
Propuesta metodológica para la construcción de un índice de transformación digital de los clientes en la empresa Enel Codensa con análisis factorial de datos mixto (FAMD).

Jornay David Zuluaga Gomez ^a
jornayzuluaga@usantotomas.edu.co

William Fernando Acero Ruge ^b
william.acero@usantotomas.edu.co

Resumen

La transformación digital hoy en día es uno de los temas más relevantes en la planeación de las empresas, en un mundo cada vez más globalizado y con los clientes interactuando con mayor frecuencia digitalmente, la transformación digital se define como el aprovechamiento adecuado de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en las organizaciones para de esta forma conseguir los objetivos de negocio más fácil y eficientemente (CINTEL, 2018). Enel una compañía multinacional del sector de energía y un operador líder en los mercados mundiales de electricidad y gas con operaciones en Colombia; busca encontrar factores que puedan influir en la transformación digital de sus clientes y así plantear un índice de transformación digital por medio de un Análisis Factorial de datos mixtos FAMD comparándolo con otros tipos de análisis como el análisis de correspondencias múltiples ACM o un análisis de componentes principales ACP. Todo ello con el fin de poder generar estrategias de acercamiento a cada tipo de cliente de forma eficiente.

Palabras clave Análisis de componentes principales, análisis de correspondencias múltiples, análisis factorial de datos mixtos, índices de transformación digital.

Abstract

Digital transformation is one of the most relevant issues in business planning currently, in an increasingly globalized world and with customers interacting more digitally, digital transformation is defined as the proper use of information technologies in organizations in order to achieve business objectives more easily and efficiently (CINTEL, 2018). Enel is a multinational company in the energy sector and a leading operator in the global electricity and gas markets with operations in Colombia; they seek to find factors that can influence the digital transformation of its clients and thus propose a digital transformation index by means of a Factorial Analysis of Mixed Data FAMD comparing it with other types of analysis such as multiple correspondence analysis MCA or principal component analysis PCA. All this in order to be able to generate strategies to approach each type of client efficiently.

Keywords Principal component analysis, multiple correspondence analysis, Factorial analysis of mixed data, digital transformation indexes.

^aEstudiante pregrado Estadística, U. Santo Tomás, sede Bogotá

^bDocente Facultad de Estadística, U. Santo Tomás, sede Bogotá

1. Introducción

Enel es una compañía multinacional del sector de energía y un operador líder en los mercados mundiales de electricidad y gas, enfocado particularmente en los mercados de Europa y Latinoamérica. El Grupo realiza operaciones en 34 países de 5 continentes (ENEL, 2018). En Colombia funciona la empresa Enel Codensa la cual aparte de prestar el servicio de energía hace más de 10 años está en el tema de los PSVAS (productos de valor agregado) los cuales son bienes y servicios diferentes a los convencionales ofrecidos por la compañía como lo son la energía, ejemplos de productos de valor agregado son los seguros, las tarjetas de crédito y las asistencias; en los últimos años, la empresa ha estado apuntando activamente en la transformación digital de ella y de sus clientes generando diferentes herramientas las cuales faciliten diferentes tareas que antes se debían realizar de forma análoga y de esta forma ser más competitiva y para sus clientes hacer de sus servicios y productos más amigables.

La transformación digital se puede definir como el aprovechamiento adecuado de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en las organizaciones, para la realización de todos sus procesos y en el modelo de negocio para conseguir los logros de su estrategia más fácilmente. (CINTEL, 2018, pág. 7). La transformación digital hoy en día es uno de los temas más relevantes en la planeación de las empresas; en un mundo cada vez más globalizado y con los clientes interactuando con mayor frecuencia digitalmente; es necesario en las organizaciones generar planes para que la innovación digital sea uno de sus pilares. “Recientes estudios realizados por McKinsey Company y McKinsey Global Institute, demuestran que, si las empresas no adoptan innovaciones digitales, el crecimiento de sus ingresos se reduce hasta la mitad y los beneficios se reducen un tercio antes del crecimiento de intereses e impuestos.” (CINTEL, 2018, pág. 4).

los índices de transformación digital están centrados en cómo es la estructura de las organizaciones, como se comportan sus directivos y empleados, pero no cuál es el manejo que tienen sus clientes. Por ejemplo, actualmente el ITD (índice de transformación digital) calculado por PMG y la Cámara de Comercio de Chile CCC (PMG CCC, 2018), se enfoca en 5 aspectos para su índice los cuales son:

- Liderazgo hacia lo digital
- Visión y Estrategia de digitalización
- Formas de trabajo, Personas y Cultura Digital
- Digitalización de Procesos y Toma de Decisiones
- Tecnología, Manejo de Datos y Herramientas Digitales

Por otro lado; Cintel (1991), el cual es un centro de investigación y desarrollo en tecnologías de la investigación; “Creada en 1991 y que es considerada la entidad con mayor experiencia en proyectos de innovación y desarrollo tecnológico del sector TIC en Colombia”. (Cintel, 2018) tiene un índice de transformación digital, el cual contempla la medición de la madurez de las empresas en la transformación digital con tres perspectivas las cuales son:

- Eficiencia operativa
- Diseño y entrega de productos y servicios
- Innovación en el modelo de negocio.

Como se ha mostrado en los dos ejemplos anteriores, la transformación digital se centra en las empresas, “Los estudios de Transformación Digital a nivel mundial sitúan a las empresas habitualmente en cinco niveles o estados de evolución en su proceso de transformación.” (PMG CCC, 2018, pág. 9)

Pero no se han centrado en sus clientes y como ellos interactúan de forma digital con la compañía, en la práctica las compañías generan diferentes herramientas y medios digitales los cuales, los clientes que

Niveles de Evolución de la Transformación Digital



Figura 1: Niveles Transformación Digital, Fuente: PMG & CCC

tienen hábitos digitales los toman y utilizan, pero las compañías no muestran fuertemente un esfuerzo por digitalizar a sus clientes ni tampoco, miran como es la transformación digital que tienen ellos. por ello este trabajo busca encontrar factores que puedan influir en la transformación digital de sus clientes y crear un índice de transformación digital por medio de análisis multivariado el cual permita enfocar estrategias para incentivar con mayor facilidad a los clientes susceptibles a la digitalización.

Se compararan tres metodologías utilizadas para desarrollar índices las cuales son: el análisis de componentes principales (ACP), el análisis de correspondencias múltiples (ACM) y el análisis factorial de datos mixtos (FAMD), todo ello para encontrar el índice que mejor se ajuste a las necesidades del negocio.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Construir un índice de transformación digital en los clientes de Enel Codensa, a través de los elementos que pueden influir en la digitalización de ellos por medio del análisis factorial de datos mixto.

1.1.2. Objetivos específicos

- Investigar si existe un índice de transformación digital en los clientes y no solo para las empresas.
- Encontrar patrones en los clientes para una mejor segmentación de los mismos y ver relaciones latentes entre las variables disponibles.
- Comparar tres metodologías diferentes para la creación de índices e identificar cual se adapta más adecuadamente a las necesidades del negocio.

2. Marco teórico

2.1. Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales busca en n observaciones u individuos que tienen una cantidad p variables, explicar de la mejor manera n con la menor cantidad de variables p posibles. “La técnica de componentes principales es debida a Hotelling (1933), aunque sus orígenes se encuentran en los ajustes ortogonales por mínimos cuadrados introducidos por K. Pearson (1901)”. (Peña, 2002, pág. 137), esta técnica es muy usada para temas descriptivos y para un análisis preliminar, exploratorio de los datos. El análisis de componentes principales busca representaciones no lineales de los datos las cuales expliquen su estructura (Peña, 2002).

Este análisis solo se puede realizar con datos de tipo cuantitativo, por lo cual los datos de tipo cualitativo se deben cuantificar o no usar para este análisis, es por ello que existe su homólogo para datos de tipo cualitativo el cual es el análisis de correspondencias múltiples. (Montanero, 2015)

2.1.1. Calculo de los componentes

El primer componente es la combinación lineal de las variables originales (Peña, 2002), las cuales tienen la mayor varianza de los datos. los valores en los n individuos se representa en un vector z_1 donde X es una matriz de $n * p$.

$$z_1 = Xa_1 \quad (1)$$

como las variables originales tienen media cero también z_1 tendrá media nula. Su varianza será:

$$Var(z_1) = \frac{1}{n} z_1' z_1 = \frac{1}{n} a_1' X' X a_1 = a_1' S a_1 \quad (2)$$

donde S es la matriz de varianzas y covarianzas de las observaciones X . ahora se hace un multiplicador de Lagrange para maximizar la varianza con la restricción del vector $a_1' a_1 = 1$ la fórmula queda:

$$M = a_1' S a_1 - \lambda (a_1' a_1 - 1)$$

maximizamos igualando a 0 a_1

$$\frac{\partial M}{\partial a_1} = 2S a_1 - 2\lambda a_1 = 0$$

cuya solución es:

$$S a_1 = \lambda a_1$$

para determinar qué valor propio de S es la solución de la ecuación anterior, multiplicando por la izquierda por a_1' esta ecuación.

$$a_1' S a_1 = \lambda_1 a_1' a_1 = \lambda$$

λ será el mayor valor propio de la matriz S . ya realizando una generalización; existen tantas componentes principales como variables que se obtendrán calculando los valores propios o raíces características, $\lambda_1, \dots, \lambda_p$ de la matriz de varianzas y covarianzas de las variables S , mediante:

$$|S - \lambda I| = 0$$

y sus vectores asociados son:

$$(S - \lambda_i I)a_i = 0$$

los términos λ_i son reales, al ser la matriz S simétrica, y positivos, ya que S es definida positiva. Por ser S simétrica si λ_j y λ_h son dos raíces distintas sus vectores asociados son ortogonales. En efecto:

$$a'_h S a_j = (a'_h S a_j)' = a'_j S a_h$$

$$a'_h S a_j = a'_j \lambda_h a_h$$

y si $j \neq h$, $a'_h a_j = a'_j a_h = 0$ y son ortogonales.

Si S fuese semidefinida positiva de rango $p < p$, lo que ocurriría si pp variables fuesen combinación lineal de las demás, habría solamente p raíces características positivas y el resto serían ceros.

Llamando Z a la matriz cuyas columnas son los valores de los p componentes en los n individuos, estas nuevas variables están relacionadas con las originales mediante:

$$Z = XA \quad (3)$$

donde $A'A = I$ Calcular los componentes principales equivale a aplicar una transformación ortogonal A a las variables X (ejes originales) para obtener unas nuevas variables Z incorreladas entre sí.

2.2. Análisis de correspondencias Múltiples

Cuando los datos son de tipo cualitativo y solo se manejan dos variables, se conoce como análisis de correspondencia, esta técnica consiste en crear tablas de contingencia, donde cuente la cantidad de veces que ocurre esta característica en los datos, cuando existen mas de dos variables de tipo categórico en los datos se llama análisis de correspondencias Múltiples ACM, el cual es el equivalente al análisis de componentes principales, pero para variables cualitativas (Díaz Morales, 2012), “En este enfoque se utiliza la descomposición en valores singulares para aproximar simultáneamente todas las tablas bidimensionales que pueden obtenerse de una tabla multidimensional”. (Peña, 2002, pág. 227).

Lo importante en el ACP y en el ACM es “resumir un espacio de propiedades generando nuevas variables-resumen denominadas factores (o ejes) que ponen en evidencia las diferencias entre las unidades de análisis (individuos en estudio) de acuerdo con las combinaciones de las características que presentan” (Algañaraz, 2016, pág. 4)

2.2.1. Criterio de ajuste y distancia ji-cuadrado

Los individuos están afectados por la misma ponderación $1/n$. Cada una de las modalidades j está ponderada por su frecuencia; es decir, $n_j = x_{.j}/nk$, con $x_{.j} = \sum_{i=1}^n x_{ij}$.

Las respectivas distancias ji-cuadrado, entre modalidades y entre individuos, aplicada a una tabla disyuntiva completa están dadas por

$$\begin{cases} d^2(j, j') = \sum_{i=1}^n n \left(\frac{x_{ij}}{x_{.j}} - \frac{x_{ij'}}{x_{.j'}} \right)^2 & \text{modalidades } j \text{ y } j' (en R^n), \\ d^2(i, i') = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^p \frac{n}{h \cdot j} (x_{ij} - x_{i'j})^2 & \text{individuos } i \text{ e } i' (en R^p). \end{cases}$$

2.2.2. Ejes factoriales y factores

para el análisis de correspondencias simples, la notación es:

$$F \frac{1}{nk} X \text{ cuyo término general es } f_{ij} = \frac{x_{ij}}{nk}$$

$$D_p = \frac{1}{nk} D \text{ cuyo término general es } f_{.j} = \delta_{ij} \frac{x_{.j}}{nk}, \text{ donde } \delta_{ij} = 1 \text{ si } i = j \text{ y } 0 \text{ si } i \neq j$$

$$D_n = \frac{1}{n} I_n \text{ cuyo término general es } f_{.i} = \frac{\delta_{ij}}{n}$$

Los ejes factoriales se encuentran a través de los valores y vectores propios de la matriz

$$S = F' D_n^{-1} F D_p^{-1} = \frac{1}{k} X' X D$$

cuyo término general es

$$s_{jj'} = \frac{1}{k x_{.j'}} \sum_{i=1}^n x_{ij} x_{ij'}$$

En el espacio fila o de los individuos (en R^p), la ecuación del α -ésimo eje factorial u_a es:

$$\frac{1}{k} X' X D^{-1} u_a = \lambda_a u_a.$$

Para el espacio columna o de las modalidades (en R^n), el α -ésimo eje factorial ψ_a se escribe

$$\frac{1}{k} X D^{-1} X' \psi_a = \lambda_a \psi_a$$

donde los factores φ_a y ψ_a (de norma λ_a) representan las coordenadas de los puntos fila y de los puntos columna sobre el eje factorial a .

2.3. Análisis Factorial de Datos Mixtos

El análisis factorial de datos mixtos proviene de dos orígenes diferentes, el primero fue en 1979, Brigitte Escofier sugirió introducir variables cuantitativas en MCA (gracias a la codificación adecuada) después de eso en 1990 Gilbert Saporta sugirió introducir variables cualitativas en el análisis de componentes principales (PCA) gracias a una métrica específica. Los dos métodos producen resultados iguales, aunque tengan enfoques diferentes; este análisis produce una serie de propiedades positivas y una serie de aplicaciones para considerarlo todo un método separado de los otros dos métodos anteriores como se indica en el libro de Jarome Pages (2015)

2.3.1. Notación de los datos

se tienen I individuos. cada individuo i tienen atribuido un peso p_i tal que $\sum p_i = 1$ para simplificar las cosas; excepto cuando se indique lo contrario cada individuo tiene el mismo peso, estos individuos están descritos por k_1 variables cuantitativas (estas variables están estandarizadas, centradas y reducidas); esto no es solo por conveniencia ya que es necesario por la presencia de dos tipos de variables (Pages, 2015, pág. 68) como lo son las cuantitativas y las Q variables cualitativas.

2.3.2. Criterio de maximización

existen dos criterios de maximización cada uno dado por sus desarrolladores el primero es:

$$\sum_k \cos^2 \theta_{kv} + \sum_q \cos^2 \theta_{qv}$$

dado por B. Escofier (1979)

el segundo criterio de maximización es:

$$\sum_k r^2(k, v) + \sum_q \eta^2(q, v)$$

M. Tenenhaus (1985) y G. Saporta (1990)

3. Metodología

3.1. Descripción del problema

Actualmente, la empresa Enel Codensa está buscando encaminarse a la transformación digital en todos sus ámbitos, y uno de sus retos principales es como genera la transformación digital en sus clientes; mejorando su experiencia, facilitando los procesos y reduciendo los costos de la empresa. “Enel-Codensa ha entendido muy bien la necesidad de interactuar de manera ágil, sencilla y eficiente con sus usuarios y por ello, ha iniciado un proceso de transformación digital que tiene como propósito fortalecer su atención al cliente a través de estos canales digitales” (EL TIEMPO, 2019). En este caso su APP móvil la cual tiene la facilidad de tener las facturas digitales, realizar pagos con el botón PSE, reportar fallas en el suministro, entre otras funcionalidades.

Para las empresas es muy importante encaminar al cliente en la transformación digital, “La experiencia del cliente es el aspecto vital de la transformación digital. Ya que los clientes son los que conducen sus interacciones con las marcas, las empresas deben crear experiencias del cliente positivas y relevantes en los canales y puntos de contacto”. (Forrester, 2005, pág. 3) todo esto para generar fidelización de los clientes con la empresa y acciones de retención preventivas.

Un Estudio realizado por incipy inesdi digital business school con más de 250 empresas en España mostró que: “el 19 % de los profesionales encuestados no hace uso de ninguna herramienta ni canal digital que ayude a situar a sus clientes en el centro de la estrategia de la empresa” (íncipy & Inesdi, 2017), por lo cual hay una oportunidad de implementar un índice de transformación digital en los clientes para saber cómo se comportan y su evolución con la tecnología; se debe tener en cuenta que para Enel Codensa, se considera un cliente digital aquel predio en el cual una persona utilice por lo menos una de las siguientes herramientas:

- Uso APP Enel Codensa
- Realización de Pago Digital por medido del boton PSE habilitado por la compañía.
- Uso de Factura Virtual

La Empresa busca que sus clientes utilicen las 3 herramientas y es un reto enorme, pues menos del 1 % de sus clientes usan las 3. Una de las principales tareas radica en la forma de identificar elementos, factores influyentes para que un cliente (en el caso de Enel Codensa un predio) sea digital. por lo cual uno de los objetivos de este trabajo es identificar posibles factores que ayuden a incentivar la digitalización de los

clientes, generar un índice de transformación digital con el cual se pueda concentrar esfuerzos generando campañas focalizadas de una forma más eficiente.

Los índices de transformación digital están encaminados hacia las empresas, en la forma en que ellas están organizadas, en como utilizan herramientas tecnológicas sus empleados y también en como la empresa debe interactuar para llegar al cliente ya digital, como son el caso del índice de transformación digital de Brinca (2010), el índice de madurez digital de las empresas de incipiente Indecy (2017) o el índice de transformación digital de PMG (2018). No se ha abordado un índice de transformación digital para los clientes, ni en dichos índices ni en Enel; para el caso de Enel Codensa los clientes hacen referencia a los predios. Para este estudio se tomaron todos los predios que tiene la compañía los cuales son más de 3,5 millones de predios.

3.2. Análisis descriptivo de la base de datos

La base de datos contiene 3.589.238 clientes, 14 variables como se observa en la tabla 1; seis variables cuantitativas, ocho variables cualitativas; una de ellas la usaremos como variable complementaria en todos los análisis la cual es el porcentaje digital y otra variable como llave identificadora. Para la creación de dicha base, se utilizaron 12 bases de datos (ver Anexo 1).

Tabla 1: Estructura de la base de datos

Variable	Tipo de variable	Detalle
Número de cuenta	Cualitativa	Identificación única del cliente en Enel Codensa
ESTRATO	Cualitativa	Forma de agrupación social por nivel socio económico de los clientes
TIPO CLIENTE	Cualitativa	El cliente es Residencial, Comercial, Industrial, Oficial o es alumbrado público
Tiene mail	Cualitativa	Existe por lo menos una persona en el predio que tenga un correo electrónico
Tiene celular	Cualitativa	Existe por lo menos una persona en el predio que tenga un teléfono celular
Tiene teléfono fijo	Cualitativa	Existe por lo menos una persona en el predio que tenga un teléfono fijo
Uso la página Web de la compañía	Cualitativa	Ha ingresado a la página WEB de la empresa en el último año
Segmento de pago digital	Cualitativa	Cual es el segmento al que pertenece el cliente por pago digital
porcentaje digital	Cuantitativa	Porcentaje que tiene el cliente por el uso de las tres herramientas digitales de la empresa
Personas identificadas	Cuantitativa	Cantidad de personas que la empresa puede identificar por cliente
Valor pagado en seguros	Cuantitativa	Valor promedio pagado por el cliente en seguros en el último año
valor pagado en tarjetas de crédito	Cuantitativa	Valor promedio pagado por el cliente en tarjetas de crédito en el último año
valor pagado en energía	Cuantitativa	Valor promedio pagado por el cliente en energía en el último año
valor pagado en PSVAS	Cuantitativa	Valor promedio pagado por el cliente en productos de valor agregado PSVAS en el último año

Los clientes de la empresa Enel Codensa se concentran en los estratos 2 y 3 los cuales representan el 64 % de toda la base como se observa en la figura 2, la variable *Estrato* puede determinar en cierta medida los niveles socio económicos de las personas que ocupan este predio y a su vez su nivel de acceso a la tecnología, haciendo que se familiaricen con la tecnología de una forma más sencilla y así dándole un uso de forma continua. En el caso de los clientes de estrato 0, son aquellos predios netamente comerciales o industriales; en la figura 2 se observa como están distribuidos los clientes por estrato.

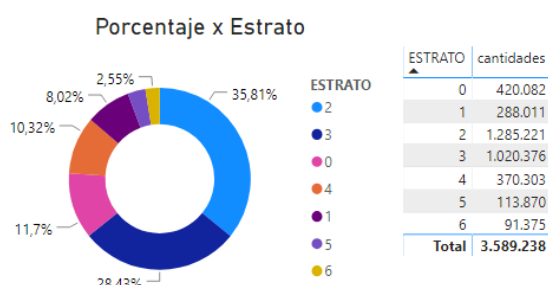


Figura 2: Información Estrato x clientes

En Enel Codensa para determinar cuál es el comportamiento que tienen los clientes con los pagos digita-

los diferentes al botón PSE habilitado por la compañía, como por ejemplo los pagos por medio de bancos o direcciones web, observa los últimos ocho meses el tipo de pago que tiene cada predio; los clientes que nunca pagan de manera digital son clasificados como *analógicos*, aquellos que han pagado hasta cuatro veces de forma digital son clasificados como *cautelosos*, los que han pagado hasta 6 veces *espontáneos* y finalmente los que pagan más de 6 veces de forma digital en los últimos 8 meses son clasificados como *seguros*. Como se observa en la figura 3 el 64.63% de los clientes son analógicos, los clientes seguros son aquellas que tienen una probabilidad superior al 87% de pagar de forma digital en su próximo pago, ellos representan un 6.86% del total de los clientes, el segmento cauteloso tiene un 24% de todos los predios. los clientes que realizan pagos digitales son los más susceptibles a usar las herramientas digitales de la compañía.

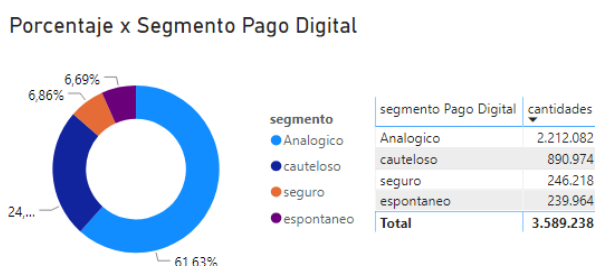


Figura 3: Información Segmento Pago Digital

La figura 4 muestra los porcentajes de clientes que la empresa tiene por lo menos con un dato de contacto, ya sea correo electrónico, teléfono celular o teléfono fijo; también muestra el porcentaje de clientes que usaron la pagina web de la compañía en el último año. Enel Codensa tiene un reto enorme en aumentar la cantidad de clientes con correo electrónico ya que este es el canal más económico para realizar cualquier tipo de campaña, tanto comerciales como informativas; adicional a ello; para utilizar las herramientas digitales que dispone la compañía como son factura virtual, APP y pagos PSE, es necesario tener un correo electrónico asociado.

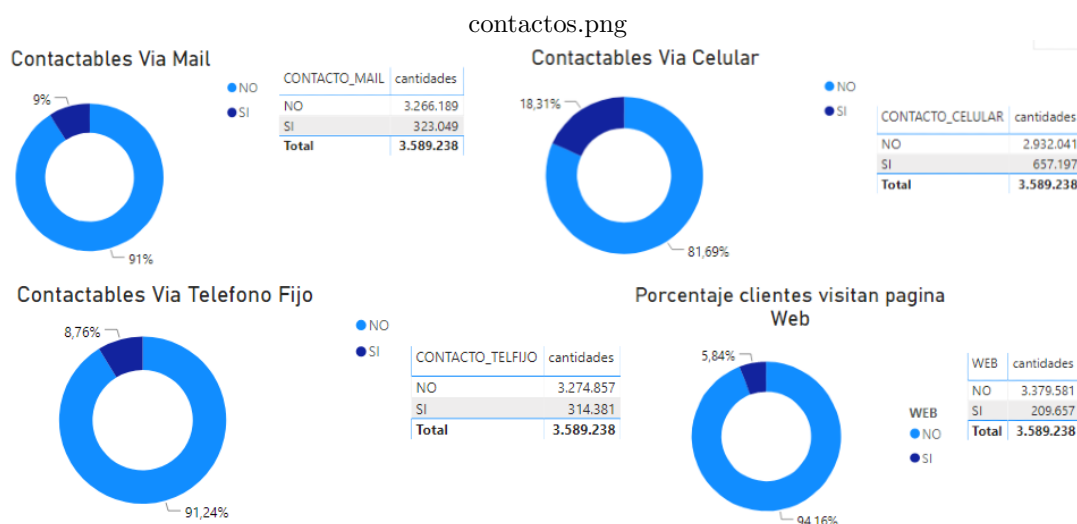


Figura 4: Información Contactabilidad de los clientes y uso pagina web

Enel Codensa dispone de tres herramientas digitales, *factura virtual*, *App* y *pagos digitales por medio del boton PSE*; como se indica en la tabla 2, solo el 25.32 % de los clientes tienen algún grado de

digitalización y menos del 1 % (0.223 %) son 100 % digitales.

Tabla 2: Porcentajes de Digitalización de los Clientes

Porcentaje digital	Participación
0	74.68 %
0.33	22.43 %
0.67	2.67 %
1	0.233 %

La tabla 3 muestra los deciles de los valores pagados por los productos y servicios adquiridos por el cliente, los pagos hechos por el concepto de tarjeta de crédito son los más altos seguidos por el pago de energía, el pago de Seguros y finalmente el pago de PSVAS, en el caso de los PSVAS a partir del decil 70 % los pagos son mayores a los que hay por concepto de seguro. Actualmente el 10,32 % de los clientes tienen por lo menos un seguro, el 12,46 % por lo menos una tarjeta de crédito y el 23,94 % por lo menos un producto de valor agregado (PSVAS) diferentes a tarjeta de crédito y seguros como lo son las asistencias y algunos productos vendidos en la tienda virtual de la compañía.

para calcular los deciles de cada producto se ignoró los clientes que no poseían el producto; en el caso del valor pagado de energía, todos los clientes tienen este concepto ya que es el servicio principal de la compañía. Se pueden ver datos atípicos en los extremos de los deciles, en el caso de los montos de energía se debe a que existen clientes de tipo comercial e industrial los cuales tienen altos montos de pago por dicho concepto. los valores negativos hacen referencias a saldos a favor que tiene el cliente con la compañía. para el análisis multivariados se ignoraron los percentiles 1 y 99 de los montos pagados por energía y por PSVAS ya que ellos generarían mucho ruido por la magnitud de dichos valores.

Tabla 3: Deciles del valor de los producto pagados por cliente

Deciles	Monto Pagado Energía	Monto Pagado Seguro	Monto Pagado Tarjeta de credito	Monto Pagado PSVAS
0 %	-\$ 5.550.080	-\$ 315.730	-\$ 82.770	-\$ 4.743.945
10 %	\$ -	\$ 9.050	\$ 62.172	\$ 3.403
20 %	\$ 2.210	\$ 10.700	\$ 98.931	\$ 3.988
30 %	\$ 18.720	\$ 10.700	\$ 134.532	\$ 6.412
40 %	\$ 28.980	\$ 14.950	\$ 175.490	\$ 7.482
50 %	\$ 39.970	\$ 19.100	\$ 223.704	\$ 11.941
60 %	\$ 53.300	\$ 21.400	\$ 282.956	\$ 18.114
70 %	\$ 70.850	\$ 27.050	\$ 361.858	\$ 28.078
80 %	\$ 98.678	\$ 35.293	\$ 479.174	\$ 45.500
90 %	\$ 160.678	\$ 49.900	\$ 697.841	\$ 95.917
100 %	\$ 16.173.593.098	\$ 865.088	\$ 11.862.921	\$ 475.648.329

3.3. Análisis de Componentes Principales (ACP)

al realizarse el análisis de componentes principales (ACP) se utilizaron las cinco variables de tipo cuantitativo que tiene la base de datos: *personas identificadas por predio*, *valor de los seguros que tiene el predio*, *valor pagado de energía*, *valor pagado en tarjetas de crédito* y *valor pagado en otros productos de valor agregado diferentes a tarjetas de crédito y seguros llamados en Enel codensa como PSVAS.*, se normalizaron las variables ya que cada una de ellas tenía diferentes magnitudes y las más grandes tomarían gran parte de la varianza.

La tabla 4 contiene la varianza acumulada de cada una de las dimensiones (componentes) y como el 79.8 % de la varianza está en las primeras tres componentes, las figuras 5 y 6 representan como están relacionadas las variables en las primeras 3 dimensiones; en la primer componente se encuentra que las variables que más se parecen entre ellas son valor pagado en tarjetas de crédito y el valor pagado en seguros, esto se puede deber a que las personas que adquieren una tarjeta de crédito con Enel Codensa generalmente también adquieren algún tipo de seguro con la empresa además de que dejan de asociar a Enel Codensa solo como una compañía que ofrece el servicio de Energía y empieza un tema de conocer sus

Tabla 4: Información valores propios ACP

Dimension	valores Propios	Porcentaje de la varianza	Porcentaje acumulado
Dim.1	1.717	34.331	34.331
Dim.2	1.460	29.194	63.525
Dim.3	0.816	16.317	79.842
Dim.4	0.571	11.429	91.271
Dim.5	0.436	8.729	100

otros productos de valor agregado PSVAS, se agrego como variable suplementaria el porcentaje digital que presenta el cliente, dicha variable se encuentra más cercana a la variable personas identificadas por predio, lo cual tiene mucho sentido ya que un tema fundamental para poder digitalizar a un cliente es conocer cuantas personas habitan en el y poderlas identificar plenamente.

La gráfica 6 muestra que la variable cantidad de personas identificadas por predio no esta bien representada en la tercer componente, por su lado dicha dimensión representa el valor pagado en tarjeta de crédito y en seguros; se puede decir que la primera componente muestra que hay una relación entre lo que la persona pagan (Tarjetas de crédito, PSVAS, energía y seguros) y aparentemente no tienen una fuerte relación con el porcentaje digital que tiene el cliente.

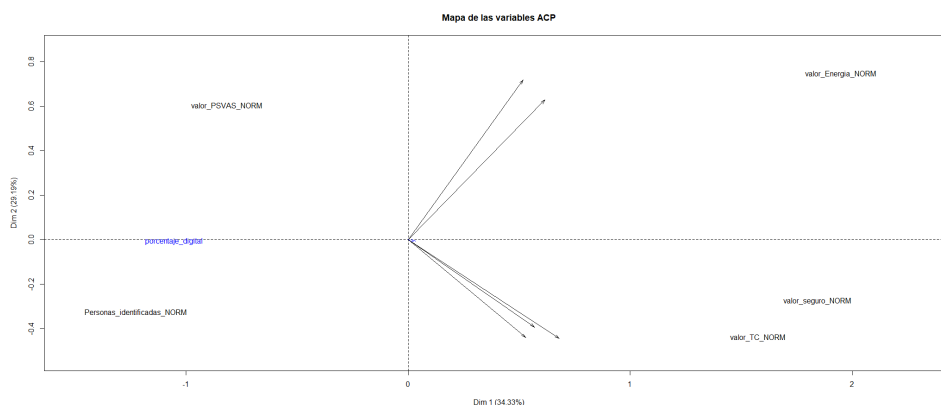


Figura 5: Mapa de las variables método ACP Dim 1 vs Dim 2

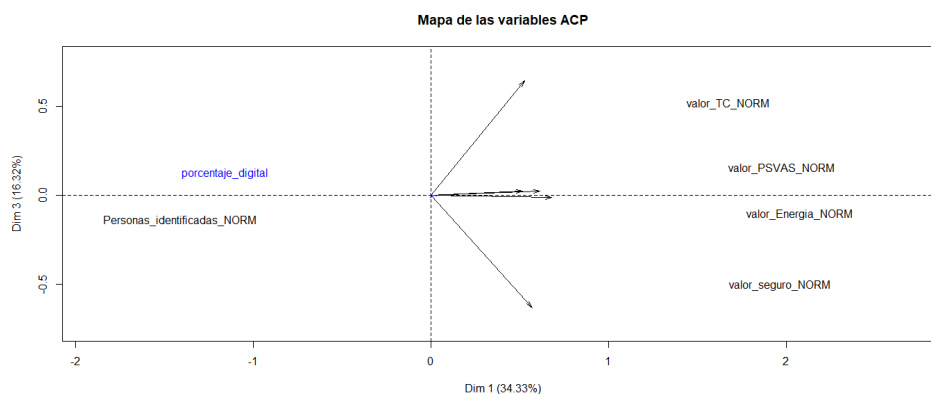


Figura 6: Mapa de las variables método ACP Dim 1 vs Dim3

3.4. Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM)

En el análisis de correspondencias múltiples solo se usaron las variables de tipo cualitativo en la base de datos: *el estrato socio económico del cliente, el tipo de cliente, si se tiene un correo electrónico del cliente, si se posee algún celular del cliente, si se tiene algún teléfono fijo del cliente, si había entrado a la página de la compañía en el año 2019 y en que segmento del pago digital se encontraba.* Para las primeras 4 dimensiones se recoge un 39.8% de la varianza, aunque fueran 7 las variables de tipo cualitativo, cada una de ellas tenía diferentes categorías generando un total de 17 dimensiones

Tabla 5: Información valores propios ACM

Dimensión	valores Propios	Porcentaje de la varianza	Porcentaje Acumulado
Dim.1	0.350	14.406	14.406
Dim.2	0.269	11.087	25.492
Dim.3	0.195	8.021	33.513
Dim.4	0.153	6.310	39.823
...
Dim.17	0.055	2.257	100.000

la primera dimensión esta encaminada a la contactabilidad que tiene la compañía con el cliente, ya que las variables que mejor se representan son si tiene email, celular o teléfono fijo en este caso la mayor contribución en dicha dimensión son los clientes que tienen correo electrónico, esto la hace una dimensión muy importante para poder elaborar el índice de transformación digital, ya que un cliente con correo electrónico tiene mayor susceptibilidad a usar diferentes herramientas de tipo digital las cuales la compañía entrega a su disposición como es el uso de factura virtual o el APP Enel codensa. la segunda dimensión hace referencia a si un cliente es comercial, industrial o residencial.

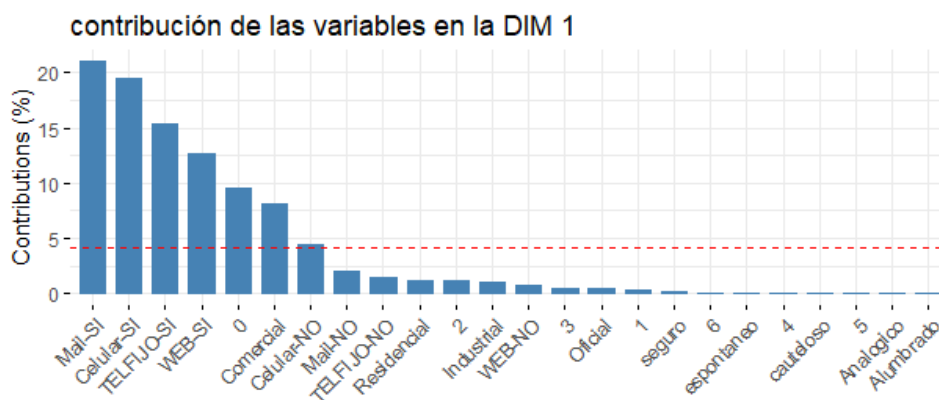


Figura 7: Contribución de las variables en la dimensión 1

la figura 8 muestra la contribución que tienen las variables en la dimensión 3, dicha dimensión representa a los estratos socio económicos y también la periodicidad del uso de pagos digitales del cliente (Segmento pago digital), por lo cual la tercera dimensión también es importante para la realización del índice de transformación digital.

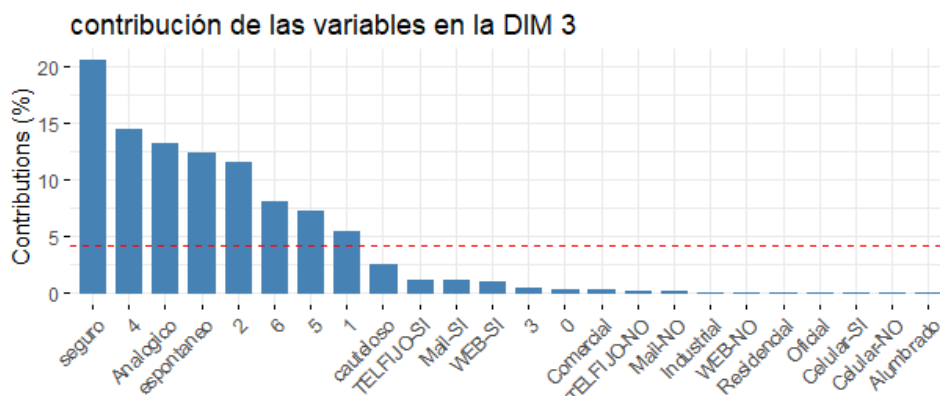


Figura 8: Contribución de las variables en la dimensión 3

la gráfica 9 compara la dimensión 1 contra la dimensión 2, como se dijo anteriormente la primera dimensión esta representada por la contactabilidad positiva, también dicha dimensión no representa adecuadamente el estrato socio económico que las personas poseen ni su segmento en el pago digital, la segunda dimensión se podría relacionar a los clientes de tipo jurídico que tiene la compañía, aquellos que son comerciales, oficiales, industriales o que son todo el tema de alumbrado publico e instituciones oficiales, se esperaba que el estrato 0 estuviera fuertemente relacionado con esta clase de clientes puesto que esta categoría es una forma de identificar a los clientes jurídicos en la compañía Enel Codensa.

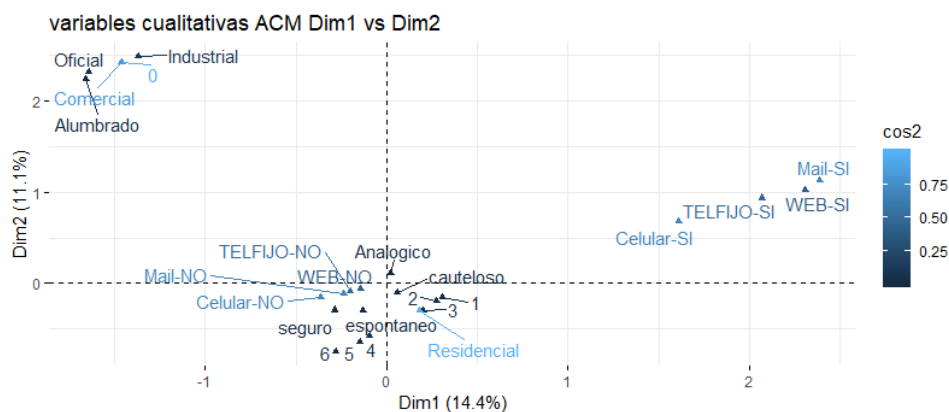


Figura 9: variables cualitativas ACM Dim 1 vs Dim 2

La figura 10 muestra la dimensión 1 vs la dimension 3. El eje 3 esta fuertemente relacionada con el estrato socio económico y su segmento en el pago digital, se puede observar como a mayor estrato socio económico las personas tienden a tener un comportamiento seguro o espontáneo en su pago digital, estas dos variables son muy importantes para la transformación digital de los clientes, ya que un mejor nivel económico representado por el estrato del cliente nos indica una mayor facilidad al acceso de la tecnología y con ello a una disposición más grande a la digitalización.

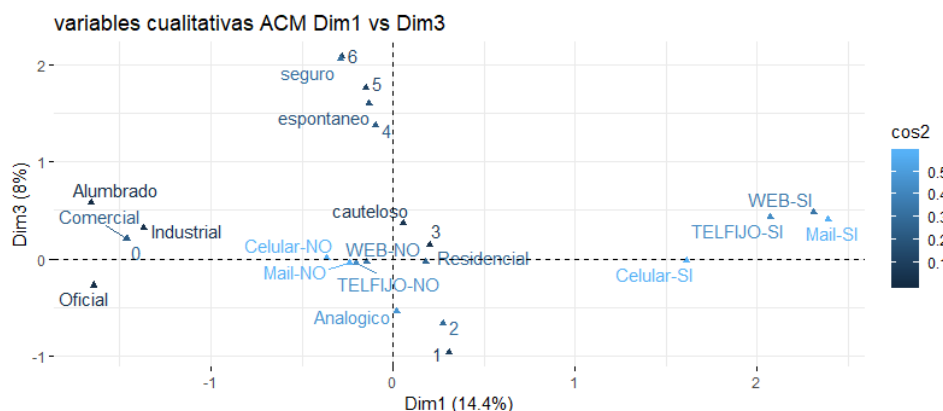


Figura 10: variables cualitativas ACM Dim 1 vs Dim 3

3.5. Análisis Factorial de datos mixtos (FAMD)

En el análisis factorial de datos mixtos al igual que en el ACP, se normalizaron las variables de tipo cuantitativo, ya que con diferentes escalas de valor las que poseen mayores rangos toman una mayor cantidad de varianza de la que en realidad aportan a los datos; lo interesante de usar esta técnica es que se pueden usar los dos tipos de variables, cuantitativas y cualitativas por lo cual se obtiene una mejor explicación de los datos. La figura 11 muestra que las primeras cuatro dimensiones son las que mayor porcentaje de varianza aportan, a partir de la quinta dimensión cada una de ellas aporta aproximadamente un 4.5% de la varianza, con las primeras cuatro dimensiones se recoge el 38.5% de la varianza total.

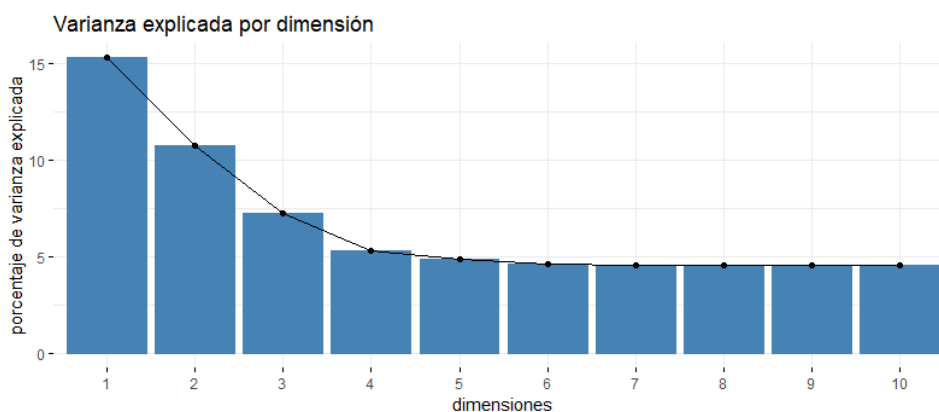


Figura 11: varianza explicada por cada dimensión

La figura 12 muestra la contribución que tienen las variables sin importar su naturaleza en cada una de las primeras tres dimensiones, en la primera dimensión se representa adecuadamente la contactabilidad que la empresa tiene con los clientes ya sea por medio de celular, correo electrónico o teléfono fijo, también se representa la cantidad de personas identificadas por cliente, la variable valor pagado por seguros esta bien representada en dicha dimensión. La dimensión dos representa las variables del estrato socio económico, del tipo de cliente que tiene la compañía y del valor que paga en energía y en PSVAS los clientes, finalmente la tercera dimensión también esta representada por el estrato socio económico y adicional a ello el segmento en los pagos digitales que tiene el cliente.

La figura 13 muestra como están las variables en las dimensiones uno a la tres, el porcentaje digital se

Tabla 6: Información valores propios FAMD

Dimension	valores Propios	Porcentaje de la varianza	Porcentaje Acumulado
Dim.1	3.359	15.270	15.270
Dim.2	2.362	10.735	26.005
Dim.3	1.590	7.225	33.230
Dim.4	1.161	5.279	38.509
Dim.5	1.067	4.850	43.359
...
Dim.21	0.258	1.173	100

uso como variable suplementaria y como la variable se relaciona fuertemente con el estrato y el segmento en el pago digital y como esta mejor representada en la dimensión tres, se puede ver como el estrato esta fuertemente ligado al tipo de cliente, a su vez, una relación fuerte entre tener los datos de contacto de celular y mail, con las cantidades de personas identificadas por clientes, el gráfico 13 muestra que las variables están bien representadas solo por una dimensión, ya que si vemos tiene una forma de L tanto el gráfico de la dimensión 1 vs la dimensión 2 como el de la dimensión 1 vs la dimensión 3.

La figura 14 muestra como se comportan solo las variables de tipo cuantitativo en el análisis factorial de datos mixtos, en las dimensiones uno hasta la tres, la variable personas identificadas en los clientes, esta representada fuertemente en la dimensión 1 y tiene cierto grado de relación con el valor pagado en seguros y tarjetas de crédito, ello se debe a que la empresa Enel codensa cuando vende un seguro estos están a nombre de un beneficiario y un asegurado los cuales son personas y eso permite su identificación, el valor pagado en PSVAS esta representado en la segunda dimensión igual que el valor pagado en energía. Cabe aclarar que por temas de negocios las tarjetas de crédito, Enel Codensa solo tiene el proceso de facturación y cobro, no el de vinculación por lo cual, solo se sabe que predio se le debe asignar una factura por dicho concepto, pero no las personas que poseen dicho producto.

Para la figura 15 donde está el mapa de las variables de tipo cualitativo los estratos 4,5 y 6 están relacionados con los comportamientos de pago seguro y espontáneo, haciendo que dichos estratos sean claramente más fáciles de transformar y digitalizar para la compañía. la dimensión 1 esta fuertemente relacionada con la contactabilidad de los clientes a su vez que por el uso de la pagina web de la compañía por parte de los clientes en el ultimo año, la segunda dimensión muestra el tipo de cliente que es, y separa los clientes de tipo residencias, frente a los demás y muestra la cercanía entre los clientes industriales y comerciales y como los clientes de alumbrado publico están estrechamente ligados con los oficiales. en la parte cercana al cero en los dos mapas de variables de la figura 14 están los clientes que la compañía no tiene datos para contactarlos y también aquellos clientes que son cautelosos en sus pagos digitales o que simplemente son analógicos lo cual los vuelve un reto para la compañía en el momento de quererlos encaminar a la transformación digital.

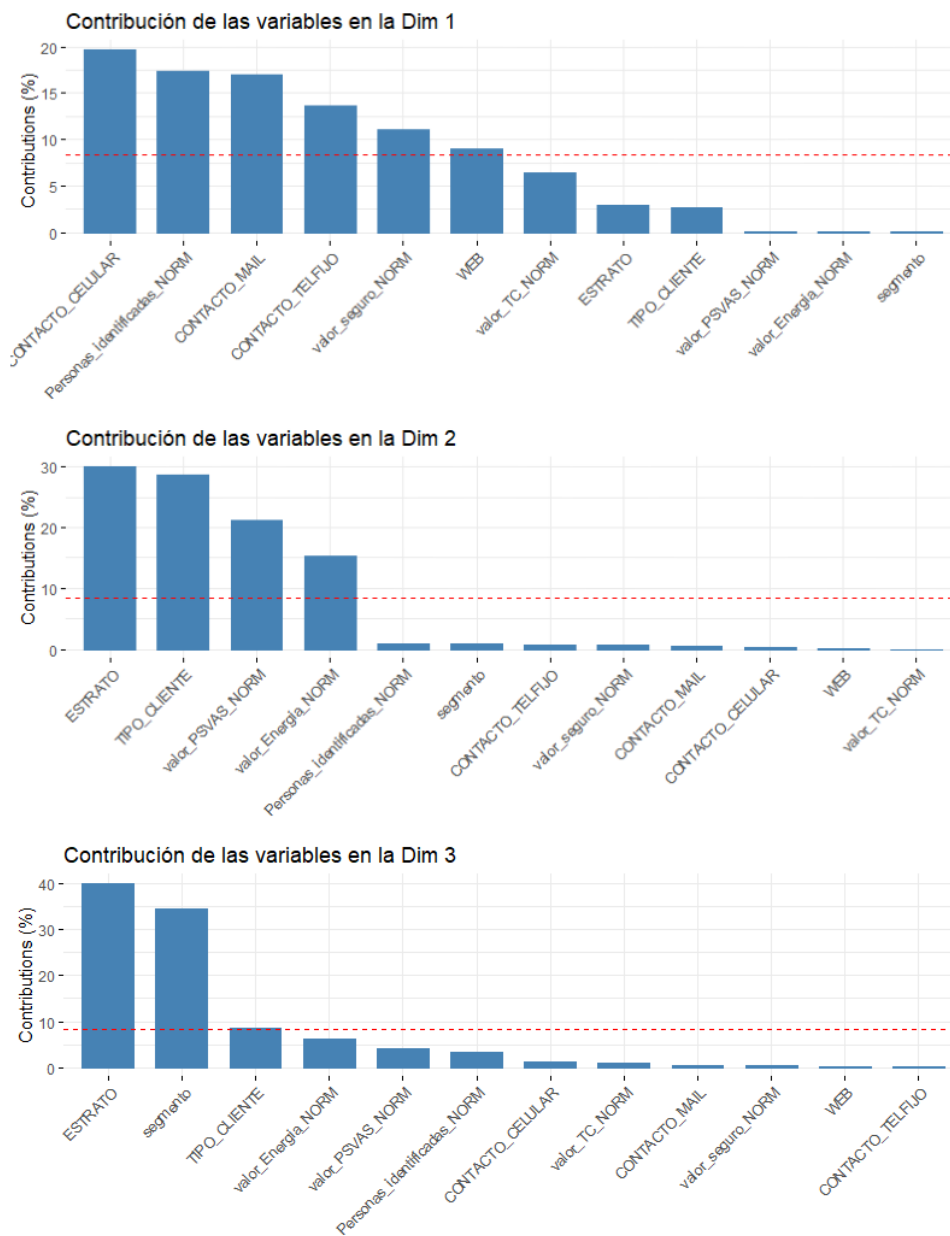


Figura 12: Contribución de las variables en las primeras tres dimensiones.

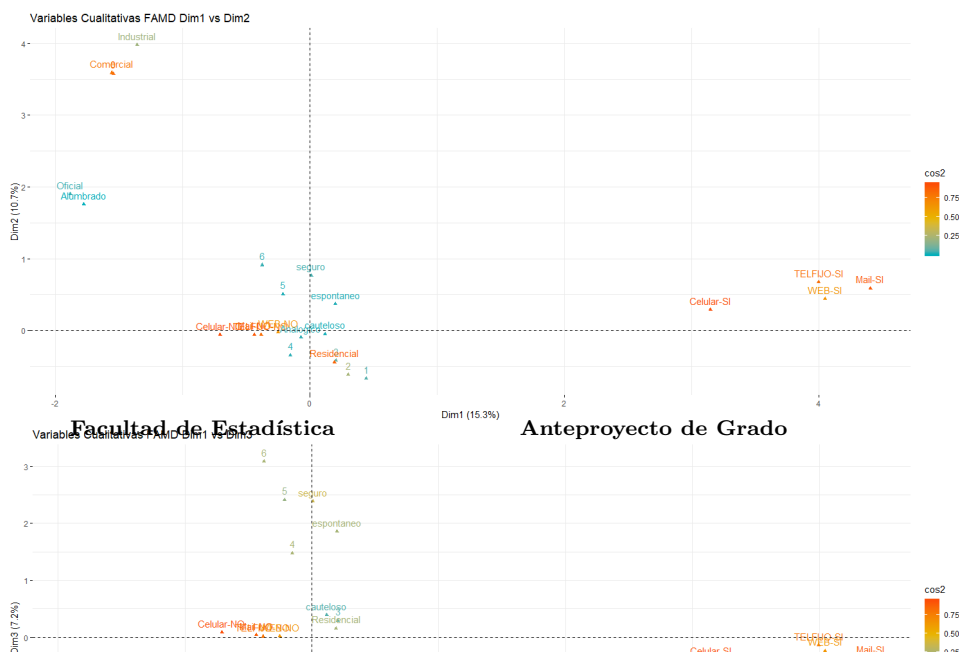


Tabla 7: Cantidad valores propios usados por método

Metodo	Cantidad De Dimensiones	porcentaje de Varianza Explicado
ACP	3	79,84 %
ACM	10	75,2 %
FAMD	12	75,08 %

se le sumo 50 para que cada índice tuviera un valor medio de 50 y una desviación estándar de 10 como se indica en la formula a continuación:

$$SP = X_{(n*d)} * V_{(dx1)}$$

$$SP_{escalada} = \frac{SP_n - \min(SP)}{\max(SP) - \min(SP)}$$

$$Indice = SP_{escalada} * 10 + 50$$

donde X es la matriz de las coordenadas de los individuos que tiene dimensiones nxd donde d es la cantidad de dimensiones de cada método, V es el vector de los valores propios de cada una de las dimensiones, la multiplicación de ellos dos da como resultado un vector llamado SP el cual es de dimensiones $nx1$ donde n es la cantidad de individuos en el método, en nuestro caso 3.526.988.

la tabla 8 muestra los descriptivos de cada uno de los índices, como la media de todos esta cercana al 50 y como el FAMD tiende a dar valores más altos en el índice que los demás métodos, también se puede ver en la figura 16 donde están los boxplots de cada método como los índices hechos por el ACP se concentran mucho más en el promedio pero tiene algunos datos extremos en los dos limites, a su vez el ACM al igual que el FAMD dan un poco más de variabilidad en sus índices y como algunos datos se concentran por encima del número 75 en el índice.

Tabla 8: Descriptivos de los incides

Metodo	Minimo	Primer Cuartil	Mediana	Media	Tercer Cuartil	maximo
ACM	40.386	44.008	46.298	49.991	54.608	100
ACP	15.670	45.074	46.842	49.846	50.336	100
FAMD	32.230	41.678	47.321	49.985	55.152	100

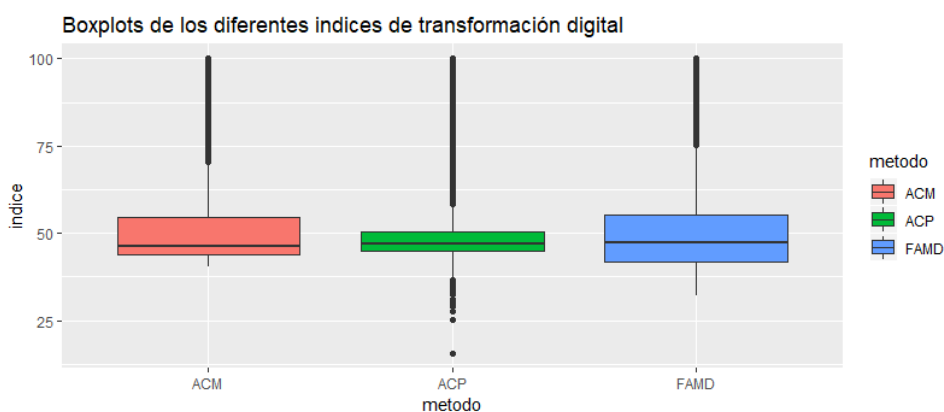


Figura 16: Boxplot índices por cada método.

la figura 17 tiene los boxplots separados por el porcentaje digital que tiene el cliente en el momento del análisis, a medida que aumenta su porcentaje digital también se observa un aumento en los valores de los índices, esto se encuentra más claro en el FAMD

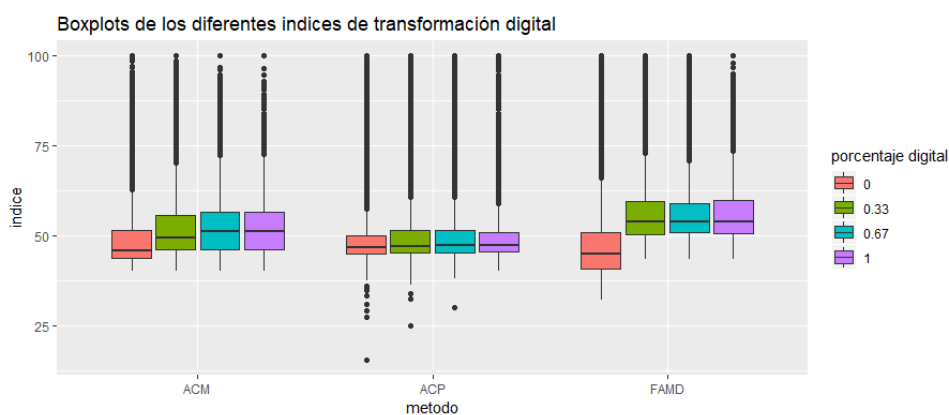


Figura 17: Boxplot índices por cada método y su porcentaje digital

4. Conclusiones

Comparando las tres metodologías usadas en el trabajo; la que genera mejores resultados es el FAMD debido a que tiene una mayor variabilidad en el índice lo cual indica una diferencia más notable por cada uno de los clientes, el ACP es el que tiene el peor desempeño ya que tiene una menor variabilidad de los datos. en el FAMD se encontraron algunos clientes que tienen índices superiores a 75 % los cuales la compañía Enel codensa se debería enfocar ya que son clientes que tienen posibilidades muy altas de utilizar las tres herramientas digitales que ofrece la compañía.

Los clientes que no usaban ninguna Herramienta digital por parte de la compañía, presentaban índices menores en las tres metodologías; aunque en el FAMD la diferencia es más notable, también es importante decir que los demás porcentajes de uso digital al compararlos con el índice realizado; se muestran muy similares entre ellos, lo cual indica que un cliente que usa por lo menos una herramienta digital es susceptible a usar las otras dos de forma fácil, el verdadero reto es transformar a los clientes que no utilizan ninguna herramienta digital. La compañía debería enfocarse en los clientes que su índice de transformación digital es superior a 75 y no usan ninguna herramienta, ya que ellos comparten rasgos similares con los clientes que si las utilizan.

el índice propuesto en este trabajo es más flexible que el porcentaje digital que actualmente maneja la empresa Enel codensa; ya que ningún cliente tuvo un índice inferior a 40% por lo que se afirma que ningún cliente es completamente no digital, presentando así una oportunidad para la compañía ya que todos los predios con una debida estrategia pueden encaminarse a la digitalización.

Por el tipo de datos utilizados los cuales hacen referencia a Predios, es un poco complicado encontrar variables que se adapten perfectamente a identificar factores que propicien a la digitalización, en futuros trabajos seria recomendable poder identificar a cada cliente como una sola persona y no como un predio el cual puede poseer más de una.

Referencias

Algañaraz, V. H. (Junio De 2016). El “Análisis De Correspondencias Múltiples” Como Herramienta Metodológica De Síntesis Teórica Y Empírica. Su Aporte Al Estudio Del Locus Universitario

Privado Argentino (1955-1983). Relmecs, 6.

Castaño, E. (2010). Introducción Al Análisis De Datos Multivariados En Ciencias Sociales. Facultad De Ciencias Económicas, Universidad De Antioquia.

Cintel . (2018). Cintel . Obtenido De [Https://Cintel.Co/Acerca-De-Nosotros/](https://Cintel.Co/Acerca-De-Nosotros/)

Cintel. (2018). Dos Años De Transformación Digital. Bogotá: Cintel Proyectos Tic Innocadores. Obtenido De [Https://Cintel.Co/Wp-Content/Uploads/2018/12/Cintel-Informe.Itd_Vfinal.Pdf](https://Cintel.Co/Wp-Content/Uploads/2018/12/Cintel-Informe.Itd_Vfinal.Pdf)

Díaz, L. G., Morales, M. A. (2012). Estadística Multivariada: Inferencia Y Métodos. (T. Edición, Ed.) Bogotá- Colombia: Universidad Nacional De Colombia.

El Tiempo. (23 De Mayo De 2019). Enel-Codensa Aprovecha La Transformación Digital. Enel-Codensa Aprovecha La Transformación Digital, Págs. [Https://Www.Eltiempo.Com/Contenido-Comercial/Enel-Codensa-Aprovecha-La-Transformacion-Digital-365904](https://Www.Eltiempo.Com/Contenido-Comercial/Enel-Codensa-Aprovecha-La-Transformacion-Digital-365904).

Enel. (2018). Conoce-Enel/Grupo-Enel. Obtenido De [Conoce-Enel/Grupo-Enel:Https://Www.Enel.Com.Co/Es/Conoce-Enel/Grupo-Enel.Html](https://Www.Enel.Com.Co/Es/Conoce-Enel/Grupo-Enel.Html)

Forrester. (2005). La Transformación Digital En La Era Del Cliente. Ciudad De Mexico: Accenture. Obtenido De [Https://Www.Accenture.Com/T00010101t000000__W_/Mx-Es/_Acnmedia/Pdf-3/Accenture-Digital-Transformation-In-The-Age-Of-The-Customer-Spanish.Pdf](https://Www.Accenture.Com/T00010101t000000__W_/Mx-Es/_Acnmedia/Pdf-3/Accenture-Digital-Transformation-In-The-Age-Of-The-Customer-Spanish.Pdf)

Gonzalez, V. M. (2014). Análisis Conjunto De Múltiples Tablas De Datos Mixtos Mediante Pls. Madrid: Universidad Politecnica De Cadaluña.

Íncipy Inesdi. (2017). Índice De Madurez Digital De Las Empresas Primer Estudio En España. Madrid: Inesdi. Obtenido De [Https://Incipy.Com/Ebooks/Estudio_Indice_Madurez_Digital.Pdf](https://Incipy.Com/Ebooks/Estudio_Indice_Madurez_Digital.Pdf)

Montanero, J. F. (2015). Manual Abreviado De Estadística Multivariante. Badajoz España: Universidad De Extremadura Departamento De Matematicas.

Pagès, J. (2015). Multiple Factor Analysis By Example Using R . Nueva York: Crc Press Taylor Francis Group.

Peña, D. (2002). Análisis De Datos Multivariantes. Madrid : University Carlos Iii De Madrid.

Pmg & Ccc. (2018). Índice De Transformacion Digital De Empresas 2018. Santiago: Pmg Business Improvement. Obtenido De [Https://Www.Ecommerceccs.Cl/Wp-Content/Uploads/2019/03/Indice-Transformaci%C3%B3n-Digital-En-Empresas-2018.Pdf](https://Www.Ecommerceccs.Cl/Wp-Content/Uploads/2019/03/Indice-Transformaci%C3%B3n-Digital-En-Empresas-2018.Pdf)

Portafolio. (2019). Transformación Digital, Reto De Empresas Líderes Globales. Portafolio. Obtenido De [Https://Www.Portafolio.Co/Negocios/Empresas/Transformacion-Digital-Reto-De-Empresas-Lideres-Globales-524943](https://Www.Portafolio.Co/Negocios/Empresas/Transformacion-Digital-Reto-De-Empresas-Lideres-Globales-524943)

Zubcoff, J. J. (S.F.). Famd Factor Analysis Of Mixed Data. Recuperado El Julio De 2019, De Famd Factor Analysis Of Mixed Data: [Https://Rua.Ua.Es/Dspace/Bitstream/10045/72567/3/Analisis-Multivariante-Famd.Pdf](https://Rua.Ua.Es/Dspace/Bitstream/10045/72567/3/Analisis-Multivariante-Famd.Pdf)

Anexos

Anexo 1 bases originales usadas para la creación de la BD_TESIS

- mclientes_1000_parte_1.zip
- mclientes_1000_parte_2.zip
- mclientes_2000.zip
- mclientes_3000.zip
- mclientes_4000.zip
- mclientes_5000.zip
- mclientes_6000.zip
- DIGITAL+CONECTAV2.txt
- BD.CEDULAS_NRO.SERVICIOS_112019.txt
- CONSOLIDADO_PAGOS_DETALLE_102019
- Base página web Enel Codensa
- Pagos.Digitales_102019.txt