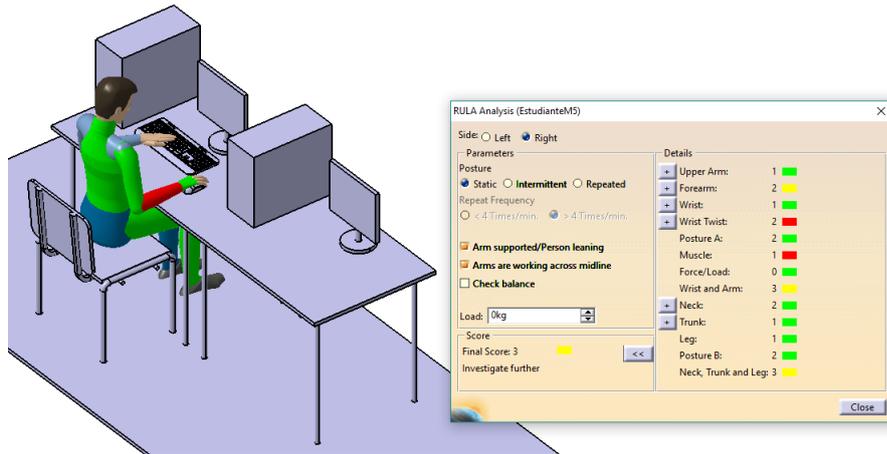


Fig. 65. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de un hombre de percentil 5 en el aula 22. Fuente: Elaboración propia.

- Hombre de percentil 50:

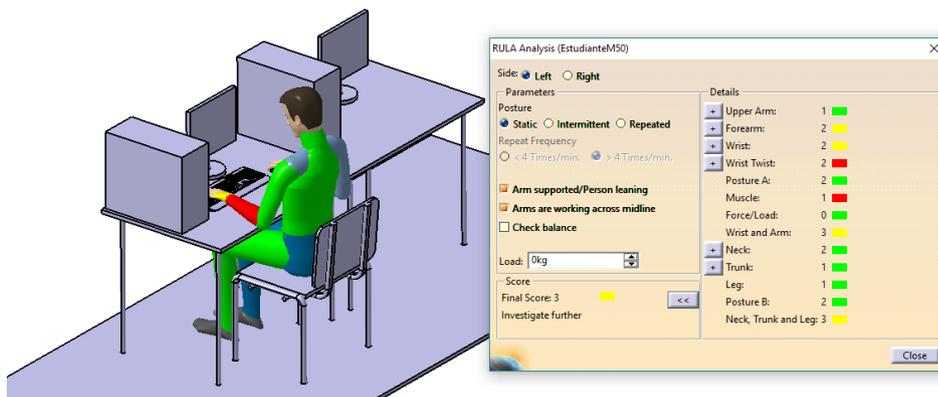


Fig. 66. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de un hombre de percentil 50 en el aula 22. Fuente: Elaboración propia.

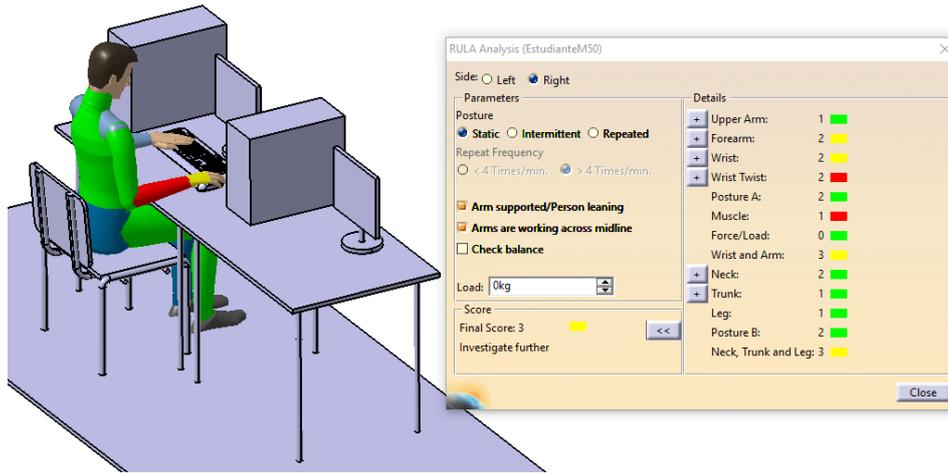


Fig. 67. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de un hombre de percentil 50 en el aula 22. Fuente: Elaboración propia.

- Hombre de percentil 95:

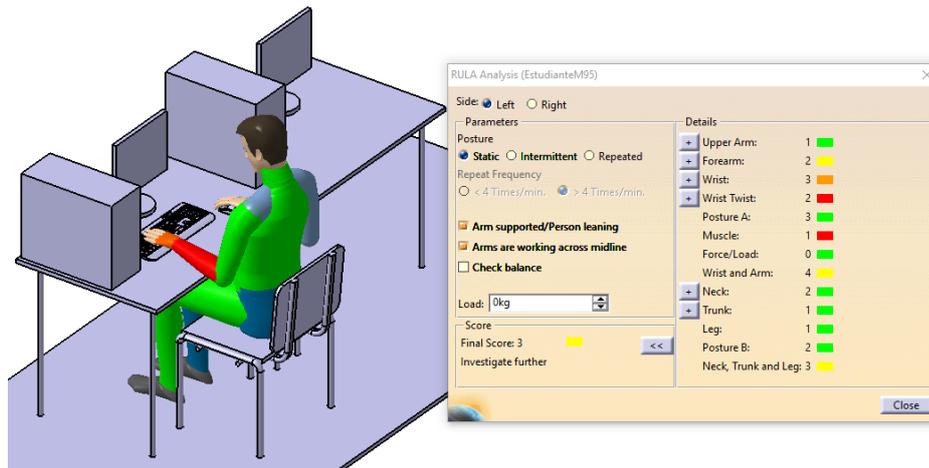


Fig. 68. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de un hombre de percentil 95 en el aula 22. Fuente: Elaboración propia.

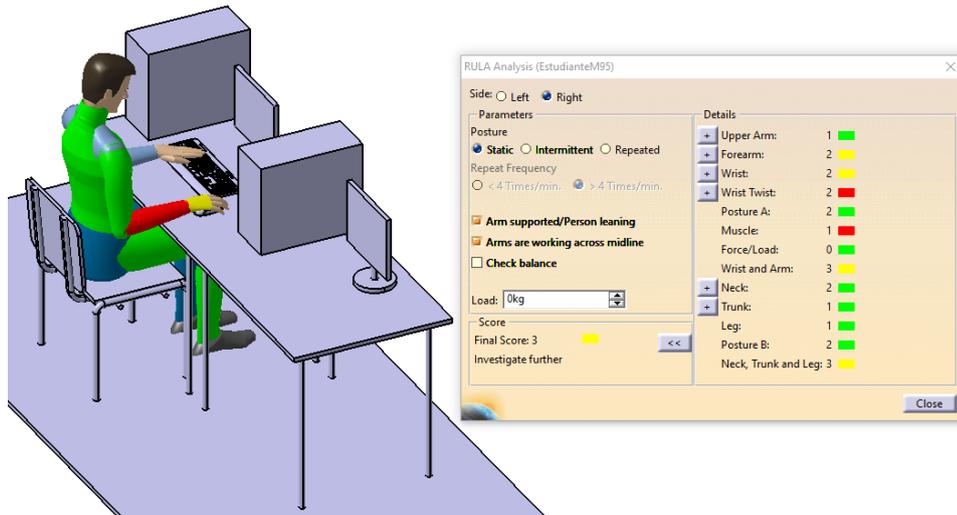


Fig. 69. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de un hombre de percentil 95 en el aula 22. Fuente: Elaboración propia.

- Mujer de percentil 5:

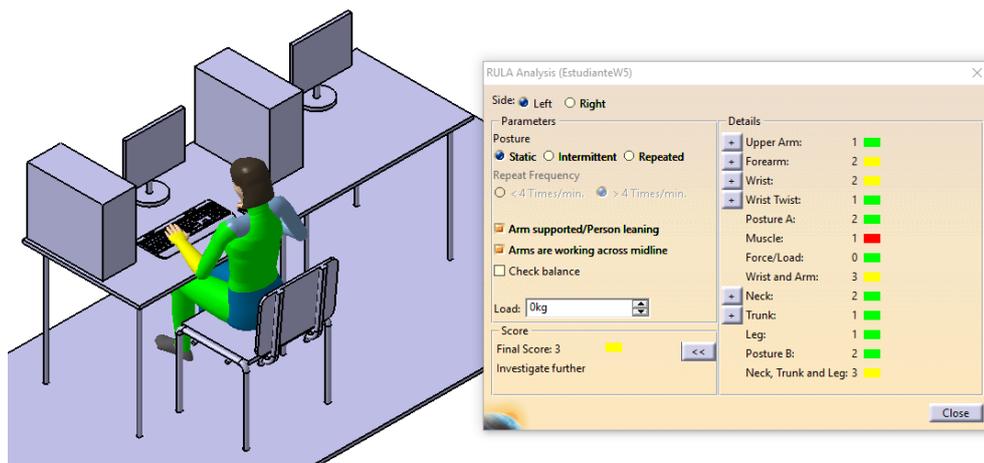


Fig. 70. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de una mujer de percentil 5 en el aula 22. Fuente: Elaboración propia.

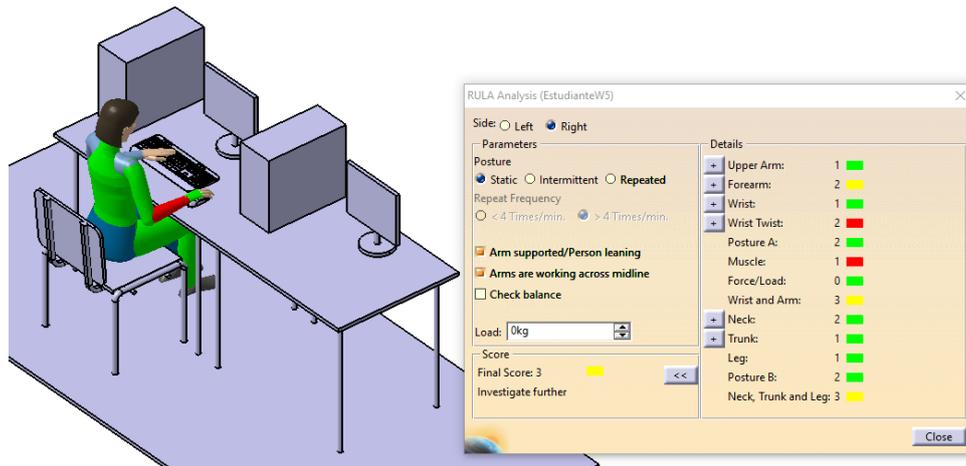


Fig. 71. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de una mujer de percentil 5 en el aula 22. Fuente: Elaboración propia.

- Mujer de percentil 50:

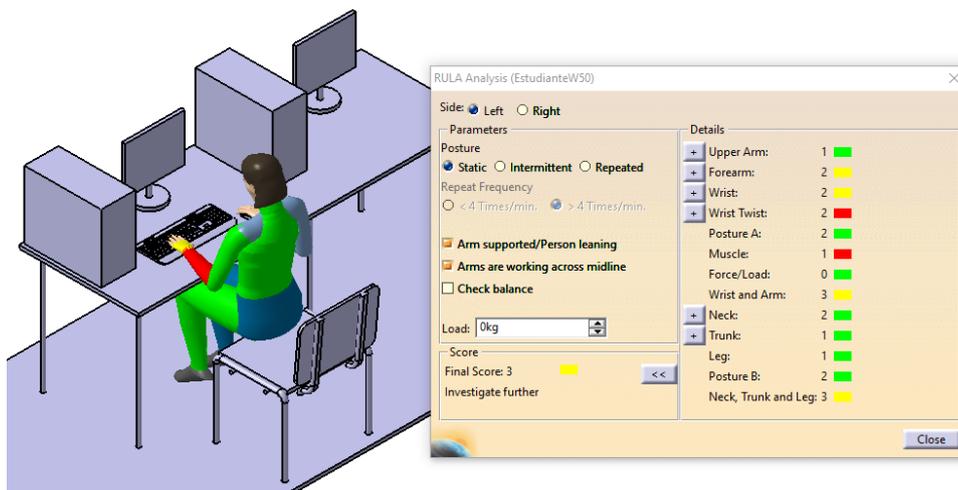


Fig. 72. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de una mujer de percentil 50 en el aula 22. Fuente: Elaboración propia.

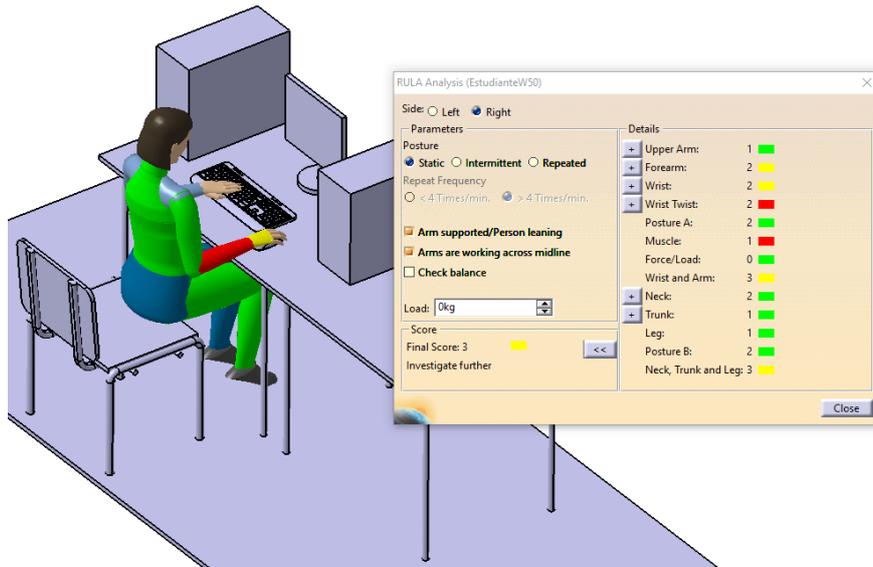


Fig. 73. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de una mujer de percentil 50 en el aula 22. Fuente: Elaboración propia.

- Mujer de percentil 95:

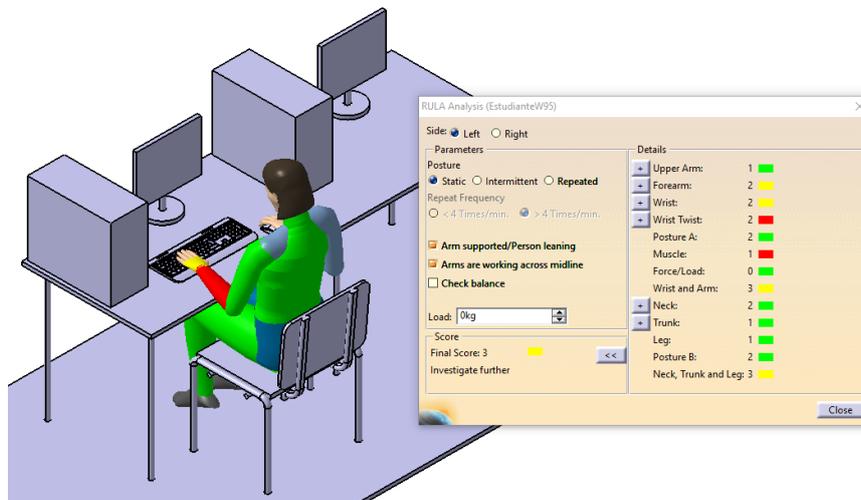


Fig. 74. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de una mujer de percentil 95 en el aula 22. Fuente: Elaboración propia.

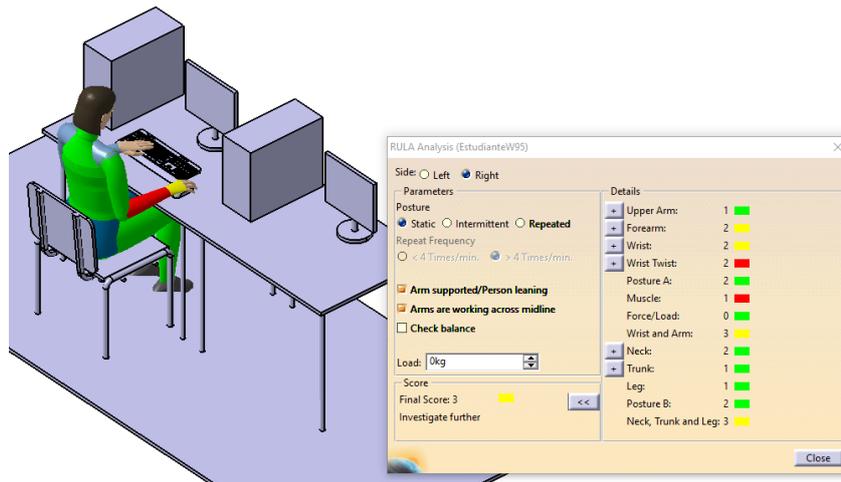


Fig. 75. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de una mujer de percentil 95 en el aula 22. Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes imágenes vamos a mostrar cuáles fueron los resultados obtenidos tras la modificación de “Check Balance” en el RULA primero para el aula de simulación 21 y luego para la 22.

- Aula de simulación 21:



Fig. 76. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de un hombre de percentil 5 en el aula 21 y con la opción de “Check Balance” activada. Fuente: Elaboración propia.

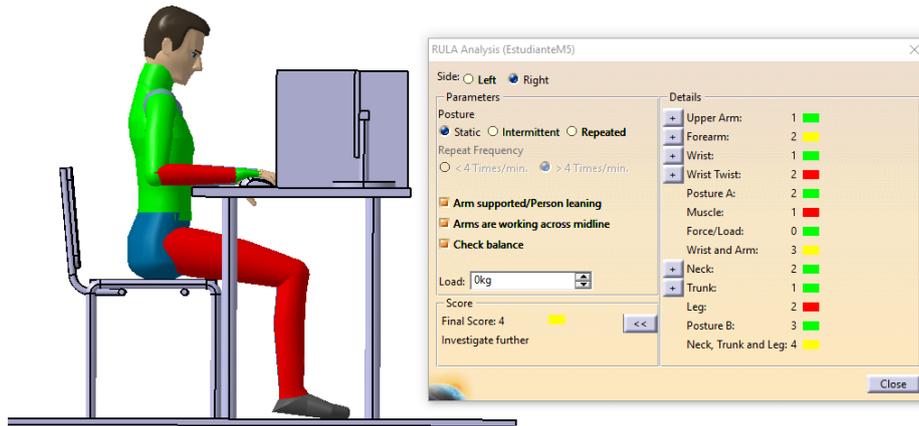


Fig. 77. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de un hombre de percentil 5 en el aula 21 y con la opción de “Check Balance” activada. Fuente: Elaboración propia.

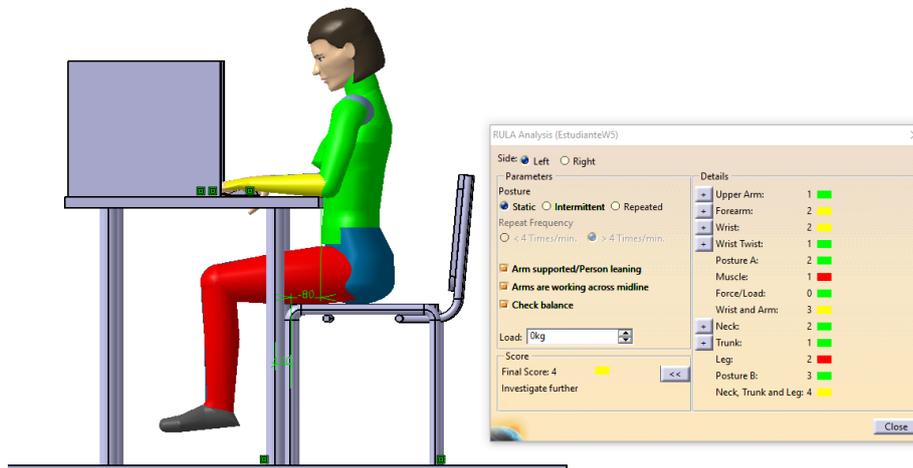


Fig. 78. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de una mujer de percentil 5 en el aula 21 y con la opción de “Check Balance” activada. Fuente: Elaboración propia.

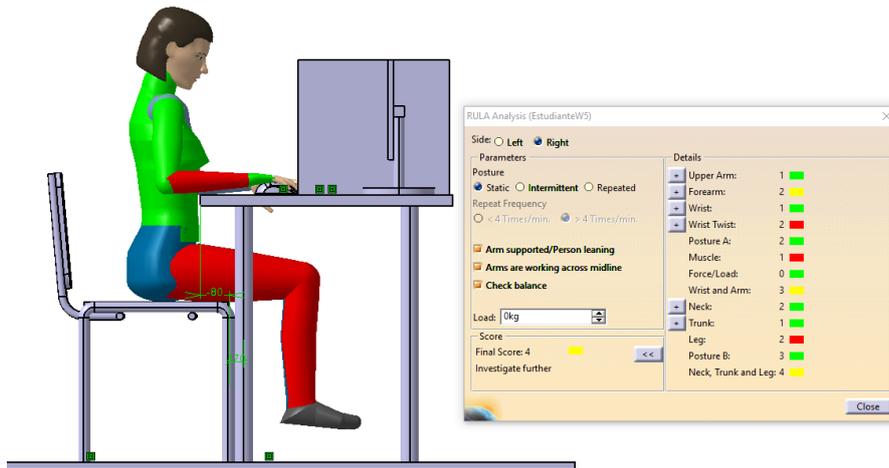


Fig. 79. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de una mujer de percentil 5 en el aula 21 y con la opción de “Check Balance” activada. Fuente: Elaboración propia.

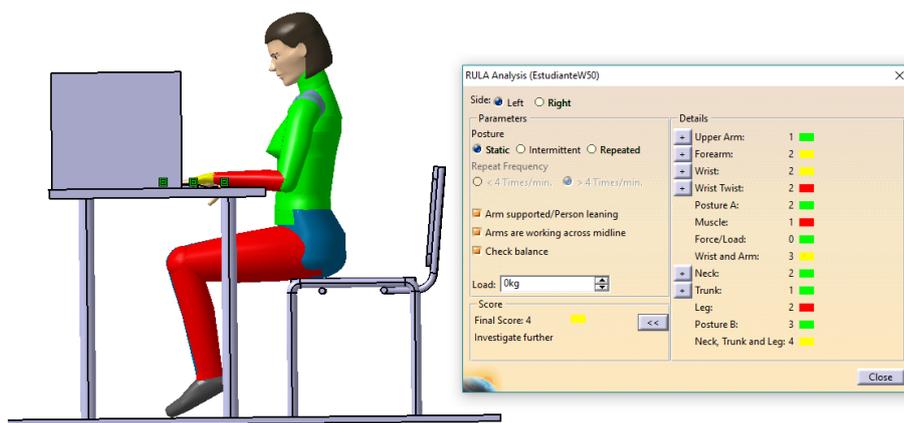


Fig. 80. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de una mujer de percentil 50 en el aula 21 y con la opción de “Check Balance” activada. Fuente: Elaboración propia.

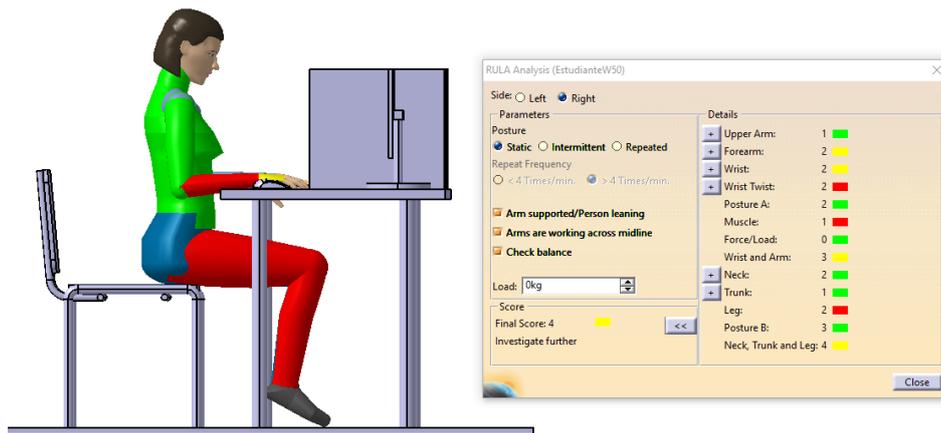


Fig. 81. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de una mujer de percentil 50 en el aula 21 y con la opción de “Check Balance” activada. Fuente: Elaboración propia.

- Aula de simulación 22:

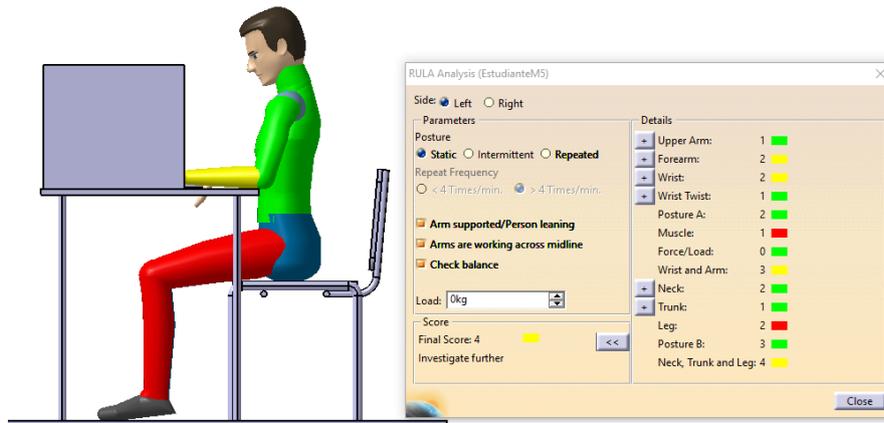


Fig. 82. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de un hombre de percentil 5 en el aula 22 y con la opción de “Check Balance” activada. Fuente: Elaboración propia.

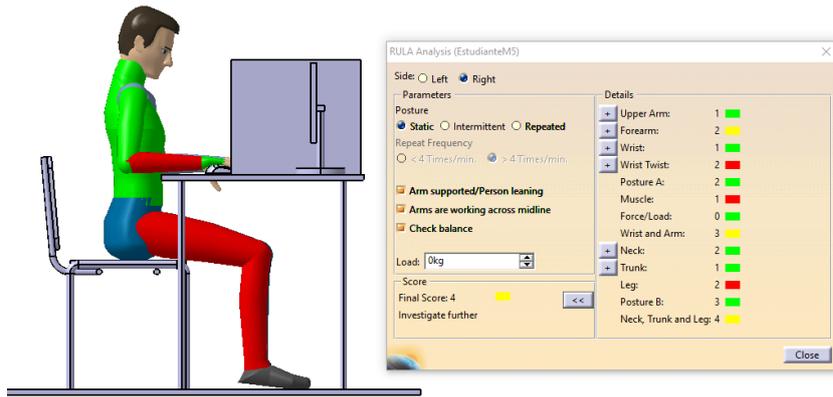


Fig. 83. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de un hombre de percentil 5 en el aula 22 y con la opción de “Check Balance” activada. Fuente: Elaboración propia.

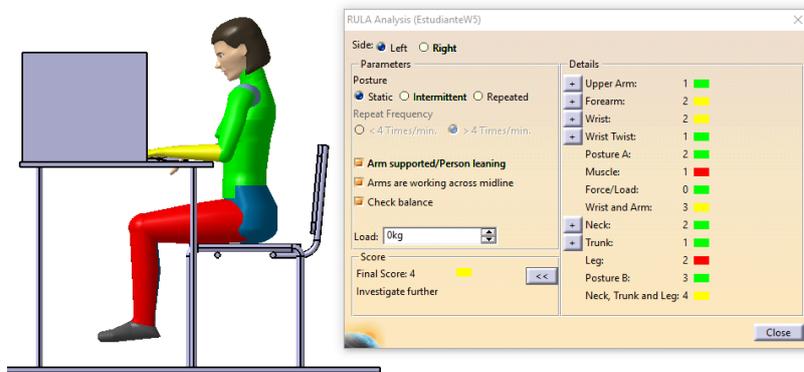


Fig. 84. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de una mujer de percentil 5 en el aula 22 y con la opción de “Check Balance” activada. Fuente: Elaboración propia.

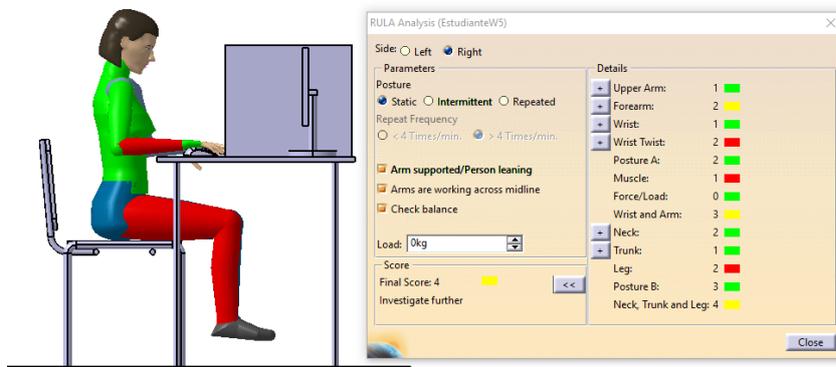


Fig. 85. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de una mujer de percentil 5 en el aula 22 y con la opción de “Check Balance” activada. Fuente: Elaboración propia.

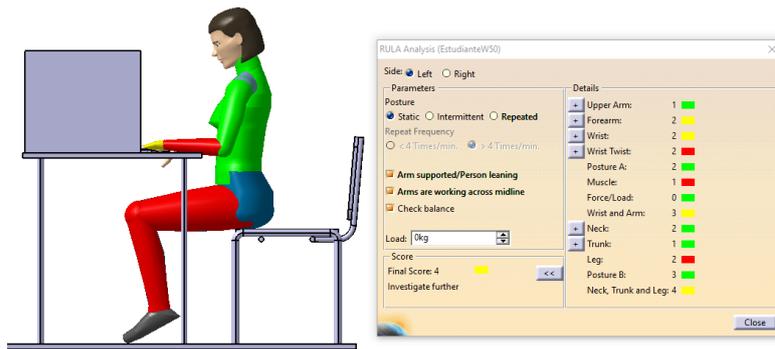


Fig. 86. Resultados del método RULA del lado izquierdo del cuerpo de una mujer de percentil 50 en el aula 22 y con la opción de “Check Balance” activada. Fuente: Elaboración propia.

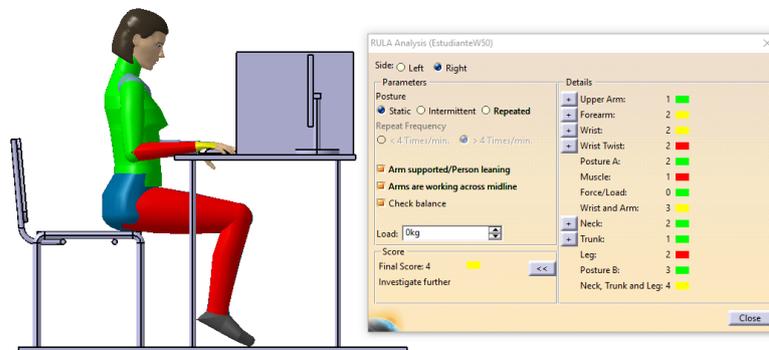


Fig. 87. Resultados del método RULA del lado derecho del cuerpo de una mujer de percentil 50 en el aula 22 y con la opción de “Check Balance” activada. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, veremos las imágenes tomadas para realizar el estudio de esta envolvente.

- Aula de simulación 21:

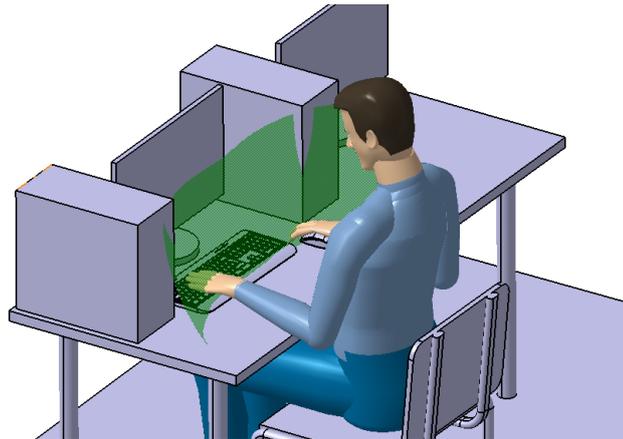


Fig. 88. *Envolverte del alcance de las manos de un hombre de percentil 95 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.*

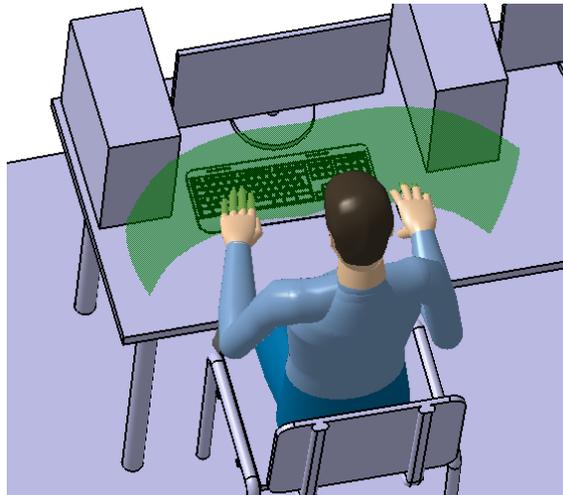


Fig. 89. *Envolverte del alcance de las manos de un hombre de percentil 50 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.*



Fig. 90. *Envolverte del alcance de las manos de un hombre de percentil 5 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.*

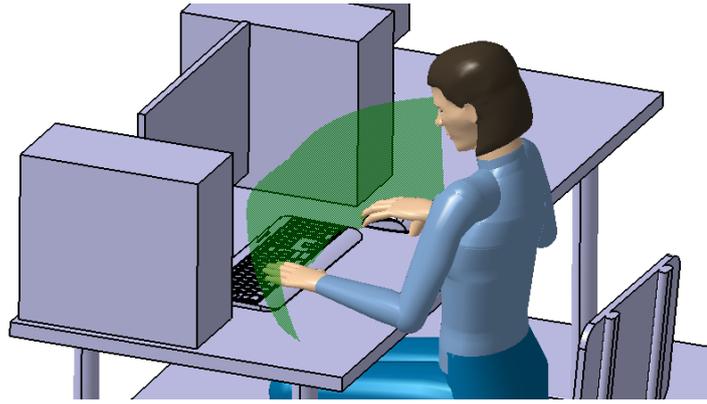


Fig. 91. *Envolvente del alcance de las manos de una mujer de percentil 5 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.*

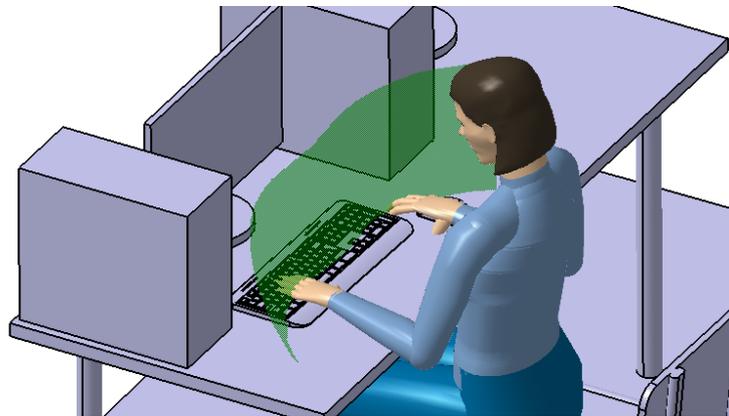


Fig. 92. *Envolvente del alcance de las manos de una mujer de percentil 50 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.*

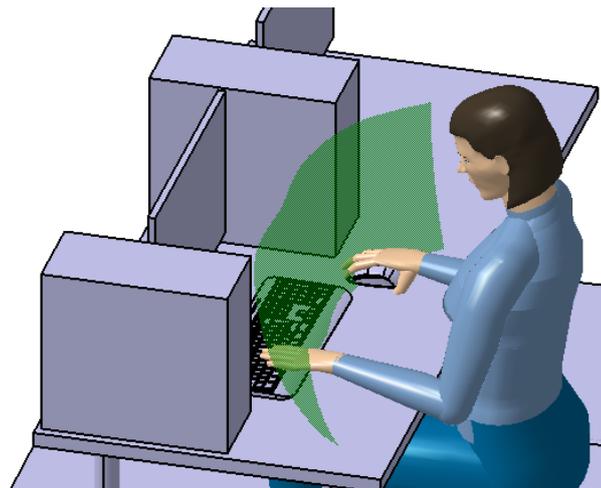


Fig. 93. *Envolvente del alcance de las manos de una mujer de percentil 95 en el aula 21. Fuente: Elaboración propia.*

# 7. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

## 7.1. NIVEL DE ILUMINACIÓN:

El nivel de iluminación que escogimos como óptimo recomendado para las aulas de simulación, son esos 200 lx que establece el manual de Indalux para auditorios de uso múltiple. Sin embargo, para garantizar un mejor estado desde el punto de vista lumínico para todas las aulas escogí como óptimo 500 lx mínimos para docencia y aulas de estudio (Fig. 45).

Con respecto al aula 34 de teoría estudiado, llegué a la conclusión de que no llegaba a alcanzar los 500 lx en todos los casos, y es posible que el aula realmente sí que esté diseñada para ofrecer ese nivel, pero la realidad y el estudio nos muestra cómo para algunas zonas no se alcanza. Pese a ello, considerando que los alumnos no llegan a estar casi nunca 8 horas de trabajo en la clase de forma continua en un mismo día (como si fuera una jornada laboral en un puesto de trabajo) y que las mediciones fueron realizadas en un día nublado, el nivel de iluminación que alcanza puede ser válido, pero si realmente la Escuela quiere que el usuario trabaje en las condiciones óptimas, este nivel debe aumentarse.

Las aulas de simulación por otro lado se encuentran en peores condiciones que las de teoría ya que además de no disponer de iluminación natural, la artificial es insuficiente y no alcanza los 500 lx recomendados. Se puede pensar que esta aula está destinado simplemente a la impartición de clases prácticas en las que los usuarios sólo utilicen los ordenadores y que por ese motivo las exigencias visuales sean menores y de esta forma si que se suficiente. Pero aun considerando la actividad similar a la de un auditorio de usos múltiples (200 lx) en algunas posiciones estudiadas no llega a dicho nivel. Por tanto, considero que para las nuevas aulas de simulación que se construyan en un futuro, así mismo como para las ya construidas, se debería aumentar bastante para ofrecer, al menos 400 lx. Mi experiencia personal además me dice que en este tipo de clases alguna vez los alumnos necesitan tomar apuntes, al igual que en las de teoría, lo que significa que los estudiantes estarían en un nivel muy deficiente para dicha actividad.

## **7.2. AMBIENTE ACÚSTICO:**

Como en el apartado anterior nos fijamos en el nivel de ruido que el INSHT establecía para los puestos de trabajo (80 dB), pero como acerca de las aulas o lugares de estudio no decía nada, por tanto, buscando información encontré el NTP 503, que recomienda 40 dB para este tipo de situaciones, y este fue el que escogimos como referencia.

El aula de teoría llega a alcanzar un nivel medio alrededor de los 60 dB lo cual significa que el nivel de ruido es demasiado alto. Al igual pasa en las aulas de simulación, llegan incluso a alcanzar niveles de 70 dB en algún punto, pero la media se encuentra en torno a esos 60 dB y por tanto un nivel de ruido alto, si tenemos en cuenta que las tareas que se realizan en un aula requieren altos niveles de concentración. Es posible que a lo largo de una hora de clase el alumno no note molestia alguna, sin embargo, para clases de mayor duración el nivel de ruido que hay puede acabar resultando molesto para este.

Considero que el nivel de ruido en las aulas es muy mejorable y que a pesar de que los alumnos de forma habitual no suelen pasar tiempos largos como si de una jornada laboral de 8 horas se tratara, ese nivel debe ser disminuido cuanto posible. Creo que la mejor opción para reducirlo está en conseguir un sistema de ventilación y de iluminación menos ruidoso, ya que los proyectores realmente no influyen mucho en las medidas.

Aparte, si realizáramos este estudio con todos los alumnos y todos ellos usando los ordenadores simultáneamente, es posible que el nivel sonoro aumente considerablemente y que las condiciones en las que el usuario trabaja empeoren. (aunque las condiciones de medición que impone el Real Decreto son que se realicen sin el trabajador afectado en el puesto).

## **7.3. AMBIENTE TÉRMICO:**

Desde el punto de vista térmico, también cabe mencionar lo mismo comentado anteriormente para el análisis del nivel acústico, ya que damos por hecho que las condiciones en las que se usará el aula serán peores que las realmente analizadas debido a que sólo estaba yo (el medidor) en el aula en el momento de la medición, cuando la clase esté ocupada por esos 30 alumnos más el profesor los resultados podrían variar.

Si nos fijamos primero en la humedad relativa se ve como las tres aulas, tanto la de teoría, como la de simulación, se encuentran en buenas condiciones si tomamos como referencia el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las

disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, BOE nº 97 23-04-1997 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Anexo III, para trabajos ligeros la humedad debe estar entre 30% y 70%. Para las aulas de simulación obtuve valores entorno al 60% de humedad lo cual es un nivel medianamente alto pero aceptable, por otro lado, el aula 34 obtuvo valores de humedad más cercanos a los 70% pero un poco por debajo. Por lo tanto, en el aula de teoría se podría intentar reducir un poco, pero sin duda, no supone un gran problema para los usuarios.

Según el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97 23-04-1997 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Anexo III, la temperatura debe estar para trabajos sedentarios entre 17 °C y 27 °C. Tomando esos valores como referencia, las aulas objeto de estudio se encuentran con un correcto nivel térmico. Para las de simulación 21 y 22 obtuvimos valores medios de 22 °C y 23 °C respectivamente y en la de teoría valores entre 21 °C y 22 °C.

Por lo tanto, desde el punto de vista térmico las aulas del aulaario se encuentran en buenas condiciones, y no sería necesario realizar ninguna mejora y en caso de querer mejorar algo tendríamos que empezar por el aula 22 ya que sin duda es el obtuvo valores más altos. Acciones que podrían ayudar a mejorar el nivel térmico en las aulas de simulación: mejorar el sistema de refrigeracion de los ordenadores y proyectores; o mejorar el sistema de iluminación, haciendo que emitan menos calor las luminarias.

#### **7.4. MÉTODO RULA:**

Como ya hemos comentado en anteriores puntos, el método RULA se basa un sistema de puntuación el cual nos dice como están posturalmente hablando los diferentes maniquís creados con diferentes percentiles. Como el mobiliario, mesas y sillas, no varía en alturas para las dos aulas de simulación realmente es el mismo estudio, dónde sí que varían y afectan es en el espacio disponible para el alumno ya que las mesas son de distinto longitud.

Si analizamos por encima todos los resultados obtenidos lo primero que vemos es que todos los percentiles, ya sea hombre o mujer, tienen un nivel de carga postural mayor en los brazos, esto es debido a que la posición correcta para mantener las palmas de las manos sería de forma vertical y mirándose la una a la otra, pero lo que sucede es que el

uso del teclado (mano izquierda) y del ratón (mano derecha) obliga al alumno a colocar las palmas hacia abajo de forma completamente horizontal. Esto lo recoge el programa y nos muestra como los músculos de la parte inferior del brazo están sometidos a un alto nivel de carga postural y es por esta razón por la cual el RULA da 3 puntos en vez de 2, que sería los que tendría si tuviera los brazos en la postura óptima. Poco podemos hacer ante esto, ya que hoy en día prácticamente todos los ordenadores se manejan con periféricos de este tipo, que obligan al usuario a mantener dicha postura de forma inevitable.

Si nos fijamos en las puntuaciones obtenidas más en detalle podemos observar como para un hombre de percentil 95 los resultados son un poco peores debido a que la muñeca izquierda tiene que doblarse más de lo recomendable para poder utilizar el teclado de forma adecuada.

El percentil 5 hombre, el 5 y el 50 mujer, sin embargo, hallan más problemas a la hora de sentarse en la silla apoyándose de forma correcta, por eso hice nuevos estudios con la opción “*Check Balance*” activada en la cual se muestra el equilibrio de dichos maniqués sentados, y se puede ver como la pierna completa aparece en color rojo y la puntuación aumenta hasta un 4. Como posible solución a este problema estaría la implantación de sillas de altura regulable o incluso la altura de la propia mesa, de esta forma el alumno tendría la libertad de colocarse la altura de forma que se adapte a su estatura.

Más allá de esto, las conclusiones obtenidas de los resultados del método son positivas porque con respecto a la posición forzada de los brazos no se puede hacer nada, y si el problema que encuentra la gente de baja estatura a la hora de sentarse se soluciona, de la forma comentada anteriormente o de cualquier otra, el resultado global se reduciría a unos 2 puntos, el cual es un resultado más que aceptable para la tarea para la cual está pensada.

## **7.5. ALCANCE DEL ALUMNO:**

Como ya comenté en el apartado anterior este estudio es un complemento a los anteriores e intenta completar más aún el trabajo. Es completamente visual y podemos sacar gracias a él conclusiones acerca del espacio de trabajo del alumno en las aulas de simulación 21 y 22. Me centraré en la primera de ellas porque es la que peores resultados ha obtenido en este análisis.

Esta aula tiene una mesa de 1600 mm para dos alumnos, lo que correspondería a 800 mm por alumnos y a esto habría que restarle los 175 mm que ocupa la torre del ordenador. Viendo las imágenes 88 y 90 nos damos cuenta de que la envolvente interfiere con ambas torres de ordenador de la mesa. Dichos casos son cuando el alumno es un hombre de percentil 95 y cuando es un hombre de percentil 5. El primero de los casos, como se puede intuir, es debido a sus grandes dimensiones, y el segundo caso tiene lugar porque el alumno tiene que sentarse de forma incorrecta, acercándose y metiéndose mucho en la superficie de trabajo, debido a su pequeña estatura.

Esto, no supondría mucho problema en el trabajo que el alumno desempeña durante su uso habitual, y además vemos que sólo sucede en los extremos de la población en cuanto a percentiles, pero, sin embargo, si que nos permite darnos cuenta de que para algunos casos es posible que el espacio destinado para el usuario sea escaso y que, realizando algún movimiento, ya sea manejando simplemente los periféricos del ordenador, este pueda llegar a colisionar con algún ordenador.

Pese a todo esto, podemos recomendar que se aumente el espacio de trabajo del usuario por lo menos como en el aula de simulación 22, en el que vemos que el problema no aparece, bien modificando el tamaño de las mesas o bien reduciendo el tamaño de las torres de los ordenadores. En caso de que ninguna de estas soluciones fuera viable se podría buscar otro sistema de apoyo de las torres ya sea en el suelo o fuera de la mesa, liberando así espacio, o incluso cambiando los ordenadores enteros por otros más compactos.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Del Pozo, A. P; Boluda, A. K; Tortosa, L; Porcar, R; Sánchez, J. L; Nuévalos; J. E; IBV; Martínez E. (1995). *Guía de recomendaciones para el diseño y selección de mobiliario docente universitario*. Instituto de Biomecánica de Valencia; Instituto Tecnológico del Mueble y Afines. Valencia.

El S.I. de Unidades, 8ª Edición (2006). Oficina Internacional de Pesas y Medidas. 2ª Edición (2008) en español del Centro Español de Metrología.

Guía básica human Catia v5 R16. Ergonomics Design & Analysis. v1. Gedas Iberia, S.A.

INDALUX ALUMBRADO TÉCNICO. Luminotecnia práctica 94/96.

Instituto Nacional de Biomecánica de Valencia (12 de marzo de 2015). *Estudio Antropométrico realizado por el IBV desvela las medidas actuales del hombre español*. <https://www.ibv.org/actualidad/el-estudio-antropometrico-realizado-por-el-ibv-desvela-las-medidas-actuales-del-hombre-espanol>. (Visitada el 13/06/2019).

Mondelo, P. R; Gregori, E y Barrau, P (1994). *Ergonomía I. Fundamentos*. Edicions UPC y Mutua Universal. Barcelona.

NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. INSHT.

NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas (1998). INSHT.

OECD (2009), "Height", in *Society at a Glance 2009: OECD Social Indicators*, OECD Publishing, Paris, [https://doi.org/10.1787/soc\\_glance-2008-26-en](https://doi.org/10.1787/soc_glance-2008-26-en). (Visitada el 13/06/2019).

REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97 23/04/1997. Anexos III y IV.

RECOMENDACIONES DEL CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA PARA LA ENSEÑANZA Y UTILIZACIÓN DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES DE MEDIDA. Septiembre de 2013. Centro Español de Metrología.

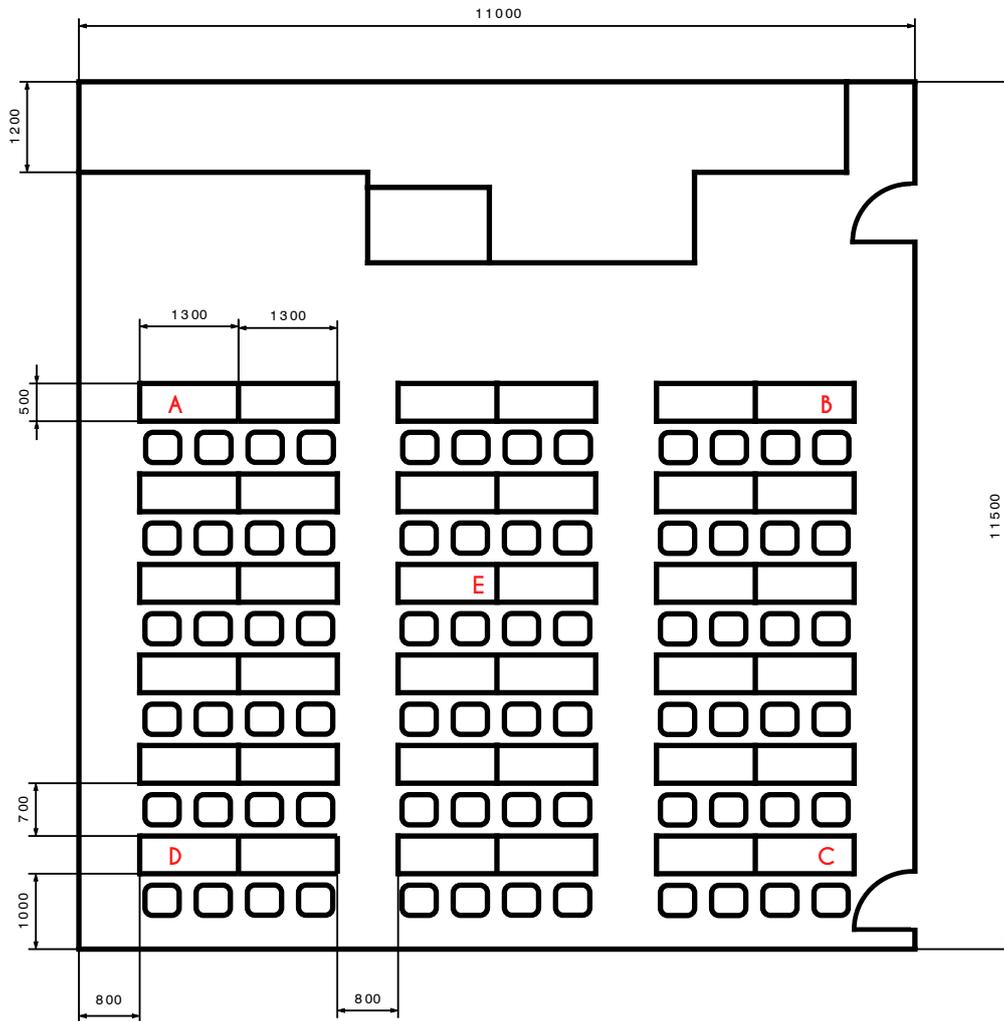
UNE-EN ISO 11064-4:2013 (RATIFICADA). Diseño ergonómico de los centros de control. Parte 4: Diseño y dimensiones de las estaciones de trabajo (Ratificada por AENOR en abril de 2015).

UNE-EN ISO 7250-1:2017 (RATIFICADA). Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. Parte 1: Definiciones de las medidas del cuerpo y referencias. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en diciembre de 2017).

## **9. PLANOS**

## Índice de Planos

1. Aula de Teoría
2. Aula de Simulación 21
3. Aula de Simulación 22
4. Iluminación (Aula de Teoría)
5. Iluminación (Aula de Simulación 22)
6. Iluminación (Aula de Simulación 21)



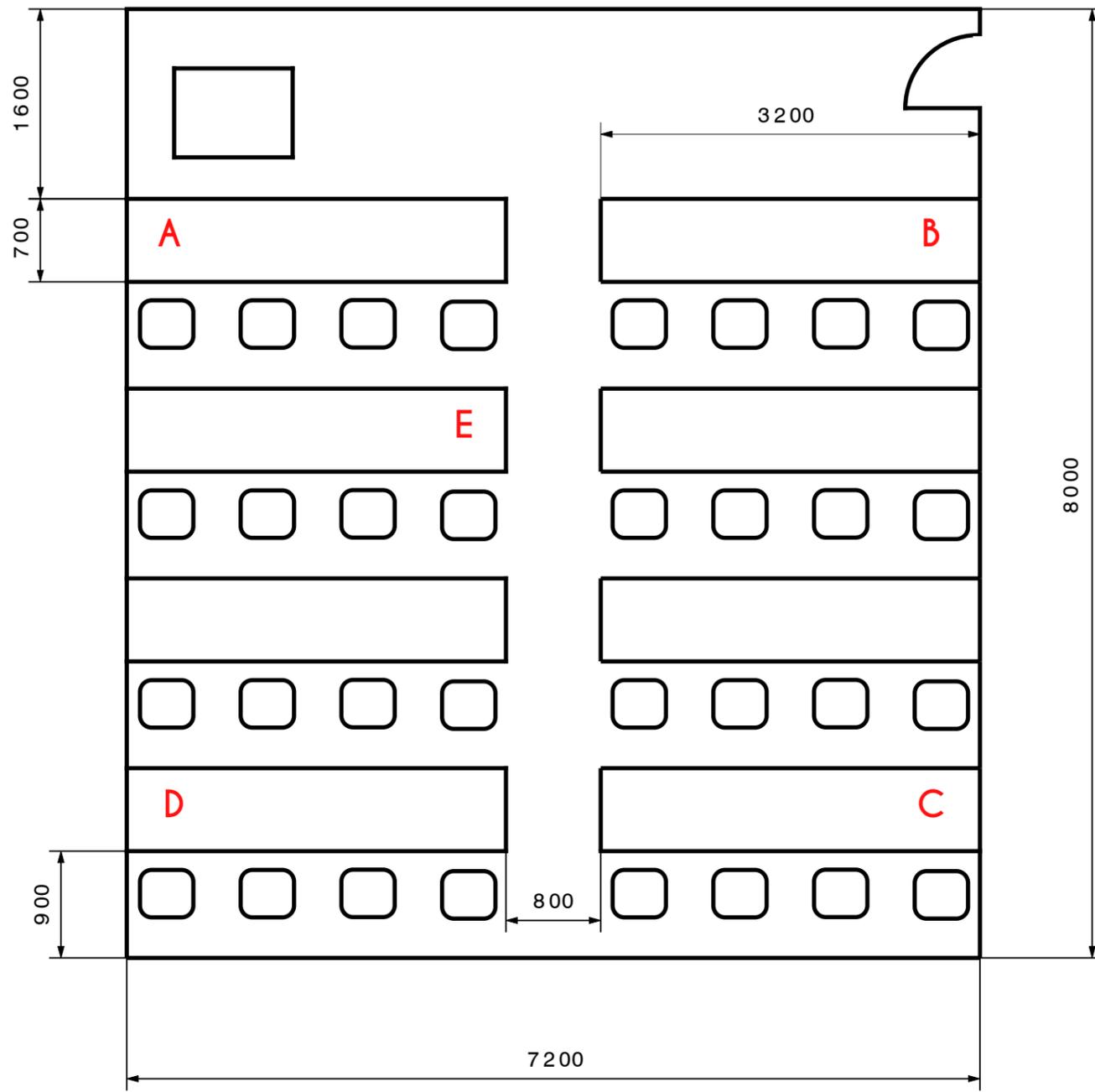
Puntos de medición escogidos:

A, B, C, D y E

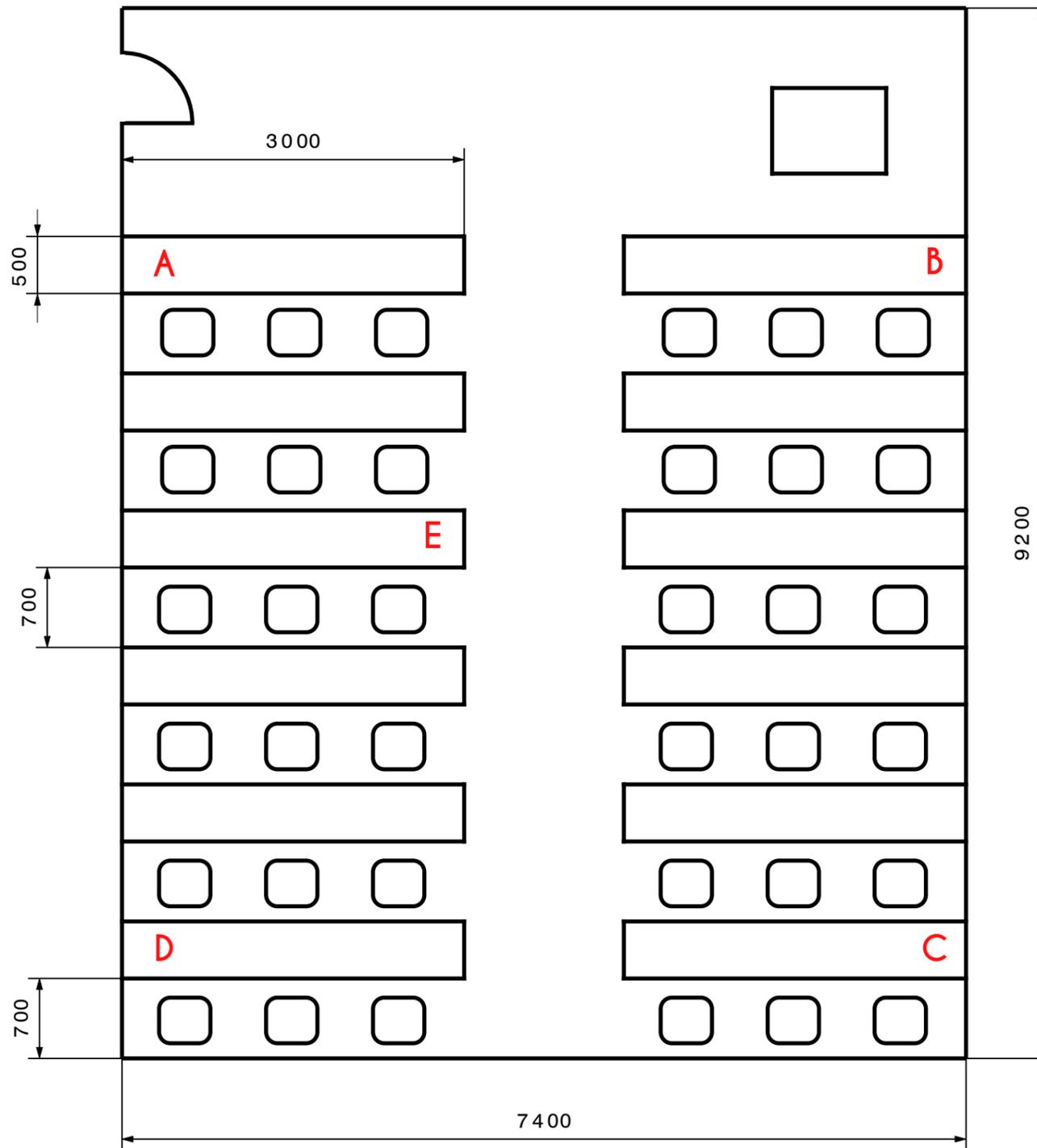
Unidades:

mm

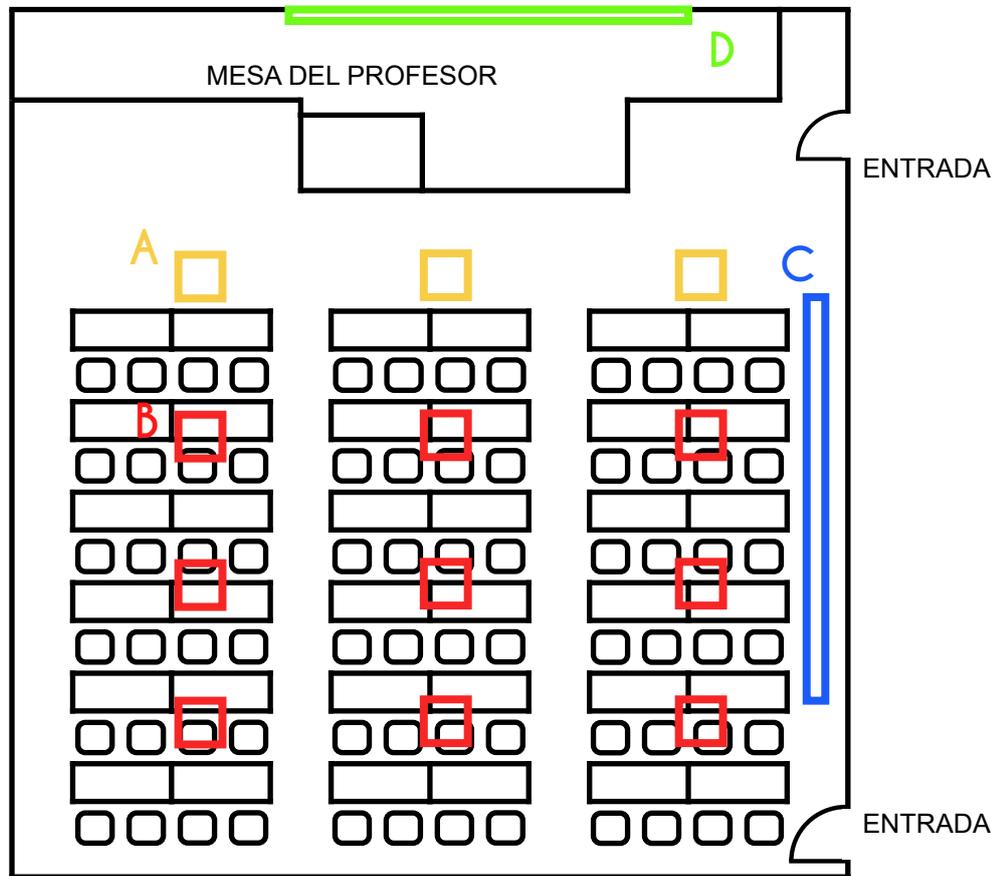
Fecha	17/06/2019	Firma	Trabajo de Fin de Grado	
Nº Plano	1		Escuela de Ingenierías Industriales Universidad de Valladolid	
Grado	Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto			
Escala	Denominación	Hecho por:		Eduardo López Sanabria
1:100	AULA DE TEORÍA	Revisado por:		Eduardo López Sanabria



Puntos de medición escogidos: A, B, C, D y E		Unidades: mm	
Fecha	17/06/2019	Firma	Trabajo de Fin de Grado
Nº Plano	2		Escuela de Ingenierías Industriales Universidad de Valladolid
Grado	Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto		
Escala	Denominación	Hecho por:	Eduardo López Sanabria
1:50	AULA DE SIMULACIÓN 21	Revisado por:	Eduardo López Sanabria



Puntos de medición escogidos: A, B, C, D y E		Unidades: mm	
Fecha	17/06/2019	Firma	Trabajo de Fin de Grado
Nº Plano	3		Escuela de Ingenierías Industriales Universidad de Valladolid
Grado	Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto		
Escala	Denominación	Hecho por:	Eduardo López Sanabria
1:50	AULA DE SIMULACIÓN 22	Revisado por:	Eduardo López Sanabria



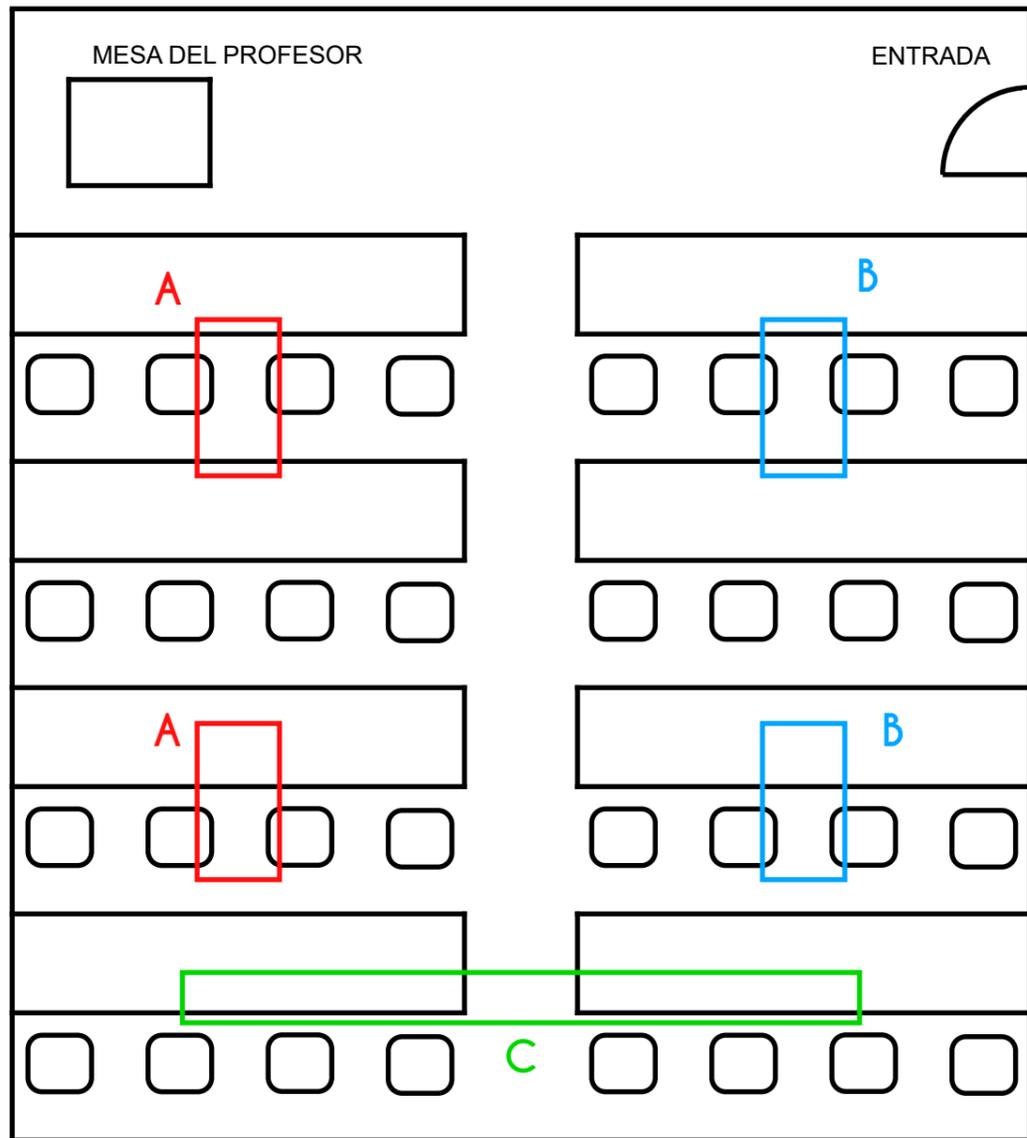
Luminarias en el techo:

A, B y C

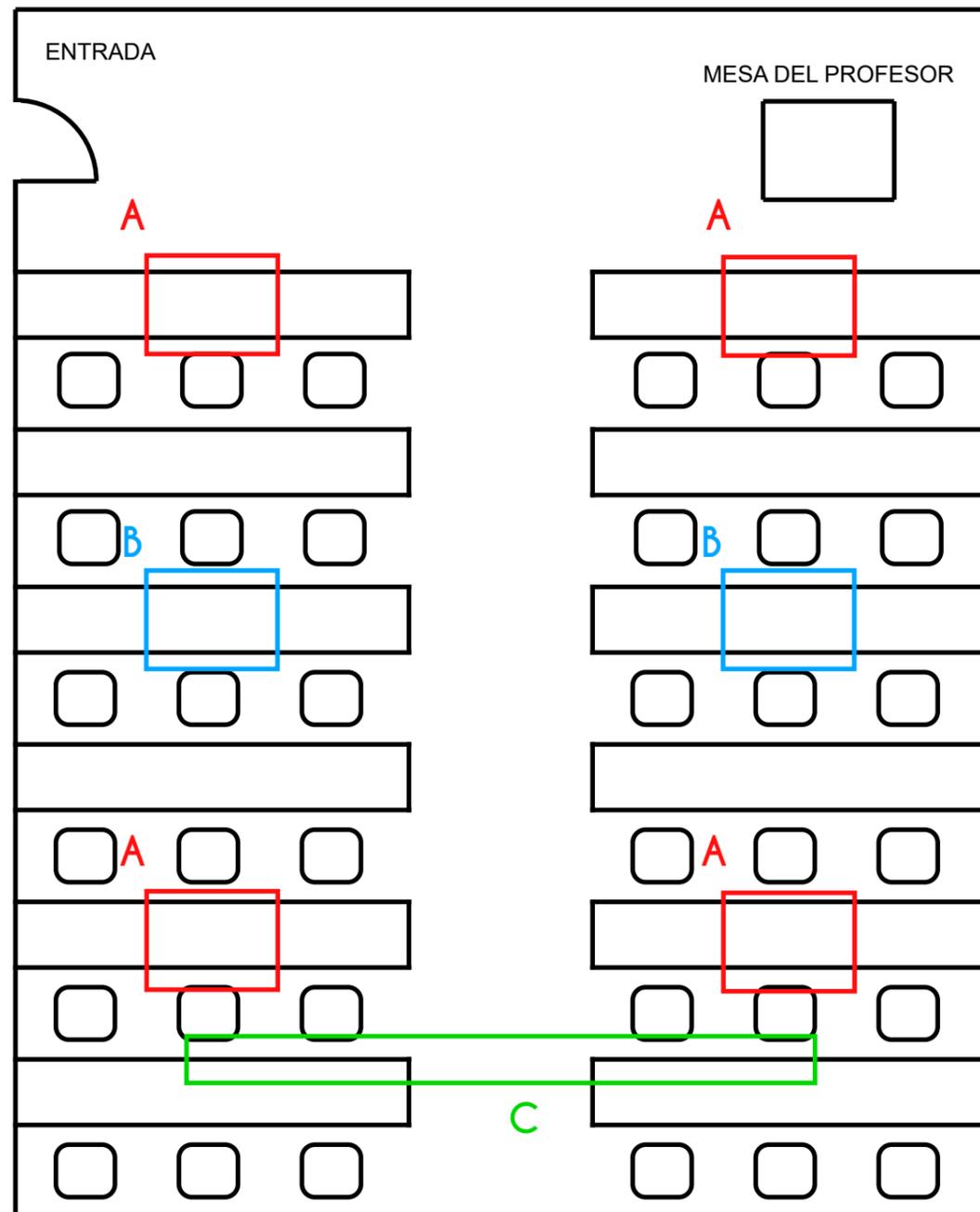
Luminaria de la pizarra:

D

Fecha	17/06/2019	Firma	Trabajo de Fin de Grado	
Nº Plano	4		Escuela de Ingenierías Industriales Universidad de Valladolid	
Grado	Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto			
Escala	Denominación	Hecho por:		Eduardo López Sanabria
1:100	AULA DE TEORÍA ILUMINACIÓN	Revisado por:		Eduardo López Sanabria



Luminarias en el techo:		Luminarias a media altura:	
A y B		C	
Fecha	17/06/2019	Firma	Trabajo de Fin de Grado
Nº Plano	5		Escuela de Ingenierías Industriales
Grado	Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto		Universidad de Valladolid
Escala	Denominación	Hecho por:	Eduardo López Sanabria
1:50	AULA DE SIMULACIÓN 21 ILUMINACIÓN	Revisado por:	Eduardo López Sanabria



Luminarias en el techo:		Luminarias a media altura:	
A y B		C	
Fecha	17/06/2019	Firma	Trabajo de Fin de Grado
Nº Plano	6		Escuela de Ingenierías Industriales Universidad de Valladolid
Grado	Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto		
Escala	Denominación	Hecho por:	Eduardo López Sanabria
1:50	AULA DE SIMULACIÓN 22 ILUMINACIÓN	Revisado por:	Eduardo López Sanabria

## **10. ANEXOS**

## Índice de Anexos

1. NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural

# NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural



Evaluation des conditions de travail: charge posturale  
Work condition assessment methods: postural load

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

## Redactoras:

Silvia Nogareda Cuixart  
Licenciada en Medicina y Cirugía  
Especialista en Medicina de Empresa

Inés Dalmau Pons  
Licenciada en Psicología

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

*En esta Nota Técnica de Prevención se exponen las líneas generales de aquellos métodos de valoración de posturas que pueden ser de mayor aplicabilidad, se presentan cuadros comparativos de las características de los más representativos y se citan otros métodos que existen en el mercado.*

## Introducción

Como se deduce de los resultados de las últimas investigaciones realizadas en el campo de la carga postural, una de las principales medidas de corrección ergonómica es la reducción de la carga estática (Chavarría, R. 1986) causada por posturas no adecuadas adoptadas en el trabajo. La Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo (INSHT, 1993) analizó la carga física de trabajo en función del tiempo y se obtuvieron los siguientes resultados: un 39.3 % de las personas encuestadas trabaja de pie andando, un 35.1 % sentado levantándose y un 19.3 % permanece en posturas fatigantes un cuarto del tiempo de su trabajo o más. Por otro lado el 41.8 % siente molestias en la espalda, el 19.1 % en la nuca y el 11.8 % en las piernas. En la Encuesta Europea de las Condiciones de Trabajo (European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 1997) el porcentaje es parecido, una cuarta parte de los trabajadores adopta posturas cansadas o penosas como mínimo la mitad del tiempo de su trabajo.

En la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en el Reglamento de los Servicios de Prevención, se indica la necesidad de evaluar la carga estática (postural) como uno de los factores a tener en cuenta en la evaluación de las condiciones de trabajo.

Las posturas de trabajo son causa de carga estática en el sistema musculoesquelético de la persona. Durante el trabajo estático la circulación de la sangre y el metabolismo de los músculos disminuye, con lo que la eficacia del trabajo muscular es baja. La continua o repetida carga estática de posturas penosas en el trabajo, genera una constricción local muscular y la consecuente fatiga, en casos de larga duración puede llegar a provocar trastornos o patologías relacionados con el trabajo. Dicha carga depende fundamentalmente de los siguientes puntos:

- Número y tamaño de grupos musculares activos.
- Frecuencia y duración de las contracciones musculares.
- Fuerza que se aplica.

Por otro lado hay que tener en cuenta los factores relacionados con las diferencias individuales (manera particular de realizar el trabajo, ...), y factores que condicionan la respuesta (edad, experiencia, variables psicosociales, ...).

La carga postural puede ser reducida mejorando las tareas que se realizan y las condiciones de trabajo en las que se desarrollan las mismas, y aumentando la capacidad funcional del sistema musculoesquelético de los trabajadores. Para ello, debemos disponer de herramientas o métodos capaces de valorar esta carga postural, que nos indiquen el nivel de gravedad o de riesgo en un puesto determinado.

## Guía de observación

Para el análisis de la carga postural son muchos los métodos que pueden ser utilizados, aunque no todos son aplicables a todas las situaciones, ni aportan los mismos resultados. A continuación se describen y comparan brevemente algunos de los más difundidos relacionados con la evaluación de la carga postural (ver Tablas 1, 2 y 3):

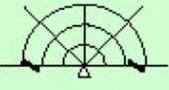
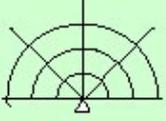
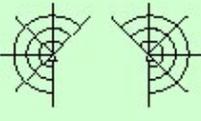
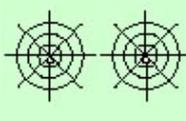
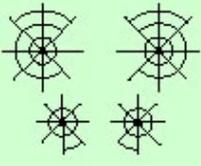
**Tabla 1. Consideraciones en la aplicación de los métodos**

	MODO DE RECOGIDA DE DATOS	VALORACIÓN	APLICACIONES	COMENTARIOS
<b>OWAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar la tarea.</li> <li>• Seleccionar y análisis de las posturas para cada fase de trabajo.</li> <li>• Registrar el tiempo.</li> </ul>	Los resultados del análisis nos indican cuatro niveles de gravedad (donde también se considera el tiempo).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para poder reducir la carga postural y ser más productivo.</li> <li>• Diseño de nuevos puestos.</li> <li>• Reconocimiento ergonómico.</li> <li>• Reconocimiento de la salud laboral.</li> <li>• Investigación.</li> </ul>	Es el método de carga postural aplicado por excelencia. Fiabilidad alta interobservadores (el valor de la espalda es más difícil de estimar).
<b>POSTURE TARGETTING</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar a la persona.</li> <li>• Seleccionar las posturas más representativas o extremas; o muestrear las actividades.</li> <li>• Marcar las posiciones de cada zona del cuerpo en el gráfico.</li> </ul>	Permite graduar cada región en tres o cuatro grados, pero no se valora la postura global.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un método preciso y repetible para registrar la postura de las distintas zonas de todo el cuerpo, sobretodo cuando las posturas se mantienen en períodos largos y repetibles.</li> </ul>	Se puede relacionar fácilmente los resultados con el nivel de severidad de carga postural del puesto.
<b>RULA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar varios ciclos de trabajo.</li> <li>• Seleccionar las posturas más representativas o más extremas.</li> <li>• Registrar las posturas.</li> <li>• Analizar las cargas y el tiempo por observación.</li> </ul>	Se valora en cuatro niveles de acción que requieren distintas intervenciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En gran variedad de operaciones manuales, pantallas de visualización, manufacturación, tareas textiles, ...</li> <li>• Particularmente válido para evaluaciones de puestos que han sido modificados.</li> </ul>	Permite valorar un nº importante de operadores con riesgo de trastornos en extremidad superior, y además da información del nivel de carga en distintas partes del cuerpo.
<b>VIRA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar los puntos (ángulos) a analizar.</li> <li>• Registrar en video desde 2 planos.</li> <li>• Identificar cada punto con una tecla y cada vez que haya un cambio presionar, de este modo se registra la postura y la duración de la misma.</li> </ul>	Los resultados del análisis son valores de frecuencia y duración de posturas, de cambios y de descansos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método simple para analizar trabajos repetitivos, de ciclo corto o de control visual, cuando no se transportan pesos importantes. Trabajo sentado.</li> <li>• Se pueden hacer análisis parciales.</li> </ul>	Una desventaja es el tiempo que consume. Se analiza 4 veces el ciclo de trabajo, y a veces debe hacerse a cámara lenta, lo que puede consumir mucho tiempo. Incluye análisis de trabajo dinámico.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetir el proceso tantas veces como sea necesario.</li> </ul>			
<b>ARBAN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grabar en video la actividad en el lugar de trabajo.</li> <li>• Seleccionar un nº de imágenes a intervalos regulares.</li> <li>• Codificar la postura.</li> </ul>	Los resultados puede presentarse en una curva estrés/ tiempo, valor medio de esfuerzo, distribución de estrés, etc; en función de objetivos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de los cambios producidos en cierta fase trabajo o con ciertas herramienta.</li> <li>• Para comparar procesos de trabajo, y como base para la mejora de los lugares de trabajo.</li> <li>• Análisis de secuencias óptimas de trabajo.</li> </ul>	Al facilitar diferentes tipos de resultados, permite observar problemas ergonómicos desde ángulos distintos. Así ayuda tanto a plantear problemas como a solucionarlos. Comparativamente requiere poco tiempo. El procedimiento está bien documentado y permite reconocimientos complementarios
<b>PEO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistar a la persona, seleccionar una lista de categorías y posturas a tener en cuenta y planificar la observación. Registrar las medidas PEO.</li> <li>• Medir las fuerzas ejercidas.</li> <li>• Revisar los datos recogidos y si es necesario corregir errores.</li> </ul>	Aporta distintas medidas de frecuencia, duración, para cada parte del cuerpo. Un análisis descriptivo simple de ellas. La estimación de una semana típica de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicable independientemente de la profesión y de la tarea que realiza. En trabajos estáticos, caracterizados por la larga duración en la misma postura.</li> </ul>	Se enfatiza la importancia de la entrevista previa con el sujeto. Establecer una lista de prioridades en función de objetivos, de las categorías más importantes que serán registradas con un mínimo error. Fiabilidad interobservador alta.

**Tabla 2. Descripción de las categorías de registro en las distintas partes del cuerpo.**

	<b>CABEZA-CUELLO</b>	<b>TRONCO</b>	<b>BRAZOS</b>	<b>MANOS</b>	<b>PIERNAS</b>
<b>OWAS</b>	No se analiza (en una versión modificada se codifica en 5 categorías)	ESPALDA 1. derecha 2. inclinada hacia adelante o atrás 3. inclinada torcida o de lado 4. inclinado y torcido o inclinado avanzado y de lado	1. los dos por debajo del hombro 2. uno por arriba y otro por abajo 3. los dos por encima	No se analiza	1. sentado 2. de pie con las 2 piernas derechas 3. de pie con el peso en 1 4. de pie o agachado con las 2 rodillas inclinadas 5. de pie o agachado con 1 inclinada 6. arrodillado con 1 o 2 7. andando o en movimiento

<b>POSTURE TARGETTING</b>															
<b>RULA</b>	<p>Grupo B</p> <p>Flexión</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>0°- 10°</li> <li>10°- 20°</li> <li>&gt; 20°</li> </ol> <p>Extensión</p> <p>+ 1 si está torcido</p> <p>+ 1 si está de lado</p>	<p>Grupo B</p> <p>Flexión</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>0° con buenos puntos de apoyo</li> <li>0°- 20°</li> <li>20°- 60°</li> <li>&gt; 60°</li> </ol> <p>+1 si está torcido</p> <p>+1 si está de lado</p>	<p>Grupo A</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>20° ext- 20° flex</li> <li>&gt;20° ext; 20°- 45° flex</li> <li>45°- 90° flex</li> <li>&gt; 90° flex</li> </ol> <p>+1 si hay elevación de hombro</p> <p>+ 1 si hay abducción 1 si hay apoyos</p> <p>ANTEBRAZO</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>60°- 100° flex.</li> <li>&lt; 60° ó &gt; 100°</li> </ol> <p>+ 1 línea media del cuerpo</p>	<p>Grupo A</p> <p>MUÑECA</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>0° posición neutra</li> <li>0°-15° flex o ext</li> <li>&gt; 15° flex o ext + 1 nivel con desplaza. radial o cubital</li> </ol> <p>+ 1 línea media</p> <p><b>Torsión</b> (pronosupinación)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>en un rango medio</li> <li>en un rango más extremo</li> </ol>	<p>Grupo B</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>las 2 piernas y pies bien balanceadas y apoyados</li> <li>si el peso está bien distribuido, con cambios de posición</li> <li>si las 2 no se apoyan o no están bien balanceadas</li> </ol>										
<b>VIRA</b>	<p>Flexión</p> <p>0°- 20°</p> <p>&gt; 20°</p>	No se analiza	<p><b>Flexext. /Abducción</b></p> <table border="0"> <tr> <td>descanso</td> <td>descanso</td> </tr> <tr> <td>&lt; 0°</td> <td>0°- 30°</td> </tr> <tr> <td>0°- 30°</td> <td>30°- 60°</td> </tr> <tr> <td>30°- 60°</td> <td>60°- 90°</td> </tr> <tr> <td>&gt; 60°</td> <td>&gt; 90°</td> </tr> </table> <p>(elevación hombro, reposo)</p>	descanso	descanso	< 0°	0°- 30°	0°- 30°	30°- 60°	30°- 60°	60°- 90°	> 60°	> 90°	No se analiza	No se analiza
descanso	descanso														
< 0°	0°- 30°														
0°- 30°	30°- 60°														
30°- 60°	60°- 90°														
> 60°	> 90°														
<b>ARBAN</b>	10 valores (escala Borg <sup>1</sup> )	10 valores (escala Borg)	10 valores (escala Borg)	No se analiza	10 valores (escala Borg)										
<b>PEO</b>	<p>Flexión &gt; 20°</p> <p>Rotación &gt; 45°</p>	<p>Flexión 20°- 60°</p> <p>&gt; 60°</p> <p>Rotación &gt; 45°</p>	<p>Las 2 manos por encima del hombro</p> <p>Las 2 manos por debajo del hombro</p>	<p>Pronosupinación</p> <p>Torsión volardorsal</p> <p>Torsión radialulnar</p> <p>Flexext. de dedos</p>	De rodillas o en cuclillas										

(1) : La Escala de Borg, en este método se aplica una escala de Borg adaptada, cuyo rango está entre "0", que equivale a nada, y "10" que es el máximo. Esta escala se basa en la contribución del estrés corporal a los trastornos ocupacionales.

**Tabla 3. Características de registro de los distintos métodos.**

	MANEJO DE CARGAS	TIEMPO DE REGISTRO	IZQUIERDA-DERECHA	TIPO DE ESCALA	MATERIAL A UTILIZAR
<b>OWAS</b>	Peso o Fuerza 1. <10 kg 2. 10- 20 kg 3. > 20 kg	Registro de 30 a 60 segundos durante 20- 40 minutos. Se ha estimado que el error límite en los valores medios de 100 observaciones es del 10% y el de 400 del 5%	No se diferencia, se analiza a la vez	Ordinal, de menos a más carga	Observación y lápiz y papel  o grabación en video
<b>POSTURE TARGETTING</b>	Sólo para identificar el tipo de actividad: arrastrar, tirar, torcer, empujar, golpear, sostener, etc.	Repetir la secuencia y mirar el tiempo con un cronómetro	Se analizan las dos por separado	Continua en 2 planos, horizontal y vertical. Subjetiva (visual) o; hacer una transformación matemática	Con observación directa, diagramas en lápiz y papel, o en transparencias, o grabación en video
<b>RULA</b>	0) < 2 kg carga no constante 1) 2-10 kg carga no constante 2) 2-10 carga estática repetitiva 3) >10 kg estática repetitiva o de golpe	La puntuación de la postura A o B aumenta un punto si es principalmente estática (si se mantiene más de un minuto)	Sólo un lado derecha o izquierda a la vez. Pero si es necesario se analizan los dos	Ordinal, basada en ángulos	Lápiz y papel
<b>VIRA</b>	No se puede aplicar con cargas significativas	En tiempo real se registra durante una parte representativa del tiempo	No se diferencia, se escoge el lado con más tensión o esfuerzo	Ordinal, basada en ángulos	Puntos luminosos, equipo de filmación, ordenador, y software adecuado
<b>ARBAN</b>	Se calcula el estrés dinámico, vibración y choque; para las 6 partes del cuerpo. Escala de Borg	La filmación ha de ser de varios ciclos de trabajo, de los que se selecciona uno representativo en contenido y tiempo. Filmación no más de 30 min. (2 imágenes por seg.)	Se analizan las dos por separado	Intervalo (escala de Borg adaptada: 0 nada, 10 máximo)	Un equipo de filmación (o dos), ordenador y software adecuado
<b>PEO</b>	1- 5 kg 6-15 kg 16- 45 kg > 45 kg fuerza desconocida	Observación continua en tiempo real, el tiempo máximo recomendado es de 20-30 min.	En principio no se diferencia, y en el caso de las manos sólo si el trabajo es lento	Ordinal, basado en escala de ángulos	Dinamómetros, ordenador portátil o no, software adecuado, papel y lápiz, y (opcional) cámara de filmación

## OWAS (Ovako Working Posture Analysis System)

INSTITUTE OF OCCUPATIONAL HEALTH. FINLAND CENTRE FOR OCCUPATIONAL SAFETY. FINLAND

El método OWAS es el método de carga postural por excelencia, está basado en una simple y sistemática clasificación de las posturas de trabajo y en observaciones de la tarea. Para la elaboración de este método se seleccionaron posturas de las que se conoce la carga musculoesquelética que causan, dando lugar a una clasificación de posturas excluyentes.

Ha sido aplicado en varios países como Finlandia, Alemania, India, Australia, España, etc.; en todo tipo de sectores como limpieza, mantenimiento de maquinaria, construcción, forestal, enfermería, trabajo industrial, etc., y en el rediseño de las medidas ergonómicas en una gran variedad de tareas manuales.

Para la aplicación del método en primer lugar se observa la tarea, se delimitan las posturas de cada fase de trabajo, se codifican (ver Tabla 2) y se analizan junto con el registro del tiempo.

Aunque es un método útil para la identificación de posturas inadecuadas, no se puede utilizar si queremos estudiar grados o niveles de gravedad de la misma postura básica. Es decir, se identifica si una persona está inclinada o no, pero no si su grado de inclinación es grande o pequeño.

## **POSTURE TARGETTING: A technique for recording working postures**

UNIVERSITY OF BIRMINGHAM. UK.

Una característica específica del método Posture Targetting, que lo diferencia a todos los demás, es el tipo de representación gráfica que utiliza para describir las posturas, se trata de un diagrama en el que cada parte del cuerpo se representa con un gráfico de líneas y círculos.

Los gráficos están compuestos de tres círculos concéntricos que representan desde el centro hacia fuera los 45°, 90° y 135° en el plano vertical, y unas líneas radiales que representan la desviación en el plano horizontal. Los segmentos en los que el movimiento no sea posible no aparecen en la representación (Ver Tabla 2). En principio, si la persona se encuentra en posición estándar no hace falta marcar nada, pero se debe señalar la postura que adoptan todos los segmentos que se desvíen de esta posición. Además, al lado de la postura se puede identificar qué tipo de actividad está realizando.

Para la aplicación del método, en primer lugar se observa a la persona, se seleccionan las posturas más representativas o extremas, o se hace una muestra de las actividades. Después de esta selección en cada postura se marca las posiciones de cada zona del cuerpo en el gráfico.

Se puede incorporar el factor tiempo en el análisis mediante dos estrategias: después de identificar las posturas realizadas, observar de nuevo la secuencia y analizar el tiempo mediante un cronómetro. En situaciones donde el período de tiempo es más largo, se puede realizar un muestreo de las actividades y así ver la proporción de tiempo que está en cada una de ellas.

En el Posture Targetting se considera cada extremidad, el torso y la cabeza como partes de un todo relacionadas entre sí y a su vez con el tronco. Puede ser utilizado para el análisis puntual, en un momento dado, donde se selecciona y analiza solo una postura predominante o las más extremas. Y también se puede analizar una secuencia de posturas utilizando diversas estrategias: varios diagramas en una única hoja, en distintas hojas de registro bien en papel o en transparencia, o en trabajos repetitivos se puede marcar todas las posturas en el mismo diagrama, representando así en una pequeña "mancha" la amplitud de los movimientos realizados.

## **RULA (Rapid Upper Limb Assessment)**

INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL ERGONOMICS. UK.

El método RULA fue diseñado para detectar los trabajadores que están expuestos a cargas musculoesqueléticas importantes y que pueden ocasionar trastornos en las extremidades superiores. Fue desarrollado en tres fases: la primera fase consistió en determinar cómo registrar las posturas de trabajo, la segunda determinar el sistema de puntuación y la última, establecer la escala de niveles de intervención, lo que nos da una idea del nivel de riesgo de la situación y de la necesidad de intervención.

En la aplicación del método se observan varios ciclos de trabajo para seleccionar las posturas más representativas o más extremas, también por observación se registran y codifican las posturas (ver Tabla 2) junto con los tiempos, se consideran las cargas y finalmente, se valora de forma global el puesto.

El método Rula permite:

- Evaluar rápidamente los riesgos de trastornos en miembros superiores producidos en el trabajo en una población laboral concreta.
- Identificar el esfuerzo muscular asociado a la postura del trabajo en tareas repetitivas (> 4 veces por minuto), manteniendo una postura, o ejerciendo fuerza, que pueden contribuir a la fatiga muscular.
- Incorporar sus resultados en una guía de evaluación ergonómica más amplia, relacionada con factores epidemiológicos, físicos, mentales, ambientales y organizacionales.

## **VIRA**

NATIONAL BOARD OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. SWEDEN

El objetivo del método VIRA es fundamentalmente la evaluación de los problemas en cuello y parte superior de brazos. Fue diseñado para el estudio de trabajos de ciclo corto y repetitivo, bajo control visual, donde la actividad con las manos no es relevante, se mantienen en el plano sagital y no se manipulan objetos pesados, de no ser así se requeriría un análisis complementario de posturas manuales y fuerzas.

Para la evaluación del puesto se realizan dos registros desde dos ángulos distintos, la proyección posterior es usada en estudios de abducción del hombro, y la proyección lateral en estudios de flexión y elevación del hombro, y flexión del cuello.

En la aplicación del método previamente se seleccionan los ángulos (puntos) que serán analizados. Posteriormente se colocan en la persona unos puntos que son de referencia para estos ángulos y se registra en video de forma continua, desde dos planos distintos. Estos puntos han de ser claramente visibles, ni muy grandes ni muy pequeños, sujetos a los distintos puntos del cuerpo evitando que puedan moverse o desplazarse. Cada punto de referencia indica un ángulo que se corresponde con una tecla del ordenador. Para analizar las posturas se pulsán las teclas correspondientes cada vez que cambia de posición cada ángulo, para ello se observa la secuencia las veces que sea necesario y el propio reloj del ordenador registra la duración. Habitualmente se realiza un promedio de cuatro veces, aunque esto depende de la cantidad de puntos a analizar y de la frecuencia de cambios.

En una aplicación típica del método se obtiene:

- Tiempo de ciclo de trabajo y nº de ciclos por hora.
- Tiempo de reposo de cuello y hombro: nº total de períodos de descanso, promedio y duración total por ciclo y por hora.
- Frecuencia de cambios de postura en sectores de ángulos determinados, número total de cambios por segmentos en un ciclo o por hora.
- Duración total de cada postura o porcentaje del tiempo dentro del ciclo de trabajo.

Mediante este método se analiza bien la relación entre los problemas de cabeza y hombro, y la carga postural a la que se ven sometidos, pero no se realiza una valoración de la gravedad.

Al utilizar el método VIRA para el análisis postural se ha constatado una importante variación en técnicas o estilos de trabajo entre los trabajadores, incluso entre los que desempeñan el mismo puesto de trabajo. La precisión de las medidas de este método revelan diferencias interpersonales que pueden no ser detectadas por otros métodos.

## **ARBAN**

RESEARCH FOUNDATION FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. SWEDEN

Este es un método para el análisis ergonómico del trabajo que incluye situaciones de trabajo con diferentes cargas posturales. Puede ser adaptado a un amplio rango de situaciones de acuerdo con la naturaleza del problema estudiado.

Se analiza el "estrés ergonómico" de todo el cuerpo, o por segmentos y se obtienen curvas de tiempo/estrés ergonómico donde se identifican las situaciones importantes de la carga dentro del ciclo. El ciclo de trabajo puede ser dividido en tareas, que a su vez pueden ser comparadas entre sí o con otros trabajos. Cuando son estudiados procesos no cíclicos, la cuantificación del esfuerzo es analizado mediante un muestreo representativo del trabajo. En este caso el valor medio de esfuerzo nos da una base para la evaluación de la situación global.

En la aplicación del método se realiza un registro en video del lugar de trabajo, se identifican seis partes del cuerpo y se cuantifica mediante la escala de Borg el nivel de estrés medio de todas ellas, esta operación se realiza en un número de imágenes determinado a intervalos regulares, habitualmente es suficiente dividir el ciclo en unos 100 o 200 intervalos de pocos segundos. Por otro lado se analiza mediante la escala de Borg el estrés dinámico, la vibración y el nivel de choque, se procesan los datos y se evalúan los resultados.

A partir de estas medidas cuantitativas se pueden comparar procesos de producción alternativos, donde se analiza cada fase de trabajo para asegurar que ningún valor de estrés sea demasiado alto. También se tiene en cuenta el nivel de estrés medio, que en relación con la duración, puede ser un indicativo importante de comparación. Por otro lado en los estudios de rotación de trabajo, se calcula la carga postural en todas los puestos de trabajo, primero individualmente y después con distintas secuencias, de este modo se puede seleccionar la secuencia de rotación óptima en cada caso.

Los resultados son fácilmente interpretables, incluso por no especialistas y pueden servir como herramienta para identificar áreas problemáticas. Aunque debemos tener en cuenta que esta característica es común a la mayoría de métodos.

## **PEO (Portable Ergonomic Observation)**

SWEDISH NATIONAL INSTITUTE OF OCCUPATIONAL HEALTH. SWEDEN

El método PEO es un método de carga musculoesquelética, basado en observaciones hechas directamente o filmadas en el lugar de trabajo a tiempo real. Sus categorías han sido seleccionadas a partir de los factores de riesgo descritos en la literatura.

Este método requiere pocos recursos humanos para recoger los datos y analizarlos. Los datos que proporciona son accesibles, tienen una presentación y análisis inmediatos, y dan información sobre la secuencia, duración y frecuencia de las categorías que previamente han sido seleccionadas como factores de riesgo importantes. En general los datos de duración tienen una mayor validez interna que los de frecuencia.

En la aplicación del método, en primer lugar se debe entrevistar a la persona para seleccionar una lista de categorías y posturas a tener en cuenta y planificar la observación diaria. Posteriormente se registran las medidas PEO, este registro se realiza en función de los objetivos, pueden ser todas las categorías a la vez, o solo algunas, se pueden dividir entre varios observadores, o incluso se pueden analizar varias veces. Después se deben medir las fuerzas ejercidas, si se usa ordenador portátil se transfieren los datos; se revisan los datos recogidos después de cada tarea observada y si es necesario se corrigen errores, se reúnen todos los archivos y por último, se

describen los datos obtenidos.

## Otros métodos

A parte de los métodos anteriormente expuestos existe un amplio grupo de métodos que analizan la carga postural, aunque gran parte de ellos derivan unos de otros. Existe una gran variedad: algunos de ellos son parciales (fundamentalmente extremidades superiores, HARBO) otros son globales (PLIBEL; TRAC,...), algunos son exclusivos (sólo analizan carga postural, ROTA, PLIBEL), otros analizan otros factores como carga dinámica o esfuerzos (SWI, AET). Entre los distintos métodos cabe destacar:

- **AET** (Arbeitswissenschaftliche Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse) (Rohmert and Landau; 1985)
- **ERGOIBV**. Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física. IBV (García, G. et al.; 1997)
- **HARBO** (Hands Relative to the Body) (Wiktorin, K.; 1995)
- **MCM**. Método de cargas de movimientos. (Díaz, C; Ipas, M.; 1996)
- **PLIBEL** (method for the identification of musculoskeletal stress factors wich may have injurious effects) (Kemmlert, K.; 1987)
- **ROTA** (Ridd et al.; 1989)
- **TRAC** (Task Recording and Analysis on Computer) (van der Beek et al.; 1992)
- A technique for assessing postural discomfort (Corlett, EN; Bishop, RP; 1976)
- Microcomputer video image processing technology in working posture analysis (Wriley, YV; Green, RA.;1991)
- Nordic questionnaire. National Board of Occupational Safety and Health (Andersson et al.; 1984)
- Postural analysis of the trunk and shoulders (Keyserling, M.; 1986)
- Posture and activity classification system (Foreman et al.; 1988)
- Subjective Workload Index (SWI) questionnaires
- Work practices guide for manual lifting. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH. 1991
- Working posture analysis system to evaluate postural stress in the workplaces (Swat, K.; 1988)

## Consideraciones generales

Uno de los aspectos más importantes cuando se selecciona un determinado método es el nivel de adecuación del mismo en función de nuestros objetivos. Para valorar el grado de adecuación de un determinado método se deben considerar, entre otras, dos cualidades habitualmente incompatibles: generalización y precisión. Una alta generalización en principio está relacionada con una baja precisión. Por ejemplo, el método OWAS da una combinación de cuatro números codificados que representan: espalda, brazos, piernas y fuerza realizada; tiene la ventaja de poder ser utilizado en muchos ámbitos, pero resulta pobre en detalles. Por otro lado un método con alta precisión está habitualmente limitado, por el número de segmentos o posturas observadas. Un ejemplo es el método VIRA, que da una descripción detallada de dos partes del cuerpo, cuello y hombro pero está restringido a trabajo estático realizado por miembros superiores. El método PEO puede ser usado en los dos sentidos, estimar el nivel de carga física en relación al cuerpo, donde todas las categorías principales son observadas, o si se requiere una mayor precisión observar sólo una categoría.

Un aspecto que está todavía en discusión es comparar los sistemas 2-Dimensiones (2D) respecto a los 3-Dimensiones (3D). Diversos estudios de comparación indican que las grabaciones en 2 dimensiones aportan suficiente precisión. Si se sigue alguna indicación para reducir posibles errores de perspectiva los errores que se cometen son mínimos y en cambio los sistemas 2D tienen menos coste y son menos intrusivos.

El problema de observar elementos de tres dimensiones, en un plano bidimensional ha sido discutido también por Keyserling (1986) que asegura que esto influye en la interpretación de la postura por parte del investigador, aunque en estudios posteriores no se observan diferencias por ejemplo en la precisión entre observaciones directas del ángulo del tronco y la rodilla comparado con observaciones hechas con las correspondientes cámaras.

Por otro lado, en diversos estudios se ha observado que la ventaja de observaciones a tiempo real sobre muestreo de tiempo no está probada concluyentemente. En el proceso de validación del método PEO se obtuvieron errores de unos 10 grados y también una tendencia en los observadores a sobreestimar el ángulo de flexión, bajo condiciones óptimas el error del ángulo de estimación fue por debajo de 5 grados. Pero usualmente los errores de 5-10 grados son considerados aceptables.

Algunas recomendaciones que se desprenden de la revisión realizada en esta NTP, son:

- El número de variables observadas simultáneamente debe ser inferior a 10.

- La computerización de los métodos es necesaria.
- Un mayor énfasis en el entrenamiento de observación y definiciones más exactas de los factores de exposición, incidirán en la fiabilidad y validez de las observaciones.
- La observación necesita ser suplementada con una entrevista de la persona, para asegurar que se contemplan todas las tareas de un determinado puesto de trabajo, de modo que la exposición real puede ser calculada.

## Bibliografía

(1) ÅSA KILBOM, M D.

**Assessment of physical exposure in relation to work related musculoskeletal disorders what information can be obtained from systematic observations?**

Scandinavian Journal of Work, Environmental & Health, 1994, vol. 20, n. Special issue, pp. 3045.

(2) CHAVARRIA, R.

**Carga física de trabajo: definición y evaluación.**

INSHT. NTP-177, 1986.

(3) CORLETT, E N.; WILSON, J.; MANENICA, I.

**The ergonomics of working postures.**

Taylor & Francis. London, 1986.

(4) CORLETT, E N.; MADELEY, S J.; MANENICA, I.

**Posture Targetting: a technique for recording working postures.**

Ergonomics, 1979, vol. 22, n° 3, pp. 357-366.

(5) FRANSSONHALL et al.

**A portable ergonomic observation method (PEO) for computerized online recording of postures and manual handling.**

Applied Ergonomics, 1995, vol. 26, n° 2, pp. 93-100.

(6) HOLTZMAN, P.

**ARBAN A new method for analysis of ergonomic effort.**

Applied ergonomics, 1982, vol. 13, n. 2, pp. 82-86.

(7) INSTITUTE OF OCCUPACIONAL HEALTH & CENTRE FOR OCCUPATIONAL SAFETY

**OWAS a method for the evaluation of postural load during work.**

Training publication 11, Helsinki, 1992.

(8) INSHT.

**Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo 1993.**

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1993.

(9) McATEMNEY, L. and CORLETT, E N.

**RULA: A survey method for the investigation of workrelated upper limb disorders.**

Applied Ergonomics, 1993, vol. 24, n° 2, pp. 91-99.

(10) EUROPEAN FOUNDATION FOR THE IMPROVEMENT OF LIVING AND WORKING CONDITIONS.

**Second European Survey on Working Condition. 1997.**

(11) PERSSON, J. and KILBOM, A.

**VIRA en enkel videofilmteknik for registrering och analys a arbetsstallningar ochorelser.**

Undersokningsrapport. Solna: National Board of Occupational Safety and Health.