

# **Análisis estadístico para la determinación del impacto de la corrosión en Colombia**

*Juan Delgado Lastra, Joaquín Cuervo Tafur,  
Francisco Javier Herrera Builes, Asdrúbal Valencia Giraldo  
y Carlos Enrique Arroyave Posada\**

## **Resumen**

Con el fin de determinar la incidencia de los costos y gastos ocasionados por la corrosión en la economía nacional, se efectuó el levantamiento de información a partir de un diseño muestral estratificado de razones, el cual se aplicó al sector productivo colombiano. Los datos recolectados se analizaron mediante métodos de “clusters” y de “factores”, permitiendo agrupar los sectores económicos, tanto por los costos y gastos que genera la corrosión, como por los activos expuestos a dicho fenómeno y el control que se ejerce sobre ellos. Adicionalmente, definidos unos índices para la gestión administrativa de los problemas de corrosión, para los costos y gastos debido a éstos, y para la medición del conocimiento que se tiene al respecto, se logró identificar cuáles eran los de mayor impacto en la economía del país.

----- *Palabras clave:* diseño muestral, análisis multivariado, costos de corrosión, deterioro de materiales.

## **Abstract**

Aiming at determining the incidence of costs and expenditures caused by corrosion on national economy, information was gathered starting with a stratified sample design, which was applied to colombian productive sector. Collected data were analyzed by means of “clusters” and “factors” methods, this permitted the grouping of economic sectors, not only according to costs and expenditures caused by corrosion, but also according to actives exposed to corrosion and the control exerted on them. Furthermore, some indexes were defined for the management of corrosion problems, for costs and expenditures caused and for knowledge measuring, regarding corrosion. It was possible to identify which indexes had higher impact on the country economy.

----- *Key words:* sample design, multivariant analysis, corrosion costs, materials degradation.

---

\* Profesores Grupo de Corrosión y Protección, Universidad de Antioquia, A.A. 1226, Medellín, Colombia.

### 1. Introducción

Estudios realizados en diferentes países y regiones desde hace más de 50 años, han mostrado y reafirmado que los costos y gastos ocasionados por los problemas de deterioro de los materiales, alcanzan cifras bastante significativas frente a indicadores tan importantes como el de la riqueza generada anualmente [1].

Con estos antecedentes y ante la necesidad sentida de fortalecer el desarrollo científico y tecnológico del país en aspectos relacionados con la corrosión, su prevención y control, se decidió levantar la información que permitiera tener la idea más clara posible acerca de la magnitud de los citados problemas en Colombia.

Como resultado central, se encontró que en 1994 los costos y gastos directos originados por la corrosión fueron del 1,3% del PIB [2].

El proyecto realizado tuvo una componente estadística significativa que exigió la aplicación de técnicas especializadas en el diseño muestral y en el análisis de los resultados.

Para comenzar, fue evidente la necesidad de considerar la variable “costos de corrosión” en cada una de las empresas que formaban la unidad de estudio. Sin embargo, estaba claro que estos costos variaban considerablemente de una empresa a otra, aun siendo del mismo sector económico, como resultado del tamaño de las empresas.

Para tratar de eliminar dicha dificultad en el análisis, se consideraron diversas relaciones entre variables económicas identificables en las empresas, de las cuales se escogió, como la más importante, a la establecida entre los costos más los gastos de corrosión y las ventas totales.

Cada relación generó un índice, a partir del cual se realizó un análisis de cluster, para formar grupos de los sectores económicos que presentaban comportamiento similar frente a los costos y gastos de corrosión. Se hizo también un análisis de factores, lo cual permitió clasificar los índices de forma más general, en tres tipos de indicadores: de gestión administrativa, de cos-

tos y gastos de corrosión, y de conocimiento o conciencia de estos gastos.

### 2. Diseño muestral

Debido a la evidente diferencia de la corrosividad entre la zona de la costa y la del interior del país, se determinó un tamaño muestral para cada zona. En cada una se realizó un muestreo aleatorio estratificado [3], donde los estratos lo formaban los diversos sectores empresariales seleccionados para el estudio: alimentos, químico, metalmecánica, servicios públicos, transporte, petróleo y petroquímica, con lo cual se lograba una homogeneización para las subpoblaciones o estratos y, por tanto, una mejor estimación de los parámetros.

Se definió la variable aleatoria  $Y_{ij}$  que representaba los costos y gastos de corrosión en la empresa  $i$  y zona  $j$  ( $j = 1$  (Costa),  $2$  (Interior)) ( $j = 1, 2$ );  $X_{ij}$  fue la variable aleatoria que representaba las ventas totales en la empresa  $i$  y en la zona  $j$ .

El parámetro por estimar fue la razón entre los costos y gastos de corrosión y las ventas totales, llamado también índice de costos de corrosión por año, en cada estrato y para cada zona  $j$  ( $j = 1, 2$ ):

$$R_{hj} = \frac{Y_{hj}}{X_{hj}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{hj}} Y_{ihj}}{\sum_{i=1}^{N_{hj}} X_{ihj}}$$

Donde  $i = 1, 2, \dots, N_j$   
 $N_j$  tamaño poblacional para cada zona  $j$ ;  $j = 1, 2$   
 $h = 1, 2, 3, 4, 5$  (estratos)

La razón entre los costos y gastos de corrosión y las ventas totales en cada una de las zonas se calculó como:

$$R_{cj} = \frac{\bar{y}_{stj}}{\bar{x}_{stj}} = \frac{\hat{y}_{stj} / N_j}{\hat{x}_{stj} / N_j} = \frac{\sum_h N_h \bar{y}_{hj}}{\sum_h N_h \bar{x}_{hj}}$$

Donde  $c$  indica combinado

Así,  $\hat{R}_{hj}$  sería el mejor estimado  $Y$  de  $R_{hj}$  e indicaría la razón entre los costos y gastos de corrosión y las ventas totales por año en el estrato  $h$  y zona  $j$ , calculado como:

$$\hat{R}_{hj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{hj}} y_{ihj}}{\sum_{i=1}^{n_{hj}} x_{ihj}}$$

Donde  $i = 1, 2, \dots, n_j$   
 $n_j =$  tamaño muestral para cada zona  $j, j = 1, 2$

Y

$$\hat{R}_{cj} = \frac{\sum_h N_h \bar{Y}_{hj}}{\sum_h N_h \bar{X}_{hj}}$$

Este sería el mejor estimador de  $R_{cj}$  e indicaría la razón entre los gastos y costos de corrosión y las ventas en la zona  $j$ .

Se tuvo en cuenta que la precisión en la estimación, que se define en términos del error máximo que se está dispuesto a cometer en la estimación del parámetro, y que la probabilidad de que el error definido sea superado, debe ser tan pequeña como  $\alpha$ , esto es:

$$Pr (|\hat{R}_{cj} - R_{cj}| > \epsilon) < \alpha$$

$$\text{Equivalentemente } Pr (|\hat{R}_{cj} - R_{cj}| \leq \epsilon) > 1 - \alpha$$

Donde  $\epsilon$  es el error máximo aceptable en la estimación de  $R_{cj}$ , y  $\alpha$  la probabilidad de que el error sea superior al definido o también  $(1 - \alpha)$  100% la contabilidad del tamaño muestral.

Pero 
$$\epsilon = k \sqrt{Var(\hat{R}_{cj})};$$

Donde 
$$Var(\hat{R}_{cj}) = \sum S_{hj}^2(\hat{R}_{cj})$$

$$S_{hj}^2(\hat{R}_{cj}) = \frac{1}{n_{hj} \bar{x}_{hj}} (S_{yhj}^2 + R_j^2 S_{xhj}^2 - 2R_j P_{hj} S_{yhj} S_{xhj})$$

Con  $R_j = \frac{\bar{y}}{\bar{x}}$  y  $\hat{R}_j = \frac{\bar{y}}{\bar{x}}$

Siendo  $Var(R_{cj})$ , la varianza del estimador de  $R_{cj}$  y  $k$  el percentil que deja un área  $a/2$  a la derecha y a la izquierda de la distribución de  $R_{cj}$ , determinado por la confiabilidad  $(1 - a)$  100%, o nivel de confianza de la muestra. Como consecuencia, la precisión deseada de la investigación la constituye la varianza del estimador, que es:

$$Var(\hat{R}_{cj}) = V_j = (\epsilon / k)^2$$

Suponiendo que la distribución de  $\hat{R}_{cj}$  es aproximadamente normal para  $n_j$  grande y fijando un error máximo admitido,  $\epsilon = dR_{cj}$ , donde  $d$  es el error máximo admitido dado en porcentaje; esto es,  $d = \epsilon / \hat{R}_{cj}$ , y tomando una confiabilidad del 95%, mediante la muestra piloto se puede obtener  $V_j$  y así determinar el tamaño  $n_j$  para cada zona. Suponiendo afijación proporcional, este tamaño muestral vendría dado por:

$$n_j = \frac{n_{oj}}{1 + \frac{n_{oj}}{N_j}} \quad j = 1, 2$$

$$n_{ojk} = \frac{\sum W_{hj} \hat{S}_{hj}(\hat{R}_{cj})}{V_j}$$

$$W_{hj} = \frac{N_{hj}}{N_j}, \quad \text{Ponderación del estrato } h, h = 1, 2, \dots, 5 \text{ (sectores)}$$

$$\hat{S}_{hj}^2(\hat{R}_{cj}): \quad \text{El estimador de la varianza } S_{hj}^2(\hat{R}_{cj}) \text{ para cada estrato}$$

Donde

$$\hat{S}_{hj}^2(\hat{R}_j) = \frac{1 - f_{hj}}{n_{hj} \bar{X}_{hj}^2} [\hat{S}_{yhj}^2 + \hat{R}_j^2 \hat{S}_{xhj}^2 - 2\hat{R}_j \hat{\rho}_{hj} \hat{S}_{yhj} \hat{S}_{xhj}]$$

Mediante la muestra piloto se puede determinar

$$\sum W_{hj} \hat{S}_{hj}^2(\hat{R}_{cj}) \text{ y } V_j(\varepsilon / K)^2 = (d\hat{R}_{cj} / k)^2$$

y por tanto los tamaños muestrales,  $n_j$ , y los respectivos tamaños muestrales,  $n_{1h}$  y  $n_{2h}$ , para cada estrato en las zonas 1 y 2.

Con una confiabilidad del 95%, el percentil  $k = 1,96$ , y aceptando un error máximo,  $\varepsilon = 0,003278$ , en la estimación de  $R_{cj}$ , que equivale a un error máximo admitido relativo del 15,2%, se obtuvieron los tamaños muestrales  $n_1 = 137$  y  $n_2 = 196$ , que corresponden al número de empresas por encuestar en las respectivas zonas: la costera y la del interior del país.

Estos tamaños muestrales se repartieron en cada zona, por asignación proporcional, a cada uno de los estratos o sectores económicos, dando como resultado la muestra que se presenta en la tabla 1.

**Tabla 1** Estructura de la muestra

Estrato	Zona	Zona	
		$N_1$	$N_2$
No. Sector		Costa	Interior
1 Alimentos		11	19
2 Químico		32	61
3 Metalmecánico		2	17
4 Servicios públicos		5	5
5 Transporte		87	94
	Total	137	196

### 3. Índices

Las relaciones de los índices que se analizaron, partieron de la consideración de la utilidad bruta

(las ventas menos el costo de las ventas) y de la utilidad operacional (la diferencia entre los riesgos y egresos del ente económico, de carácter recurrente y relacionados estrictamente con el giro normal del negocio, o sea la utilidad bruta menos los gastos operacionales). De esta manera, se definieron los siguientes índices [3]:

Índice de costos de corrosión

$$(I.C.C.) = \frac{\text{Costos y gastos de corrosión}}{\text{Ventas totales}}$$

Índice de afección a los activos

$$(I.A.A.) = \frac{\text{Costos y gastos de corrosión}}{\text{Activos expuestos}}$$

Índice de activos expuestos

$$(I.A.E.) = \frac{\text{Activos expuestos}}{\text{Activos totales}}$$

Índice de nivel de control

$$(I.N.C.) = \frac{\text{Costos de control}}{\text{Activos expuestos}}$$

Índice de disposición al control

$$(I.D.C.) = \frac{\text{Costos de control}}{\text{Ventas}}$$

Índice de costos de oportunidad

$$(I.C.O.) = \frac{\text{Costos de oportunidad}}{\text{Utilidad operacional}}$$

El grado de gestión administrativa dentro del manejo de los problemas de corrosión se relacionan directamente con el *I.A.A.* y el *I.N.C.*, mientras que es contrario al *I.A.E.* La magnitud de los problemas de corrosión está representada por los índices *I.C.O.*, *I.C.C.* e *I.D.C.* El grado de conocimiento y conciencia que se tiene de la necesidad de enfrentar el deterioro de los materiales se mide con los índices *I.N.C.* e *I.D.C.*

Los valores de los índices encontrados para cada uno de los sectores económicos, en el país, por zona y por región, son los que se presentan en la tabla 2. Estos fueron los datos sometidos al análisis mediante los modelos de cluster y de factores.

#### 4. Análisis de la información obtenida

Teniendo en cuenta la naturaleza de los datos recogidos y los objetivos perseguidos en el estudio se consideran algunos métodos estadísticos para el análisis de los índices, de los cuales se encontraron agrupados, por lo interesante de los resultados entregados, los métodos de análisis por agrupamiento, o cluster, y de factores [5].

En todo momento se buscó considerar los datos de cada uno de los seis sectores económicos en estudio, mirándolos como un todo en el país, en su zona (Costa Atlántica o interior), o en las regiones en que fue dividido el interior.

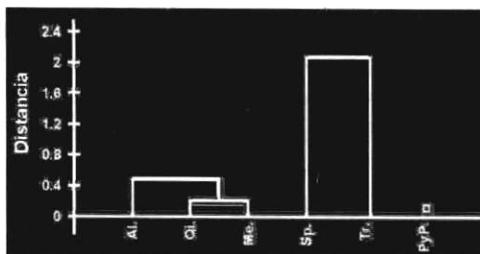
**Tabla 2** Índices de los sectores económicos en estudio

Zona	Sector	Índice %					
		ICC	IAA	ICO	IAE	INC	IDC
Costa	Alimentos	0,407	1,485	3,210	28,92	0,550	0,151
Atlántica	Químico	0,154	1,398	0,991	33,69	0,426	0,470
	Metalmecánico	2,420	3,528	22,912	24,95	2,173	1,491
	Servicios	0,198	2,568	2,676	8,80	0,081	0,064
	Transporte	1,809	2,445	2,938	43,90	1,062	0,786
Interior	Alimentos	0,210	3,130	1,760	8,86	3,036	0,204
	Químico	0,074	0,059	4,060	27,90	0,467	0,059
	Metalmecánico	0,356	3,046	16,290	23,14	2,500	0,292
	Servicios	3,124	55,810	36,050	0,99	68,930	3,860
País	Transporte	7,436	16,567	45,308	5,61	9,497	4,262
	Alimentos	0,233	2,563	1,836	11,65	2,179	0,198
	Químico	0,096	0,789	3,040	29,40	0,457	0,055
	Metalmecánico	0,421	3,123	17,019	23,41	2,450	0,330
	Servicios	2,800	48,270	32,920	1,12	18,280	3,450
	Transporte	5,030	8,780	19,740	10,80	4,850	2,779

### 4.1 Análisis de cluster

#### 4.1.1 Análisis de los sectores en el país

La figura 1 presenta el dendograma del análisis de cluster aplicada a los diferentes sectores productivos estimados, considerados de manera unificada en el país.



**Figura 1** Dendograma de los resultados del análisis de cluster de los índices correspondientes a los sectores productivos considerados nacionalmente

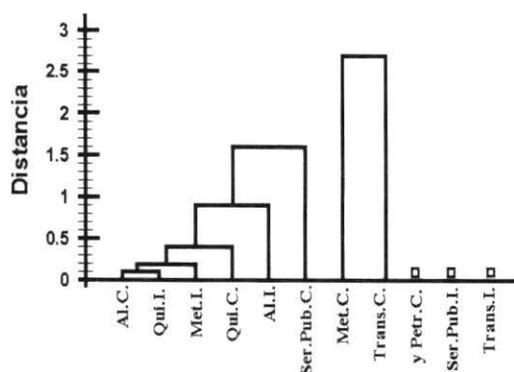
De la figura 1 se puede decir que los sectores económicos de alimentos, químico y metalmeccánico, agrupan las empresas de transformación analizadas, mientras que servicios públicos y transporte corresponden a las empresas de servicios. Entre estos dos grupos de empresas se observa una diferencia bastante marcada en el manejo de la corrosión. Por su parte, la industria de petróleo y petroquímica muestra un manejo que se distancia de los dos grupos anteriores.

Aunque los sectores de servicios públicos y transporte constituyen un grupo, entre ellos se presentan características muy diferentes que permitirían considerarlos por separado.

#### 4.1.2 Análisis de los sectores económicos según su zona

El dendograma resultante del análisis de cluster de los índices de los sectores económicos diferenciados según las zonas de las Costa Atlántica y el interior, se presenta en la figura 2.

En el dendograma de la figura 2 se observan 5 grupos. El primero está formado por los sectores de alimentos e industria química de ambas zonas; ade-



**Figura 2** Dendograma resultante del análisis de cluster de los índices correspondientes a los sectores productivos considerados según las dos zonas estudiadas (C = Costa Atlántica, I = interior).

más incluye los servicios públicos de la Costa Atlántica y al sector metalmeccánico del interior. La presencia de ambos sectores de alimentos se justifica plenamente por el hecho de que dicha industria incurre en altos costos de control, originados principalmente en el uso de materiales nobles. Por su parte, la presencia de ambos sectores de la industria química, se explica por la agresividad de los procesos que allí se manejan, cuyo impacto es superior al de la corrosión atmosférica, tornando despreciable esta diferencia de partida.

La presencia de los otros dos sectores se justifica con los altos valores presentados por los índices que buscan la magnitud de los problemas de corrosión (*I.A.A* e *I.A.E*) y por los bajos valores de los índices que hacen referencia a la gestión del fenómeno corrosivo (*I.C.C*, *I.N.C* e *I.D.C*). El segundo grupo lo forman los sectores metalmeccánico y de transporte de la Costa Atlántica, lo cual se justifica si se tiene en cuenta el significativo impacto de la atmósfera de la zona, en las extensas áreas de superficies metálicas que caracterizan la infraestructura de ambos sectores. A esto se le suma una gestión similar y relativamente escasa, denotada por los índices correspondientes. Evidentemente, ambas son razones de peso para diferenciarse de los mismos sectores en el interior.

Las grandes diferencias entre los índices de magnitud, gestión e impacto económico, presentados entre el resto de los sectores, conducen a que servicios públicos y transporte del interior, lo mismo que petróleo y petroquímica, constituyan grupos separados.

#### 4.1.3 Análisis de los sectores por región

Por la subdivisión realizada, el estudio se pudo fragmentar por regiones, teniendo en cuenta la ubicación geográfica y buscando la posibilidad de establecer comparaciones entre empresas que podrían exhibir resultados particulares. En total, se consideraron 5 regiones, una en las Costa Atlántica, coincidiendo con la zona antes señalada, y 4 en el interior, asimilables a la influencia de los Santanderes, Bogotá, Cali y Medellín.

Los resultados del análisis de cluster de los sectores por región aparecen en el dendograma de la figura 3, donde se evidencia la formación de tres grupos bien definidos, integrados así: el primero, por los sectores de alimentos de la Costa y de Cali; químico de la Costa, Bogotá y Medellín, y metalmeccánico de Santander, Bogotá, Medellín

y la Costa. El segundo, compuesto por los sectores de servicios públicos de la Costa, químico de Cali y de los Santanderes, alimentos de Bogotá, transporte de la Costa y de Bogotá, metalmeccánico de Cali y de petróleo y petroquímica. El tercero, integrado por servicios públicos de Santander y transporte de Medellín, Santander y Cali. Aparte, y bien definidos, se hallan alimentos y servicios públicos de Medellín.

De los resultados de la figura 3 vale la pena resaltar el agrupamiento de los cuatro sectores metalmeccánico, tres químicos y tres de transporte, pues, en primer lugar, se puede afirmar que, debido principalmente a lo poco que hacen en gestión, no hay probabilidad de que los sectores metalmeccánicos se separen en sus resultados. Por otro lado, las aparentes incongruencias con los análisis por zonas, donde se separan los sectores metalmeccánicos y se unen los químicos, se fundamentan en los cambios en las distancias en los dendogramas y el manejo de la varianza mínima.

También es importante subrayar que en este grupo aparecen los tres sectores más representativos de la industria química del país, los cuales

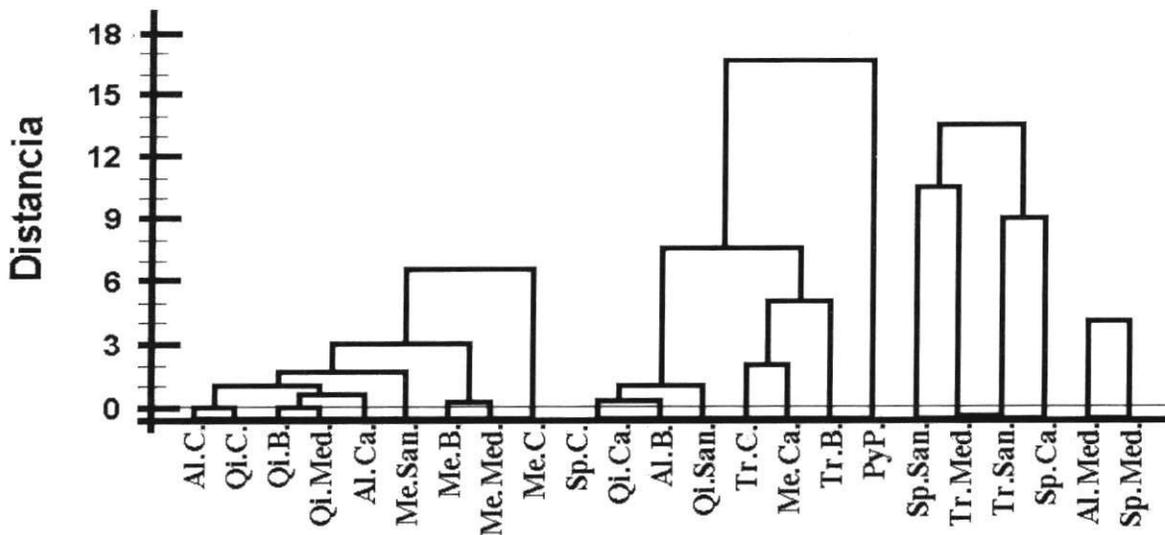


Figura 3 Dendograma del análisis de cluster de los índices de los sectores económicos considerados por región

presentan índices de gestión e impactos similares. Por su parte, los sectores metalmeccánicos agrupados se caracterizan por exponer a la corrosión la totalidad de sus activos y esto se refleja en los índices y agrupamientos.

En el caso del transporte, cuyos sectores fueron agrupados al analizar por zonas, se formaron dos grupos al evaluar por regiones, uno integrado por la Costa y Bogotá, y otro formado por Medellín, Santander y Cali. De esta última forma se lograron resaltar diferencias evidentes en el manejo de los problemas de corrosión entre las dos regiones iniciales y el resto.

#### 4.2 Análisis de factores

También se buscó establecer relaciones entre los índices, utilizando el método estadístico de análisis de factores aplicado a los sectores en el país, por zonas y por regiones.

##### 4.2.1 Análisis de factores para los sectores en el país

La tabla 3 presenta los resultados de los cálculos correspondientes, los que permiten concluir que sólo pueden ser considerados los dos primeros factores, ya que son los únicos cuyos valores propios son superiores a la unidad y entre ellos explican un 76,09% de la variabilidad total. En la figura 4 se representa gráficamente el peso de cada índice en cada factor y las ecuaciones que los configuran son:

Primer factor:  
 $0,687448 I.A.E + 0,330502 I.C.O + 0,931955 I.C.C + 0,9611 I.D.C$

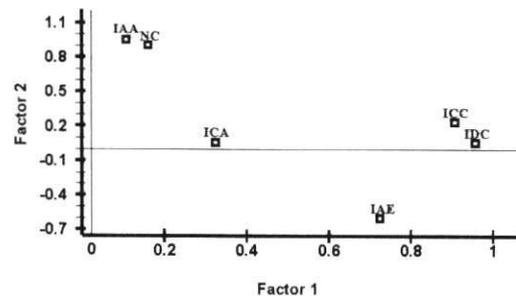
Segundo factor:  
 $0,954664 I.A.A + 0,605952 I.A.E + 0,90099 I.N.C$

El primer factor se puede asociar a los costos de la corrosión y al conocimiento o conciencia que se tiene de su importancia, mientras que el segundo es asociable a la gestión administrativa.

**Tabla 3** Resultados de los análisis de factores para los sectores en el país

<i>Factor</i>	<i>Valor propio</i>	<i>Porcentaje de viabilidad</i>	<i>Porcentaje acumulado</i>
1	2,43855	40,643	40,463
2	2,12568	35,443	76,086
3	0,990541	16,509	92,595
4	0,301918	5,032	97,627
5	0,130703	2,178	99,805
6	0,011701	0,195	100,000

<i>Índice</i>	<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>
<i>I.A.A</i>	0,0946049	0,954664
<i>I.A.E</i>	0,687448	-0,605962
<i>I.C.O</i>	0,330502	0,0348446
<i>I.C.C</i>	0,931955	0,211857
<i>I.D.C</i>	0,9611	0,0552377
<i>I.N.C</i>	0,167754	0,908991



**Figura 4** Relación de factores significativos para los sectores del país

##### 4.2.2 Análisis de factores para los sectores por zonas

En la tabla 4 aparecen los resultados del procesamiento de los índices de factores, de donde es evidente que los factores presenten valores propios superiores a la unidad, los cuales deben ser tenidos en cuenta y explican el 94,10% de la variabilidad total, con un peso significativamente diferente de cero ( $p > 0,3$ ), dichos factores son:

Primer factor:  $0,982073 I.A.A + 0,448775 I.A.E + 0,463824 I.C.C + 0,984513 I.N.C$

Segundo factor:  $0,879461 I.C.C + 0,996865 I.D.C$

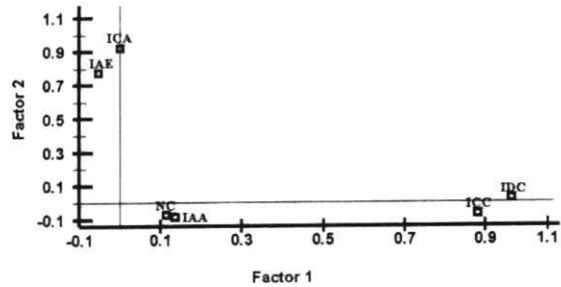
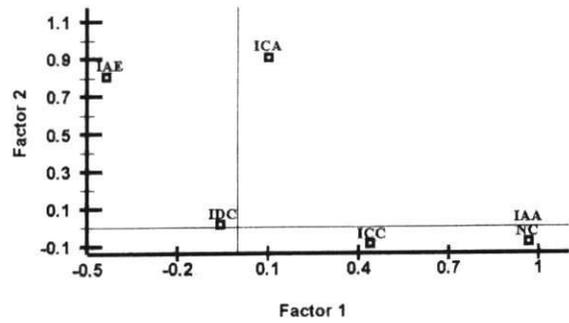
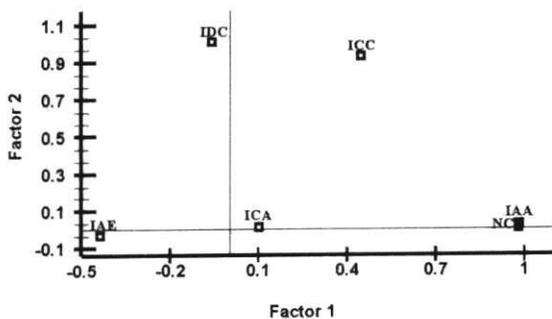
Tercer factor:  $0,769414 I.A.E + 0,932092 I.C.O$

**Tabla 4** Resultados del procesamiento de índice de factores

Factor	Valor propio	Porcentaje de viabilidad	Porcentaje acumulado
1	2,90264	48,377	48,377
2	1,51402	25,234	73,611
3	1,22934	20,489	94,100
4	0,352782	5,880	99,980
5	0,00119151	0,020	100,000
6	0,0000205281	0,000	100,000

Índice	Factor 1	Factor 2	Factor 3
I.A.A	0,982073	0,131744	-0,08701
I.A.E	-0,448775	-0,0571766	0,769114
I.C.O	0,102384	0,00286905	0,932092
I.C.C	0,463824	0,979461	-0,086872
I.D.C	-0,0547842	0,996865	0,0202489
N.C	0,984513	0,112222	-0,0773351

Por su parte, el levantamiento gráfico de las relaciones entre los factores se puede apreciar en la figura 5.



**Figura 5** Relaciones entre los factores significativos para los sectores analizados por zonas

Al analizar los factores se logra establecer cómo el primero está configurado con los índices que interpretan la gestión administrativa. Por su parte, el segundo factor representa tanto los costos y gastos de corrosión, como el conocimiento o conciencia que se tienen de la información del control de la corrosión. El tercero se puede asociar a la posibilidad de pérdidas ocasionadas por la corrosión.

#### 4.2.3 Análisis de factores para los sectores por regiones

De manera análoga a los casos anteriores, la tabla 5 recoge los resultados de los cálculos para los sectores considerados en las cinco regiones y la figura 5 presenta la relación gráfica entre los índices y los dos factores posibles. Evidentemente, sólo los dos primeros factores tienen valores propios mayores que la unidad, explicando el 73,27% de la variabilidad total y con un peso significativamente diferente de cero. Las ecuaciones correspondientes son:

Primer factor:  $0,95015 I.A.A + 0,692686 I.A.E + 0,941494 I.N.C$

Segundo factor:  $0,494899 I.C.O + 0,919048 I.C.C + 0,930369 I.D.C$

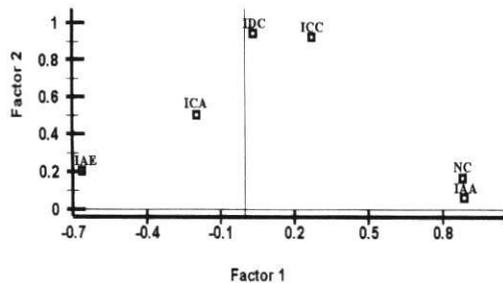
Aquí, como en el análisis para el país, los sectores se pueden asociar, aunque en orden invertido, a la gestión administrativa y a los costos y conciencia con respecto a los problemas.

**Tabla 5** Resultados del análisis de factores para los sectores por regiones

Factor	Valor propio	Porcentaje de variabilidad	Porcentaje acumulado
1	2,52264	42,044	42,044
2	1,87366	31,228	73,272
3	0,881847	14,697	87,969
4	0,623611	10,394	98,363
5	0,0890808	1,485	99,847
6	0,00916845	0,153	100,000

Índice	Factor 1	Factor 2
I.A.A	0,95015	0,0835839
I.A.E	-0,692686	0,205334
I.C.A	-0,174748	0,494899
I.C.O	0,249397	0,919048
I.D.C	0,0438075	0,930369
N.C	0,941494	0,168279



**Figura 6** Relación de factores significativos para los sectores en las regiones

## 5. Conclusiones

- La aplicación del muestreo estratificado de razones al estudio del impacto de la corrosión en la economía colombiana, permitió hacer inferencias pertinentes y confiables.
- El análisis de cluster de los sectores económicos considerados en el estudio, aplicado tanto para el país como para las 2 zonas y las 5 regiones evaluadas, permitió sacar a la luz ciertas características, semejanzas y diferencias de las distintas industrias, que vale la pena tener en cuenta para la búsqueda de correctivos en los casos en que sea necesario.
- Por su parte, el análisis de factores de los índices definidos y aplicados a los distintos sectores, permitió resaltar como factores de mayor incidencia en la economía del país, la gestión administrativa y los costos y gastos de corrosión, y el conocimiento o conciencia que se tiene sobre estos.

## Referencias

1. Arroyave, C. *Revista Facultad de Ingeniería*. Universidad de Antioquia. Medellín. Vol. 5. No. 1-2. pp. 57-65. 1998.
2. Valencia, A. *et al.* "Los problemas de la Corrosión y su incidencia en la economía Colombiana". En: *Memorias Quinta Semana Técnica de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales*. Universidad de Antioquia. Medellín. Junio, 1998. sp.
3. Cochran, W. *Técnicas de Muestreo*. 2ª. ed. CECSA. p. 513. México. 1980.
4. Cuervo, J. *et al.* *Revista de Contaduría* Universidad de Antioquia. No. 33. pp. 97-132. Septiembre, 1998.
5. Johnson, R. A and Wichern, D. W. *Applied multivariate Statistical Analysis*. Prentice Hall International, Inc. New Jersey. pp. 607. 1988.