

Indicadores de los costos de la corrosión en Colombia

Joaquín Cuervo Tafur

Profesor del Departamento de Contaduría
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de Antioquia

Juan Delgado Lastra

Profesor Facultad de Ingeniería
Universidad de Antioquia

Francisco Javier Herrera Builes

Profesor Facultad de Ingeniería
Universidad de Antioquia

Carlos Enrique Arroyave Posada

Profesor Facultad de Ingeniería
Universidad de Antioquia

RESUMEN

Un grupo de trabajo liderado por la Universidad de Antioquia, con el apoyo de COLCIENCIAS, del cual hacen parte las Universidades: del Norte(Barranquilla), Tecnológica de Bolívar(Cartagena), Industrial de Santander(Bucaramanga), Pedagógica y Tecnológica de Colombia(Tunja), Nacional de Colombia(Bogotá), del Valle(Cali) y Pontificia Bolivariana (Medellín) ha venido investigando sobre el problema de la corrosión en Colombia y, para el efecto, realizó un ensayo piloto, basado en el análisis de 314 empresas ubicadas en las Zonas Costa Atlántica e Interior del país.

Teniendo en cuenta que los problemas de corrosión repercuten en forma considerable sobre el efecto económico, los autores, basándose en el ensayo piloto a que se hizo alusión, presentan una interesante visión sobre los costos, acompañada de las gráficas e índices correspondientes.

PALABRAS-CLAVE: costos de corrosión, corrosión en Colombia, indicadores de costos de corrosión, costos de control de corrosión.

Indicadores de los costos de la corrosión en Colombia

Introducción

¿Qué es la corrosión?

“Es el deterioro de los materiales por la acción química o electroquímica del medio en el cual son usados”.

Desde la edad del bronce, el hombre ha convivido con la corrosión metálica. De manera más o menos significativa, los problemas relacionados con la corrosión siempre han estado presentes en el sistema productivo, afectando directamente los resultados de las empresas.

La corrosión en el mundo

Desde hace más de un siglo, los países desarrollados, han observado este problema, con profunda preocupación por el enorme impacto que tiene sobre sus economías. En algunos países, los costos de corrosión han alcanzado niveles hasta del 5% del producto interno bruto (PIB), cifras que evidentemente requieren y ameritan investigaciones serias para avanzar en el control de dichos problemas.

La corrosión en Colombia

En el caso colombiano, la preocupación por el fenómeno es mucho más reciente y se le han dedicado esfuerzos relativamente menores. Se conoce poco sobre los problemas de corrosión y mucho menos sobre la forma de prevenirlos y controlarlos, aunque se sospecha que son de una magnitud considerable y que su efecto económico es bastante importante para la economía del país.

El trabajo

Con el propósito de contribuir al conocimiento de los costos generados anualmente por la corrosión en nuestro país, y a levantar un inventario de los

principales problemas que se presentan en el sector productivo nacional, que permita trazar directrices y líneas de acción para combatir el efecto de la corrosión, se conformó un grupo de trabajo integrado por las Universidades del Norte (Barranquilla), Tecnológica de Bolívar (Cartagena), Industrial de Santander (Bucaramanga), Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja), Nacional de Colombia (Bogotá), del Valle (Cali), Pontificia Bolivariana (Medellín), lideradas por la Universidad de Antioquia, con el apoyo de COLCIENCIAS.

Teniendo en cuenta la clasificación climatológica del país y considerando el hecho de que la población y su actividad se concentran en la Región Andina y en la Costa Atlántica, se tomaron dos grandes zonas de características claramente diferenciadas, desde el punto de vista de sus condiciones de corrosividad natural (Costa Atlántica e Interior). De un análisis de los diferentes sectores de la actividad nacional y teniendo en cuenta resultados de otras latitudes, se decidió estudiar los sectores de alimentos, química, metalmecánica, servicios públicos y transporte. Vale la pena anotar que por la magnitud y significado del sector de petróleo y petroquímica, se decidió excluirlo de este trabajo y estudiarlo independientemente.

Con éstas y otras consideraciones complementarias, se realizó un ensayo piloto, que condujo a la definición del diseño muestral y a la elaboración del instrumento o formulario de recolección de la información y la guía de procedimiento. Como resultado, se analizaron 314 empresas, repartidas en las dos zonas, en las cantidades que se aprecian en la siguiente tabla:

Tabla 1

Número de empresas analizadas en cada uno de los sectores de la actividad económica, en cada zona

Sector	Costa Atlántica	Interior	Total
Alimentos	8	23	31
Químico	25	62	87
Metalmecánico	8	27	35
Servicios Públicos	5	8	13
Transporte	71	76	147
Petróleo y Petroquímica	1	0	1
Total	118	196	314

Definiciones

Parte básica de los datos recogidos la constituyeron la información económica fundamental de las empresas y los costos que se pudieron deducir en cada caso, en relación con los problemas generados por la corrosión. Para analizar estos datos, se diseñó un conjunto de indicadores orientado a facilitar y enriquecer los análisis, los cuales son descritos a continuación, junto con algunos conceptos contables que les sirvieron de soporte.

Activos totales

Conjunto total de recursos económicos o bienes y derechos que posee una persona natural o jurídica y que son fuente potencial de beneficios.

Activos expuestos

Son todos los recursos económicos que de alguna forma están expuestos a la corrosión.

No todos los activos de una institución están expuestos al fenómeno de la corrosión metálica. Es necesario tener la naturaleza de metal.

Ventas totales

Son todos los ingresos ordinarios obtenidos por una entidad en un período determinado, por concepto de la venta de sus productos o la prestación de sus servicios.

La inversión que las empresas realizan en la corrosión, para efectos del estudio, se clasifica en:

1. Costos y gastos de corrosión

Son todos aquellos sacrificios reales (contabilizados), cargados a un período determinado, que la entidad realiza con el ánimo de atender los daños producidos por la corrosión. En este caso, la empresa actúa a posteriori, toma decisiones reactivas, sólo trata de reaccionar prudentemente.

Algunos de ellos son:

- Reemplazo de equipos y estructuras.
- Pérdidas y sobrecostos de producción e insumos.
- Apoyo técnico.
- Disminución del proceso productivo.
- Salud.

2. Costos de control de la corrosión

Son todas aquellas inversiones reales (contabilizadas), cargadas a un período determinado, que la entidad realiza con el propósito de prevenir los efectos negativos de la corrosión.

La administración inteligente y diligente, logra formas de manipular el destino futuro de la empresa y planea cómo enfrentar las amenazas. Dentro de este grupo se clasifican todas aquellas inversiones que tienen el objetivo de evitar o disminuir los daños producidos por la corrosión. Algunos de ellos son:

- Materiales resistentes.
- Equipos de reposición (Costo financiero de oportunidad).
- Mantenimiento.
- Etc.

Costos de oportunidad

Son los sacrificios económicos originados en una determinada situación, que hubieran podido prevenirse al elegir otra opción. Estos costos no son registrables en los libros de contabilidad. Tal es el caso, por ejemplo, de las pérdidas producidas por:

- Parálisis de la producción
- Desatención a los clientes
- Pérdida de clientes
- Mala imagen

Utilidad operacional

Es la diferencia entre los ingresos y egresos del ente económico, de carácter recurrente y relacionados estrictamente con el giro normal del negocio.

$$\text{Utilidad Operacional} = \text{Utilidad Bruta} - \text{Gastos Operacionales}$$

$$\text{Utilidad Bruta} = \text{Ventas} - \text{Costo de Ventas}$$

Indices

Indice de Costos de Corrosión: (I.C.C.)

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

Es la relación que existe entre los costos y gastos de la corrosión y las ventas o ingresos totales de la empresa. De otra forma, sería la porción de los ingresos totales, que la empresa dedica a reparar los daños de la corrosión o a prevenir los efectos de la misma.

La empresa puede estar en una posición desventajosa cuando este índice es alto.

Se recomienda dar un tratamiento contable especial a estos dos grupos de cuentas: Los costos por corrección o reparación y los costos por mantenimiento y prevención; una inadecuada clasificación en el plan contable, impediría unas apropiadas conclusiones al respecto.

Indice de Afección a los Activos:(I.A.A.)

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

Los activos que están expuestos a la corrosión, son los que en última instancia van a demandar alguna inversión por concepto de reparación por daños en los equipos y estructuras metálicas en el peor de los casos (negligencia administrativa), o por concepto de programas tendientes a disminuir los riesgos de la corrosión.

El hecho de que este índice sea histórico (real) significa que si el porcentaje es bajo, la empresa no dedicó grandes sumas a corregir los problemas de la corrosión. Esto se explica por dos razones:

1. Aunque los activos están expuestos, la contundencia de las causas que generan la corrosión como la atmósfera, las sustancias químicas, las aguas saladas, los suelos, etc., no es tan significativa.
2. La empresa controla bien estos factores, disminuyendo los riesgos y los daños a sus equipos y a sus estructuras metálicas. Por el contrario, si el índice es alto, significa que la empresa tuvo que dedicar una considerable cantidad de recursos, para atender los daños o para disminuir los riesgos provocados por la corrosión.

Índice de Activos Expuestos:(I.A.E.)

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

En nuestro país encontramos, fundamentalmente, dos grupos de empresas: Las manufactureras, donde el factor predominante es el recurso humano, y las industriales donde el elemento representativo es la máquina. En la segunda, los procesos son más tecnificados y obviamente más susceptibles al fenómeno de corrosión: En la primera, si bien existe la corrosión, no se presenta en las cantidades y con los efectos que ameriten preocupaciones serias.

El índice de activos expuestos siempre tendrá una relación directa al grado de tecnificación del sistema productivo, e indicará porcentualmente la cantidad de los activos que están potencialmente expuestos a la corrosión.

La corrosión le cuesta dinero a la empresa, controlarla le genera ahorros.

Los dos índices siguientes pretenden evaluar el grado de cultura de la administración hacia la prevención, el costo y el control de los riesgos que puede generar la corrosión.

Índice de nivel de control: (I.N.C.)

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

El índice de nivel de control mide la inversión que la empresa efectúa, para controlar la corrosión, en relación con el volumen de los activos que están expuestos a ella. Junto con el I.D.C., pretenden evaluar el grado de cultura de la administración hacia la prevención y control de los riesgos que pueda generar la corrosión.

Un bajo índice puede indicar que la administración es más reactiva que proactiva, que su gestión está poco dirigida hacia la prevención y hacia la disminución de contingencias que puedan generar problemas para la institución.

Un índice alto es evidencia de que la administración es más planificadora, cree en la prevención y que es preferible, desde el punto de vista del costo, resolver los problemas de una manera anticipada.

Índice de disposición al control: (I.D.C.)

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

El índice de disposición al control mide porcentualmente la inversión que las empresas efectúan, para controlar la corrosión en relación con el volumen de ingresos que logra como producto de sus operaciones ordinarias. Pocas administraciones definen como política empresarial, destinar una porción fija de los ingresos normales a desarrollar un programa especial para el control de la corrosión. Las administraciones reactivas, poco diligentes con la prevención, se ven avocadas a invertir exclusivamente en la reparación de daños con los consabidos efectos negativos en las utilidades. En el primer caso el índice es alto, en el segundo es bajo.

Índice de costos de oportunidad: (I.C.O.)

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

Este índice indica exactamente lo que la utilidad hubiera podido ser, en el evento de no generarse los costos de oportunidad los cuales no están en la contabilidad. Estos son, por ejemplo, las pérdidas (o disminuciones de utilidad) producidas por una parálisis de la producción, por el reprocesamiento de un lote, por el costo financiero de mantener equipo de reemplazo, etc.

A manera de ejemplo, si la utilidad operacional fue de 10 y los costos de oportunidad se estiman en 5, el índice de costos de oportunidad es de 0.5. Los costos de oportunidad son el 50% de las utilidades operacionales. De otra manera, si la empresa mediante unos adecuados programas de prevención hubiera logrado evitar las pérdidas generadas por los daños a sus equipos, la utilidad hubiera sido de 15.

La situación es más favorable mientras más bajo sea el índice. No obstante, es conveniente tener las precauciones necesarias cuando se realice la interpretación del índice. Una empresa puede tener costos de oportunidad muy bajos (diferente de cero) y una utilidad operacional de cero, el índice de costos de oportunidad sería infinito.

Resultados y discusión

La tabla 2 recoge los valores determinados para los diferentes índices que se definieron, considerando las dos zonas en las que se dividió el país para el estudio.

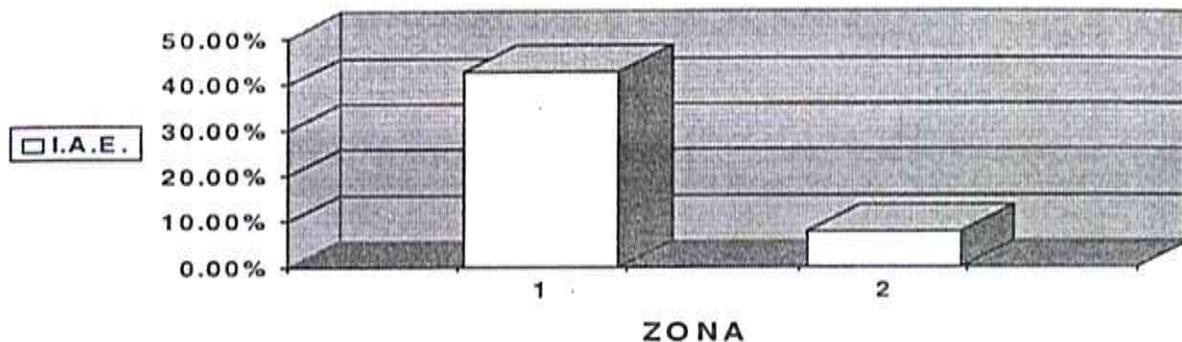
Tabla 2. Valores de los índices para las dos zonas del país.

- 1 Costa atlántica
- 2 Interior

Indices	Muestra		Zona	
	1	2	1	2
I.A.E.	118	163	0.4285	0.0783
I.C.C.	118	196	0.0104	0.0290
I.A.A.	118	196	0.0164	0.1542
I.N.C.	110	153	0.0053	0.0674
I.D.C.	110	153	0.0275	0.0406
I.C.O.	118	196	0.0236	0.2044

Índice de activos expuestos

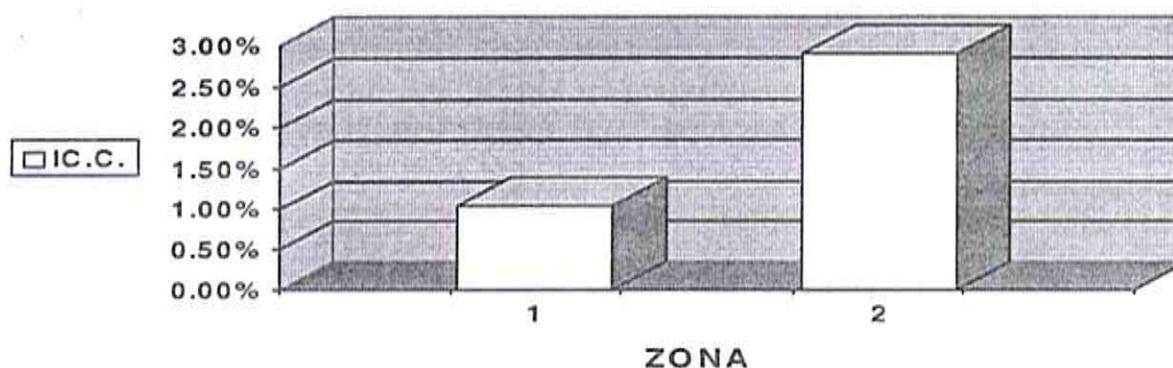
Índice	Muestra		Zona	
	1	2	1	2
I.A.E.	118	163	0.4285	0.0783



La zona que más expone sus activos a la corrosión (I.A.E.) es la Costa Atlántica, 42.85%. La marcada diferencia es una clara evidencia de la presión que ejercen los factores de corrosión en esa zona.

Indice de costos de corrosión

Indice	Muestra		Zona	
	1	2	1	2
I.C.C.	118	196	0.0104	0.0290

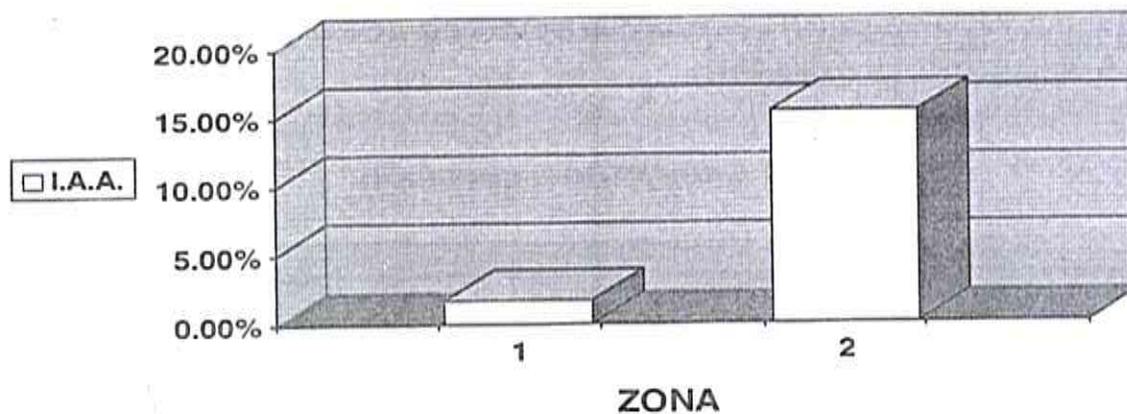


El I.A.E. en la Costa Atlántica es 5.5 veces superior al del interior. Contrariamente, en el interior el I.C.C. es 2.7 veces mayor que en la Costa. Es algo curioso que no haya una relación directa entre el I.A.E. y el I.C.C.

Las empresas de la Costa Atlántica dedican el 1% de los ingresos a corregir la corrosión, mientras que las empresas del interior dedican el 3%.

Indice de afección a los activos

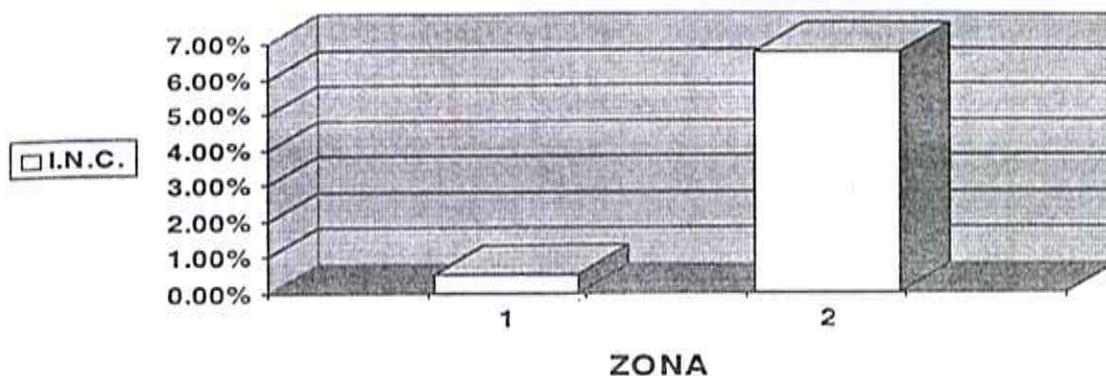
Indice	Muestra		Zona	
	1	2	1	2
I.A.A.	118	196	0.0164	0.1542



Los costos de corrosión en la costa atlántica significan sólo el 1.64% de la totalidad de activos expuestos mientras en el interior significan el 15.42%; una diferencia muy significativa, que tiene su respuesta en los niveles I.A.E. e I.C.C. para las dos zonas.

Indice de nivel de control

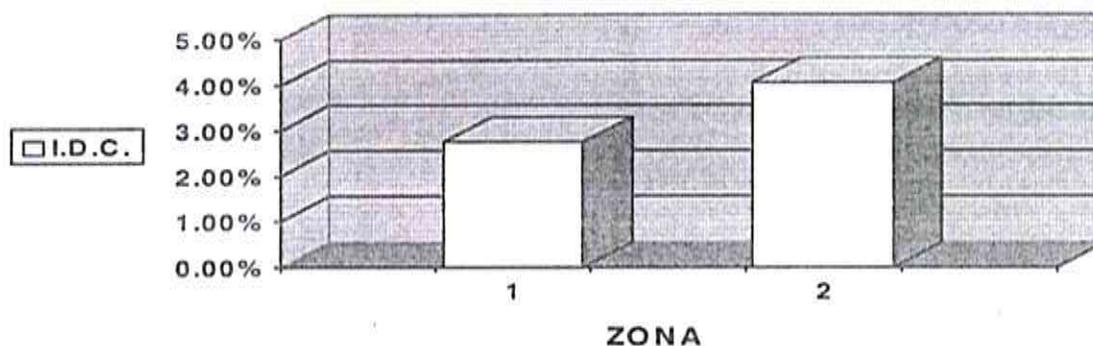
Indice	Muestra		Zona	
	1	2	1	2
I.N.C.	110	153	0.0053	0.0674



El I.N.C. en la costa atlántica es de 0.53% y en el interior es de 6.74%. En otras palabras, los costos de control de la corrosión en relación con los activos expuestos son en el interior 12 veces mayores que en la costa atlántica.

Indice de disposición al control

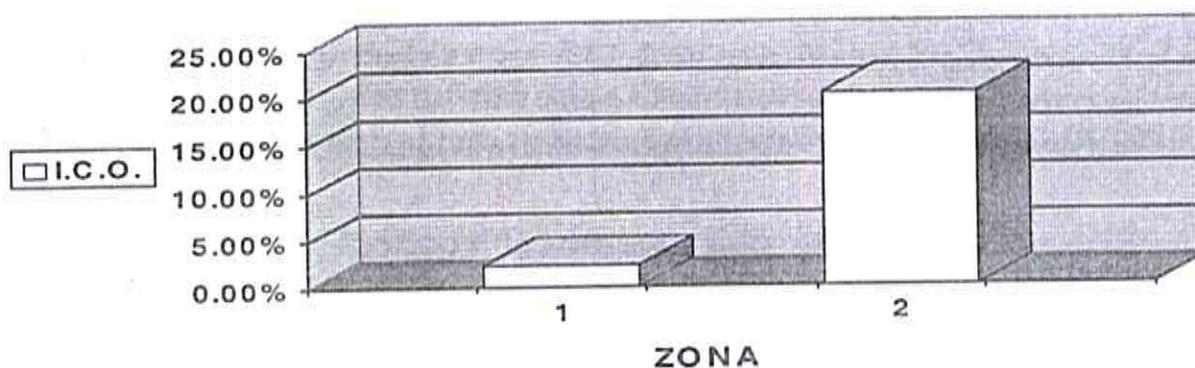
Indice	Muestra		Zona	
	1	2	1	2
I.D.C.	110	153	0.0275	0.0406



El I.D.C. en la Costa Atlántica es del 2.75% y en el interior del 4.06%. Los costos de control de la corrosión en relación con los ingresos son casi el doble en el interior, o dicho de otra manera, la cultura del control es mayor en el interior que en la costa.

Indice de costos de oportunidad

Indice	Muestra		Zona	
	1	2	1	2
I.C.O.	118	196	0.0236	0.2044



Si no se hubiera presentado ningún siniestro por los fenómenos de la corrosión, las utilidades de las empresas en la zona costa atlántica se hubieran incrementado en un 2.36%, mientras que las utilidades de las empresas del interior se incrementarían en un 20.44%, o sea que el sacrificio en las utilidades es mucho mayor en las empresas del interior del país, a pesar de que tienen menos activos expuestos a la corrosión.

En la tabla 3 se presentan los valores de los índices calculados por región, según se tuvo oportunidad de recoger la información. Por su parte la figura 1 permite hacer una fiel comparación de dichos valores.

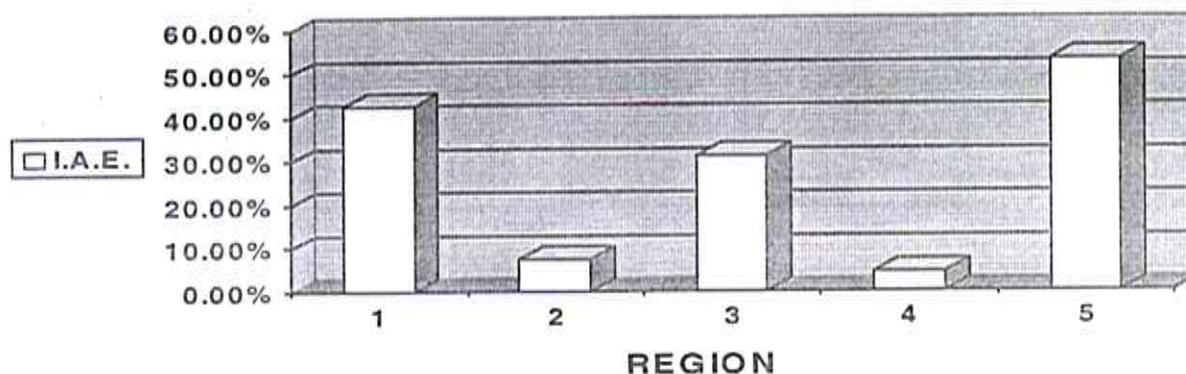
Tabla 3. Valores de los índices según las regiones en que quedó dividido el país.

1. Barranquilla - Cartagena
2. Bucaramanga - Cúcuta
3. Tunja - Bogotá
4. Medellín - Montería - Manizales
5. Cali

Región	Indices					
	I.A.E.	I.C.C.	I.A.A.	I.N.C.	I.D.C.	I.C.O.
1	0.4285	0.0104	0.0164	0.0053	0.0028	0.0236
2	0.0739	0.0623	0.4081	0.1977	0.0216	0.1565
3	0.3108	0.0286	0.1346	0.0273	0.0030	0.2364
4	0.0453	0.0278	0.1943	0.0876	0.0011	0.2301
5	0.5312	0.0152	0.0397	0.0234	0.0078	0.0648

Indice de activos expuestos

Indice	Región				
	1	2	3	4	5
I.A.E.	0.4285	0.0739	0.3108	0.0453	0.5312



Cualquier análisis de costos de corrosión debe hacerse sobre la base de la cantidad de bienes que están expuestos a ella.

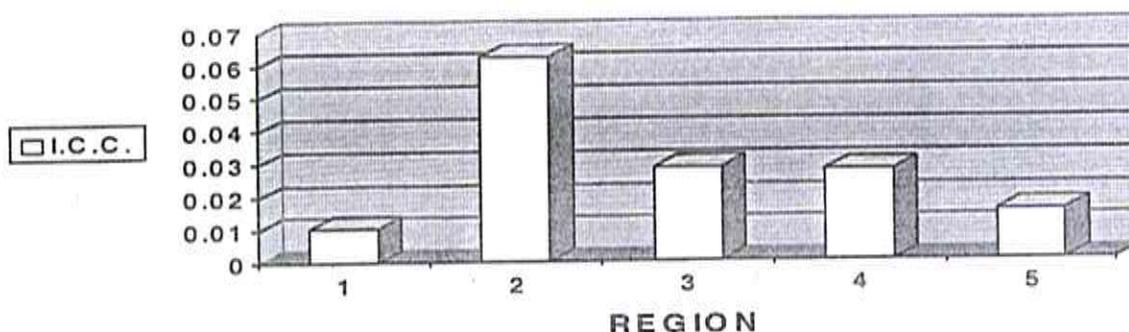
Existe la probabilidad de que altos índices de activos expuestos generen altos índices de costos de corrosión y exijan también altos índices de disposición al control. Es, pues, el I.A.E. el punto de partida para cualquier conclusión sobre los costos de la corrosión.

Los mayores índices de activos expuestos se encuentran en las ciudades de Cali con un 53.12%, Barranquilla y Cartagena con un 42.85%, Tunja y Bogotá con un 31.08%. Estos son los índices más representativos, pues las demás regiones son Bucaramanga y Cúcuta con un 7.39%, Medellín, Montería y Manizales con un 4.53%.

Se concluye que los factores climáticos o industriales que más afectan a la empresa son más contundentes en Cali, la Costa Atlántica y el centro del país.

Índice de costos de corrosión

Índice	Región				
	1	2	3	4	5
I.C.C.	0.0104	0.0623	0.0286	0.0278	0.0152



Todas las empresas, en mayor o menor grado, ven afectadas sus estructuras productivas por el efecto directo de la corrosión.

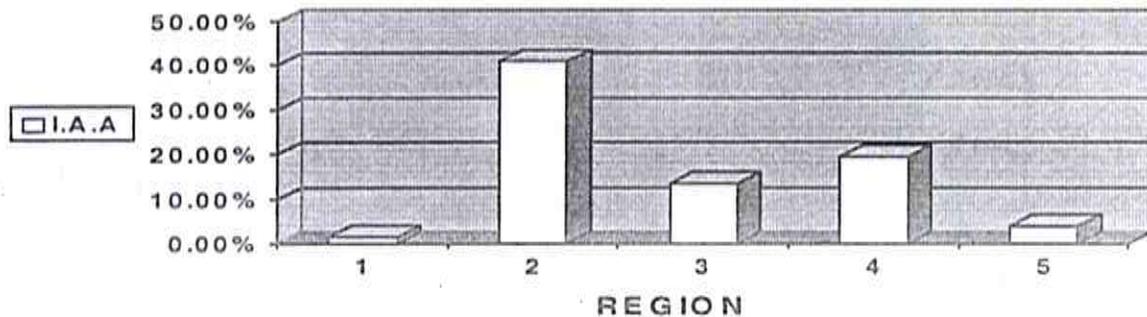
La lógica indica que la ciudad de Cali debería ser la región de más alto índice de costos de corrosión, pues es la que tiene el mayor índice de activos expuestos; más del 50% de sus activos son blanco potencial de la corrosión; sin embargo, presenta un I.C.C. de sólo 1.52%.

De acuerdo con los datos, no existe una relación directa entre el I.A.E. y el I.C.C. Lo único cierto es que el índice de costos de corrosión está entre el 1 y 6 %.

La región que más invierte en labores de mantenimiento o labores de reparación, en relación con sus ingresos, es la de Bucaramanga - Cúcuta, aunque sólo tiene un 7.39% de sus activos expuestos a la corrosión y, además, es la región con mayor índice de nivel de control. Lo pertinente y sensato colegir, es que la inversión que las empresas efectúan en mantenimiento y reparación, no siempre tiene una relación directa con la cantidad de activos expuestos y, en algunas oportunidades, el control es improductivo.

Índice de activos afectados

Índice	Región				
	1	2	3	4	5
I.A.A.	0.0164	0.4081	0.1346	0.1943	0.0397



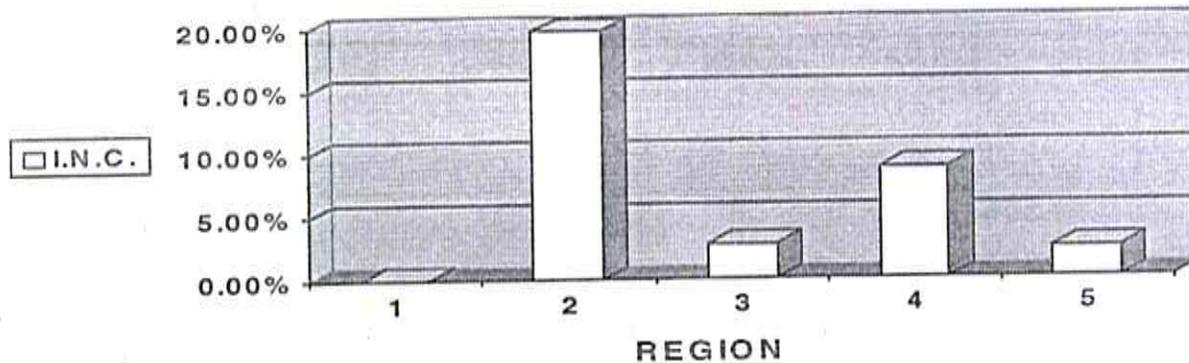
Es sorprendente la afección a los activos de la región Bucaramanga – Cúcuta; los costos y gastos de corrosión son el 40.81% de la totalidad de los activos expuestos, sobre todo, porque el 7.39% de los activos totales están expuestos a la corrosión, cifra que es bastante considerable. Así mismo, sucede con la región Tunja – Bogotá, donde los costos y gastos de corrosión son el 13.46% de los activos expuestos y, éstos a su vez, son el 31.08% de los activos totales.

Para que en la región de Bucaramanga - Cúcuta se entienda de manera lógica el significado del 40.81%, debe aceptarse una de dos hipótesis: La primera, que los ingresos de las empresas encuestadas es considerablemente alto y, por lo tanto, el 6.23% del índice de costos de corrosión en términos absolutos, es muy significativo

y, la segunda, que el volumen de activos de las mismas empresas es muy bajo, y cualquier cantidad de costos de corrosión es relevante en relación con los mismos.

Indice de nivel de control

Indice	Región				
	1	2	3	4	5
I.N.C.	0.0053	0.1977	0.0273	0.0876	0.0234



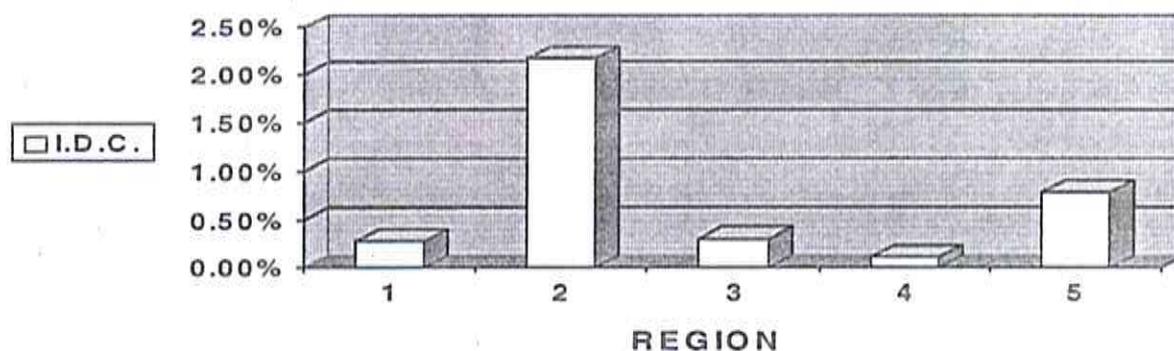
La región con más nivel de control de la corrosión es la de Bucaramanga - Cúcuta, con un 19.77%; tal vez por tener el mayor índice de afección a los activos; no obstante, es la región con mayor índice de costos de corrosión. Podría pensarse que los esfuerzos económicos por prevenir la corrosión, no están bien orientados, pues, además de tener los mayores costos de corrosión, también tiene un alto índice de costos de oportunidad. Es la región con mayor cultura del control.

Pareciera que algo extraordinario sucede en la región Barranquilla - Cartagena; a pesar de que tiene el mayor índice de activos expuestos, 42.85%, tiene sólo el 1% de costos de corrosión, pero no es por su compromiso con la prevención, pues el índice de nivel de control es el más bajo, con sólo 0.53%, y el índice de disposición al control es aún más bajo.

La región Medellín – Montería – Manizales tiene un índice de nivel de control prudente, de 8.76%, correspondiente con el índice más bajo de activos expuestos, que es de 4.53%.

Índice de disposición al control

Índice	Región				
	1	2	3	4	5
I.D.C.	0.0028	0.0216	0.0030	0.0011	0.0078

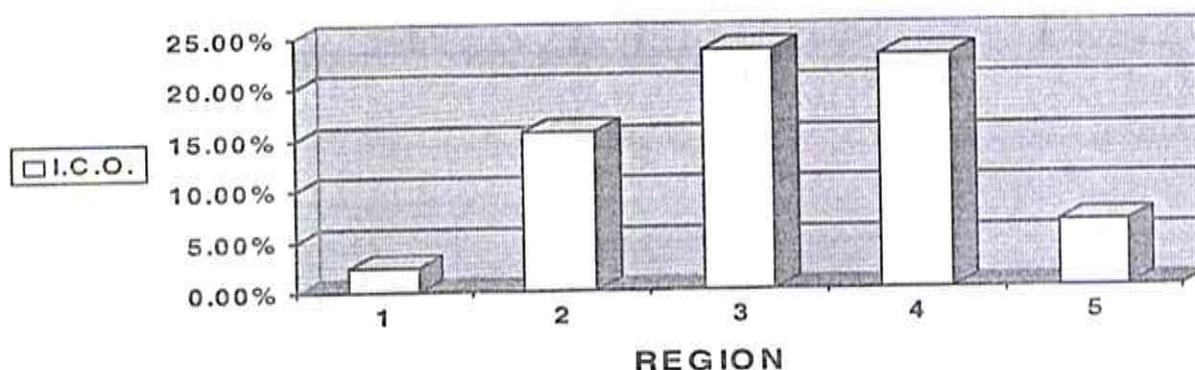


Definitivamente, la región más comprometida con el control es Bucaramanga – Cúcuta, con un 2.16%. Las demás tienen índices muy bajos, siendo la menor Medellín – Montería – Manizales, con el 0.11%. Se concluye, que de los ingresos, las empresas dedican muy poco a controlar la corrosión, prefiriendo resolver los problemas que prevenirlos.

Se recomienda a todas las regiones, principalmente Bucaramanga – Cúcuta, Tunja – Bogotá y Medellín – Montería - Manizales, incrementar su índice de disposición al control, con el propósito de disminuir los costos de oportunidad que parecen relativamente significativos; podrían obtenerse unos mejores resultados económicos.

Índice de costos de oportunidad

Índice	Región				
	1	2	3	4	5
I.C.O.	0.0236	0.1565	0.2364	0.2301	0.0648



Los siniestros producidos por la corrosión afectan negativamente las utilidades.

El I.C.O. responde de una manera precisa a la pregunta: ¿Cuánto se hubiera incrementado su utilidad, si el fenómeno de la corrosión no hubiera impactado sus estructuras productivas?

Según el I.C.O., las regiones más afectadas son Tunja – Bogotá y Medellín – Montería – Manizales, con un 23.64% y 23.01%, respectivamente. Para las empresas de estas dos regiones, la utilidad se hubiera incrementado en un 23%, si no hubiera sido por la corrosión; no obstante, no ser las regiones con el mayor índice de activos expuestos, ni haber logrado, tampoco, los mayores índices de costos de corrosión.

Los valores de los mismos índices, calculados para cada uno de los sectores económicos considerados en el ámbito nacional, son los que constituyen la tabla 4.

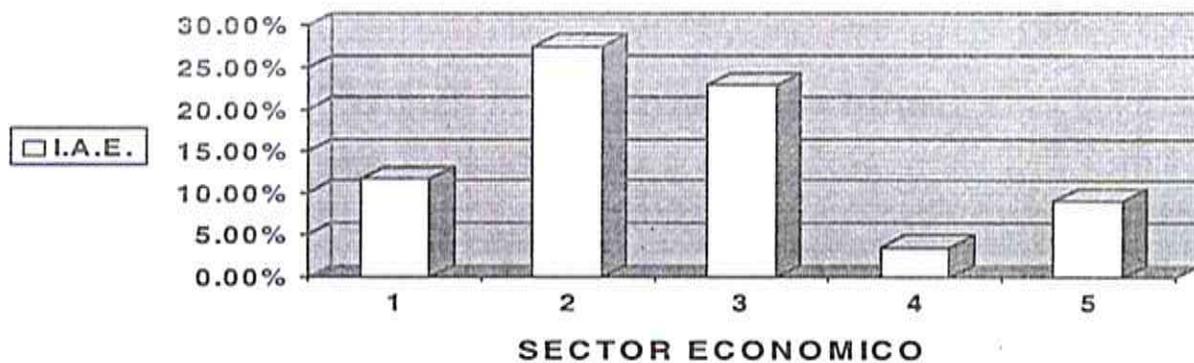
Tabla 4.

1. Alimentos
2. Químicos
3. Metalmecánico
4. Servicios públicos
5. Transporte

Sector económico	Indices					
	I.A.E.	I.C.C.	I.A.A.	I.N.C.	I.D.C.	I.C.O.
1	0.1172	0.0047	0.0544	0.0188	0.0006	0.0314
2	0.2753	0.0055	0.0155	0.0054	0.0009	0.0301
3	0.2289	0.0059	0.0469	0.0184	0.0020	0.1177
4	0.0354	0.0729	0.3984	0.1828	0.0052	0.3283
5	0.0910	0.1005	0.1775	0.0692	0.0343	0.3820

Indice de activos expuestos

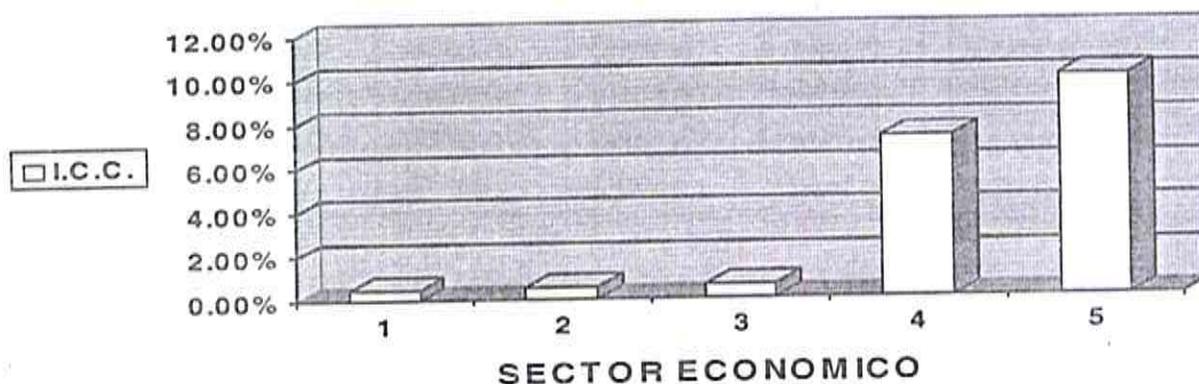
Indice	Sector Económico				
	1	2	3	4	5
I.A.E.	0.1172	0.2753	0.2289	0.0354	0.0910



El sector económico que más expone sus activos a la corrosión es el químico, con 27.53%, seguido muy de cerca por el metalmecánico, con 22.89% y, por último, el sector de servicios públicos, con un 3.54%.

Indice de costos de corrosión

Indice	Sector Económico				
	1	2	3	4	5
I.C.C.	0.0047	0.0055	0.0059	0.0729	0.1005

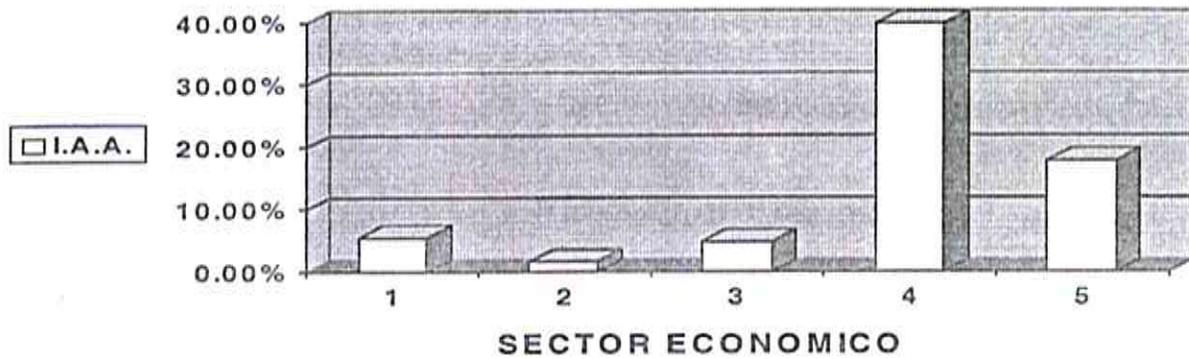


Hay dos sectores económicos con altos índices de costos de corrosión: transporte, con 10.05% y servicios públicos, con 7.29%; lo curioso, es que ambos son los sectores de menores índices de activos expuestos.

Los otros tres sectores: metalmecánico, químicos y alimentos, en su orden, tienen muy bajos I.C.C.: (0.59%, 0.55% y 0.47%, respectivamente).

Indice de afección a los activos

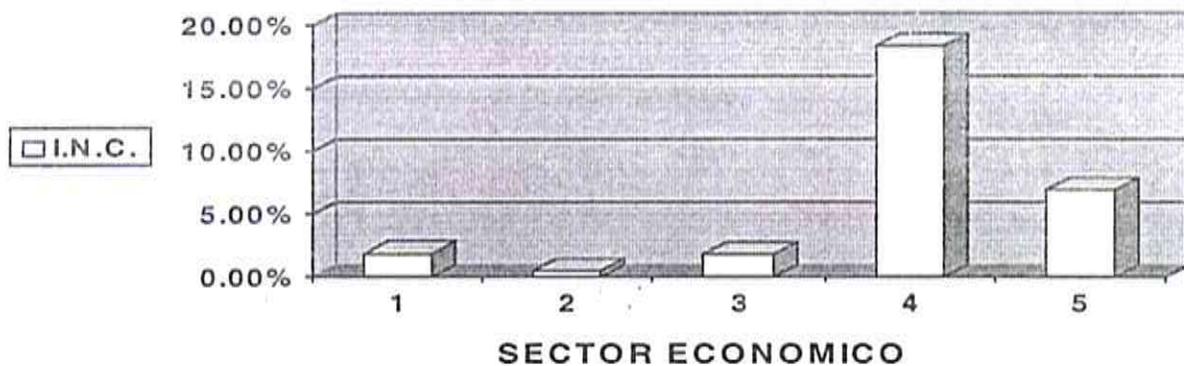
Indice	Sector Económico				
	1	2	3	4	5
I.A.A.	0.0544	0.0155	0.0469	0.3984	0.1775



Con mucha semejanza al análisis anterior, los sectores servicios públicos y transporte son los que tienen los mayores I.A.A.: (39.84% y 17.75%, respectivamente).

Indice de nivel de control

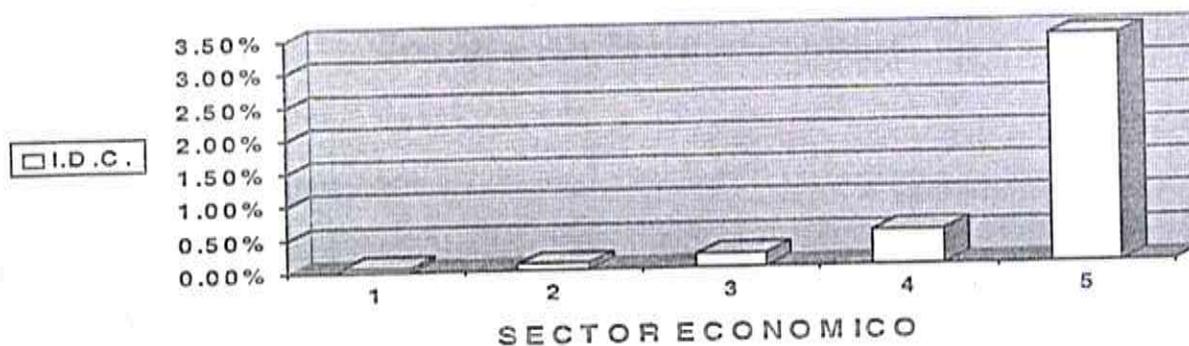
Indice	Sector Económico				
	1	2	3	4	5
I.N.C.	0.0188	0.0054	0.0184	0.1828	0.0692



El sector con mayor I.N.C. es servicios públicos, con un 18.28%. Los costos de control son considerables en relación con los activos expuestos, aunque a pesar de esto, sus costos de corrosión son casi los más altos. Con el 6.92% está transporte y, los demás, invierten muy poco en control.

Indice de disposición al control

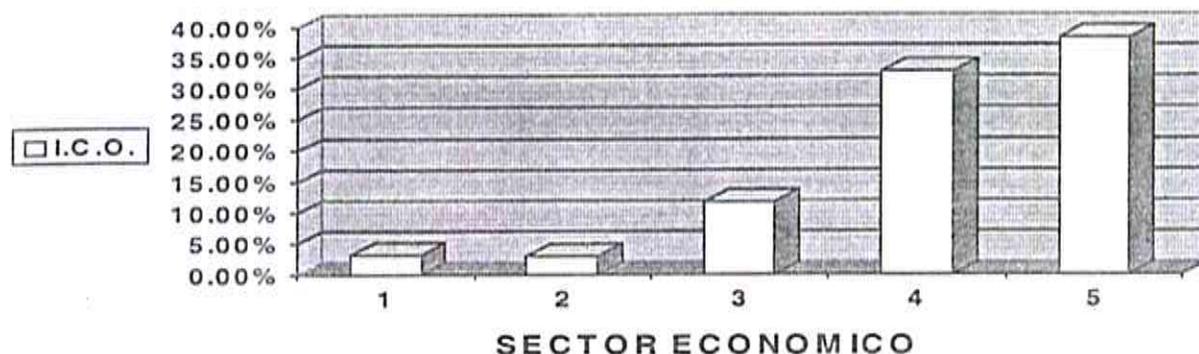
Indice	Sector Económico				
	1	2	3	4	5
I.D.C	0.0006	0.0009	0.0020	0.0052	0.0343



¿Cuánto de sus ingresos los invierten en control?. El sector transporte, el 3.43%, el de servicios públicos, el 0.52% y, el metalmecánico, el 0.2%. Los demás invierten muy poco en control, pues los costos de corrosión son muy bajos.

Indice de costos de oportunidad

Indice	Sector Económico				
	1	2	3	4	5
I.C.O.	0.0314	0.0301	0.1177	0.3283	0.3820



Los sectores que más incrementarían sus utilidades en circunstancias menos adversas, por el efecto de la corrosión o por programas efectivos de prevención, serían transporte, servicios públicos y metalmecánico. En su orden 38.20%, 32.83% y 11.77%; cifras no despreciables, pues, si por ejemplo, el sector transporte hubiera prevenido los siniestros por efecto de la corrosión, sus utilidades se hubieran incrementado en un 38.20%.

Los demás sectores, alimentos y químico, aumentarían sus utilidades, pero de una manera menos significativa.

Analisis por tipo de empresa

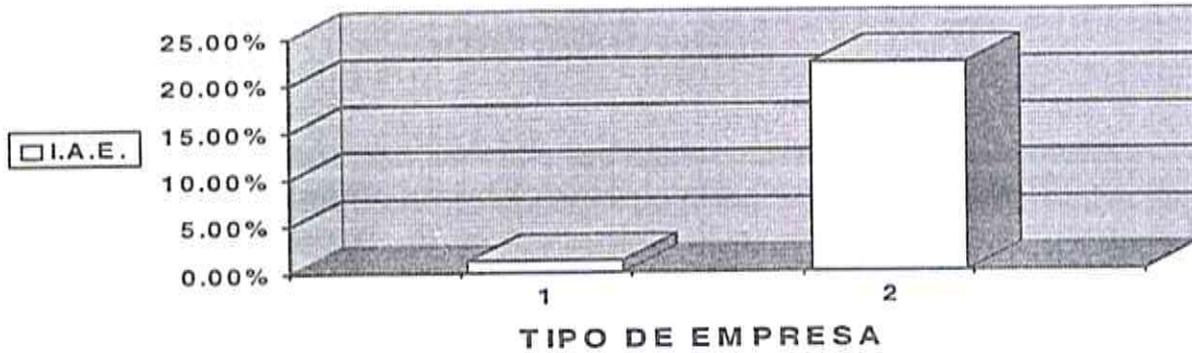
Tabla 5

1. Oficial
2. Privada

Tipo de Empresa	Indices					
	I.A.E.	I.C.C.	I.A.A.	I.N.C.	I.D.C.	I.C.O.
1	0.0119	0.0751	1.2216	0.5606	0.0053	0.3613
2	0.2228	0.0120	0.0375	0.0142	0.0034	0.0658

Indice de activos expuestos

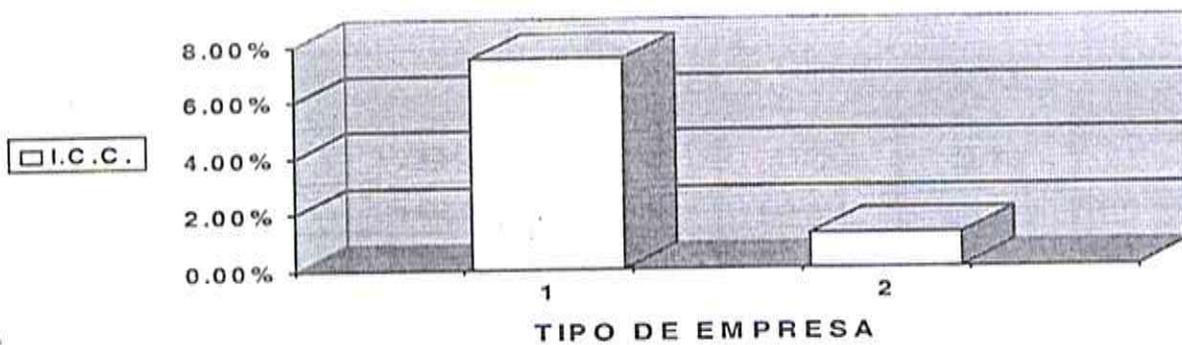
Indice	Tipo de Empresa	
	1	2
I.A.E.	0.0119	0.2228



Mientras el 22.28% de los activos de la empresa privada están expuestos a la corrosión, en la empresa oficial sólo el 1.19% lo están.

Indice de costos de corrosión

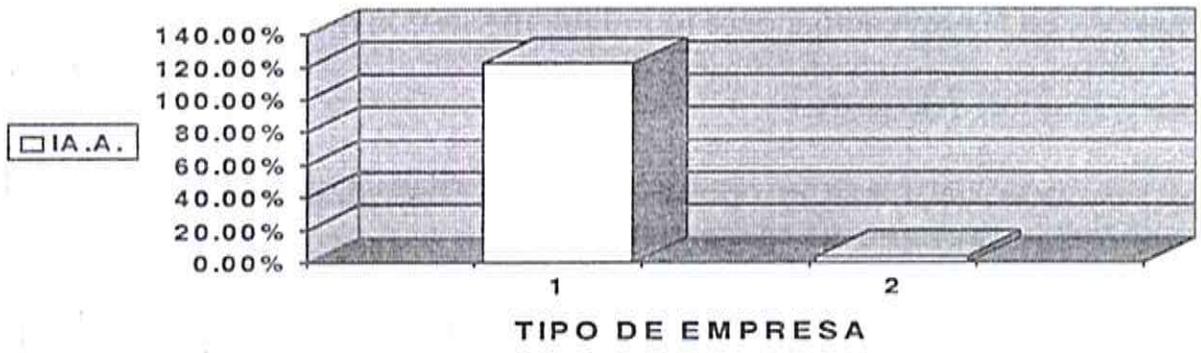
Indice	Tipo de Empresa	
	1	2
I.C.C.	0.0751	0.0120



La empresa oficial tiene un I.C.C. de 7.51%, relativamente alto. La empresa privada sólo del 1.2%, tolerable.

Indice de afección a los activos

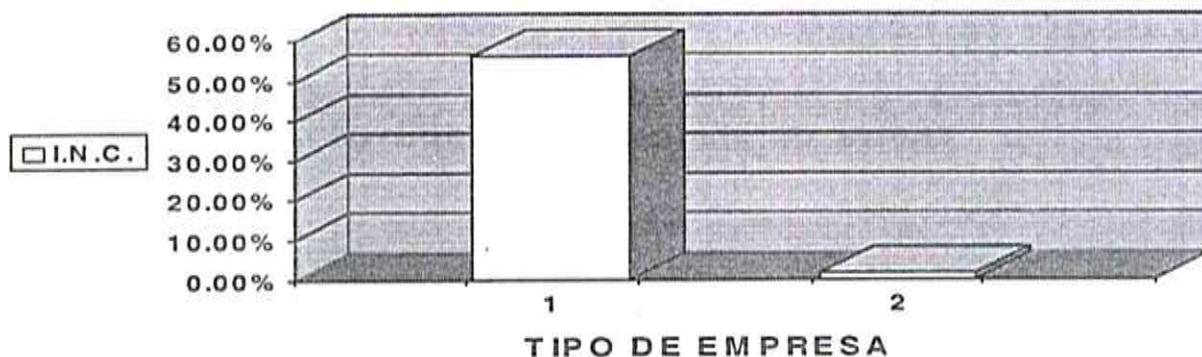
Indice	Tipo de Empresa	
	1	2
I.A.A.	1.2216	0.0375



Algo que no puede ser normal, la cantidad de costos de corrosión es mayor que la totalidad de los activos expuestos a la corrosión. Esto sucede en la empresa oficial, cuyo I.A.A. es de 122.16%. En la empresa privada el I.A.A. es de sólo 3.75%.

Indice de nivel de control

Indice	Tipo de Empresa	
	1	2
I.N.C.	0.5606	0.0142



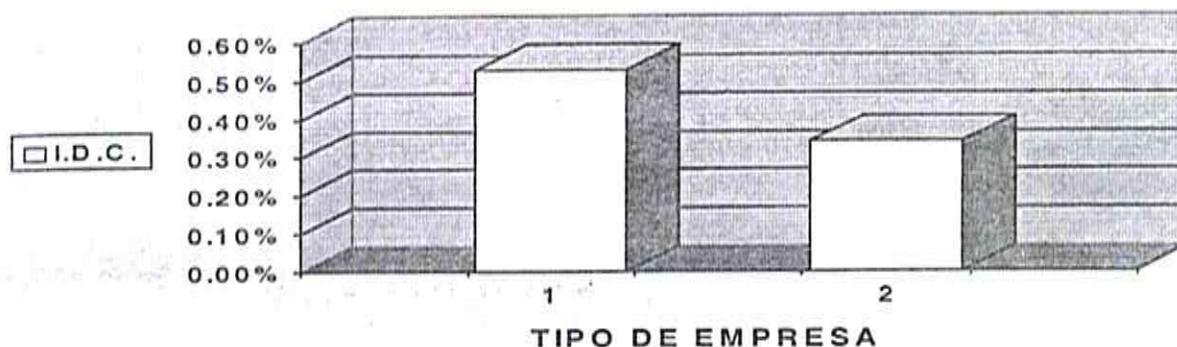
La empresa oficial exagera el control. Unos costos de control del 56.06% en relación con la totalidad de los activos expuestos, es anormal. Es importante creer en el control y en la prevención, pero indudablemente con moderación, pues dentro de un análisis costo – beneficio, si la inversión en prevención se exagera, se incrementarían sólo los costos

Los resultados del trabajo en oportunidades deben analizarse teniendo en cuenta el número y tipo de empresas encuestadas.

Por ejemplo, es necesario conocer que solamente se encuestaron 14 empresas oficiales y todas ellas son ampliamente conocidas como bien administradas, eficientes dentro del sector y paradigmas dentro de la economía del país. Sólo así, puede entenderse la conclusión de que la empresa oficial es a todas luces y con suficiente ventaja, quien mejor controla la corrosión y quien dispone de programas efectivos de prevención.

Indice de disposición al control

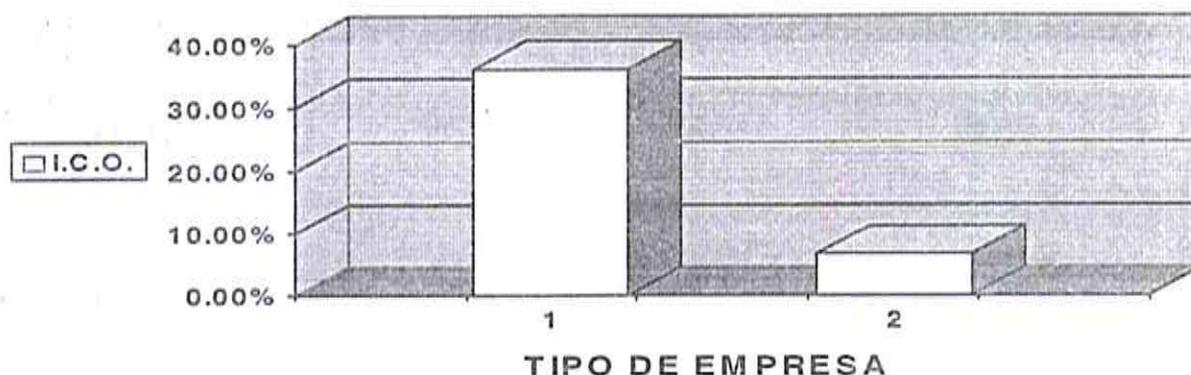
Indice	Tipo de Empresa	
	1	2
I.D.C.	0.0053	0.0034



La empresa oficial cree más en el control que la empresa privada; aunque las diferencias son muy sutiles.

Indice de costos de oportunidad

Indice	Tipo de Empresa	
	1	2
I.C.O.	0.3613	0.0658



Si no existieran los siniestros por efectos de la corrosión, las utilidades en el sector oficial crecerían el 36.13%, y en la empresa privada el 6.58%.

Las empresas se clasificaron según el número de empleados, de menos de 50, de 50 a 500 y de más de 500.

Tabla 6.

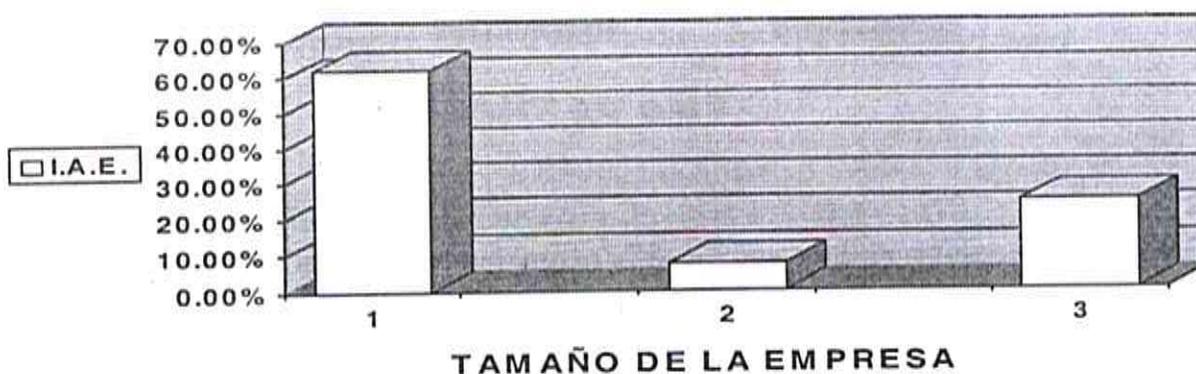
1. Pequeña
2. Mediana
3. Grande

Tamaño de Empresa	Indices					
	I.A.E.	I.C.C.	I.A.A.	I.N.C.	I.D.C.	I.C.O.
1	0.6204	0.0086	0.1013	0.0355	0.0025	0.2431
2	0.0721	0.0434	0.1775	0.0788	0.0052	0.2362
3	0.2429	0.0082	0.0241	0.0087	0.0024	0.0401

En términos relativos, no hay una vinculación lógica entre el tamaño de la empresa y el efecto de la corrosión.

Indice de activos expuestos

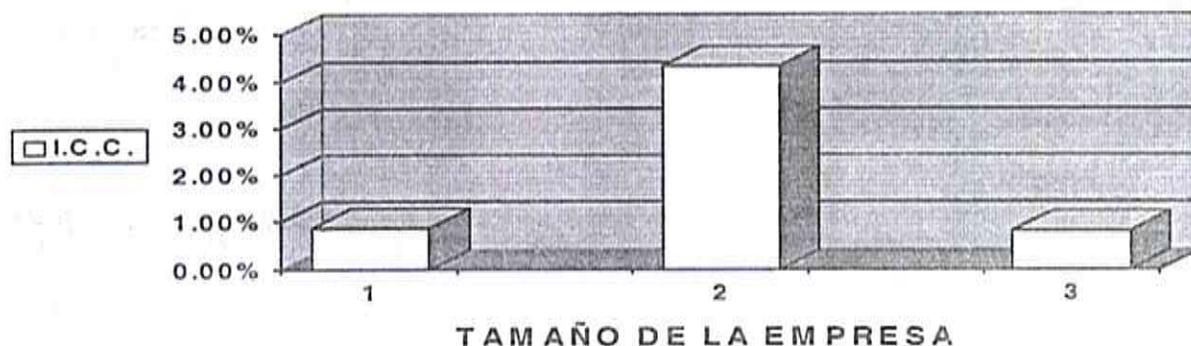
Indice	Tamaño de Empresa		
	1	2	3
I.A.E.	0.6204	0.0721	0.2429



Quien más expone sus activos a la corrosión es la empresa pequeña (I.A.E. de 62.04%).

Indice de costos de corrosión

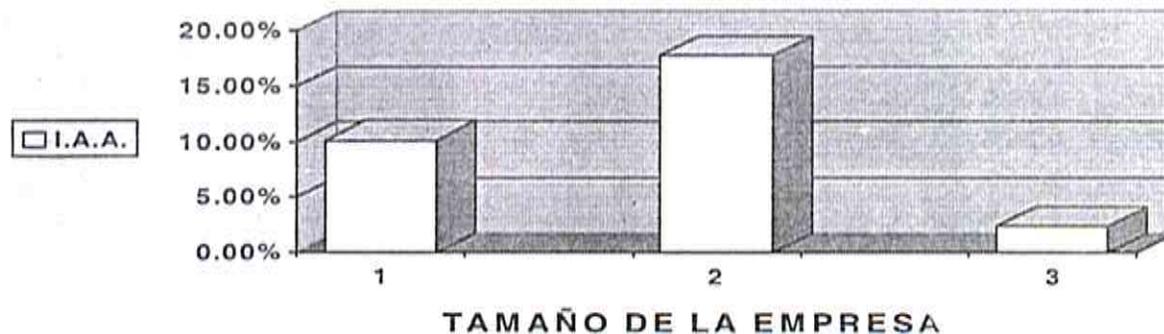
Indice	Tamaño de Empresa		
	1	2	3
I.C.C.	0.0086	0.0434	0.0082



Quien más sufre los efectos de la corrosión es la empresa mediana: I.C.C. de 4.34%.

Indice de afección a los activos

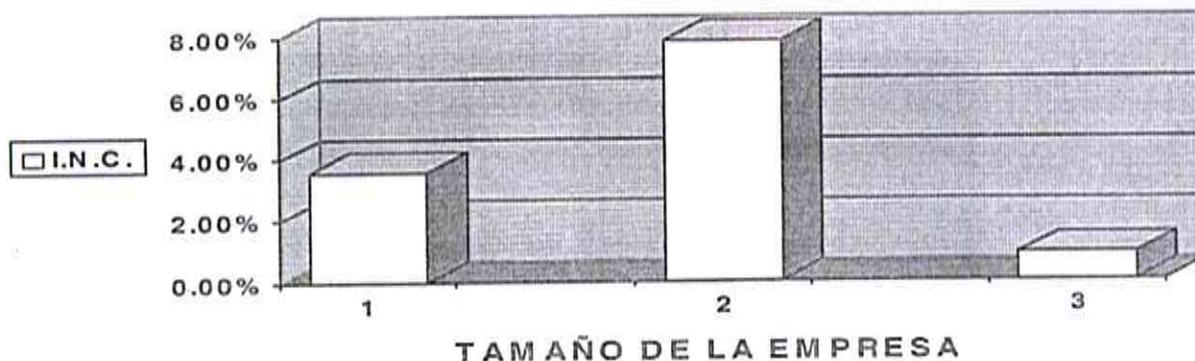
Indice	Tamaño de Empresa		
	1	2	3
I.A.A.	0.1013	0.1775	0.0241



Quien más afecta sus activos expuestos es la empresa mediana: I.A.A. de 17.75%.

Indice de nivel de control

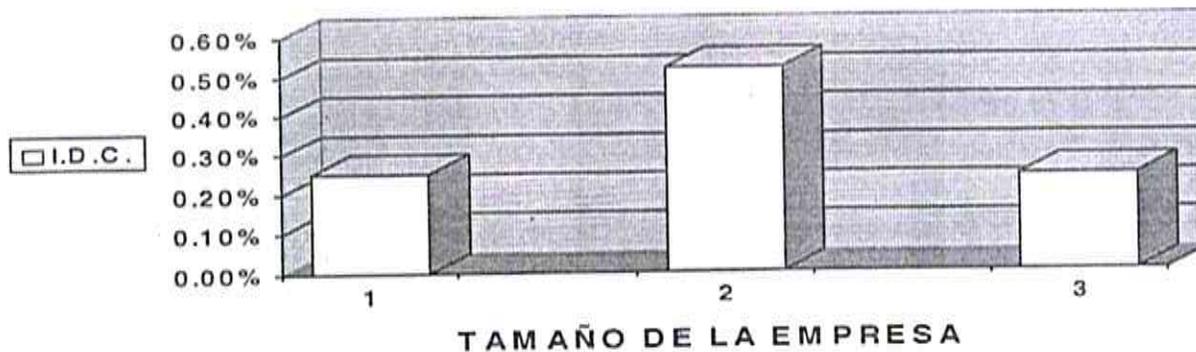
Indice	Tamaño de Empresa		
	1	2	3
I.N.C.	0.0355	0.0788	0.0087



Quien más cree en el control es la empresa mediana; I.N.C. de 7.88%. Quien menos cree es la empresa grande.

Indice de disposición al control

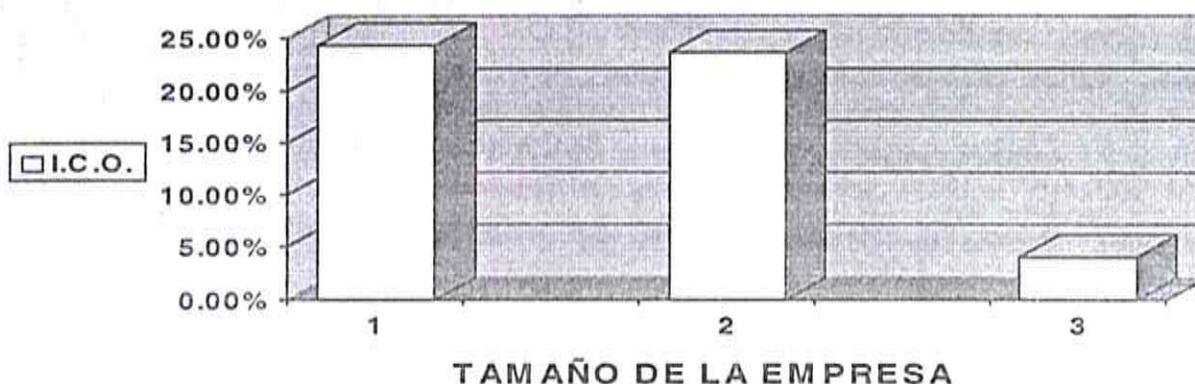
Indice	Tamaño de Empresa		
	1	2	3
I.D.C.	0.0025	0.0052	0.0024



Quien más dedica a la prevención en relación con los ingresos, es la empresa mediana, y quien menos lo hace es la empresa grande.

Indice de costos de oportunidad

Indice	Tamaño de Empresa		
	1	2	3
I.C.O.	0.2431	0.2362	0.0401



Las empresas mediana y pequeña ven más perjudicadas sus utilidades por los fenómenos de la corrosión.

Conclusiones

Los costos de corrosión en Colombia, están directamente relacionados con el nivel de desarrollo tecnológico y con los principales sectores de la producción.

Colombia es un país de América del Sur, que para 1994 contaba con una población de 34.5 millones de habitantes, con un producto interno bruto de 66.700 millones de dólares y con unos costos de corrosión del 1.3% del PIB (resultado de esta investigación). Este índice, relativamente bajo para nuestro país es consecuencia de circunstancias como las siguientes:

- Bajo consumo de acero y en general de metales per cápita.
- No existencia de plantas nucleares.

- No hay grandes plantas químicas.
- Escasez de procesos con altas presiones.
- Escasez de procesos con altas temperaturas.
- Etc.

Colombia es un país en vía de desarrollo industrial, pero aún con una condición agrícola muy marcada.

El resultado de la investigación demuestra que nuestra industria convive con la corrosión, sin adecuados programas de prevención; no se tiene un mantenimiento programado para realizar control; no se tienen registros económicos de los daños ni de los perjuicios a las infraestructuras productivas; no existe una contabilidad gerencial que dé cuenta de los costos de oportunidad, que permita, de una manera altamente confiable, determinar los efectos negativos sobre las utilidades de las empresas.

De acuerdo con las cifras, se tiene el siguiente resumen:

I.C.C.: Índice de costos de corrosión

La zona más afectada:	El interior
La zona menos afectada:	La costa atlántica
La región más afectada:	Bucaramanga y Cúcuta
La región menos afectada:	Barranquilla y Cartagena
El sector económico más afectado:	Transporte
El sector económico menos afectado:	Alimentos
El tipo de empresa más afectado:	Oficial
El tipo de empresa menos afectado:	Privada

I.N.C.: Índice de Nivel de Control

La zona de mayor nivel:	El interior
La zona de menor nivel:	La costa atlántica
La región de mayor nivel:	Bucaramanga y Cúcuta
La región de menor nivel:	Medellín, Montería y Manizales

El sector económico de mayor nivel: Servicios Públicos
El sector económico de menor nivel: Químicos

El tipo de empresa de mayor nivel: Oficial
El tipo de empresa de menor nivel: Privada

Recomendaciones

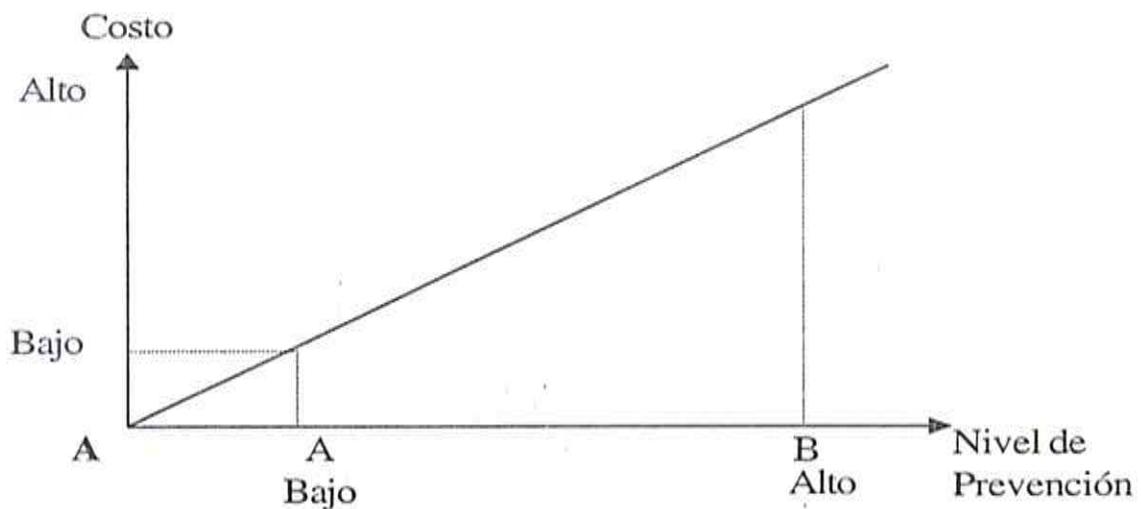
A. La corrosión le cuesta dinero a la empresa. Controlar la corrosión le ahorra dinero.

La prevención produce dos tipos de costos:

1. El costo en sí:

La inversión en control tiene un significado económico y se relaciona directamente con ella. Entre otros, tenemos:

- Mantenimiento, inspección de calidad y ensayos
- Equipos de reemplazo (costo financiero)
- Capacitación
- Servicios de consultoría
- Equipos de medida



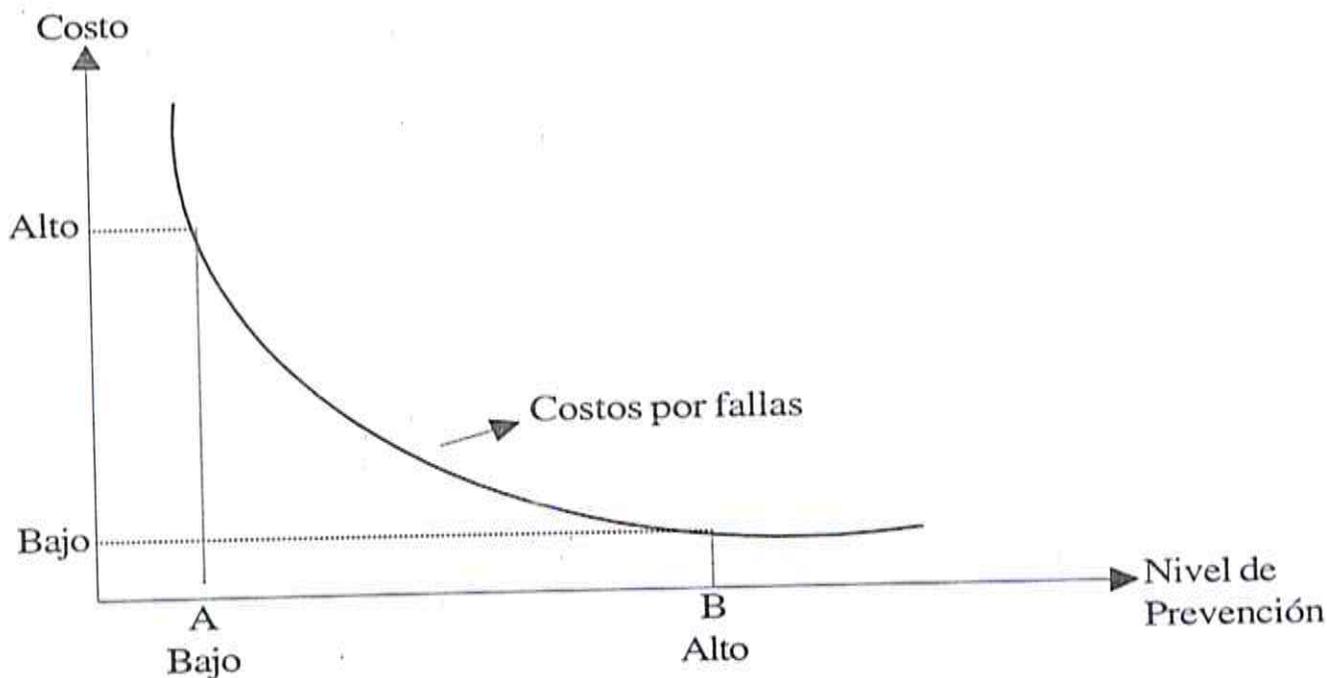
La empresa que poco cree en el control y dispone escasas medidas de prevención, requiere pocos pesos para desarrollar este esquema (en la gráfica esta situación está indicada por el punto A).

La empresa que cree en el control y dispone de un adecuado programa de prevención, invierte una buena cantidad de dinero para evitar los riesgos que produce la corrosión (en la gráfica esta situación está indicada por el punto B).

2. Los costos por siniestros o por fallas:

Tienen una relación inversa con el nivel de control. Entre otros, tenemos:

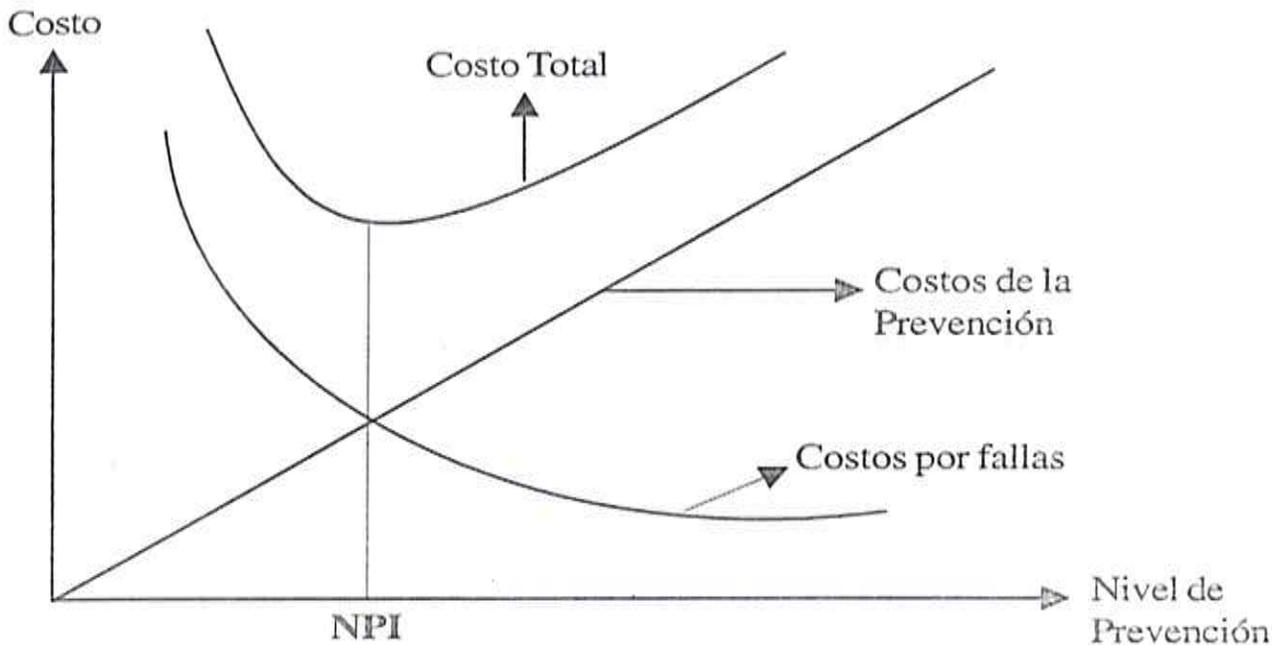
- Productos dañados
- Reinspección de los procesos
- Retrasos derivados del reprocesamiento
- Accidentes
- Imagen negativa



Mientras menos controles haya, el costo por siniestros producidos por la corrosión es alto (en la gráfica esta situación está indicada por el punto A).

Mientras más controles existan, menor será el costo de los siniestros (en la gráfica esta situación está indicada por el punto B).

Nivel de prevención ideal



Los niveles de prevención en los países en desarrollo son generalmente bajos. Lo que se invierte en control es muy poco en relación con los daños que presenta la corrosión.

De acuerdo con las encuestas, se evidencia que si las empresas dedicaran mayores esfuerzos a controlar la corrosión y disminuir sus efectos negativos, lograrían mayores volúmenes de utilidad y evitarían los deterioros de imagen que se producen cuando estos problemas se trasladan al cliente.

¿ Cuánto invertir en prevención ?

Cada empresa debe determinar cuánto invertir, de acuerdo con la cantidad de activos expuestos. Existe un nivel óptimo, pero éste no es igual para todas las empresas, porque todos los activos expuestos no son igual de susceptibles a la corrosión, porque los fenómenos de ésta amenazan de manera distinta según sea la región, el sector económico y la industria, y porque la corrosión afecta discriminadamente las utilidades.

Si bien la corrosión nunca desaparecerá, siempre el objetivo debe ser minimizar su impacto sobre los resultados económicos.

- B. Las empresas que tengan activos expuestos a la corrosión, deben desarrollar un sistema de contabilidad administrativa, donde de manera objetiva se registre toda la información relacionada con la corrosión. El conocimiento de todos los costos, contables o no, permitirá orientar de manera más efectiva los programas de control y prevención.

Medellín, 15 de Septiembre de 1998.