



Capítulo 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

- ⊕ **Datos generales de los encuestados**
- ⊕ **Sección del método Kano para satisfacción del cliente**
- ⊕ **Resultados del análisis factorial de datos**
- ⊕ **Modelo matemático desarrollado**
- ⊕ **Validación del modelo (pruebas realizadas)**
- ⊕ **Incorporación de los resultados a la estructura de Affordances.**

En este capítulo se presentan, en forma resumida, los resultados del caso de aplicación de la tesis, en las secciones correspondientes al método Kano y la técnica de diferenciales semánticos. En base a estos últimos resultados, se ha creado un modelo de inferencia difusa para la selección del concepto de diseño a desarrollar detalladamente. Finalmente, se exhibe el conjunto de estructuras de affordances de la propuesta metodológica desarrolladas para la aplicación particular.

5.1. DATOS GENERALES DE LOS ENCUESTADOS.

Antes de iniciar con la descripción de las dos secciones principales de la encuesta, la figura 5.1 muestra los datos generales concernientes al sexo de los encuestados, los rangos de edades, así como el nivel de estudios de de las personas estudiadas. De la misma manera, la figura 5.2 presenta el porcentaje de encuestados, entre usuarios, diseñadores e ingenieros.

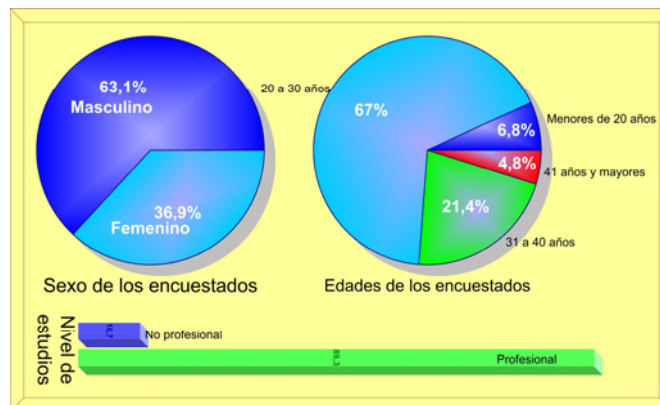


Figura 5.1 Clasificación de los encuestados.



Figura 5.2 Personas encuestadas.

5.2. SECCIÓN DEL MÉTODO KANO PARA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE.

En este apartado se presentan en forma resumida los resultados obtenidos, debido a que la información resultante es demasiado extensa. En este sentido, para sintetizar los resultados, se incluye primeramente el mapa de respuestas obtenidas, que muestra en forma de tablas la concentración de las respuestas en cada uno de los 15 requerimientos evaluados. Seguidamente, se realiza una comprobación de la validez estadística de los resultados alcanzados, por último, se lleva a cabo la clasificación de los requerimientos según los resultados obtenidos. Estos requerimientos clasificados serán incorporados posteriormente a la estructura de affordances para este caso particular de aplicación.

5.2.1. El mapa de las respuestas.

El análisis detallado inicia con una observación minuciosa del mapa de las respuestas, las cuales son agrupadas en una tabla de concentración, que corresponde a cada una de las preguntas del cuestionario; el objetivo de ello es observar la dispersión de las respuestas. La tabla 5.1 muestra los resultados obtenidos en las encuestas para cada uno de los 15 requerimientos evaluados.

Después de esto, se realizó la clasificación de cada uno de los requerimientos en torno a los 5 niveles descritos en el capítulo 3.3, los cuales se presentan en la tabla 5.2 para el análisis avanzado de datos. Esta interpretación alterna de la clasificación de los requerimientos se fundamenta en el incremento de la satisfacción (en la tabla aparece en la columna "Mejor"), o bien, el decremento de ella (indicado en la tabla como "Peor"), debido a la inclusión o no de una necesidad, como característica del producto.

Estas fórmulas se obtienen de la percepción de ser MEJOR que la competencia, al satisfacer requerimientos tipo atractivo y unidimensionales, o bien, de la de ser PEOR que la competencia, al no satisfacer requerimientos de tipo unidimensional y obligatorios. En el denominador de ambas fórmulas, aparece la sumatoria de las percepciones de atributos atractivos, obligatorios, unidimensionales e indiferentes. Cabe aclarar que en esta sumatoria las percepciones de inv (Respuesta inversa) y D (Respuesta dudosa) se omiten debido a su carácter confuso.

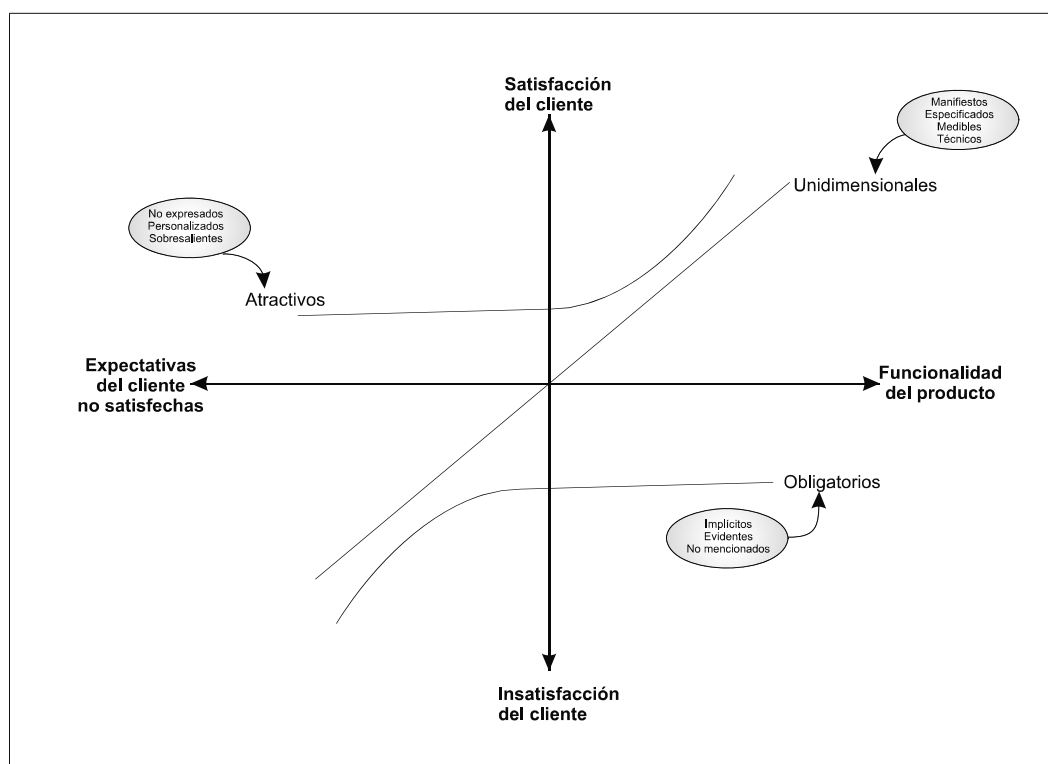


Gráfico 3.10. Tipos de Requerimientos del cliente. Elaboración propia. Tomado y traducido de Matzler y Hinterhuber (1998).

Req. 1	Requerimientos disfuncionales					
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1	1		2	3	7
	2		2		3	23
	3	1		2		36
	4		1			18
	5		1		1	2
Requerimiento 1: Facilidad de conducción.						
Req. 2	Requerimientos disfuncionales					
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1		7	45	25	5
	2		1		2	3
	3		1			7
	4			3		2
	5				1	1
Requerimiento 2: Facilidad de mantenimiento.						
Req. 3	Requerimientos disfuncionales					
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1	1	4	30	17	11
	2			3	2	6
	3	1			4	10
	4					7
	5			3	2	2
Requerimiento 3: Estética agradable.						
Req. 4	Requerimientos disfuncionales					
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1	1	6	17	37	10
	2	2	1		2	6
	3			1	1	4
	4	2	1			7
	5		1	2		2
Requerimiento 4: Posibilidad de agregar complementos: luces, accesorios para comunicación y accesorios para respaldo / asiento.						
Req. 5	Requerimientos disfuncionales					
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1				5	75
	2				1	6
	3	1		2	1	3
	4	1	2			
	5				3	3
Requerimiento 5: Posibilidad de adaptar el asiento, respaldo y reposapiés-reposabrazos a mis necesidades específicas.						
Req. 6	Requerimientos disfuncionales					
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1	1		4	2	66
	2	3			2	7
	3	1		1	1	6
	4					5
	5		2			2
Requerimiento 6: Comodidad.						

Tabla 5.1. Distribución de los resultados obtenidos para los requerimientos 1 a 6.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Req. 7	Requerimientos disfuncionales					
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1		9	5	19	17
	2	2		5	7	6
	3	1		1	1	5
	4					14
	5		1	3	4	3
Requerimiento 7: Facilidad de plegado y/o desmontaje.						
Req. 8	Requerimientos disfuncionales					
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1		2	3	7	15
	2				1	53
	3				4	7
	4					8
	5			1	2	
Requerimiento 8: Espacio para transportar objetos diversos.						
Req. 9	Requerimientos disfuncionales					
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1	1	1	3	10	7
	2	1			3	49
	3			2		13
	4					9
	5				1	3
Requerimiento 9: Capacidad de absorción de impactos e irregularidades del terreno (amortiguación).						
Req. 10	Requerimientos disfuncionales					
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1	3		8	10	62
	2	1				7
	3	2	2			4
	4	1		2		
	5	1				
Requerimiento 10: Capacidad de superar obstáculos del terreno.						
Req. 11	Requerimientos disfuncionales					
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1	3	3	8	39	14
	2			5	6	7
	3			4		4
	4	1				1
	5	3	1		2	2
Requerimiento 11: Seguridad contra vuelcos.						
Req. 12	Requerimientos disfuncionales					
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1	1	6	19	51	10
	2	2		2		3
	3			2	3	1
	4					
	5		1		1	1
Requerimiento 12: Precio.						

Tabla 5.1 (continuación). Distribución de los resultados obtenidos para los requerimientos 7 a 12.

Req. 13		Requerimientos disfuncionales				
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1	2		8	61	7
	2				2	5
	3	1		1	1	3
	4	1		2		3
	5		1	1	1	3

Requerimiento 13: Autonomía (duración de baterías).

Req. 14		Requerimientos disfuncionales				
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1	4	4	8	4	57
	2	2			1	7
	3	1	2	2		4
	4	1				1
	5			1	3	1

Requerimiento 14: Capacidad de adaptación a características corporales particulares.

Req. 15		Requerimientos disfuncionales				
Requerimientos Funcionales		1	2	3	4	5
	1	3		2	5	9
	2	1		1		57
	3	3		2	1	10
	4				1	7
	5					1

Requerimiento 15: Durabilidad de componentes.

Tabla 5.1 (continuación). Distribución de los resultados obtenidos para los requerimientos 13 a 15.

Requerimiento	A	O	U	I	Inv	D	Imp.	Mejor	Peor	C1	C2
1	5	77	7	8	3	3	0,75	0,12	0,87	0,09	0,65
2	77	12	5	7	1	1	0,92	0,81	0,17	0,75	0,15
3	51	23	11	9	6	3	0,94	0,66	0,36	0,62	0,34
4	60	17	10	6	7	3	0,75	0,75	0,29	0,56	0,22

Tabla 5.2. Resultados concentrados para los requerimientos. Clasificación de su importancia promedio así como de su clasificación el "Mejor que" y "Peor que".

Requerimiento	A	O	U	I	Inv	D	Imp.	Mejor	Peor	C1	C2
5	5	9	75	6	5	3	0,76	0,84	0,88	0,64	0,68
6	6	18	66	4	6	3	0,91	0,77	0,89	0,70	0,82
7	33	25	17	14	11	3	0,62	0,56	0,47	0,35	0,29
8	12	68	15	5	3	0	0,75	0,27	0,83	0,20	0,62
9	14	71	7	5	2	4	0,71	0,22	0,80	0,15	0,57
10	18	11	62	4	5	3	0,96	0,84	0,77	0,81	0,74
11	50	12	14	15	7	5	0,89	0,70	0,29	0,63	0,26
12	76	4	10	7	4	2	0,86	0,89	0,14	0,76	0,12
13	69	11	7	6	5	5	0,74	0,82	0,19	0,60	0,14
14	16	12	57	5	8	5	0,84	0,81	0,77	0,68	0,64
15	7	74	9	5	4	4	0,77	0,17	0,87	0,13	0,67

Tabla 5.2 (continuación). Resultados concentrados para los requerimientos, clasificación de su importancia promedio así como de su clasificación el "Mejor que" y "Peor que".

$$Mejor = \frac{A+U}{A+U+O+I}$$

$$Peor = \frac{U+O}{A+U+O+I}$$

Gráficamente, los resultados de la tabla 5.2 se presentan en la figura 5.3. En esta ilustración, se pueden apreciar las *consecuencias* que pudiera tener incorporar una característica o no del producto; estas repercusiones pueden ser:

- Positivas. La valoración de ofrecer un requerimiento que de al usuario la sensación de una característica que no haya experimentado con otro producto.
- Negativas. La valoración de estar peor se relaciona con un requerimiento de tipo unidimensional u obligatorio, lo que da la sensación de no contar con una característica de producto que sea diferencial respecto a un producto de la competencia.

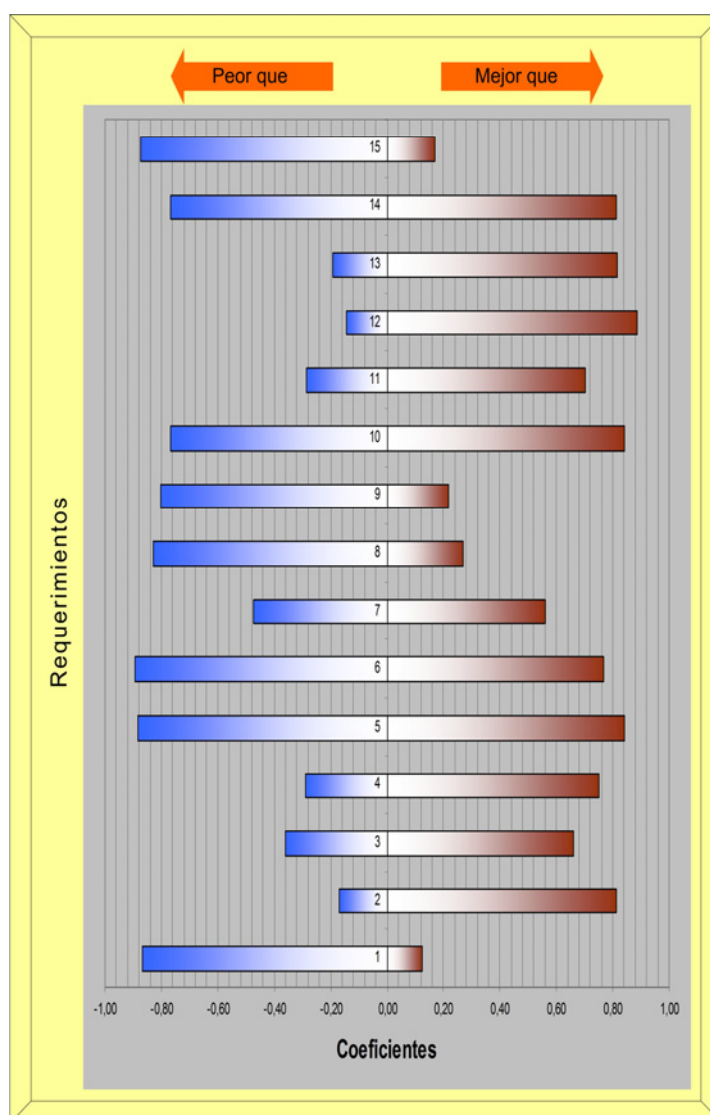


Figura 5.3. Valores obtenidos para cada requerimiento en la encuesta. Clasificación en "Mejor que" y "Peor que".

5.2.2. Prueba estadística de los requerimientos clasificados.

Debido a que el cuestionario Kano se utiliza generalmente en un contexto de desarrollo de productos donde tiene primacía el enfoque cualitativo, es adecuado contar con una prueba estadística que permita evaluar lo significativo de la clasificación realizada. El estadístico de Fong, explicado en el capítulo 2.3, consiste en calcular el valor de la diferencia absoluta de las dos frecuencias más votadas de las alternativas (A, O, U, I, Inv, y D), y compararlo con el estadístico:

$$Q = \sqrt{(a+b)(2n-a-b)/2n} \quad (3.1)$$

Donde:
 a, b : las frecuencias de las dos observaciones más frecuentes
 n : número total de respuestas.

La tabla 5.3 muestra los valores obtenidos a partir de los resultados para Q , al comparar estos resultados con la diferencia absoluta $Abs(a-b)$ obtenida, que también se muestra en la tabla 5.3, se puede apreciar que la diferencia absoluta es mucho menor que el estadístico, por lo que se puede concluir que **SI** existe una diferencia significativa entre las dos clasificaciones más frecuentes de cada pregunta, y, asumir en consecuencia de ello, que los resultados obtenidos son válidos y confiables.

Requerimiento	Q	Abs (a-b)	Requerimiento	Q	Abs (a-b)
1	7,066	69	9	7,066	57
2	7,110	65	10	6,995	44
3	6,886	28	11	6,670	35
4	6,944	43	12	7,078	66
5	7,053	66	13	6,925	58
6	6,844	48	14	6,865	41
7	6,455	8	15	6,902	65
8	7,040	56			

Tabla 5.3. Valores obtenidos para el estadístico Q en la encuesta.

5.2.3. Clasificación de los requerimientos según el resultado de las encuestas.

Después de hacer el análisis de los datos recogidos en las encuestas para lo referente al método Kano para satisfacción del cliente, se realizó la clasificación de los requerimientos; en donde del total de 15, se catalogaron como atractivos 6, como unidimensionales 4, como obligatorios 4 y solo uno de los requisitos fue clasificado como indiferente. La distribución de los requerimientos se puede apreciar en la figura 5.4. Así mismo, el enunciado de sus características, junto a la clasificación asignada son presentados en la tabla 5.4.

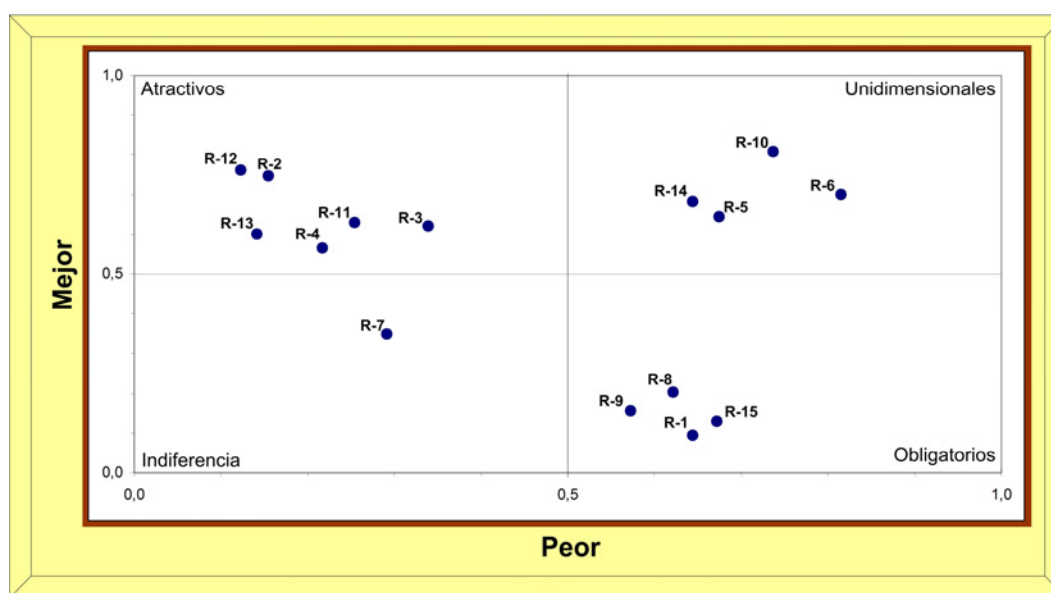


Figura 5.4. Clasificación de los requerimientos en base a los resultados obtenidos.

Requerimiento	Clasificación
1. Facilidad de conducción.	Obligatorio
2. Facilidad de mantenimiento.	Atractivo
3. Estética agradable.	Atractivo
4. Posibilidad de agregar complementos: luces, accesorios para comunicación y accesorios para respaldo / asiento.	Atractivo
5. Posibilidad de adaptar el asiento, respaldo y reposapiés-reposabrazos a mis necesidades específicas.	Unidimensional
6. Comodidad.	Unidimensional
7. Facilidad de plegado y/o desmontaje.	Indiferencia
8. Espacio para transportar objetos diversos.	Obligatorio
9. Capacidad de absorción de impactos e irregularidades del terreno (amortiguación).	Obligatorio
10. Capacidad de superar obstáculos del terreno.	Unidimensional
11. Seguridad contra vuelcos.	Atractivo
12. Precio.	Atractivo
13. Autonomía (duración de baterías).	Atractivo
14. Capacidad de adaptación a características corporales.	Unidimensional
15. Durabilidad de componentes.	Obligatorio

Tabla 5.4. Clasificación de los requerimientos en base a los resultados obtenidos.

A partir de esto, se puede hacer una clasificación de los tipos de productos que se pueden ofrecer (Tabla 5.5), en base al agrupamiento de diferentes combinaciones de características de sillas de ruedas de bipedestación; estas combinaciones proceden de la clasificación mostrada en el capítulo 3.3.5 (tabla 3.12). Esta clasificación de productos será incorporada posteriormente a la estructura de affordances, planteada en este capítulo de la tesis.

Tipo de producto	Atributos requeridos en la clasificación de Kano
Producto básico	<ul style="list-style-type: none"> 1. Facilidad de conducción. 8. Espacio para transportar objetos diversos. 9. Capacidad de absorción de impactos e irregularidades del terreno (amortiguación). 15. Durabilidad de componentes.
Producto esperado	<ul style="list-style-type: none"> 1. Facilidad de conducción. 8. Espacio para transportar objetos diversos. 9. Capacidad de absorción de impactos e irregularidades del terreno (amortiguación). 15. Durabilidad de componentes. <p style="text-align: center;">+</p> <ul style="list-style-type: none"> 5. Posibilidad de adaptar el asiento, respaldo y reposapiés-reposabrazos a mis necesidades específicas. 6. Comodidad. 10. Capacidad de superar obstáculos del terreno. 14. Capacidad de adaptación a características corporales.
Producto ampliado ó potencial	<ul style="list-style-type: none"> 1. Facilidad de conducción. 8. Espacio para transportar objetos diversos. 9. Capacidad de absorción de impactos e irregularidades del terreno (amortiguación). 15. Durabilidad de componentes. <p style="text-align: center;">+</p> <ul style="list-style-type: none"> 5. Posibilidad de adaptar el asiento, respaldo y reposapiés-reposabrazos a mis necesidades específicas. 6. Comodidad. 10. Capacidad de superar obstáculos del terreno. 14. Capacidad de adaptación a características corporales. <p style="text-align: center;">+</p> <ul style="list-style-type: none"> 2. Facilidad de mantenimiento. 3. Estética agradable. 4. Posibilidad de agregar complementos: luces, accesorios para comunicación y accesorios para respaldo / asiento. 11. Seguridad contra vuelcos. 12. Precio. 13. Autonomía (duración de baterías).

Tabla 5.5. Combinaciones necesarias de atributos para diferentes tipos de productos en base a los resultados obtenidos.

5.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FACTORIAL DE DATOS.

El objetivo de esta técnica es el proveer un sustento cuantitativo, tal que permita obtener una medida objetiva del significado psicológico que tiene para el encuestado un producto; para ello se utilizan una serie de escalas descriptivas de adjetivos bipolares, en base a los cuales se establece el grado de semejanza, o disparidad, entre diferentes conceptos.

Estos adjetivos opuestos sirven para calificar al objeto de actitud para el cual se solicita la reacción del sujeto, quien expresa su percepción del objeto entre varias opciones, entre las que selecciona aquella que refleje en mayor medida su actitud.

La figura 5.5 representa los resultados obtenidos para cada uno de los veinte adjetivos del diferencial semántico, en torno a los cuatro modelos de sillas de ruedas, recurriendo para ello al método de análisis de componentes principales. A partir de estos datos, primeramente se hace una revisión de la validez de la información recopilada mediante el cálculo de tres indicadores; seguidamente serán presentados los factores agrupados después de aplicar la técnica de análisis factorial. Estos factores agrupados serán a su vez la base para la creación del sistema de inferencia difuso, para seleccionar la propuesta de diseño a desarrollar en detalle, que será incorporada a la estructura de affordances propuesta.

5.3.1. Validez de los resultados.

Cada encuesta incluía la evaluación de cuatro modelos de silla de ruedas de bipedestación; así mismo, cada una de estos productos se evaluaba en torno a 20 pares de adjetivos opuestos. En base al total de 103 encuestas, fueron recopilados un total de 8240 datos, concernientes al diferencial semántico. Los resultados completos de este análisis se muestran en el anexo 7, de donde se ha extraído la información para mostrar las derivaciones obtenidas en los indicadores de validez y confiabilidad, cuyos sustento teórico fue descritos a detalle en el capítulo 3.4.

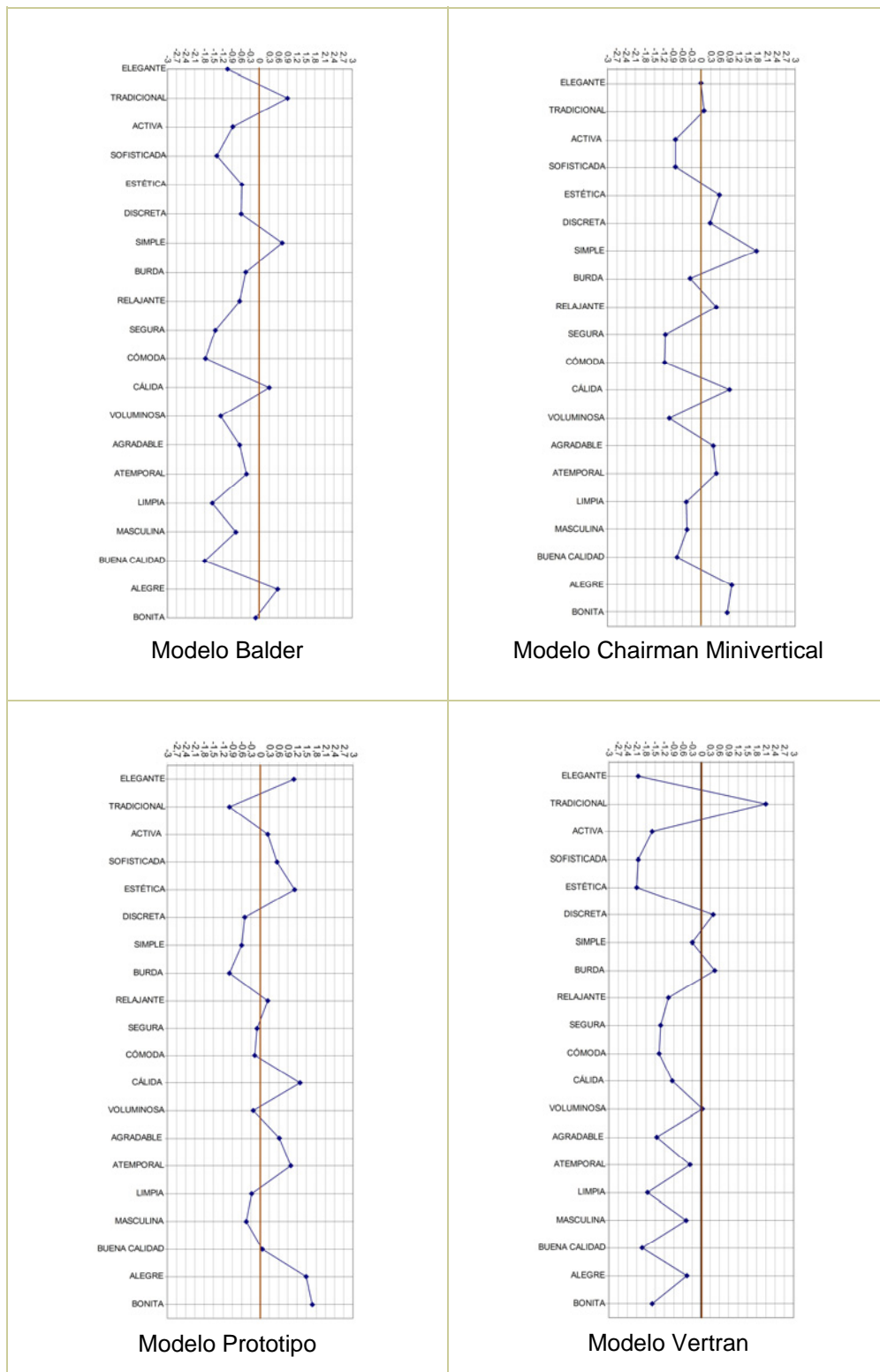


Figura 5.5. Resultados obtenidos para cada uno de los veinte adjetivos del diferencial semántico para los cuatro modelos de sillas de ruedas mediante el análisis de componentes principales

5.3.1.1. El determinante de la matriz de correlaciones.

Un determinante muy bajo indica altas inter correlaciones entre las variables, sin embargo, este valor no debe ser igual a cero, pues esto indicaría que algunas de las variables son linealmente dependientes y consecuentemente no se podrían realizar ciertos cálculos necesarios en el Análisis Factorial. En los resultados de la encuesta para este indicador (Tabla 5.6), se obtienen determinantes entre 0.013 y 0.025, lo que indica una correlación muy buena para los resultados obtenidos.

Modelo	Determinante de matriz de correlaciones
Balder	0,013
Chairman Minivertical	0,025
Prototipo	0,018
Vertran	0,024

Tabla 5.6. Matriz de Correlaciones para los modelos evaluados en la encuesta.

5.3.1.2. La prueba de esfericidad de Bartlett.

Contrasta la hipótesis que la matriz de correlaciones es una matriz identidad. Asumiendo que los datos provienen de una distribución normal multivariante, el estadístico de Bartlett se distribuye aproximadamente según el modelo de probabilidad chi-cuadrado, por lo tanto, es una transformación del determinante de la matriz de correlaciones. En términos prácticos, si el nivel crítico (Sig) es mayor que 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula de esfericidad, consecuentemente de ello, no se puede asegurar que el modelo factorial sea adecuado para explicar los datos. En la tabla 5.7 se muestran los valores obtenidos para los cuatro modelos de silla de ruedas, siendo para todos ellos Sig= 0, por lo que se concluye que los datos son válidos para el análisis factorial.

5.3.1.3. Índice KMO de Kaiser-Meyer-Olkin.

La medida de adecuación muestral (KMO) contrasta si las correlaciones parciales entre variables son suficientemente pequeñas, lo que permite comparar la magnitud de los coeficientes de correlación observados versus la magnitud de los coeficientes de correlación parcial. En la tabla 5.7, se puede apreciar que los índices KMO obtenidos varían desde 0,745 a 0,808, por lo que se puede afirmar que los datos recopilados se ajustan medianamente con respecto a este indicador, por lo tanto, se pueden utilizar para el análisis factorial.

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0,774	Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0,808
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	827,869	Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	931,976
	Df	190		df	190
	Sig.	,000		Sig.	,000
Modelo Balder			Modelo Chairman Minivertical		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0,758	Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0,745
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1080,439	Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	984,823
	Df	190		df	190
	Sig.	,000		Sig.	,000
Modelo Prototipo			Modelo Vertran		

Tabla 5.7. Matriz de resultados para el test de esfericidad de Bartlett y KMO.

En resumen, los resultados obtenidos en estas tres pruebas permiten asegurar que **los datos procedentes de las encuestas son confiables para realizar el análisis factorial.**

5.3.2. Obtención del número óptimo de factores.

La matriz factorial puede presentar un número de factores superior al necesario para explicar la estructura de los datos originales. Generalmente hay un conjunto reducido de factores que explican la mayor parte de la variabilidad total. Los otros factores suelen contribuir relativamente poco. Uno de los problemas que se plantean, por tanto, consiste en determinar el número de factores a conservar.

Existen diversos criterios para determinar el número de factores a conservar. El criterio adoptado para este estudio es el de Kaiser, que indica lo siguiente: "conservar solamente aquellos factores cuyos valores propios (eigenvalues) son mayores a la unidad". Este criterio es el que suelen utilizar los programas estadísticos por defecto.

La tabla 5.8 muestra los eigenvalues obtenidos para cada uno de los cuatro modelos de silla de ruedas en la segunda columna de cada una de las tablas, pudiéndose apreciar los resultados completos en el Anexo 7. El método utilizado para el análisis fue el de análisis de componentes principales.

Modelo Balder				Modelo Chairman Minivertical			
Componente	Initial Eigenvalues			Componente	Initial Eigenvalues		
	Total	% of Variance	Cumulative %		Total	% of Variance	Cumulative %
1	5,415	27,075	27,075	1	7,075	35,373	35,373
2	2,982	14,911	41,986	2	2,202	11,011	46,384
3	1,807	9,035	51,021	3	2,486	12,431	58,815
4	1,735	8,677	59,698	4	1,387	6,936	65,751
5	1,482	7,409	67,107	5	1,320	6,602	72,353
6	1,602	8,012	75,119	6	1,296	6,481	78,834
7	1,143	5,713	80,832	7	1,026	5,129	83,963

Modelo Prototipo				Modelo Vertran			
Componente	Initial Eigenvalues			Componente	Initial Eigenvalues		
	Total	% of Variance	Cumulative %		Total	% of Variance	Cumulative %
1	7,273	36,363	36,363	1	6,402	32,008	32,008
2	2,315	11,573	47,936	2	2,801	14,007	46,015
3	1,994	9,971	57,907	3	2,012	10,061	56,076
4	1,496	7,480	65,387	4	1,781	8,905	64,981
5	1,458	7,290	72,677	5	1,451	7,254	72,235
6	1,275	6,374	79,051	6	1,079	5,393	77,628
7	1,155	5,773	84,824	7	1,043	5,217	82,845

Tabla 5.8. Matriz de eigenvalues para los cuatro modelos de silla de ruedas.

A partir del análisis de los resultados del análisis factorial fueron extraídos 7 factores reducidos y comunes a los 4 productos. Al analizar la tabla 5.8 se aprecia que estos siete factores, explican varianzas que fluctúan desde un 80,832%, para el modelo Balder, a un 84,824% para el modelo prototipo.

La decisión de escoger este número de factores resulta de sopesar el incremento de confiabilidad (relacionado al incremento de la varianza total explicada por el número de factores) contra el incremento de complejidad resultante de contemplar una mayor cantidad de factores (es decir, considerar mas de siete de ellos).

Si se analizan los resultados completos contenidos en el anexo 7, es posible comprender que los beneficios de considerar un mayor número de factores, no son apreciables en términos de la varianza explicada, en cambio, si agregarían un mayor índice de complejidad al modelo de inferencia difuso a desarrollar, el cual tendrá como parte de las variables de entrada el número de factores extraídos.

Los factores reducidos se presentan en la tabla 5.9, la cual además incluye los pares de adjetivos originales que fueron agrupados en esta nueva clasificación.

Factor reducido	Adjetivos originales	Número inicial del adjetivo
1. Bonito / Agradable	Simple – Compleja	7
	Agradable – Desagradable	14
	Alegre – triste	19
	Bonita – Fea	20
2. Cómodo / Relajante	Relajante – Estresante	9
	Segura – Insegura	10
	Cómoda – Incómoda	11
3. Elegante / Sofisticado	Elegante – Vulgar	1
	Sofisticada – Ordinaria	4
4. Activo / Cálido	Activa – Pasiva	3
	Cálida – Fría	12
5. Voluminoso / Masculino	Burda – Delicada	8
	Voluminosa – Ligera	13
	Masculina – Femenina	17
6. Estética / Calidad	Estética – Antiestética	5
	Limpia – Sucia	16
	Buena calidad – Mala calidad	18
7. Tradicional / Discreto	Tradicional – Moderna	2
	Discreta – Llamativa	6
	Atemporal – Efímera	15

Tabla 5.9. Los 7 factores resultantes del análisis factorial.

5.3.3. Reclasificación de los productos en base a su valoración en los factores extraídos.

En base a los 7 factores extraídos como resultado del análisis factorial, se procederá ahora a agrupar los cuatro modelos de silla de ruedas en torno a ellos. Los valores de la tabla 5.10 reflejan los resultados medios de cada modelo de silla de ruedas, en torno a los 20 pares de adjetivos iniciales; en base a ellos, se hace una nueva clasificación de la valoración obtenida por cada uno de los diseños evaluados.

Modelo / # de adjetivo	Promedio	Modelo / # de adjetivo	Promedio	Modelo / # de adjetivo	Promedio	Modelo / # de adjetivo	Promedio
Balder/1	-1,0485	Chairman/1	-0,0097	Prototipo/1	1,0971	Vertran/1	-2,0583
Balder/2	0,9126	Chairman/2	0,0777	Prototipo/2	-0,9903	Vertran/2	2,0874
Balder/3	-0,8738	Chairman/3	-0,8155	Prototipo/3	0,2427	Vertran/3	-1,5825
Balder/4	-1,3883	Chairman/4	-0,8155	Prototipo/4	0,5437	Vertran/4	-2,0485
Balder/5	-0,5728	Chairman/5	0,5825	Prototipo/5	1,1165	Vertran/5	-2,1068
Balder/6	-0,6019	Chairman/6	0,2816	Prototipo/6	-0,5049	Vertran/6	0,3981
Balder/7	0,7184	Chairman/7	1,7767	Prototipo/7	-0,5922	Vertran/7	-0,2913
Balder/8	-0,4563	Chairman/8	-0,3495	Prototipo/8	-0,9903	Vertran/8	0,4272
Balder/9	-0,6505	Chairman/9	0,4757	Prototipo/9	0,2524	Vertran/9	-1,0777
Balder/10	-1,4369	Chairman/10	-1,1456	Prototipo/10	-0,1068	Vertran/10	-1,3204
Balder/11	-1,7573	Chairman/11	-1,1845	Prototipo/11	-0,1748	Vertran/11	-1,3592
Balder/12	0,3204	Chairman/12	0,9029	Prototipo/12	1,2913	Vertran/12	-0,9515
Balder/13	-1,2772	Chairman/13	-1,0194	Prototipo/13	-0,2136	Vertran/13	0,0388
Balder/14	-0,6505	Chairman/14	0,3883	Prototipo/14	0,6214	Vertran/14	-1,4369
Balder/15	-0,4369	Chairman/15	0,4854	Prototipo/15	0,9903	Vertran/15	-0,3592
Balder/16	-1,5437	Chairman/16	-0,4854	Prototipo/16	-0,2816	Vertran/16	-1,7573
Balder/17	-0,7670	Chairman/17	-0,4660	Prototipo/17	-0,4466	Vertran/17	-0,4951
Balder/18	-1,7864	Chairman/18	-0,7767	Prototipo/18	0,0777	Vertran/18	-1,9126
Balder/19	0,5922	Chairman/19	0,9806	Prototipo/19	1,4951	Vertran/19	-0,4563
Balder/20	-0,1359	Chairman/20	0,8252	Prototipo/20	1,6893	Vertran/20	-1,5825

Tabla 5.10. Valores promedio obtenidos para cada modelo de silla de ruedas.

El procedimiento utilizado para ello fue hacer una sumatoria de los promedios que agrupa cada factor, por ejemplo, los factores para el modelo Balder se calculan de la siguiente manera, a partir de los datos de la tabla 5.9:

$$\text{Factor 1 Balder} = \text{Promedio_adjetivo_7} + \text{Promedio_adjetivo_14} + \text{Promedio_adjetivo_19} + \text{Promedio_adjetivo_20}$$

$$\text{Factor 2 Balder} = \text{Promedio_adjetivo_9} + \text{Promedio_adjetivo_10} + \text{Promedio_adjetivo_11}$$

Factor 3 Balder = Promedio_adjetivo_1 + Promedio_adjetivo_4
 Factor 4 Balder = Promedio_adjetivo_3 + Promedio_adjetivo_12
 Factor 5 Balder = Promedio_adjetivo_8 + Promedio_adjetivo_13 + Promedio_adjetivo_17
 Factor 6 Balder = Promedio_adjetivo_5 + Promedio_adjetivo_16 + Promedio_adjetivo_18
 Factor 7 Balder = Promedio_adjetivo_2 + Promedio_adjetivo_6 + Promedio_adjetivo_15

De esta misma manera, los valores de los factores, para cada uno de los cuatro diseños, se presentan en la tabla 5.11a:

<p>Factor1 modelo Balder = $0,7184 - 0,6505 + 0,5922 - 0,1359 = 0,5243$ Factor2 modelo Balder = $-0,6505 -1,4369 -1,7573 = -3,8447$ Factor3 modelo Balder = $-1,0485 - 1,3883 = -2,4369$ Factor4 modelo Balder = $-0,8738 + 0,3204 = -0,5534$ Factor5 modelo Balder = $-0,4563 -1,2772 - 0,7670 = -2,5005$ Factor6 modelo Balder = $-0,5728 -1,5437 -1,7864 = -3,9029$ Factor7 modelo Balder = $0,9126 - 0,6019 -0,4369 = -0,1262$</p>
<p>Factor1 modelo Chairman Minivertical = $1,7767 + 0,3883 + 0,9806 + 0,8252 = 3,9709$ Factor2 modelo Chairman Minivertical = $0,4757 -1,1456 -1,1845 = -1,8544$ Factor3 modelo Chairman Minivertical = $-0,0097 - 0,8155 = -0,8252$ Factor4 modelo Chairman Minivertical = $-0,8155 + 0,9029 = 0,0874$ Factor5 modelo Chairman Minivertical = $-0,3495 -1,0194 - 0,4660 = -1,8350$ Factor6 modelo Chairman Minivertical = $0,5825 - 0,4854 -0,7767 = -0,6796$ Factor7 modelo Chairman Minivertical = $0,0777 + 0,2816 + 0,4854 = 0,8447$</p>
<p>Factor1 modelo Prototipo = $-0,5922 + 0,6214 + 1,4951 + 1,6893 = 3,2136$ Factor2 modelo Prototipo = $0,2524 - 0,1068 - 0,1748 = -0,0292$ Factor3 modelo Prototipo = $1,0971 + 0,5437 = 1,6408$ Factor4 modelo Prototipo = $0,2427 + 1,2913 = 1,534$ Factor5 modelo Prototipo = $-0,9903 -0,2136 - 0,4466 = -1,6505$ Factor6 modelo Prototipo = $1,1165 - 0,2816 - 0,0777 = 0,9126$ Factor7 modelo Prototipo = $- 0,9903 - 0,5049 + 0,9903 = -0,5049$</p>
<p>Factor1 modelo Vertran = $- 0,2913 - 1,4369 - 0,4563 - 1,5825 = - 3,7670$ Factor2 modelo Vertran = $-1,0777 - 1,3204 - 1,3592 = - 3,7573$ Factor3 modelo Vertran = $- 2,0583 - 2,0485 = - 4,1068$ Factor4 modelo Vertran = $-1,5825 - 0,9515 = -2,5340$ Factor5 modelo Vertran = $0,4272 + 0,0388 - 0,4951 = - 0,0291$ Factor6 modelo Vertran = $- 2,1068 + 0,3981 - 1,9126 = - 5,7767$ Factor7 modelo Vertran = $2,0874 + 0,3981 - 0,3592 = 2,1262$</p>

Tabla 5.11a. Calculo de los factores para cada modelo evaluado

Calculados de esta manera, la tabla 5.11b presenta los valores obtenidos para cada uno de los modelos de silla de rueda agrupados en torno a los 7 factores extraídos. De la misma manera, la figura 5.6 representa la agrupación de los factores y la valoración obtenida por cada producto estudiado. Estos valores servirán de base para el modelo matemático de lógica difusa que se desarrollan a continuación.

	Balder	Chairman	Prototipo	Vertran
F1	0,5243	3,9709	3,2136	-3,7670
F2	-3,8447	-1,8544	-0,0291	-3,7573
F3	-2,4369	-0,8252	1,6408	-4,1068
F4	-0,5534	0,0874	1,5340	-2,5340
F5	-2,5005	-1,8350	-1,6505	-0,0291
F6	-3,9029	-0,6796	0,9126	-5,7767
F7	-0,1262	0,8447	-0,5049	2,1262

Tabla 5.11b. Peso de cada factor para cada uno de los modelos de sillas de ruedas.

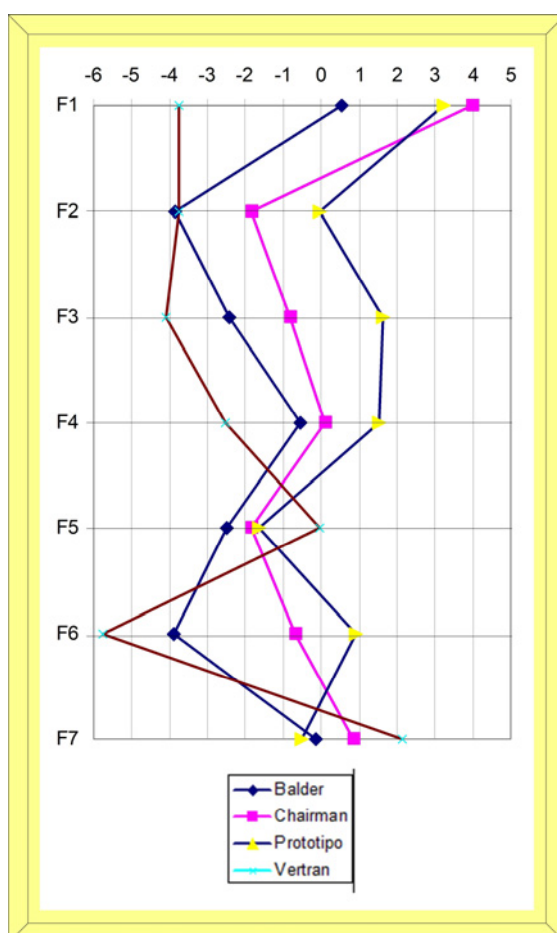


Figura 5.6. Los 7 factores resultantes del análisis factorial y su valor para cada modelo de silla de ruedas.

5.4. MODELO MATEMÁTICO DESARROLLADO.

5.4.1. Proximidad de los productos evaluados a cada factor.

El modelo matemático desarrollado parte de la existencia de la información correspondiente a las propuestas de diseño, esta información inicial concierne a los resultados obtenidos de la técnica de diferenciales semánticos. Además, es necesario contar con la información resultante del proceso de identificación de los factores que agrupan los conjuntos de adjetivos semánticos, junto a su valoración para cada una de las propuestas de diseño. El apartado anterior concluyó con una jeraquización de cada uno de los cuatro productos evaluados, en torno a los factores agrupados (figura 5.6). La tabla 5.11b presenta los resultados obtenidos para cada uno de los cuatro productos; sin embargo, esta tabla deberá ser modificada para jerarquizar la proximidad que posee cada modelo en torno a los factores extraídos, utilizando como criterio para ello la cercanía a los adjetivos que agrupa cada factor (en este caso particular, por las etiquetas identificador asignadas a los adjetivos, es el lado izquierdo). De esta forma, los valores más negativos de cada modelo para cada factor serán, en consecuencia, los modelos que representen más cercanamente a los términos semánticos de estos factores.

A modo de ejemplo, en el caso del factor 1, el producto que tiene una valoración más cercana a la etiqueta del factor es el modelo Vertran, que según los resultados presentados en la tabla 5.11b tiene un peso de factor de $-3,7670$, seguido a continuación por el modelo Balder ($0,5243$), después el modelo Prototipo ($3,2136$); por último, el modelo Chairman ($3,9709$). Como se señaló anteriormente, el criterio utilizado es el seleccionar primeramente los valores más negativos, lo cual indica que son apreciados como más cercanos a los nombres asignados a la etiqueta de factores agrupados.

De esta forma, la tabla 5.12 muestra la valoración obtenida para cada producto en torno a los siete factores agrupados. Esta información es la base para las reglas del sistema de inferencia difuso, que será desarrollado en los siguientes apartados.

FACTOR	Balder	Chairman	Prototipo	Vertran
F1	2	4	3	1
F2	1	3	4	2
F3	2	3	4	1
F4	2	3	4	1
F5	1	2	3	4
F6	2	3	4	1
F7	2	3	1	4

Tabla 5.12. Peso de cada factor para cada uno de los modelos de sillas de ruedas.

5.4.2. Modelo matemático.

5.4.2.1. Tipos de sistemas basados en reglas difusas.

La inferencia difusa es el proceso de formulación de una respuesta a un modelo matemático, partiendo de un conjunto de datos de entrada, utilizando para ello las técnicas propias de la lógica difusa. Esta respuesta generada, sirve a su vez como base sobre la cual se pueden tomar decisiones, o bien, discernir patrones de comportamiento. La figura 5.7 ilustra este proceso para el caso particular del caso práctico de la tesis:

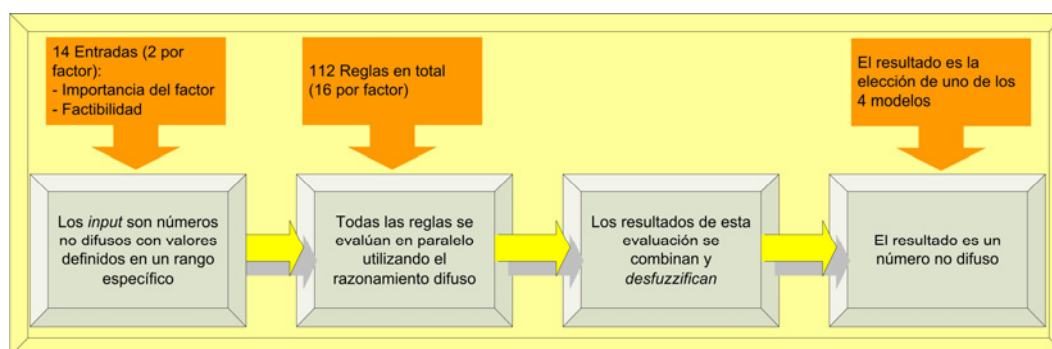


Figura 5.7. Gráfico simplificado del proceso de inferencia difuso utilizado.

El proceso de inferencia difusa involucra la consideración de diferentes factores: funciones de pertenencia, operadores difusos y reglas del tipo *if-then*. En este sentido, existen dos tipos principales de sistemas de inferencia difusa, Mamdani y Sugeno (Mathworks, 2000), los cuales difieren principalmente en la forma en que son determinadas las salidas del sistema; el tipo Mamdani es el más comúnmente utilizado y tiene como principal característica, el que las funciones de pertenencia de salida corresponden a

conjuntos difusos, los cuales necesitan ser *desfusificados*, utilizando para ello alguna técnica particular. La forma clásica de tipo de inferencia Mamdani es:

Si X_1 es Alto y X_2 es Bajo ENTONCES Y_1 es Alto

Las ventajas y deficiencias de utilizar este tipo de inferencia se presentan en la tabla 5.13:

Ventajas	Deficiencias
<ul style="list-style-type: none"> ■ Facilidad para la derivación de reglas ■ Interpretabilidad de las reglas difusas ■ Fueron propuestos antes que otros y se ha utilizado con más frecuencia 	<ul style="list-style-type: none"> ■ No garantiza la continuidad de la superficie de salida ■ Menor eficiencia computacional

Tabla 5.13. Ventajas y deficiencias de utilizar la técnica de inferencia difusa de Mamdani.

Esquemáticamente, la inferencia difusa de Mamdani se puede ver de la siguiente manera (figura 5.8):

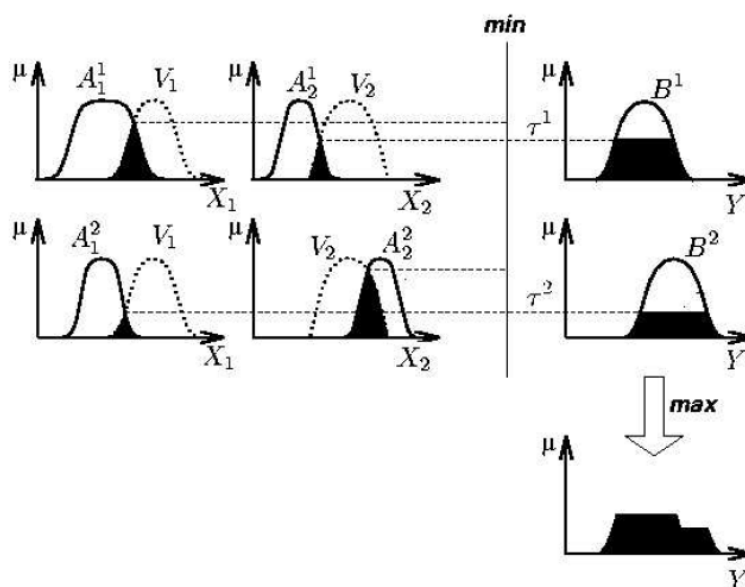


Figura 5.8. Esquema de inferencia difuso Mamdani. Tomado de (Witold, 1993)

En base a la simplicidad de este tipo de inferencia, en comparación con la Inferencia Sugeno, fue seleccionada la inferencia de tipo Mamdani. Así mismo, el método utilizado para obtener el valor de las variables de salida, en el bloque *desfusificador*, es el del centroide, ya que este método es el más comúnmente utilizado debido a que proporciona una solución única para cada variable (Mordeson & Premchand S., 2001).

Como es lógico suponer, el resolver manualmente este tipo de modelos es muy complicado, si no es que prácticamente imposible, razón por la cual existen diferentes programas informáticos para resolver sistemas de inferencia difusos. En el caso particular de este trabajo de tesis, se recurre al uso de uno de ellos, **MATLAB** versión 6.5, principalmente por su facilidad relativa de uso y su capacidad de adaptarse a aplicaciones de tipo particular.

5.4.2.2. Variables de entrada del modelo.

El modelo de inferencia difusa cuenta con dos variables de entrada para cada factor (14 en total):

1. Importancia percibida del factor
2. Factibilidad técnica de realización.

Los valores de la importancia percibida se pueden captar a partir de un muestreo de usuarios, en donde estos califiquen la importancia que le atribuirían a los adjetivos semánticos agrupados por cada factor. La factibilidad técnica refleja el valor que le atribuye el diseñador, o equipo de diseñadores, a la posibilidad de interpretar e incorporar los adjetivos semánticos que agrupa cada factor, como características del producto. Esta variable de entrada se agrega para otorgar valor a la percepción que tiene el diseñador sobre la facilidad-complejidad de incorporar diferentes atributos, agrupados por los factores al producto.

Las variables de entrada pueden tomar valores continuos en la escala de 0 a 10 y para su uso en el modelo de lógica difusa, fueron divididas en cuatro funciones de pertenencia de tipo triangular: *Baja*, *Media Baja*, *Media Alta* y *Alta*, agrupadas bajo los siguientes rangos (tabla 5.14):

Función de Pertenencia	Rangos
Baja	(0, 0, 3.33)
Media Baja	(0, 3.33, 6.67)
Media Alta	(3.33, 6.67, 10)
Alta	(6.67, 10, 10)

Tabla 5.14. Rangos de las funciones de pertenencia para la Importancia y la factibilidad técnica de los factores.

Gráficamente, las funciones de pertenencia para la importancia y factibilidad técnica pueden ser apreciadas en las figuras 5.9 y 5.10.

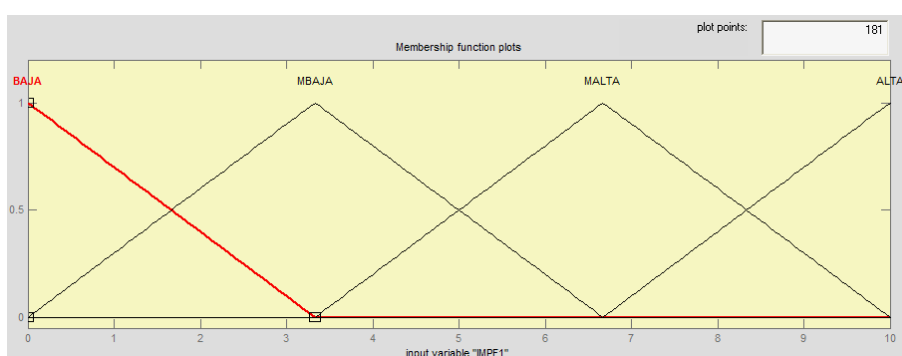


Figura 5.9. Funciones de pertenencia para Importancia del factor1. Imagen tomada de la pantalla del ordenador

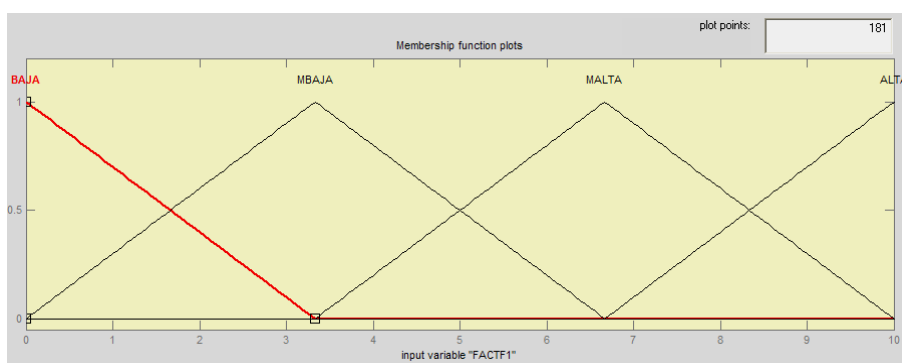


Figura 5.10. Funciones de pertenencia para la Factibilidad técnica del factor1. Imagen tomada de la pantalla del ordenador

5.4.2.3. Variables de salida del modelo.

El modelo matemático posee cuatro variables de salida, las cuales indican la valoración obtenida por cada modelo de silla de ruedas, ante una combinación específica de las 14 variables de entrada. Estos valores se generan por medio del método de centroide (fluctúan en una escala que va de 0 a 10), posteriormente son comparados entre si, para

seleccionar entonces el modelo de silla que resulta más adecuado ante una combinación particular de parámetros de entrada.

Cada variable de salida posee cuatro funciones de pertenencia, las cuales señalan la capacidad del producto evaluado para adaptarse a una combinación determinada de variables de entrada (importancia y factibilidad técnica); estas funciones de pertenencia corresponden a una capacidad de adaptación *baja*, *media baja*, *media alta* y *alta*. Los rangos de estas funciones se especifican en la tabla 5.15:

Función de Pertenencia	Rangos
Baja	(0, 0, 3.33)
Media Baja	(0, 3.33, 6.67)
Media Alta	(3.33, 6.67, 10)
Alta	(6.67, 10, 10)

Tabla 5.15. Rangos de las funciones de pertenencia de las variables de salida.

A modo de ejemplo, la figura 5.11 presenta las funciones de pertenencia para uno de los modelos de silla de ruedas evaluados (Chairman). Aquí, se puede apreciar gráficamente que las funciones de pertenencia son del tipo triangular y se sitúan en el rango de valores de 0 a 10

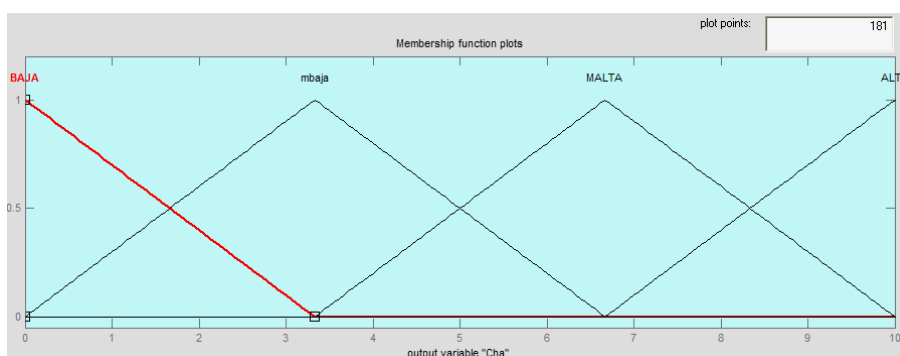


Figura 5.11. Funciones de pertenencia para el modelo Chairman. Imagen tomada de la pantalla del ordenador

La figura 5.12 muestra gráficamente los resultados obtenidos para una combinación de valores de entrada. De aquí se puede apreciar que el modelo con una valoración más alta es el Vertran (6,94), seguido por el modelo Balder (5,96), después el modelo Chairman (5,22) y, por último, el modelo Prototipo (3,34)

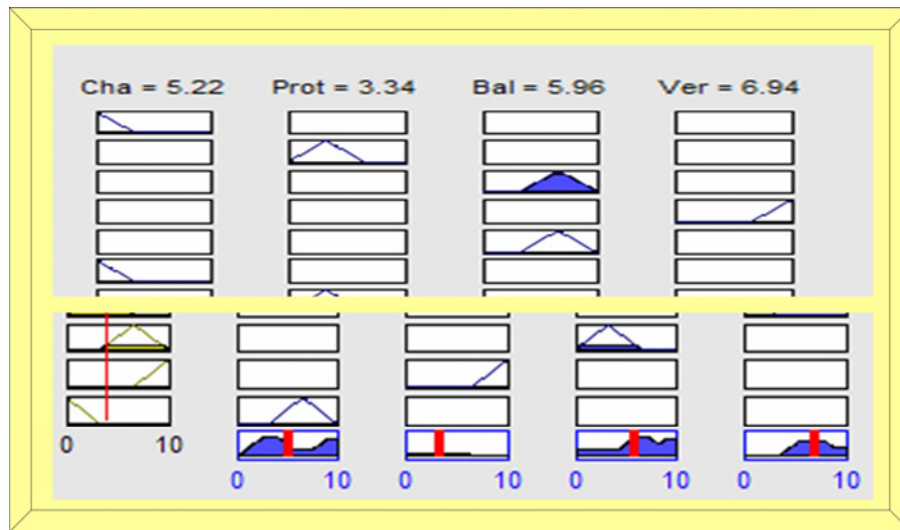


Figura 5.12. Resultados obtenidos para una combinación determinada de variables de entrada. Imagen compuesta tomada de la pantalla del ordenador

5.4.2.4. Restricciones del modelo.

En total fueron formuladas 112 restricciones para el modelo matemático, este número de condiciones surge a partir del total de combinaciones posibles de funciones de pertenencia para los siete factores, es decir, de multiplicar:

$$(7 \text{ factores})(4 \text{ niveles de importancia})(4 \text{ niveles de factibilidad técnica}) = 112 \text{ restricciones}$$

Cada una de estas restricciones fue relacionada, a su vez, con el modelo de silla de ruedas que más se ajustaba a la combinación de importancia y factibilidad técnica, señalada en cada una de estas restricciones particulares. Esta información se sustrae de la tabla 5.12 y bajo esta mecánica se obtuvieron las 112 restricciones del modelo (tabla 5.16).

Gráficamente, la figura 5.13 presenta las 16 restricciones correspondientes al primero de los siete factores considerados en el modelo.

		IMPORTANCIA		FACTIBILIDAD		SILLA	VALORACIÓN
FACTOR 1: Belleza Inputs: Importancia y factibilidad	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Chairman	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Prototipo	Media baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Media alta
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Vertran	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Balder	Media Alta
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Chairman	Baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Prototipo	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Vertran	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Vertran	Media alta
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Chairman	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Prototipo	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Media baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Vertran	Alta
<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Media alta	
FACTOR 2: Comodidad Inputs: Importancia y factibilidad	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Media baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Vertran	Media alta
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Balder	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Vertran	Media Alta
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Vertran	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Balder	Media alta
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Prototipo	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Vertran	Media baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Balder	Alta
<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Chairman	Media alta	
FACTOR 3: Elegancia Inputs: Importancia y factibilidad	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Media baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Media alta
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Vertran	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Balder	Media Alta
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Vertran	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Vertran	Media alta
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Prototipo	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Media baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Vertran	Alta
<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Chairman	Media alta	

Tabla 5.16. Restricciones del modelo matemático.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

		IMPORTANCIA		FACTIBILIDAD		SILLA	VALORACIÓN
FACTOR 4: Actividad Inputs: Importancia y factibilidad	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Media baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Media alta
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Vertran	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Balder	Media Alta
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Vertran	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Vertran	Media alta
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Prototipo	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Media baja
<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Vertran	Alta	
<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Chairman	Media alta	
FACTOR 5: Volumen Inputs: Importancia y factibilidad	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Vertran	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Prototipo	Media baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Chairman	Media alta
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Balder	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Chairman	Media Alta
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Vertran	Baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Prototipo	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Chairman	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Balder	Media alta
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Vertran	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Prototipo	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Vertran	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Chairman	Media baja
<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Balder	Alta	
<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Media alta	
FACTOR 6: Estética Inputs: Importancia y factibilidad	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Media baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Media alta
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Vertran	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Balder	Media Alta
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Vertran	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Vertran	Media alta
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Prototipo	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Prototipo	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Media baja
<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Vertran	Alta	
<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Chairman	Media alta	

Tabla 5.16 (continuación). Restricciones del modelo matemático.

	IMPORTANCIA		FACTIBILIDAD		SILLA	VALORACIÓN	
FACTOR 7: Temporalidad Inputs: Importancia y factibilidad	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Vertran	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Media baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Media alta
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Prototipo	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Balder	Media Alta
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Vertran	Baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Prototipo	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Prototipo	Media alta
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Vertran	Media baja
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Chairman	Alta
	<i>if</i>	Baja	<i>and</i>	Media Baja	<i>then</i>	Vertran	Baja
	<i>if</i>	Media Baja	<i>and</i>	Media Alta	<i>then</i>	Balder	Media baja
	<i>if</i>	Media Alta	<i>and</i>	Alta	<i>then</i>	Prototipo	Alta
	<i>if</i>	Alta	<i>and</i>	Baja	<i>then</i>	Chairman	Media alta

Tabla 5.16 (continuación). Restricciones del modelo matemático.

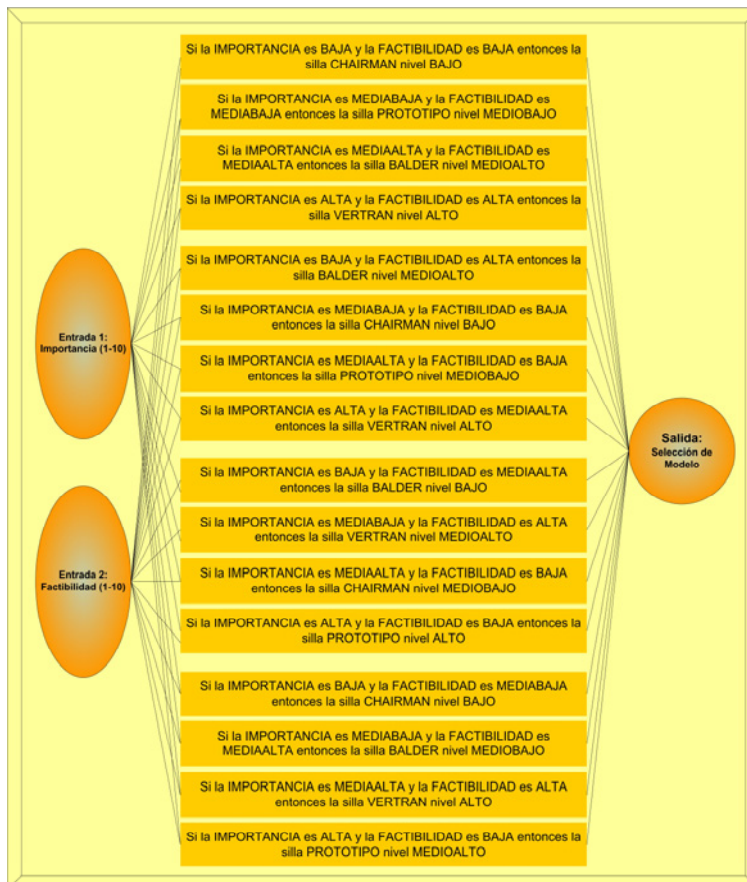


Figura 5.13. Las 16 restricciones del modelo matemático correspondientes al factor 1.

5.5. VALIDACIÓN DEL MODELO (PRUEBAS REALIZADAS).

Para verificar la estabilidad del modelo, ante diferentes combinaciones de valores de las 14 variables de entrada, fueron ejecutadas en total 20 pruebas, mediante las cuales se pudo corroborar que el resultado de estas combinaciones de datos de entrada, ofrecía resultados heterogéneos para las variables de salida. La tabla 5.17 muestra los valores de entrada para cuatro de estas pruebas, los cuales son representativos de casos en donde fueron obtenidas diferentes combinaciones de las variables de salida, las cuales a su vez resultaron en la selección de uno de los cuatro productos evaluados. El total de pruebas efectuadas utilizando diferentes combinaciones en las variables de entrada, así como los resultados obtenidos, se presentan en el anexo 8 de la tesis.

Factor	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
Factor 1:				
Importancia	6.0	8.0	5.0	3.0
Factibilidad técnica	8.0	8.5	3.0	5.5
Factor 2:				
Importancia	9.0	5.0	2.4	7.0
Factibilidad técnica	4.0	6.7	7.0	9.0
Factor 3:				
Importancia	7.0	8.0	3.8	4.0
Factibilidad técnica	3.5	7.5	6.0	8.5
Factor 4:				
Importancia	4.0	8.0	5.0	3.0
Factibilidad técnica	6.0	5.0	7.0	5.0
Factor 5:				
Importancia	8.0	3.5	6.0	7.0
Factibilidad técnica	9.5	3.0	8.3	6.5
Factor 6:				
Importancia	7.5	8.8	3.7	9.0
Factibilidad técnica	6.0	7.0	6.0	7.0
Factor 7:				
Importancia	8.3	8.1	8.1	6.5
Factibilidad técnica	9.0	7.0	5.0	7.0

Tabla 5.17. Valores de las 14 variables de entrada para cuatro pruebas del modelo.

5.5.1. Resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos para cada una de estas pruebas se muestran en la figura 5.14, la cual presenta las combinaciones de valores de las 14 variables (rectángulo superior en cada uno de los cuadros de resultados), los valores de cada una de las variables de salida (rectángulo gris en la parte media de cada cuadro de resultados), así como los gráficos generados para cada variable de salida.

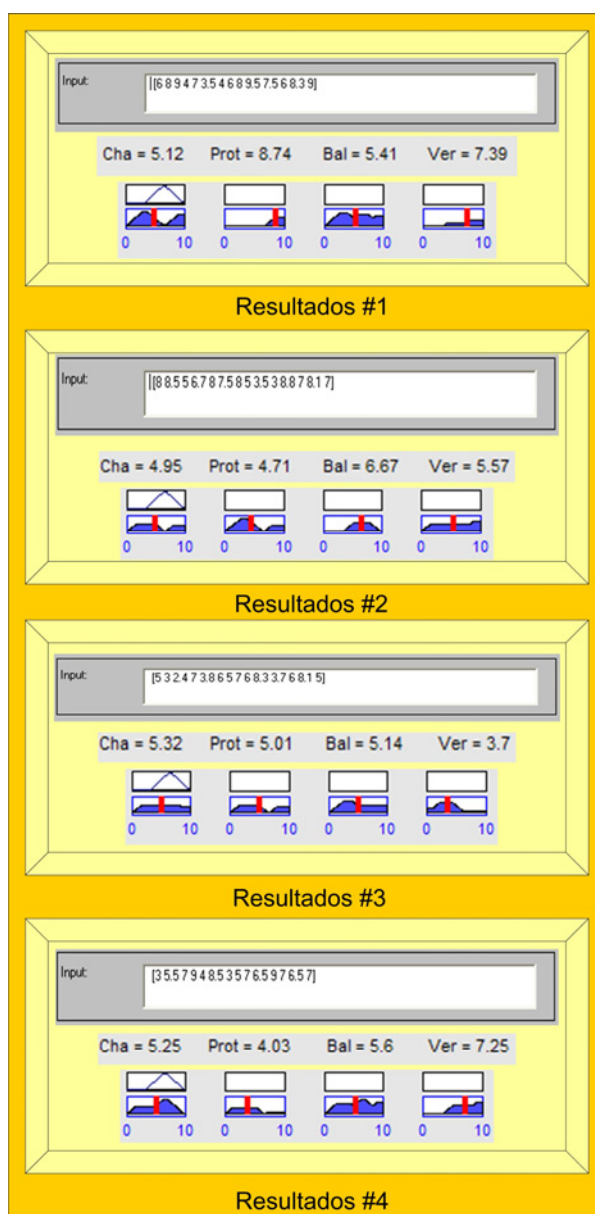


Figura 5.14. Resultados obtenidos para las cuatro combinaciones de variables de entrada de la tabla 5.17.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En base a la figura 5.14, la tabla 5.18 presenta los resultados obtenidos en estas cuatro pruebas para cada uno de los productos; así mismo, en base a esos resultados, se presenta el modelo de silla de ruedas que otorga se ajusta mejor ante las variables de entrada proporcionadas (figura 5.15).

	Mod. Chairman	Mod. Prototipo	Mod. Balder	Modelo Vertran	Modelo Seleccionado
Prueba 1	5.12	8.74	5.41	7.39	Prototipo
Prueba 2	4.95	4.71	6.67	5.57	Balder
Prueba 3	5.32	5.01	5.14	3.70	Chairman
Prueba 4	5.25	4.03	5.60	7.25	Vertran

Tabla 5.18. Selección del modelo de silla de ruedas en base a los resultados mostrados en el gráfico 5.14.

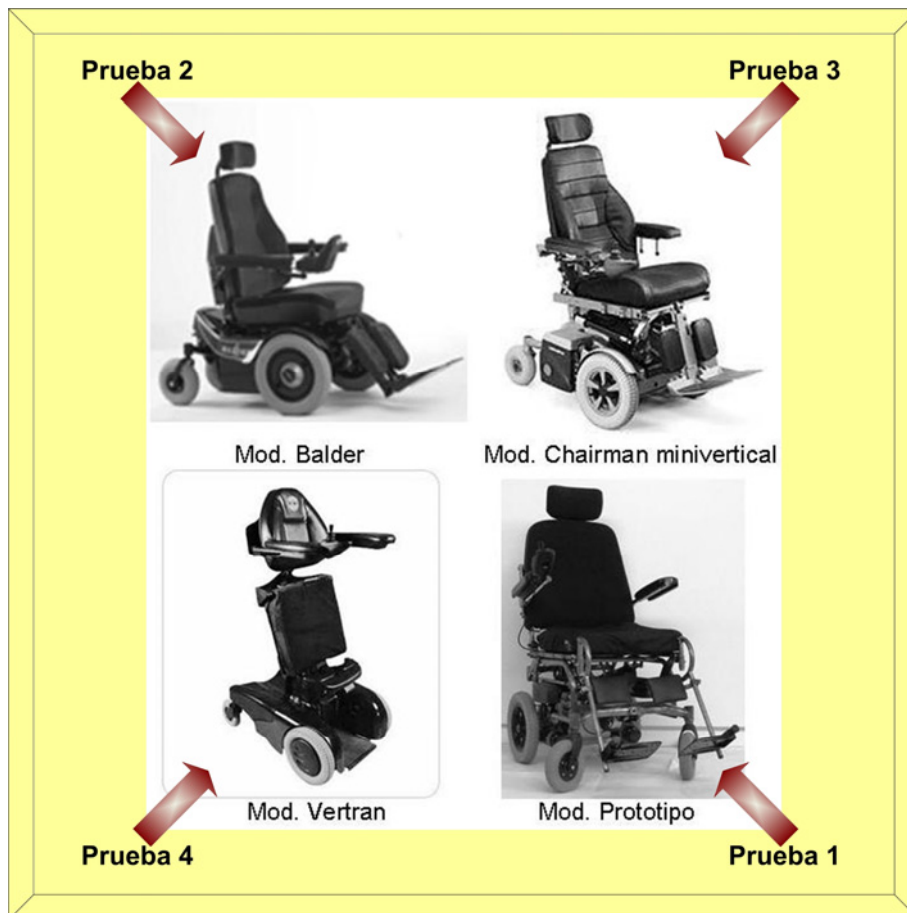


Figura 5.15. Modelo de silla de ruedas seleccionado en base a los resultados mostrados en el gráfico 5.15.

5.6. INCORPORACIÓN DE LOS RESULTADOS A LA ESTRUCTURA DE AFFORDANCES.

La estructura de affordances describe la relación entre las propiedades del artefacto y la percepción del uso de este artefacto por el usuario; esta complejidad en el diseño surge a partir de múltiples factores, que tienen como base la necesidad básica de considerar en el diseño tres actores básicos: el artefacto, el usuario y el diseñador.

De esta manera, se puede definir la estructura de affordances entre objeto y usuario como un marco conceptual, el cual señala el conjunto de interacciones, en las cuales las propiedades del objeto son percibidas por el usuario como posibilidades de acción; es entonces que se puede decir que un objeto permite (*affords*) una combinación de usos.

En base a los resultados obtenidos de la encuesta y su posterior procesamiento estadístico y modelación matemática, pueden ser formuladas las estructuras de affordances propuestas en la tesis, las cuales conformarían una guía rectora de trabajo para el equipo de diseño, marcando las pautas a seguir en el proceso de diseño de detalle del producto. De esta manera, el diseño del producto será dirigido de forma que se de importancia a aquellos aspectos que el usuario del producto percibe como más importantes en un producto, en el entorno de uso del mismo. Este ordenamiento de affordances se divide, a su vez, en dos áreas sensiblemente diferenciadas: la percepción estética y las características de uso del producto.

La figura 5.16 muestra la estructura de affordances para la combinación de atributos de un **producto básico**; de la misma manera, la figura 5.17 muestra la estructura de affordances para la combinación de atributos de un **producto esperado**. Finalmente, la figura 5.18 presenta la estructura de affordances para un **producto ampliado o potencial**. Estas clasificaciones surgen a partir de dos resultados parciales: el método Kano para la satisfacción del cliente y, en lo referente a los affordances de tipo estético, el diseño conceptual seleccionado (una de las cuatro propuestas de silla de ruedas de bipedestación) para su desarrollo a detalle se elige a partir del modelo de inferencia difusa, desarrollado anteriormente.

Como puede apreciarse al analizar estas figuras, un producto básico posee una estructura de affordances menos compleja que la de un producto esperado; así mismo, un

producto esperado posee una estructura de affordances menos compleja que aquella de un producto ampliado.

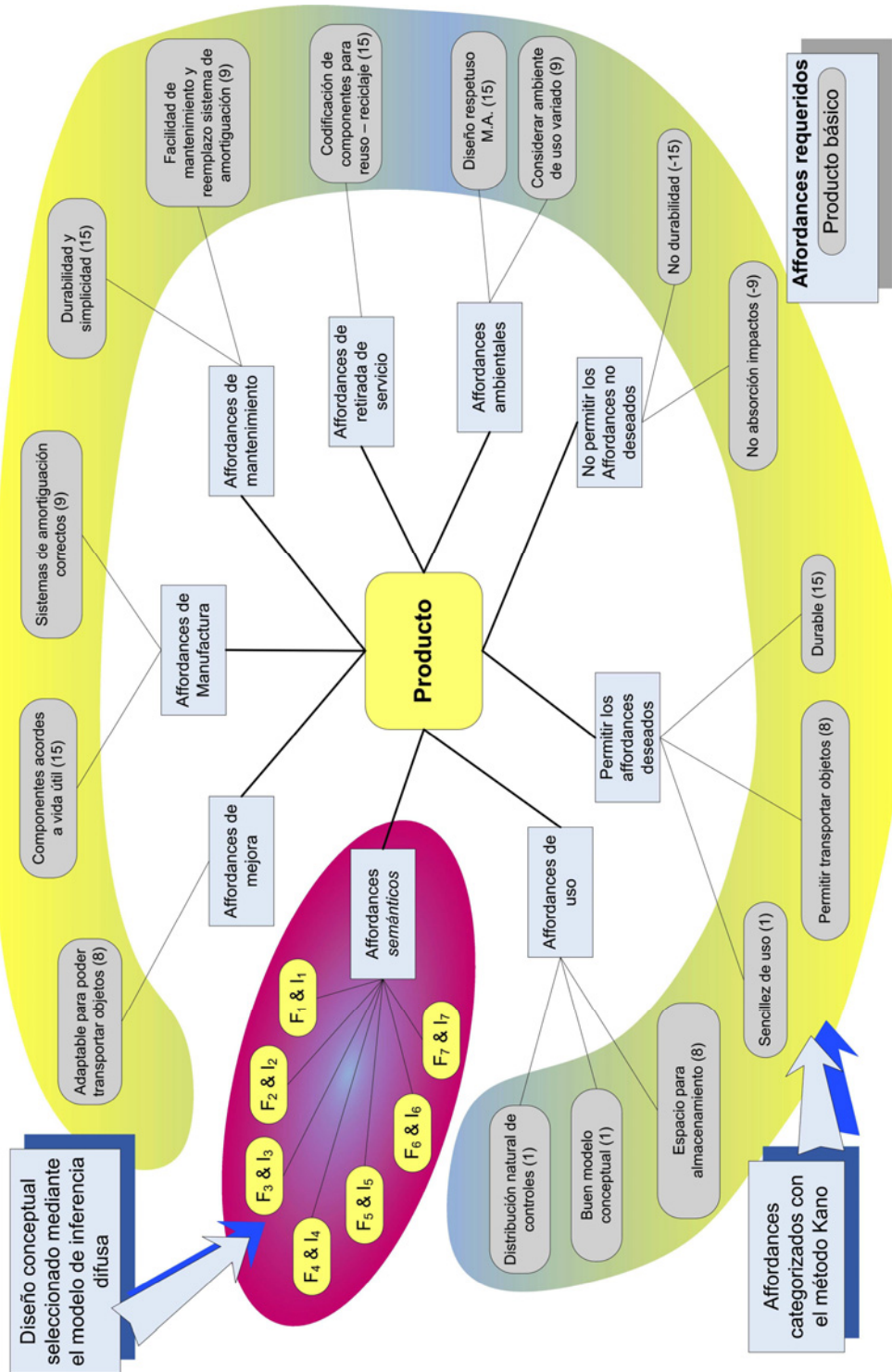


Figura 5.16. Esquema de affordances obtenido para la combinación de producto básico.

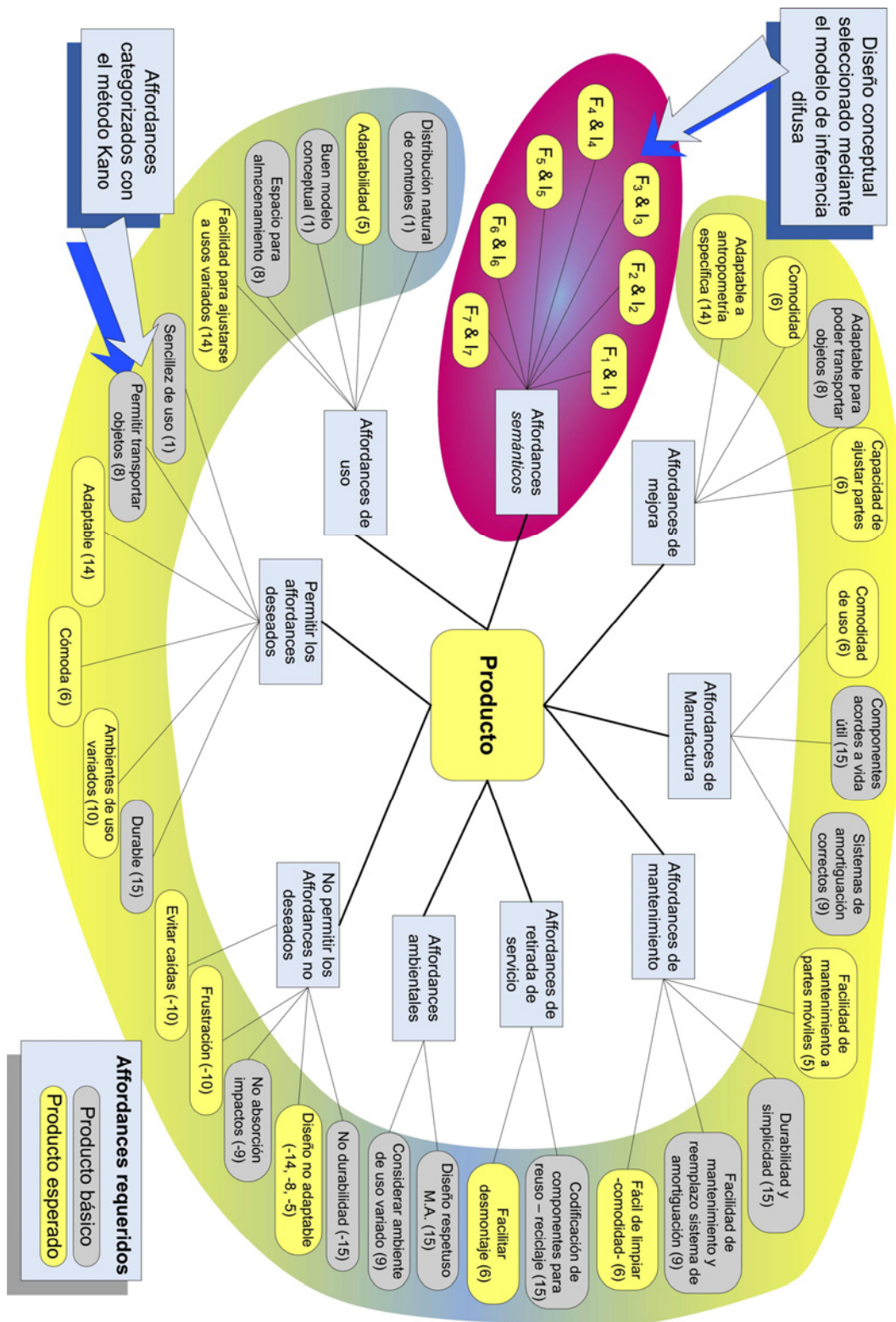


Figura 5.17. Esquema de afinancias obtenido para la combinación de producto esperado.

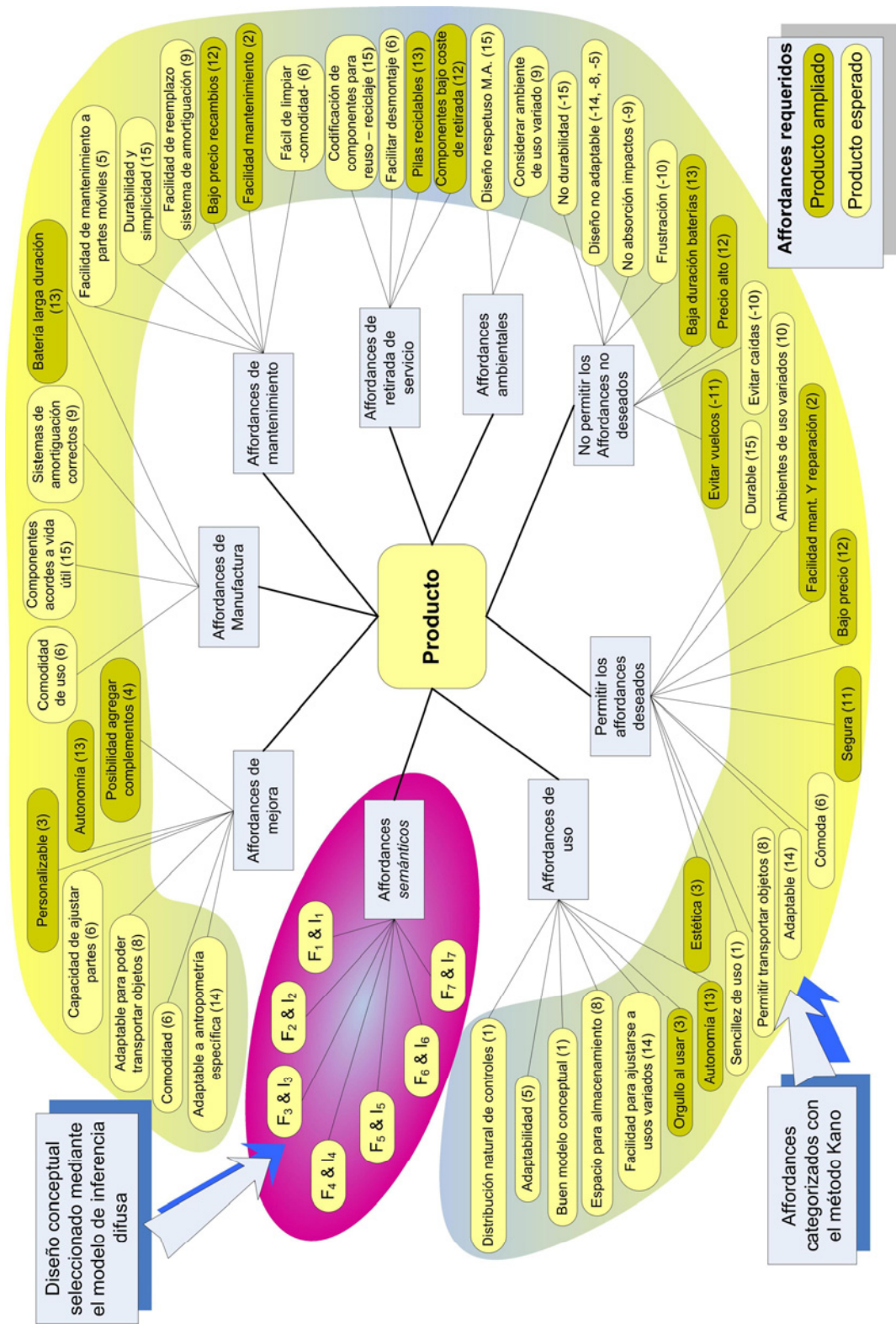


Figura 5.18. Esquema de affordances obtenido para la combinación de producto ampliado.

En el siguiente capítulo de la tesis se presentan las conclusiones del estudio, en lo particular para el caso de aplicación y, en lo general las conclusiones de la tesis. Por otro lado se indican las aportaciones de la investigación, finalmente se enuncian las recomendaciones para investigación futura, las cuales surgen a partir de aspectos que quedan pendientes de estudiar a mayor profundidad, o bajo una visión alterna a la planteada por esta investigación.

