

# B4

## Modelo de análisis factorial para la determinación del grado de satisfacción del diseño de aulas de grado

Estudio de caso: Facultad de Arquitectura Cochabamba-Bolivia

Juan Carlos **Guzmán Sánchez**

Universidad Mayor de San Simón • Cochabamba / **Bolivia**  
juan.guzman@umss.edu

José Raul **Ferrufino Dehesa**

Universidad Mayor de San Simón • Cochabamba / **Bolivia**  
jose.ferrufino@umss.edu

### Resumen

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo demostrar la importancia de proponer un modelo que permita valorar el grado de satisfacción de las aulas por alumnos de grado de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba-Bolivia. La valoración se realizó mediante un modelo factorial con 15 variables determinadas por el método de Diagrama de Afinidad. Para la determinación de la percepción del grado de satisfacción se utilizó un cuestionario basado en la Escala de Likert. A partir de los datos obtenidos del formulario se elaboró una base de datos en Excel para posteriormente ser procesada en el programa SPSS17 y determinar los Estadísticos Descriptivos y los Factores Explicativos del grado de satisfacción.

**Palabras clave:** *Análisis factorial, valoraciones, confort en el diseño*

**Keywords:** *Factor analysis, valuations, design comfort*

## Introducción

De acuerdo a la "Autoevaluación y Plan de Mejora"-2017" de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Mayor de San Simón, según criterios de Acreditación Regional de Carreras Universitarias (ARCU-SUR) para el MERCOSUR ARCU-SUR, la Facultad de Arquitectura está procediendo a determinar las variables para realizar las mejoras de su infraestructura. En este contexto se procedió a analizar el confort de las aulas para los alumnos.

Actualmente, en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Mayor de Simón, los alumnos permanecen un promedio de 8 horas diarias, de lunes a sábado, en las aulas para pasar clases y trabajar en prácticas académicas cotidianas. Razón por la cual es evidente la necesidad de centrar todos los esfuerzos para conseguir que dichos entornos sean lo más confortables y agradables para el alumno.

El diseño de aula, actualmente, está fuertemente influenciado por las visiones del diseño clásico, donde se diseña desde un criterio enfocado en resolver aspectos técnicos, pero alejado del marco conceptual del usuario que en este caso es el alumno, que es quien va a sufrir o disfrutar ese espacio arquitectónico, lo que se traduce en una propia percepción de lo que para él es una buena aula.

En esta investigación se busca determinar, mediante el modelo factorial, las variables más determinantes e influyentes en el confort del alumno; de tal forma que estas son consideradas como satisfactorias para las necesidades de los alumnos que relacionan estos elementos de diseño con las percepciones que éstas provocan (Montañana, 2009).

El presente trabajo pretende aportar un plus a la hora de la realización de evaluaciones ex post al proyecto construido y verificar si los objetivos del proyecto arquitectónico han sido cumplidos.

En este contexto, la motivación de la investigación fue la creciente necesidad de considerar la importancia del confort de las aulas para los estudiantes de grado de la Facultad de Arquitectura.

Por ello, el objetivo de la investigación es determinar un número de factores perceptivos-sensoriales de los usuarios, alumnos de aulas en uso, para conocer y valorar cuáles son los factores determinantes a la hora de diseñar un aula de grado de una facultad de arquitectura.

Con este objetivo se persigue que tanto arquitectos como ingenieros cuenten con una herramienta para evaluar el nivel de percepción de confort de las aulas por alumnos de grado de las facultades de arquitectura; esta evaluación corresponde a la etapa de utilización en el ciclo del proyecto que consiste en: pre inversión, inversión y utilización.

## Metodología

Previamente a la descripción de la metodología es necesario mencionar que el análisis factorial es una técnica de reducción de datos que sirve para encontrar grupos homogéneos de variables a partir de un conjunto numeroso de variables. Los grupos homogéneos se forman con las variables que se correlacionan más entre sí, procurando, inicialmente, que unos grupos sean independientes de otros (De la Fuente, 2011).

La metodología es la siguiente:

Paso 1: Determinar los parámetros (variables cualitativas) de diseño (Hernández, 2006 y Néri, 2009) mediante el método de similitud, llamado también Diagrama de Afinidad (Affinity Diagram), el cual se conoce también como el método KJ. (Castilla et al., 2015 y Herrera, 2013). Las relaciones de los parámetros son definidos por el usuario, en este caso los alumnos usuarios (Linares, 2003).

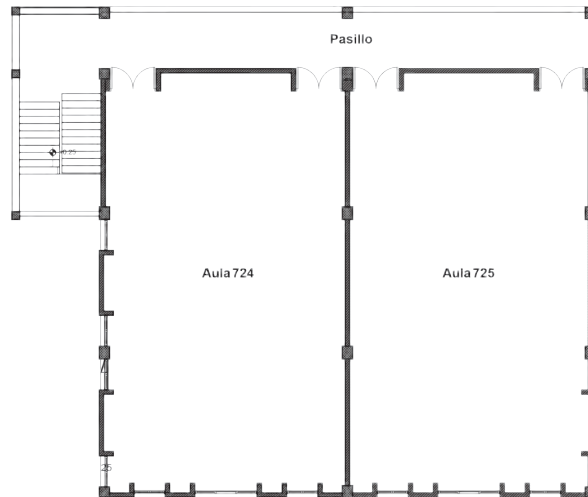


Figura 01

*Aulas analizadas- Bloque semi-nuevo, Facultad de Arquitectura.*



Figura 02

*AULA 224, una clase en la mañana (2019)*

Paso 2: Definir la escala de valoración de los parámetros por el método de Likert<sup>1</sup> (Matas, 2018).

Paso 3: Preparar el cuestionario de valoración perceptivo para el llenado en campo por los alumnos.

Paso 4: Transcribir a una hoja Excel las valoraciones.

Paso 5: Migrar las valoraciones en Excel a la base del programa SPSS 17 y analizar:

- Estadística descriptiva.
- Magnitud de los coeficientes de correlación observados con la magnitud de los coeficientes de correlación parcial (método KMO). (De la Fuente, 2011). El estadístico KMO determina la pertinencia del uso del modelo factorial.

1 La escala de Likert es un método de medición utilizado por los investigadores con el objetivo de evaluar la opinión y actitudes de las personas.

- Los factores determinados por sedimentación y la varianza que debe ser mayor al 60%.
- Matriz de varianzas.
- Porcentajes explicativos de los factores.

### Aplicación del modelo factorial

Las aulas consideradas como caso de estudio se encuentran en el bloque 2 (figura 01), de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Mayor de San Simón.

Para la aplicación del modelo se determinaron los parámetros de diseño entre los alumnos usuarios. Una vez que cada alumno elaboró su lista de parámetros se agruparon los mismos para definir los parámetros finales de aplicación de acuerdo al método de Similitud.

Luego se preparó el cuestionario para el llenado en campo, a ser realizado por alumnos, de acuerdo a: Variables definidas y escala de Likert de valoración (ver cuadros 01 y 02).

Cuadro 01

*Variables definidas.*

| Nº | Variable                | Descripción                                                        |
|----|-------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1  | Orientación             | Orientación respecto al Norte                                      |
| 2  | Acústica                | Percepción acústica interior                                       |
| 3  | Térmico                 | Percepción térmica interior                                        |
| 4  | Iluminación natural     | A nivel del plano de trabajo                                       |
| 5  | Iluminación artificial  | A nivel del plano de trabajo                                       |
| 6  | Ventilación natural     | Percepción de cantidad de aire interior                            |
| 7  | Color interior          | Percepción del pintado interior                                    |
| 8  | Techo                   | Percepción interior de altura piso a techo y uniformidad del techo |
| 9  | Piso                    | Percepción interior de calidad y acabado                           |
| 10 | Ventanas                | Percepción interior de calidad y ubicación                         |
| 11 | Puertas                 | Percepción interior de calidad y ubicación                         |
| 12 | Mobiliario              | Percepción ergonómica                                              |
| 13 | Equipamiento            | Equipos instalados como tipo de pizarra, proyectores y otros       |
| 14 | Ubicación instalaciones | Distribución de las instalaciones interiores del aula              |
| 15 | Nº de alumnos           | Percepción de hacinamiento                                         |

Fuente: Elaboración propia.

En el estudio de campo, realizado durante la gestión 2019, participaron 21 alumnos de la materia de Instalaciones Especiales de la carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura.

Los datos de las encuestas se transcribieron a una hoja Excel y fueron exportadas, debidamente codificadas, a la base del SPSS 17 para los análisis. Los resultados se presentan en el cuadro 03.

Cuadro 02

*Hitos de escala de opinión.*

| Hitos de escala |              |
|-----------------|--------------|
| 1               | Bajo         |
| 2 a 4           | Bajo a medio |
| 5               | Medio        |
| 6 a 9           | Medio a alto |
| 10              | Alto         |

Fuente: Elaboración propia partir de Likert.

| Variable               | N  | Mínimo | Máximo | Media |
|------------------------|----|--------|--------|-------|
| Orientación            | 21 | 3,0    | 4,0    | 3,4   |
| Acústica               | 21 | 4,0    | 6,0    | 4,8   |
| Térmico                | 21 | 1,0    | 7,0    | 4,1   |
| Iluminación natural    | 21 | 2,0    | 5,0    | 3,6   |
| Iluminación artificial | 21 | 2,0    | 6,0    | 4,7   |
| Ventilación natural    | 21 | 1,0    | 6,0    | 3,4   |
| Color interior         | 21 | 1,0    | 6,0    | 3,7   |
| Techo                  | 21 | 2,0    | 7,0    | 5,2   |
| Piso                   | 21 | 1,0    | 7,0    | 4,9   |
| Ventanas               | 21 | 1,0    | 9,0    | 5,2   |
| Puertas                | 21 | 2,0    | 7,0    | 5,5   |
| Mobiliario             | 21 | 2,0    | 7,0    | 5,4   |
| Equipamiento           | 21 | 1,0    | 6,0    | 3,3   |
| Ubicación              | 21 | 1,0    | 6,0    | 3,4   |
| Instalaciones          | 21 | 1,0    | 8,0    | 3,9   |
| Número de alumnos      | 21 |        |        |       |

Cuadro 03

Estadísticos descriptivos.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el cuadro anterior se observa que las variables: Techo, ventanas, puertas y mobiliario tienen una significancia media para los alumnos. Las demás variables están entre baja a media que significa que los alumnos no encuentran confort para sus actividades. Por su parte, en el cuadro 04 se observa un  $KMO^2$  mayor a 0,5, es decir, aceptable.

<sup>2</sup>  $KMO$  por Kaiser-Meyer-Olkin: Mide la adecuación de la muestra. Indica qué tan apropiado es aplicar el Análisis Factorial. Los valores entre 0,5 y 1 indican que es apropiado aplicarlo.

|                                                                 |       |
|-----------------------------------------------------------------|-------|
| Medida de adecuación muestral de Kaiser Meyer -Olkin. ( $KMO$ ) | 0,618 |
|-----------------------------------------------------------------|-------|

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 04

 $KMO$  y prueba de Bartlett.

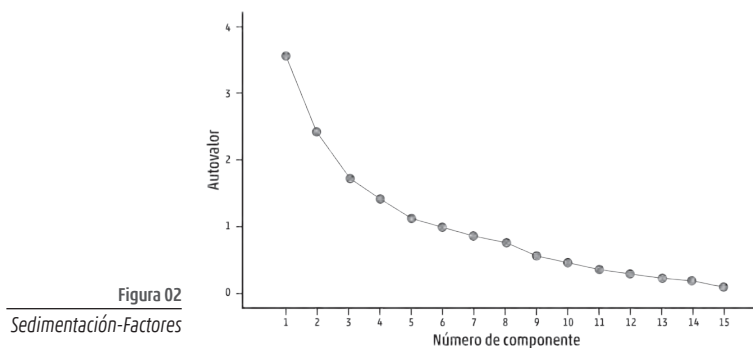
El cuadro 05 muestra las Comunalidades altas, lo que indica que las variables están bien relacionadas en el espacio de factores (la Comunalidad representa el coeficiente de correlación lineal múltiple de cada variable con los factores).

| Variable                | Inicial | Extracción |
|-------------------------|---------|------------|
| Orientación             | 1,000   | ,544       |
| Acústica                | 1,000   | ,748       |
| Térmico                 | 1,000   | ,732       |
| Iluminación natural     | 1,000   | ,653       |
| Iluminación artificial  | 1,000   | ,822       |
| Ventilación natural     | 1,000   | ,805       |
| Color interior          | 1,000   | ,808       |
| Techo                   | 1,000   | ,774       |
| Piso                    | 1,000   | ,741       |
| Ventanas                | 1,000   | ,820       |
| Puertas                 | 1,000   | ,833       |
| Mobiliario              | 1,000   | ,801       |
| Equipamiento            | 1,000   | ,700       |
| Ubicación instalaciones | 1,000   | ,720       |
| Número de alumnos       | 1,000   | ,727       |

Cuadro 05

Comunalidades.

Fuente: Elaboración propia.



La figura 02 muestra que 6 factores representan aproximadamente el 80 % de la varianza total explicada, como se verifica en el cuadro 06.

A partir del análisis del cuadro 07 se tienen los siguientes factores:

Factor 1: Asociado a las variables mobiliario, techo, equipamiento y en menor proporción orientación, acústica y ventanas, tiene un poder explicativo del 23,77 % de la varianza total (el porcentaje en la rotación Varimax es del 15,38 %). Las variables Mobiliario y techo tienen alta carga en el factor (están altamente correlacionadas en la componente 1)

Factor 2: Asociado a las variables techo, color interior, puertas e iluminación natural, con un poder explicativo del 16,14 % de inercia. Las variables color interior y puertas tienen alta carga en el factor (están altamente correlacionadas en el componente las variables color interior, puertas e iluminación natural).

Factor 3: Asociado a las variables puertas, iluminación artificial, número de alumnos, acústica y ventilación natural, con un poder explicativo del 11,47% de inercia. Iluminación artificial y número de alumnos tienen alta carga en el factor (están altamente correlacionadas en el componente).

Factor 4: Asociado a las variables de equipamiento, orientación, color interior, acústica, sensación térmica y ventilación natural, con un poder explicativo del 9,43% de inercia. Las variables: térmico y ventilación natural tienen alta carga en el factor (altamente correlacionadas en el componente).

| Componente | Autovalores iniciales |                  |             | Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción |                  |             | Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación |                  |             |
|------------|-----------------------|------------------|-------------|--------------------------------------------------------|------------------|-------------|-----------------------------------------------------|------------------|-------------|
|            | Total                 | % de la varianza | % acumulado | Total                                                  | % de la varianza | % acumulado | Total                                               | % de la varianza | % acumulado |
| 1          | 3,566                 | 23,775           | 23,775      | 3,566                                                  | 23,775           | 23,775      | 2,308                                               | 15,384           | 15,384      |
| 2          | 2,421                 | 16,142           | 39,917      | 2,421                                                  | 16,142           | 39,917      | 2,013                                               | 13,419           | 28,803      |
| 3          | 1,721                 | 11,476           | 51,392      | 1,721                                                  | 11,476           | 51,392      | 1,962                                               | 13,079           | 41,882      |
| 4          | 1,415                 | 9,433            | 60,826      | 1,415                                                  | 9,433            | 60,826      | 1,904                                               | 12,692           | 54,574      |
| 5          | 1,105                 | 7,363            | 68,189      | 1,105                                                  | 7,363            | 68,189      | 1,827                                               | 12,180           | 66,754      |
| 6          | 1,000                 | 6,668            | 74,857      | 1,000                                                  | 6,668            | 74,857      | 1,215                                               | 8,103            | 74,857      |
| 7          | ,872                  | 5,814            | 80,671      |                                                        |                  |             |                                                     |                  |             |
| 8          | ,759                  | 5,061            | 85,732      |                                                        |                  |             |                                                     |                  |             |
| 9          | ,556                  | 3,708            | 89,441      |                                                        |                  |             |                                                     |                  |             |
| 10         | ,458                  | 3,051            | 92,492      |                                                        |                  |             |                                                     |                  |             |
| 11         | ,360                  | 2,398            | 94,890      |                                                        |                  |             |                                                     |                  |             |
| 12         | ,264                  | 1,759            | 96,648      |                                                        |                  |             |                                                     |                  |             |
| 13         | ,230                  | 1,532            | 98,180      |                                                        |                  |             |                                                     |                  |             |
| 14         | ,179                  | 1,196            | 99,376      |                                                        |                  |             |                                                     |                  |             |
| 15         | ,094                  | ,624             | 100,000     |                                                        |                  |             |                                                     |                  |             |

**Cuadro 06**  
Varianza total explicada  
Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Fuente: Elaboración propia.

| Variable                | Componente |      |       |       |      |       |
|-------------------------|------------|------|-------|-------|------|-------|
|                         | 1          | 2    | 3     | 4     | 5    | 6     |
| Mobiliario              | ,830       |      |       |       |      |       |
| Techo                   | ,694       | ,435 |       |       |      |       |
| Equipamiento            | -,575      |      |       | ,477  |      |       |
| Orientación             | -,459      |      |       | ,356  |      | -,359 |
| Color interior          |            | ,772 |       | -,400 |      |       |
| Puertas                 |            | ,730 | ,449  |       |      |       |
| Iluminación natural     |            | ,684 |       |       |      |       |
| Iluminación artificial  |            |      | -,871 |       |      |       |
| Número de alumnos       |            |      | ,675  |       | ,429 |       |
| Acústica                | -,455      |      | ,486  | ,461  |      |       |
| Térmico                 |            |      |       | -,819 |      |       |
| Ventilación natural     |            |      | -,376 | ,610  | ,310 | ,400  |
| Piso                    |            |      |       |       | ,839 |       |
| Ventanas                | ,406       |      |       |       | ,768 |       |
| Ubicación instalaciones |            |      |       |       |      | ,824  |

Cuadro 07

*Matriz de componentes rotados(a)*

Método de extracción:  
Análisis de componentes principales.  
Método de rotación:  
Normalización Varimax con Kaiser.

Factor 5: Asociado a las variables número de alumnos, ventilación natural, piso y ventanas, con poder explicativo del 7,36% de inercia. Piso y ventanas tienen alta carga en el factor (altamente correlacionadas en el componente).

Factor 6: Asociado a las variables orientación, ventilación natural y ubicación de instalaciones, con poder explicativo del 6,67 % de inercia. La variable de ubicación de instalaciones es la que tiene alta carga en el factor (no tiene correlación con ninguna variable en el componente).

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados de la valoración realizada por los estudiantes de las aulas 720, 721, 724 y 725 del bloque semi-nuevo de la Facultad de Arquitectura; luego de realizar la reducción de las 15 variables de diseño a 6 factores mediante el modelo factorial se tiene las siguientes conclusiones:

Primero: Los estadísticos descriptivos muestran que ningún parámetro de diseño llega a la puntuación media de 6, de lo que se deduce que los alumnos consideran que en sus aulas no encuentran un estado de satisfacción para realizar sus actividades.

Segundo: Los factores explicativos, a la sensación de bajo confort, detallan lo siguiente:

En el primer factor la comunalidad más alta es de mobiliario con 0,801, que queda explicada por el total de los factores en un 80,1 %.

Los alumnos consideran que las variables de este factor son las más representativas para su percepción de confort (mayor porcentaje de la varianza con 23,77 %); especialmente las variables mobiliario, techo y equipamiento que están correlacionadas.

En el segundo factor la comunalidad más alta es de puertas con 0,833, que queda explicada por el total de los factores en un 83,3 %.

Los alumnos consideran que las variables de este factor son representativas, después de las variables del primer factor, para su percepción de confort (segundo mayor porcentaje de la varianza con 16,14 %); especialmente las variables color interior, puertas e iluminación natural que están correlacionadas.

En el tercer factor la comunalidad más alta es de iluminación artificial con 0,822, que queda explicada por el total de los factores en un 82,2 %.

En el cuarto factor la comunalidad más alta es de ventilación natural con 0,805, que queda explicada por el total de los factores en un 80,5 %.

En el quinto factor la comunalidad más alta es de ventanas con 0,82, que queda explicada por el total de los factores en un 82 %.

En el sexto factor la comunalidad más alta es de 0,72, que queda explicada por el total de los factores en un 72 %.

Tercero: Las comunalidades más altas fueron de las siguientes variables:

Puertas: 0,833  
Iluminación artificial: 0,822  
Ventanas: 0,82  
Color interior: 0,808  
Ventilación natural: 0,805  
Mobiliario: 0,801

Las frecuencias de percepción de las variables puertas y ventanas muestran que las mismas no satisfacen a los alumnos usuarios.

Cuarto: En base a estos hallazgos se recomienda la revitalización de las aulas del bloque semi-nuevo.

## Referencias



- Castilla N., Linares C. y Blanca V., (2015). *Ingeniería Kansei aplicada al diseño lumínico de espacios emocionales*. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- De la Fuente, S. (2011). *Análisis Factorial*. Fac. Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Autónoma de Madrid. España.
- Hernández, R. (2006). *Metodología de la Investigación*. MacGraw-Hill. México.
- Herrera, G. (2013). *Procedimiento para la formulación de problemas y soluciones y software de apoyo al procedimiento*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Linares, C. (2003). *Aplicaciones de la Ingeniería Kansei al análisis de productos inmobiliarios*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Matas, A. (2018). *Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión*. Revista Electrónica de investigación Educativa, 20(1), 38-47. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>
- Montañana, A. (2009). *Estudio cuantitativo de la percepción del usuario en la valoración de ofertas inmobiliarias mediante Ingeniería Kansei*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Néri, L. (2009). *Modelo para el diseño y evaluación de los espacios universitarios*. Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears -UIB. Palma de Mallorca. España.