

Capítulo 9.

Aplicación de la Herramienta Informática.

9.1. Introducción.

La aplicación de la zona de confort puede hacerse de varias formas, se puede usar para evaluar un espacio construido y saber con ello si brindará unas condiciones ambientales que se puedan calificar de confortables o no según los criterios usados en este trabajo.

Otra forma de aplicación es, usar el modelo de la zona de confort para proponer las características que debería tener el ambiente interior de un espacio construido o por construir y realizar un proceso de diseño que corrija el proyecto con los resultados del modelo, modificando las características del edificio o de su proyecto según los datos obtenidos del modelo de la zona variable de confort térmico que se propone aquí.

A continuación se presenta un ejemplo de aplicación para analizar el domo-clima de un espacio existente.

9.2. Planteamiento.

En este ejemplo se evaluará el confort térmico de la Sala de Ordenadores de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura (Fig. 114-115), que es el espacio que se observó como ejemplo de espacio acondicionado artificialmente, en este mismo trabajo.

Este espacio está acondicionado mecánicamente, con un sistema de ventilación independiente, no tiene ningún contacto visual con el exterior del edificio y tiene una capacidad para 31 usuarios (31 ordenadores).



Figura 114. Interior Sala de Ordenadores, E.T.S.A.B.

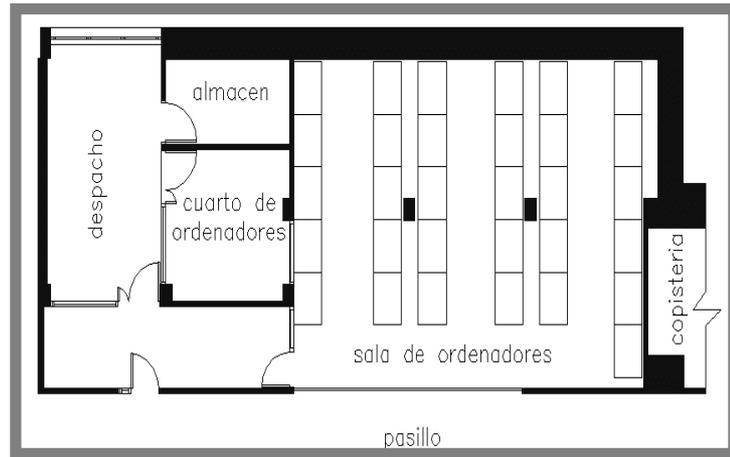


Figura 115. Planta de la Sala de Ordenadores, E.T.S.A.B.

9.3. Parámetros Ambientales.

9.3.1. Temperatura Exterior del Aire.

La temperatura exterior es el parámetro ambiental exterior que se ha de introducir primeramente, esta temperatura se tomó del Servicio Meteorológico de Cataluña, Observatorio Pompeu Fabra, del día 3 de abril del 2001, usando los datos correspondientes a cada hora. También pudo haberse introducido solamente las temperaturas mínima y máxima y usar como datos horarios los calculados por el modelo.

Factores Ambientales		
Temperatura exterior		
	hr	Tmno
T máxima / °C: ◀ 21,5 ▶	0	10,8
	1	10,9
	2	11,4
T mínima / °C: ◀ 8,9 ▶	3	11,2
	4	11,2
	5	10,7
	6	10,2
	7	8,9
	8	10,3
	9	12,9
	10	15,7
	11	18,2
	12	20,3
	13	21,5
	14	20,3
	15	19,0
	16	17,4
	17	17,3
	18	16,8
	19	14,2
	20	11,7
	21	10,6
	22	10,3
	23	10,5

Campo para Introducir la Temperatura Exterior Horaria.

9.3.2. Temperatura Radiante.

Como temperatura radiante se introdujo la temperatura radiante media de las superficies que delimitan el espacio, es decir, muros, cerramientos de cristal, plafón y suelo. Estas temperaturas se midieron con un termómetro de infrarrojos (Apéndice 5), tomando las mediciones a una altura de un metro del suelo, a un metro de distancia perpendicularmente a la parte media de la superficie.

Se han distinguido ocho superficies diferentes por tipo de material, dimensiones y orientación, seis de ellas son los cerramientos verticales, numeradas del 1 al 6 y dos horizontales, el piso, superficie 7 y el plafón, superficie 8, (Fig. 116), de las que se ha tomado el promedio general 22,04 °C como temperatura radiante media.

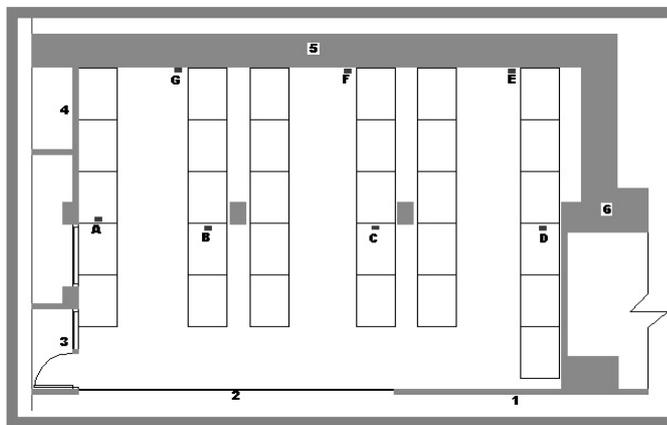


Figura 116. Planta de la Sala de Ordenadores con la Ubicación de los Aparatos de Medición.

Tabla de Mediciones de Temperatura Radiante

Hora	tr 1	tr 2	tr 3	tr 4	tr 5	tr 6	piso	techo	tr media
9:30	21,1	21,3	21,7	20,9	20,4	21,5	21,7	20,5	21,04
10:00	21,1	21,5	22,2	21,2	20,7	21,5	20,8	20,8	20,96
10:30	21,7	21,7	22,4	21,4	21,0	22,1	21,2	21,7	21,49
11:00	21,4	21,3	22,0	20,8	20,7	21,9	20,5	21,1	20,98
11:30	21,9	22,0	22,7	21,7	21,2	22,3	21,2	21,7	21,59
12:00	22,1	21,1	22,9	21,7	21,5	22,4	21,5	22,2	21,84
12:30	21,5	21,7	22,1	21,1	20,8	22,0	20,5	21,4	21,13
13:00	21,9	22,0	23,0	21,7	21,2	22,3	21,4	22,3	21,82
13:30	21,7	21,7	22,5	21,4	21,3	22,3	20,9	22,4	21,66
14:00	22,2	22,2	23,0	22,0	21,7	22,6	21,4	22,3	21,97
14:30	22,6	22,7	23,6	22,6	22,2	22,8	21,9	23,5	22,64
15:00	22,4	22,9	23,7	23,5	22,0	23,5	21,5	23,0	22,50
15:30	22,2	23,1	23,8	24,4	21,8	24,2	21,1	22,5	22,35
16:00	22,3	22,8	23,4	22,9	21,9	22,6	21,4	22,2	22,08
16:30	22,1	22,3	23,2	22,9	21,7	23,2	21,2	22,6	22,13
17:00	22,7	22,6	23,8	23,4	22,3	23,9	21,6	23,0	22,60
17:30	22,6	22,4	23,6	23,2	22,3	23,5	21,3	22,6	22,33
18:00	22,8	22,3	23,2	23,3	22,4	23,4	21,5	22,6	22,40
18:30	22,8	22,8	23,8	23,5	22,6	23,5	21,7	23,3	22,74
19:00	22,8	22,9	23,8	23,7	22,6	23,3	21,8	23,1	22,71
19:30	22,8	22,3	23,5	23,7	22,4	23,4	21,7	22,6	22,50
20:00	22,8	22,6	23,7	23,6	22,7	23,2	22,0	23,7	22,92
20:30	22,6	22,3	23,2	23,0	22,5	23,2	21,6	23,2	22,56
media	22,18	22,20	23,08	22,50	21,73	22,81	21,37	22,36	22,04

9.3.3. Velocidad del Aire.

La velocidad del aire se tomó con un anemómetro en varias de las mesas obteniendo medias entre 0 m/seg y 0,3 m/seg. Debido al tipo de movimiento del aire producido por el sistema de acondicionamiento de aire, la velocidad de éste no es constante variando en un mismo sitio en el rango antes mencionado por lo que se tomará como dato para introducir en el modelo el más alto, 0,3 m/seg, con el objeto de prever las condiciones más desfavorables.

Parámetros ambientales			
Interiores			
vel del aire:	m/s	0,3	◀ ▶
tem. radiante:	°C	22,0	◀ ▶

Figura 117. Campo para Introducir los Valores de Velocidad del Aire y Temperatura Radiante del Interior.

9.4. Datos Actuales.

Los datos actuales de temperatura del aire y humedad relativa se han medido directamente en siete puntos: A, B, C, D, E, F, G, ubicados como se indica en la figura 106, de estos datos se introducirán los valores medios horarios de todas las sondas y así poder contrastarlos con los resultados de la zona de confort.

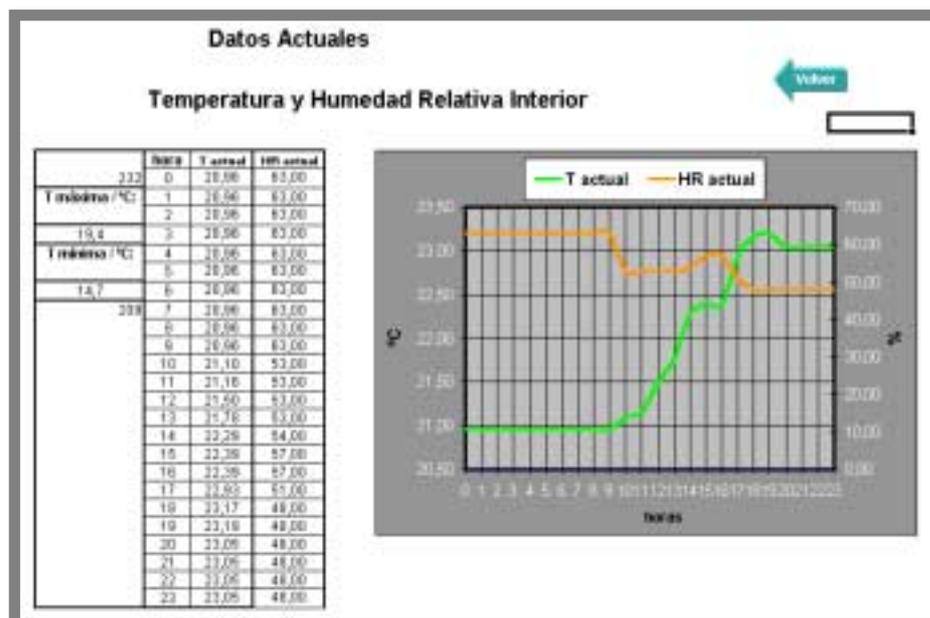


Figura 118. Hoja de Datos Actuales de Temperatura y Humedad Relativa.

9.5. Factores Personales.

Para evaluar este espacio se utilizará el perfil de usuario medio, obtenido del promedio de los datos proporcionados por los usuarios mediante los cuestionarios aplicados en la jornada del 3 de abril del 2001, los que se muestran en la figura 119.

Con esto se pretende que la zona de confort térmico resultante sea aceptable para la mayoría de los usuarios del espacio analizado.

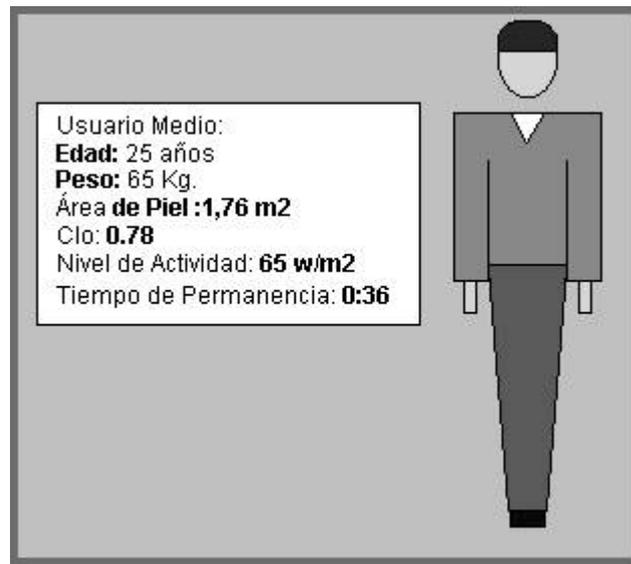


Figura 119. Datos de los Valores Medios de los Factores Personales de los Usuarios del Espacio.

Factores Personales								
sexo:	% de mujeres	50	◀	▶	t de perm: horas 0,5	◀	▶	
nivel act	0,8 a 9,5 met	1,1	◀	▶	historial: de -3 a 3	0,1	◀	▶
vest.	de 0 a 4 clo	0,78	◀	▶				
edad:	0 a 100 años	25	◀	▶				
estatura:	metros	1,71	◀	▶	área Du Bois			
peso:	kilogramos	65	◀	▶	1,76			

Figura 120. Campo en Hoja Principal para introducir los valores de los Factores Personales.

9.6. Resultados.

En la gráfica (Fig.121) se muestra la zona de confort calculada con los datos mencionados. Aquí podemos ver que la curva de la zona de confort, en rojo, tiene un perfil muy parecido al de la curva de la temperatura exterior, en amarillo claro, como ya se ha mencionado antes ésta es una de las características deseadas para la zona de confort, con esto lo que se pretende es que el diferencial de temperaturas entre el interior y el exterior sea menor.

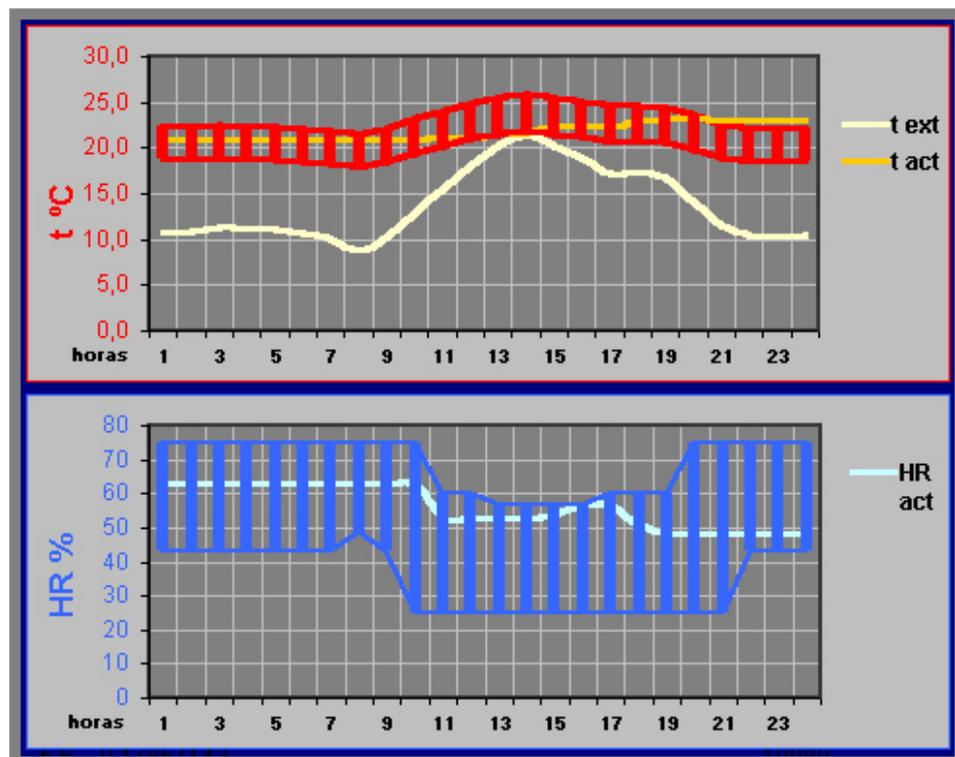


Figura 121. Gráficas de la Temperatura y Humedad Relativa de la zona de Confort, Temperatura Exterior y Datos Actuales.

Igualmente se puede observar que el comportamiento actual de la temperatura dentro de la sala de ordenadores no corresponde con el perfil de la curva de la temperatura exterior. La diferencia entre la temperatura exterior e interior se ve que es mucho más acentuada en el caso de la temperatura interior medida en el espacio lo que quiere decir es que el contraste de temperaturas experimentado por los usuarios al llegar a la sala de ordenadores será mucho mayor que en el caso de la temperatura propuesta en la zona de confort.

En las siguientes tablas aparecen los resultados de los cálculos de las curvas que delimitan la zona de confort, tanto de la temperatura del aire como de la humedad relativa, y las temperaturas de sensación de los límites de la zona de confort y la gráfica correspondiente.

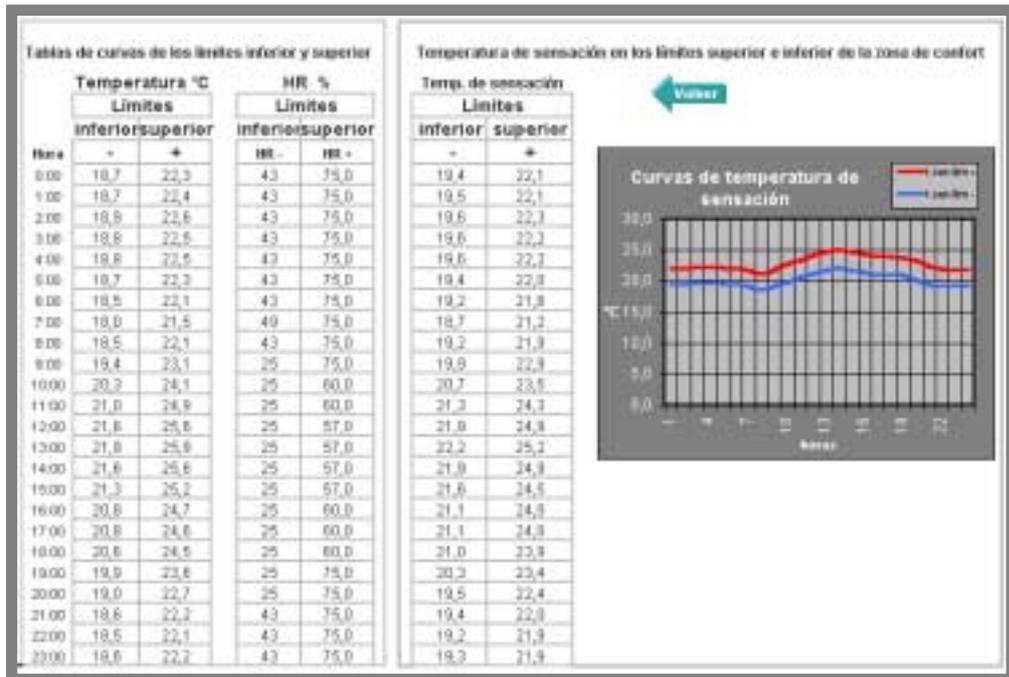


Figura. 122. Tabla de Resultados de la Temperatura y Humedad Relativa de la Zona de Confort y Temperatura de Sensación.

En este análisis se observa que entre las 11:00 y las 14:30, según la zona de confort, la temperatura interior sería ligeramente baja, lo que corresponde a las respuestas de los cuestionarios aplicados (Fig. 123). La tendencia que se observa a calificar como ligeramente frío el ambiente térmico en las respuestas sobre la percepción de éste, puede deberse al tipo de funcionamiento del sistema de acondicionamiento que tiene una temperatura de salida del aire baja y éste llega en algunos puntos a los ocupantes casi directamente sin mezclarse con el aire más caliente de la sala. Además de carecer de contacto visual con el exterior y tener unas posibilidades mínimas de adaptabilidad como cambiar la dirección del flujo de aire.

También podemos observar que la tendencia a calificar el ambiente térmico de la sala como ligeramente frío (Fig. 123) corresponde con la gráfica del modelo (Fig. 121) de la zona de confort, que sitúa la temperatura de confort alrededor de 1°C más alta de la temperatura actual medida en la sala.

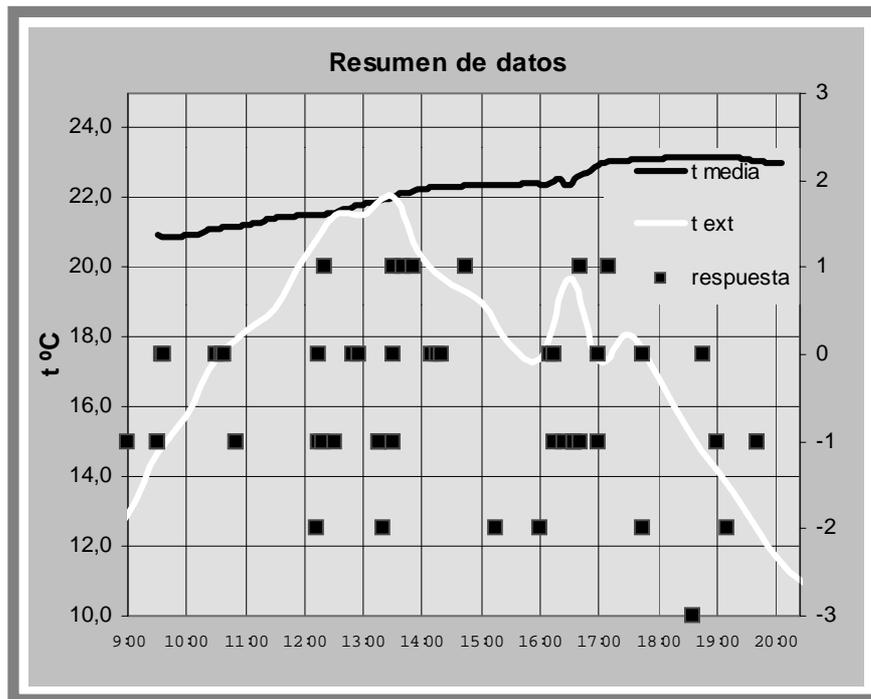


Figura 123. Gráfica Comparativa de la Temperatura Interior, Temperatura Exterior y Respuestas de los Cuestionarios.

Otra observación que podemos hacer es que el hecho de tener un equipo de acondicionamiento de aire en un espacio no garantiza el confort térmico, aun cuando esté funcione correctamente según los cálculos con los criterios actuales y que posiblemente esto se deba a que estos criterios no son los adecuados o que son parciales en la apreciación de los fenómenos que determinan el ambiente y el confort térmico.

9.7. Comparación, PMV-Zona Variable de Confort Térmico.

En este apartado se compararán los resultados de la evaluación del confort térmico de la sala de ordenadores de la E.T.S.A.B realizada con el modelo PMV y el modelo de la Zona Variable de Confort Térmico.

Ya que el modelo de la zona variable ofrece resultados horarios, para poder comparar ambos modelos se calculó el PMV (Voto Medio Previsto) para cada hora con los mismos datos. En las siguientes tablas podemos ver los datos medios y horarios introducidos en los modelos y los resultados horarios obtenidos.

Parámetros Ambientales		Datos Usuario Medio.	
Temperatura Radiante Media	22,05 °C	Edad	25 años
Velocidad del Aire	0,30 m/s	Peso	65 Kg.
		Área de piel	1,76 m ²
		Clo	0,78
		Nivel de actividad	65 w/m ²
		Tiempo de permanencia	0:36

hr	Tmmo	T actual	HR actual	Zona Variable de Confort Térmico					Modelo ZV	PMV	PPD
				Temperatura °C		HR %		Calificación			
				inferior	superior	inferior	superior				
				-	+	HR -	HR +				
0	24,4	20,96	63	18,6	25,7	43	57	confortable	-0,56	11,65	
1	24,0	20,96	63	18,5	25,6	43	57	confortable	-0,56	11,65	
2	23,6	20,96	63	18,4	25,5	43	57	confortable	-0,56	11,65	
3	23,3	20,96	63	18,3	25,4	43	57	confortable	-0,56	11,65	
4	23,0	20,96	63	18,2	25,3	43	57	confortable	-0,56	11,65	
5	22,7	20,96	63	18,2	25,2	43	57	confortable	-0,56	11,65	
6	22,4	20,96	63	18,1	25,1	43	57	confortable	-0,56	11,65	
7	22,8	20,96	63	18,2	25,2	43	57	cálido	-0,56	11,65	
8	23,3	20,96	63	18,3	25,4	43	57	confortable	-0,56	11,65	
9	24,9	20,96	63	18,8	25,8	43	57	confortable	-0,56	11,65	
10	27,9	21,1	53	19,6	26,8	25	53	frío	-0,58	12,15	
11	29,6	21,16	53	20,1	27,4	25	50	frío	-0,57	11,9	
12	30,6	21,5	53	20,4	27,7	25	50	frío	-0,52	10,57	
13	31,3	21,78	53	20,7	28,0	25	50	frío	-0,47	9,59	
14	32,0	22,29	54	20,9	28,2	25	47	frío	-0,38	7,96	
15	31,6	22,39	57	20,8	28,1	25	47	frío	-0,35	7,49	
16	31,2	22,39	57	20,7	28,0	25	50	confortable	-0,35	7,49	
17	30,2	22,93	51	20,3	27,6	25	50	confortable	-0,28	6,68	
18	29,0	23,17	48	20,0	27,2	25	50	confortable	-0,26	6,39	
19	27,8	23,19	48	19,6	26,8	25	53	cálido	-0,26	6,35	
20	26,5	23,05	48	19,2	26,4	25	53	cálido	-0,26	6,35	
21	26,0	23,05	48	19,1	26,2	25	53	cálido	-0,26	6,35	
22	25,3	23,05	48	18,9	26,0	43	57	cálido	-0,26	6,35	
23	24,8	23,05	48	18,7	25,8	43	57	cálido	-0,26	6,35	

Modelo ZV, zona variable de confort térmico. El calculo del PMV se realizó con el Programa Valoración del Confort y el Estrés Térmico. [20]

Horario de uso del espacio.

En la tabla anterior podemos ver dos columnas con los resultados de los modelos comparados, PMV y Zona Variable de Confort Térmico (ZV), en donde podemos observar que en la franja horaria de las 9 a las 20 horas, la temperatura de la sala es calificada por el modelo ZV, mayormente, como fuera de la zona de confort hacia temperaturas bajas.

Por otra parte vemos que en la misma franja horaria el modelo PMV prevé que alrededor del 95 % de los ocupantes estarán en condiciones de confort, es decir, prácticamente califica las condiciones del espacio como confortables.

En la gráfica de la figura 124 se han graficado las respuestas al cuestionario aplicado sobre como se calificaba las condiciones térmicas del espacio al llegar y partir de éste. En esta gráfica podemos ver que la tendencia general es a calificar las condiciones térmicas del espacio como frías.

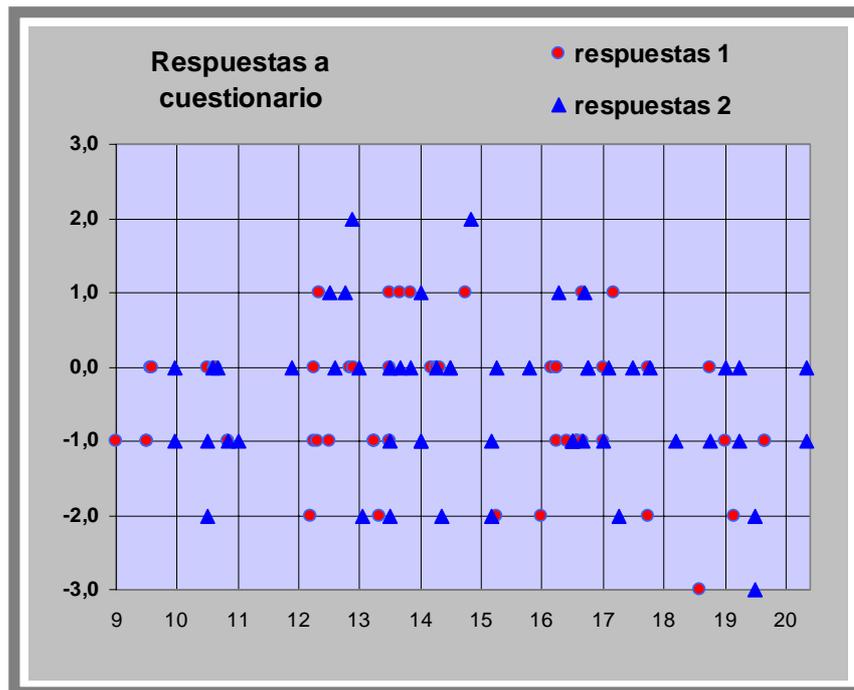


Figura 124. Gráfica de las respuestas de los cuestionarios aplicados a los usuarios de la sala de ordenadores E.T.S.A.B. 1 respuesta al llegar 2 respuesta al partir.

Observando la coincidencia que existe entre los resultados dados por el modelo de la Zona Variable de Confort Térmico y la respuestas dadas por los usuarios del espacio, podemos decir que el modelo propuesto en este trabajo tiene un comportamiento aceptable en la evaluación del ambiente y el confort térmico.

Este buen comportamiento no implica que sea un modelo acabado o aplicable directamente al estudio y análisis del ambiente y confort térmico, ya que el alcance planteado para este trabajo era proponer las bases teóricas y el modelo matemático de una zona de confort térmico, por lo que quedan por afinar los valores y expresiones particulares propuestas para evaluar cada una de las variables que integran el modelo de confort.