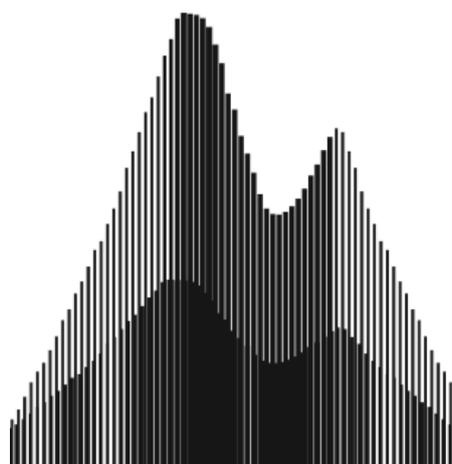


# Uso de la distribución geométrica como aproximación a la confiabilidad de un servicio de soporte técnico desde la perspectiva del usuario



## Jorge Iván Pérez Rave

Ingeniero Industrial. Profesor Investigador, Grupo Gestión de la Calidad, Universidad de Antioquia.  
ejipr056@udea.edu.co

## Carlos Mario Parra Mesa

Estadista, M Sc. Docente, Universidad de Antioquia.  
Grupo de Investigación Gestión de la Calidad.  
cmparra@udea.edu.co

Recepción: 05 de octubre de 2008 | Aceptación: 18 de diciembre de 2008

## Resumen

En este artículo se exhibe una propuesta metodológica para evaluar y analizar la confiabilidad de bienes intangibles mediante su aplicación al caso del servicio de soporte técnico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia (Colombia). En ella se concibe el servicio como un sistema en serie conformado por componentes intangibles independientes entre sí, denominados dimensiones de calidad, y se emplea la distribución geométrica para modelar su comportamiento. Dicha metodología integra elementos de estadística multivariable, teoría de la probabilidad, investigación cualitativa, así como herramientas de la confiabilidad. Su aplicación le posibilita a una organización de servicios reflexionar sobre la posición que ocupa en cuanto a confiabilidad se refiere, establecer objetivos retadores e implementar directrices de mejoramiento que permitan garantizar en el tiempo la satisfacción de las necesidades de los clientes.

## Palabras Clave

Confiabilidad de servicios  
Dimensiones de calidad  
Satisfacción del cliente  
Distribución geométrica  
Modelo probabilístico de fallas

## The use of geometric distribution as an approach to the reliability of a technical support service from the users' standpoint

### Abstract

In this paper a methodological proposal is presented to evaluate and analyze the reliability of intangible goods by applying such methodology to the case of the technical support service provided in the Faculty of Engineering of the University of Antioquia (Colombia). In this methodology, service is conceived as a serial system consisting of intangible, independent components, known as quality dimensions. Geometric distribution is used to simulate its behavior. Such methodology integrates elements of multivariable statistics, theory of probability, qualitative research, as well as reliability tools. The use of this methodology allows service companies to think about its reliability ranking, to establish challenging objectives and to implement improvement guidelines that guarantee, in the long run, the satisfaction of the customer's needs.

### Key words

Service reliability  
Quality dimensions  
Client satisfaction  
Geometric distribution  
Probabilistic model of failures

### Introducción

**E**n esta era de globalización económica, donde las necesidades de los clientes cambian constantemente y el desarrollo tecnológico acelera la obsolescencia de los productos y servicios existentes, la confiabilidad se constituye en una estrategia competitiva para conocer el comportamiento de la calidad a lo largo del tiempo, y así mismo, para generar políticas de mejoramiento más efectivas que posibiliten la excelencia sostenida de las organizaciones.

Esta técnica de mejoramiento, a pesar de que aún se encuentra en su infancia (Escobar *et al.*, 2003), ha sido aplicada en su mayoría a unidades tangibles, donde el cumplimiento de la función principal asociada a cada una de ellas puede deducirse de manera razonable a partir de indicadores objetivos; sin embargo, su aplicación a bienes intangibles, como es el caso de los servicios, resulta una tarea compleja, puesto que deben considerarse factores más blandos, característicos de la subjetividad que trae consigo la percepción del cliente, quien es en primera instancia el que determina hasta qué punto un servicio cumple su función.

Bajo esta mirada es imperante desarrollar metodologías que permitan aplicar la Teoría de la Confiabilidad, con su rigurosidad estadística, a los mencionados bienes intangibles, enfocándose hacia las percepciones de los clientes, puesto que no basta que el servicio funcione, sino además es preciso que sea satisfactorio para el cliente y este así lo perciba.

En esta oportunidad se exhibe el procedimiento, desarrollado con base en el uso de la distribución geométrica, como aproximación a la evaluación de la confiabilidad del servicio de soporte técnico del Departamento de Recursos de Apoyo e Informática (DRAI)<sup>1</sup>. Se hace desde la perspectiva del usuario en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia (Colombia), producto de un estudio realizado entre julio de 2005 y mayo de 2006.

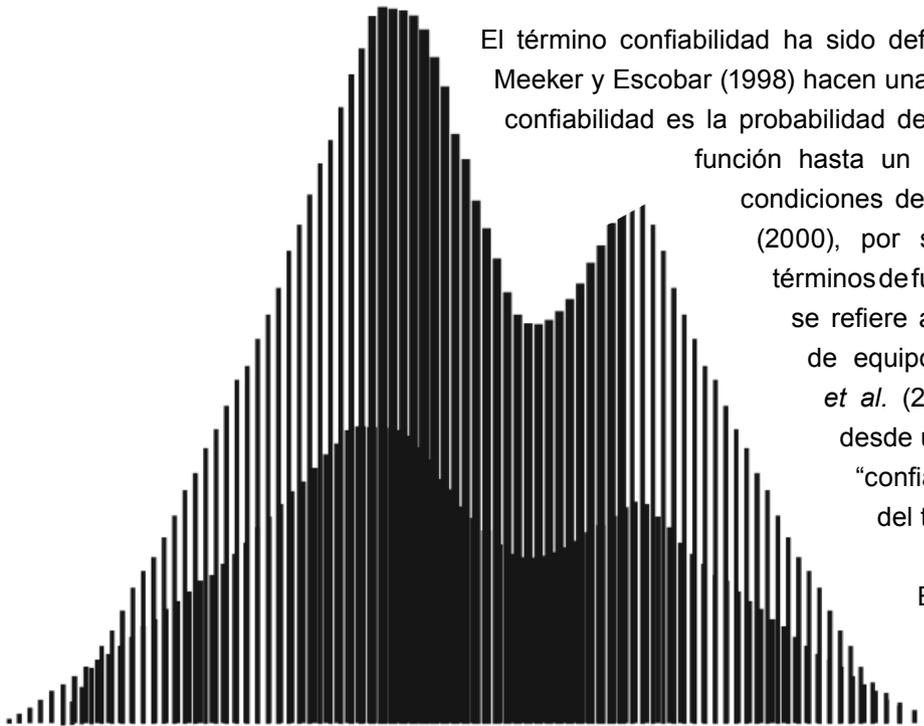
Cabe anotar que es un primer aporte desde la Ingeniería Industrial, sujeto al análisis, reflexión y discusión, en favor de contribuciones desde otras disciplinas, entre ellas la Administración.

<sup>1</sup> El DRAI es un departamento de apoyo para los procesos académicos y administrativos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia.

## 1. Marco conceptual

A continuación se introducen breves conceptos que facilitan la comprensión de los demás apartados del artículo.

Desde los años ochenta, la atención al cliente viene siendo, cada vez más, vital para la supervivencia de toda empresa, razón por la cual se hace imperioso generar incesantes esfuerzos para garantizar la satisfacción de las necesidades de sus clientes; de ahí que la confiabilidad de los productos y servicios se convierte en una característica indispensable para la competitividad de una organización.



El término confiabilidad ha sido definido de diversas maneras. Meeker y Escobar (1998) hacen una definición probabilística: “la confiabilidad es la probabilidad de que una unidad realice su función hasta un tiempo específico bajo las condiciones de uso encontradas”. Lawless (2000), por su parte, la establece en términos de funcionalidad: “la confiabilidad se refiere al funcionamiento adecuado de equipos y sistemas”. Y Escobar *et al.* (2003) ven a la confiabilidad desde una perspectiva más amplia: “confiabilidad es calidad a través del tiempo”.

En tal sentido, el equipo investigador considera esta última definición como la más apropiada para el propósito del proyecto,

puesto que permite especificar la confiabilidad del servicio objeto de estudio como “calidad del servicio de soporte técnico a través del tiempo”.

Igualmente existen muchas definiciones sobre calidad, la mayoría de ellas orientadas a la satisfacción de las necesidades de los clientes. Según Juran y Gryna (1995), la calidad constituye el “conjunto de características que satisfacen las necesidades del consumidor”. Andriani, Biasca y Rodríguez (2003) la definen como “atender los anhelos, necesidades y aspiraciones de los clientes”, mientras Montgomery (1996) dice: “Calidad es el grado hasta el cual los productos satisfacen las necesidades de la gente que los usa”.

Evaluar la calidad del servicio de soporte técnico significa, entonces, valorar el grado en que se satisfacen las necesidades de los usuarios; pero para esto se requiere identificar en ellos cuáles son sus necesidades importantes, también conocidas como dimensiones de calidad. Kennedy y Young (1989) establecen cinco dimensiones de calidad para servicios de apoyo, las cuales se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Dimensiones de calidad para servicios de apoyo

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Disponibilidad del apoyo</b> | Grado hasta que el cliente puede ponerse en contacto con el proveedor.  |
| <b>Capacidad de respuesta</b>   | Grado hasta que el proveedor reacciona con prontitud ante el cliente.   |
| <b>Oportunidad del apoyo</b>    | Grado hasta que el trabajo se realiza dentro del marco temporal establecido por el cliente o dentro de un marco temporal negociado o ambos. |
| <b>Integridad del apoyo</b>     | Grado hasta que el trabajo total se completa.   |
| <b>Afabilidad del apoyo</b>     | Grado hasta que el proveedor muestra comportamiento y modales profesionales mientras trabaja con el cliente                                 |

Fuente: Kennedy y Young (1989, pp 87-91)

Para identificar las dimensiones de calidad del servicio puede emplearse el método de los incidentes críticos, entendiéndose como incidente crítico un ejemplo específico del desempeño organizacional desde la perspectiva del usuario. En este método, luego de generar los incidentes críticos, se forman grupos y se redactan frases que reflejen el contenido de los mismos, los cuales se denominan elementos de satisfacción; a partir de ellos, se definen las dimensiones de calidad (Hayes, 1999).

Retomando la definición de confiabilidad de Escobar *et al.* (2003), y con base en las definiciones sobre calidad, el equipo de investigación acuerda en que evaluar la confiabilidad del servicio es medir el grado en que se satisfacen las necesidades de los usuarios a través del tiempo.

## 2. El concepto de Confiabilidad

La confiabilidad del servicio de soporte técnico puede interpretarse como la calidad del mismo en el tiempo. Para cuantificarla, es posible expresarla

como la probabilidad de que el mencionado servicio no falle durante un determinado lapso, bajo las condiciones de uso encontradas. En otras palabras, representa la vida del servicio de soporte técnico, que si bien, dicho sistema no se acaba, cada cierto lapso experimenta situaciones que provocan el incumplimiento de su función.

Dicho lapso, no en todos los casos, amerita establecerse en horas, minutos, segundos u otra unidad de tiempo, pero también puede tratarse de kilómetros, revoluciones o cualquier unidad de interés. Para el presente estudio se considera de suma utilidad conocer el número de servicios de soporte que presta el DRAI de manera consecutiva, hasta que el sistema deja de cumplir con su función.

Consecuentes con lo anterior, la confiabilidad del sistema  $R_s(t)$  se representa como en la ecuación 1, donde  $T_s$  es una variable aleatoria discreta que refleja el tiempo de vida del sistema.

$$R_s(t) = P(T_s > t) \quad [1]$$

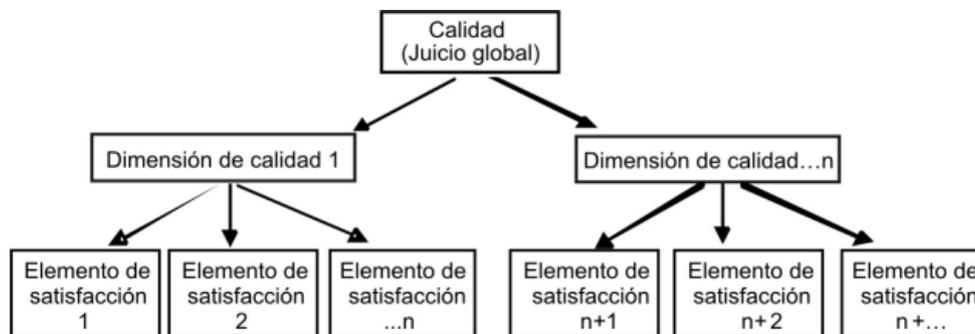
Es de resaltar que  $t = 0$  puede considerarse como el momento en que se inicia la prestación del primer servicio de soporte técnico y, por consiguiente, la confiabilidad del mismo, al igual que en el caso de un bien tangible, corresponderá a 1. A medida que el DRAI presta el servicio de soporte, se generan diferentes juicios de los usuarios acerca del grado en que el sistema cumple con su función y, por ende, aumenta la probabilidad de que en un lapso determinado se presente la falla, tendiendo a cero la confiabilidad.

### 3. Descripción del sistema

El sistema objeto de estudio corresponde al servicio de soporte técnico que tiene como función satisfacer las necesidades importantes de sus usuarios, llamadas también dimensiones de calidad (Hayes, 1999).

Dicho sistema puede describirse en función de varios atributos o dimensiones teóricamente independientes entre sí pero a su vez, como se muestra en la Figura 1, en términos de un conglomerado de elementos de satisfacción interrelacionados.

**Figura 1.** Relación jerárquica entre el juicio global del usuario, las dimensiones y los elementos de satisfacción



Fuente: Hayes (1999, p.21)

Para identificar las dimensiones de calidad, referenciadas en este artículo como componentes del sistema, se siguió el método de los incidentes críticos. Se entiende por incidente crítico un ejemplo del desempeño del servicio bajo la percepción del consumidor, el cual puede ser favorable o desfavorable.

En consecuencia, se realizaron entrevistas a diversos usuarios del servicio a partir de ítems abiertos —ejemplo: ¿Cuando emplea el servicio de soporte técnico, qué le gusta?— y se colectaron, así, 123 incidentes críticos. Estos se agruparon luego en 17 elementos de satisfacción que constituyeron los ítems del cuestionario empleado para medir el grado en que el servicio satisface a los usuarios (Hayes, 1999). Dichos ítems fueron sometidos a valoración a través de un escalamiento tipo Likert de cinco categorías de respuesta: “totalmente de acuerdo”, “de acuerdo”, “medianamente de acuerdo”, “en desacuerdo”, “totalmente en desacuerdo”.

El cuestionario elaborado se aplicó a los usuarios que durante el periodo de estudio recibieron el servicio de soporte técnico. En caso de que un usuario hiciera uso de varios servicios de soporte, solo se le entrevistó en una ocasión. Con ello se pretendió garantizar que las percepciones generadas durante los servicios prestados fuesen independientes entre sí, al tiempo que no se incomodara al usuario con varias interrogaciones al respecto.

Con base en tales criterios, se conformó la muestra de estudio con 80 binomios usuario-servicio (percepciones de usuarios diferentes), atendidos por el DRAI entre el 3 de octubre de 2005 y el 01 de febrero de 2006.

Para determinar las dimensiones de calidad (componentes del sistema) que subyacen en los ítems sometidos a valoración se utilizó el análisis de factores mediante el software SPSS 14.0, el cual creó un nuevo conglomerado de factores no correlacionados a partir de los elementos de satisfacción. Empleando el análisis de componentes principales, se seleccionaron los factores con valor propio mayor que uno (>1) y se procedió luego a la

rotación Varimax, para facilitar la interpretación de cada dimensión; se consideraron como variables asociadas a cada dimensión aquellas con cargas cuyo valor absoluto fue superior a 0,4 (Dallas, 1998).

Resultado: el sistema se compone de cinco dimensiones de calidad con un porcentaje de explicación de la varianza total del 71,19 %.

En la Tabla 2 se muestra la estructura final de las dimensiones y las cargas de los elementos de satisfacción luego de efectuar la rotación Varimax.

**Tabla 2.** Componentes del sistema

| Nº  | Dimensión                    | Definición   | Elementos de satisfacción   | Carga |
|---|------------------------------|--|---|-------|
| 1   | Capacidad de apoyo           | Grado hasta el cual el trabajo se presta a una hora conveniente para el usuario                          | 1. El personal demostró estar capacitado para solucionar el problema                            | 0,81  |
|   |                              |  | 2. Me resolvieron todas las dudas que tenía   | 0,80  |
|   |                              |  | 3. La persona que me atendió terminó el trabajo rápidamente                                     | 0,46  |
|   |                              |  | 4. Me prestaron ayuda desde el principio hasta el fin   | 0,70  |
|   |                              |  | 5. Me solucionaron el problema  | 0,83  |
|   |                              |  | 6. Me describieron la solución  | 0,67  |
| <b>Porcentaje de explicación de la varianza total: 34,43 %</b>                          |                              |  |   |       |
| 2   | Comportamiento del proveedor | Grado hasta el cual el proveedor se comporta de manera afable y dedicada mientras trabaja con el usuario | 7. Dejaron el servicio empezado y volvieron al rato   | 0,69  |
|   |                              |  | 8. La persona que me atendió no fue amable  | 0,86  |
|   |                              |  | 9. La persona que me atendió perdió tiempo en actividades que no tenían que ver con el servicio | 0,56  |
|   |                              |  | 10. La persona que me atendió prestó atención cuando le hablé                                   | 0,79  |
| <b>Porcentaje de explicación de la varianza total: 13,17 %</b>                          |                              |  |   |       |
| 3   | Tiempo de reacción           | Grado hasta el cual el proveedor reacciona a tiempo ante la solicitud del usuario                        | 11. Cuando solicité el servicio me atendieron antes de 24 horas                                 | 0,88  |
|   |                              |  | 12. Tuve que esperar mucho tiempo para que vinieran a atenderme                                 | 0,82  |
| <b>Porcentaje de explicación de la varianza total: 9,94 %</b>                           |                              |  |   |       |
| 4   | Disponibilidad               | Grado hasta el cual el usuario puede ponerse en contacto con el proveedor                                | 13. La página Web estaba caída cuando necesité el servicio                                      | 0,87  |
|   |                              |  | 14. Pude contactarme fácilmente con el DRAI para solicitar el servicio                          | 0,79  |
| <b>Porcentaje de explicación de la varianza total: 7,1 %</b>                            |                              |  |   |       |
| 5   | Oportunidad del apoyo        | Grado hasta el cual el trabajo se presta a una hora conveniente para el usuario                          | 15. Me prestaron el servicio a una hora conveniente para mí                                     | 0,69  |
| <b>Porcentaje de explicación de la varianza total: 6,55 %</b>                           |                              |  |   |       |
| <b>Porcentaje de explicación de la varianza total de las cinco dimensiones: 71,19 %</b> |                              |  |   |       |

Fuente: elaboración propia

Además, con el fin de analizar la validez y el carácter confiable de la estructura de las dimensiones y del cuestionario completo, se recurrió al coeficiente de consistencia interna Alpha Cronbach (Carmines & Zeller, 1979), adecuando para escalas de veinte ítems o menos (Oviedo & Campo-Arias, 2005). Se obtuvieron los siguientes niveles de consistencia interna: Capacidad de apoyo: 0,84; Comportamiento: 0,75; Tiempo de reacción: 0,74; Disponibilidad: 0,68, y escala total: 0,87. Se omitió para el caso de la Oportunidad, pues como bien se sabe, está conformado por un solo ítem (Pérez & Parra, 2007).

#### 4. Definición de falla

Se consideró falla del sistema el evento en el cual el servicio de soporte no satisfizo las necesidades del usuario, es decir, no cumplió con su función. En otras palabras, el sistema falla cuando al menos una de las necesidades importantes para los usuarios (dimensiones de calidad) se valora como no satisfactoria.

La inferencia sobre la actitud del usuario frente a cada componente puede observarse a través del cuestionario elaborado. Hay que tener presente que cada componente (dimensión de calidad) se considera independiente de las demás y subyace en una serie de elementos de satisfacción interrelacionados. Se toma como falla de la

componente si al menos uno de los elementos que la definen es percibido de manera desfavorable por el usuario, lo que empíricamente se manifiesta en la encuesta aplicada a través de las valoraciones “totalmente desfavorable” o “desfavorable”.

#### 5. Análisis de modos y efectos de falla

En la Tabla 3 se presenta el análisis de modos y efectos de falla (AMEF). Los modos de falla de las componentes (dimensiones) pueden interpretarse como la percepción desfavorable de los elementos de satisfacción que las definen; de ahí que cuando el sistema falla es porque en su nivel inferior falló al menos una de sus componentes en uno o más de sus elementos.

Para clasificar la gravedad de las fallas se calcularon las correlaciones de los elementos con el ítem del cuestionario: “la calidad del servicio cumplió mis expectativas”, asociándolas luego gráficamente con las cargas de dichos elementos en la primera componente principal de la matriz de extracción. El eje “x” consideró la carga factorial y el eje “y” las correlaciones. Al final se obtienen cinco regiones que van desde tipo 1 hasta tipo 5, considerándose la primera como la de menor criticidad y la tipo 5, como la de mayor criticidad.

| Sistema                                 | Componente                   | Función   | Modos de Falla  | Gravedad (1a 5) | Efecto local  | Efecto Final  | Método de detección   |
|---|------------------------------|---|---|-----------------|---|---|---|
| Calidad del Servicio de Soporte Técnico | Capacidad de Apoyo           | Demostrar Capacidad para terminar el trabajo total                              | 1.El Personal demostró no estar capacitado para solucionar el problema                                  | 4               | Falla la capacidad de apoyo. La capacidad del apoyo no satisfizo al usuario                           | Falla la calidad del Servicio de Soporte. La calidad del Servicio no satisfizo al usuario | El usuario percibe el elemento de satisfacción correspondiente al modo de falla, con un puntaje de 1 ó 2 en la escala Likert del cuestionario de satisfacción |
|   |                              |   | 2. No resolvieron todas la dudas que tenía el usuario   | 5               |   |   |   |
|   |                              |   | 3. La persona que atendió al usuario, no terminó el trabajo rápidamente.                                | 4               |   |   |   |
|   |                              |   | 4. Al usuario no se le prestó ayuda desde el principio hasta el fin                                     | 4               |   |   |   |
|   |                              |   | 5. No se solucionó el problema de usuario   | 5               |   |   |   |
|   |                              |   | 6. Al usuario no se le describió la solución  | 3               |   |   |   |
|   | Comportamiento del Proveedor | Mantener un Comportamiento afable y dedicado mientras se trabaja con el usuario | 7. Dejaron el servicio empezado y volvieron al rato   | 2               | Falla el comportamiento del proveedor.El comportamiento del proveedor no satisfizo al usuario         |   |   |
|   |                              |   | 8. La persona que atendió al usuario no fue amable  | 2               |   |   |   |
|   |                              |   | 9. La persona que atendió al usuario perdió tiempo en actividades que no tenían que ver con el servicio | 2               |   |   |   |
|   |                              |   | 10. La persona que atendió al usuario no le prestó atención cuando este le habló                        | 4               |   |   |   |
|   | Tiempo de reacción           | Reaccionar a tiempo ante la solicitud del usuario                               | 11. Al usuario no se le atendió antes de 24 horas   | 1               | Falla el tiempo de reacción del servicio.El tiempo de reacción no satisfizo al usuario                |   |   |
|   |                              |   | 12. El usuario tuvo que esperar mucho tiempo para que se le atendiera                                   | 2               |   |   |   |
|   | Disponibilidad               | Facilitar que el usuario se contacte con el proveedor                           | 13. La página Web estaba caída cuando el usuario necesitó el servicio                                   | 1               | Falla la disponibilidad del soporte.La disponibilidad del servicio de soporte no satisfizo al usuario |   |   |
|   |                              |   | 14. El usuario no pudo contactarse fácilmente con el DRAI para solicitar el servicio                    | 1               |   |   |   |
|   | Oportunidad del Apoyo        | Prestar el servicio de soporte técnico a una hora conveniente para el usuario   | 15. El servicio no se prestó a una hora conveniente para el usuario.                                    | 2               | Falla la oportunidad del apoyo.La oportunidad del servicio de soporte no satisfizo al usuario         |   |   |

Fuente: Elaboración propia

## 6. Modelo probabilístico de las fallas de las componentes

Se consideró que la  $i$ -ésima componente (dimensión de calidad), conformada por  $K_i$  elementos de satisfacción, falla si al menos uno de sus elementos obtiene un puntaje “desfavorable” o “totalmente desfavorable” en la escala de respuesta. Cuando tal situación se presentó se asignó el número uno, de lo contrario el cero.

Sea  $X_i$  la variable aleatoria que representa el resultado de la evaluación de la  $i$ -ésima componente en el servicio de soporte prestado por el DRAI. Su función de densidad de probabilidad  $f(X_i)$  corresponde a la distribución Bernoulli, de parámetro  $p_i$  (probabilidad de falla de la  $i$ -ésima componente), el cual se mantiene constante de servicio a servicio, al considerar que las evaluaciones de los servicios son independientes entre sí. Para cada componente, la estimación del parámetro  $p_i$  se determinó como en la Ecuación 2, donde  $N$  es el número total de servicios prestados por el DRAI durante el periodo de estudio y  $Y_i$  representa el total de fallas de la componente  $i$ .

$$\hat{p}_i = \frac{Y_i}{N} \quad [2]$$

En la Tabla 4 se presenta la probabilidad de falla de cada componente. Resalta que el número de

servicios ( $N$ ) en la componente 5 fue de 79, puesto que uno de los usuarios encuestados se abstuvo de valorar el elemento de satisfacción que la conforma.

**Tabla 4.** Probabilidad de falla de las componentes

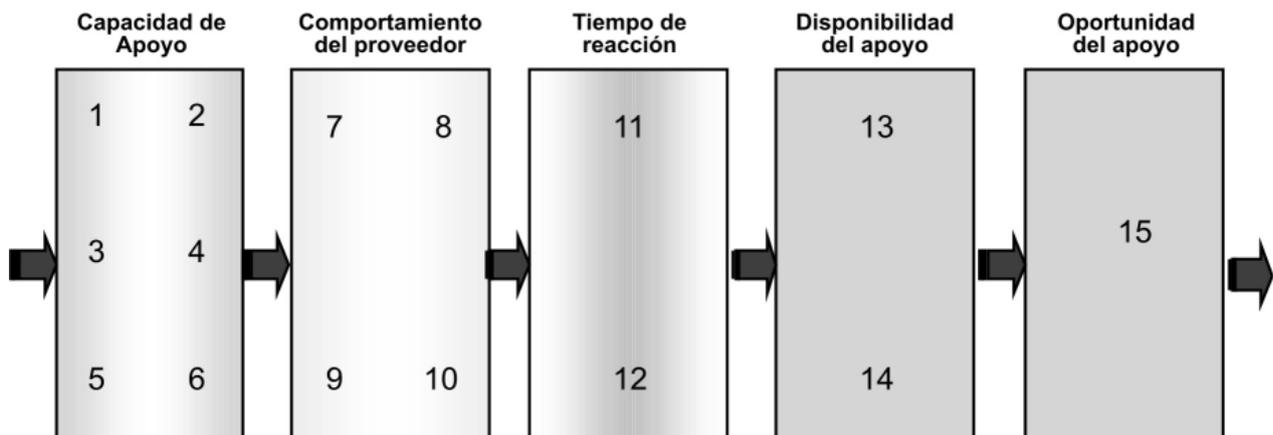
| Nº | Dimensión             | $Y_i$ | $N$ | $\hat{p}$ |
|----|-----------------------|-------|-----|-----------|
| 1  | Capacidad de apoyo    | 16    | 80  | 0,200     |
| 2  | Comportamiento        | 19    | 80  | 0,238     |
| 3  | Tiempo de reacción    | 17    | 80  | 0,212     |
| 4  | Disponibilidad        | 6     | 80  | 0,075     |
| 5  | Oportunidad del apoyo | 7     | 79  | 0,088     |

Fuente: elaboración propia

## 7. Modelo de confiabilidad

Teniendo presente que el sistema falla si al menos una de sus cinco componentes falla, las cuales teóricamente se consideran independientes entre sí (ver descripción del sistema), el servicio objeto de estudio puede representarse como un sistema en serie, tal como se muestra en la Figura 2 (los números corresponden a la identificación de los elementos de satisfacción). De ahí que la confiabilidad del sistema puede expresarse como la productoria de las confiabilidades de sus componentes (Modarres & Dekker, 1993).

**Figura 2.** Diagrama de bloques del sistema



Fuente: elaboración propia

Si  $T_i$  es el número de servicios de soporte técnico prestados por el DRAI de manera consecutiva hasta que falla la  $i$ -ésima componente, su comportamiento puede modelarse adecuadamente mediante la distribución geométrica con el parámetro  $p_i$ , cuya función de confiabilidad se expresa en la Ecuación 3.

$$R_i(t) = (1 - p_i)^t \quad [3]$$

El evento de que el sistema no haya fallado al cabo de prestar  $t$  servicios consecutivos es consecuencia de ninguna falla en sus componentes (dimensiones) durante el lapso de los  $t$  servicios. Luego, si  $T_s$  es la variable aleatoria que representa el número de servicios prestados de manera consecutiva hasta que falla el sistema, su función de confiabilidad es:

$$R_s(t) = \text{Prob}(T_s > t) = \prod_{i=1}^5 R_i(t) = \prod_{i=1}^5 (1 - p_i)^t \quad [4]$$

## 8. Tasa de falla

La tasa de falla se refiere a la probabilidad de que una unidad que aún no ha fallado en el instante  $t$ , falle en el siguiente instante  $t + \Delta t$ . En el caso de la distribución geométrica, esta probabilidad es la misma cualesquiera que sea el servicio que se esté prestando, lo que se conoce como la propiedad de falta de memoria. La relación matemática que define la tasa de falla de la  $i$ -ésima componente  $h_i(t)$  es la siguiente:

$$h_i(t) = \frac{f_i(t)}{R_i(t)} = \frac{p_i}{(1 - p_i)} \quad [5]$$

En la Tabla 5 se exhiben las tasas de falla de las componentes.

**Tabla 5.** Tasa de falla de las componentes

| Componentes                  | $h(t)$ |
|------------------------------|--------|
| Capacidad de apoyo           | 0,250  |
| Comportamiento del proveedor | 0,312  |
| Tiempo de reacción           | 0,269  |
| Disponibilidad del apoyo     | 0,081  |
| Oportunidad del apoyo        | 0,096  |

Fuente: elaboración propia

La oportunidad del servicio y la disponibilidad, que hacen referencia, respectivamente, al grado en que el servicio se presta a una hora conveniente para el usuario y al nivel en que el usuario puede ponerse en contacto con el DRAI, son las componentes con menor tasa de falla; el comportamiento es la componente más propensa a fallar.

## 9. Confiabilidad de las componentes

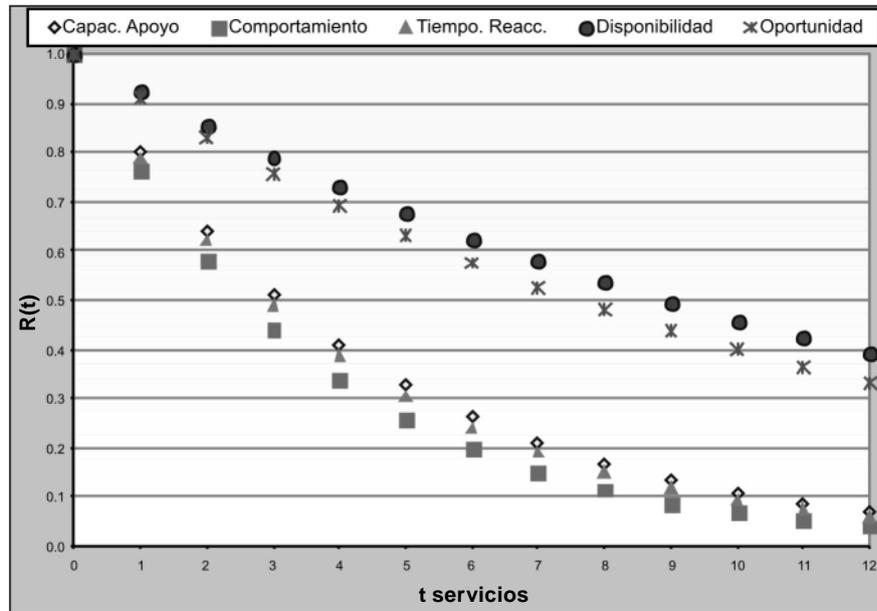
**Tabla 6.** Ecuación de confiabilidad de las componentes

| Componente                   | Función de Confiabilidad |
|------------------------------|--------------------------|
| Capacidad del apoyo          | $0.80^t$                 |
| Comportamiento del proveedor | $0.762^t$                |
| Tiempo de reacción           | $0.788^t$                |
| Disponibilidad del apoyo     | $0.925^t$                |
| Oportunidad del apoyo        | $0.912^t$                |

Fuente: elaboración propia

La Tabla 6 presenta las ecuaciones que se emplearon para evaluar la confiabilidad de las cinco componentes (dimensiones) del sistema. Se consideró como límite superior del lapso de evaluación el número máximo de servicios de soporte que ha llegado a prestar el DRAI en un día (12 servicios). Los resultados se muestran en la Figura 3.

**Figura 3.** Curva de confiabilidad de las componentes



Fuente: elaboración propia

En la Figura 4 se puede apreciar que las dimensiones de menor confiabilidad corresponden a capacidad de apoyo, tiempo de reacción y comportamiento. Puede verse, además, que al cabo de cinco servicios prestados de manera consecutiva, las componentes comportamiento, tiempo de reacción y capacidad de apoyo presentan confiabilidades alrededor de 0,3, a diferencia de las dimensiones oportunidad y disponibilidad, cuyos valores oscilan alrededor de 0,65.

### 10. Confiabilidad del sistema

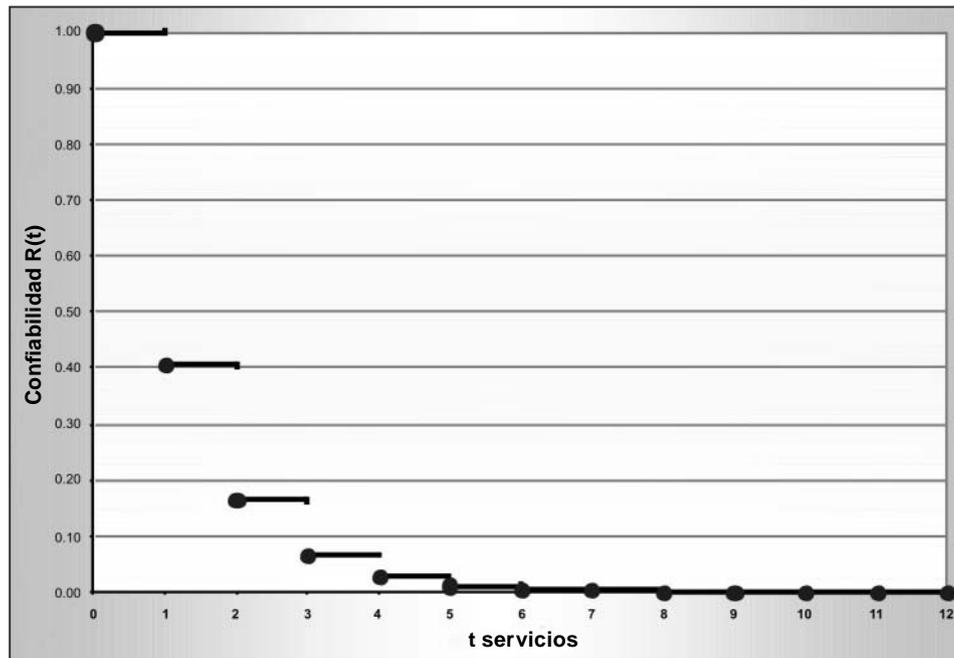
La ecuación de confiabilidad del sistema, de acuerdo con la Ecuación 4, está representada en la Ecuación 6 y su comportamiento se ilustra en la Figura 4

$$R_s(t) = 0.80^t \times 0.762^t \times 0.788^t \times 0.925^t \times 0.912^t \quad [6]$$

El rápido decrecimiento de la confiabilidad del sistema (Figura 4) es razonable si se tiene presente que se trata de un bien intangible cuya probabilidad

de “falla”, de acuerdo a la perspectiva del estudio, depende del éxito alcanzado por el sistema bajo la valoración del usuario. Este es un indicador blando que proporciona una evaluación razonable de la efectividad del servicio, puesto que si el usuario no percibe el cumplimiento de la función del sistema, el error sería referirse a ello como un sistema confiable.

Sumado a lo anterior, el juicio del usuario sobre la superioridad global del servicio no solo depende de características propias del proveedor, sino también de factores externos e incontrolables, entre los cuales se menciona el estado de ánimo del usuario, las costumbres y la formación del mismo. Por ello, el acelerado decrecimiento de la confiabilidad del sistema no debe compararse con el acostumbrado cuando se trata de un bien tangible, ni debe verse como una situación catastrófica; al contrario, debe tomarse como una referencia exigente que muestra comportamientos desfavorables ocultos, y que posibilita el establecimiento de metas retadoras que conllevan a la excelencia organizacional

**Figura 4.** Curva de confiabilidad del sistema

Fuente: elaboración propia

Vale resaltar que, con base en los resultados obtenidos, se logró definir una serie de acciones de mejoramiento que permitieron impactar positivamente a corto, mediano y largo plazo

en diversas dimensiones del servicio, potenciando, en consecuencia, la satisfacción de los usuarios.

## Conclusiones

Para hacer viable la aplicación de la teoría de la confiabilidad al servicio de soporte técnico, considerando la perspectiva del usuario, fue preciso concebirlo como un sistema en serie conformado por componentes intangibles independientes entre sí, desde el punto de vista estadístico, denominadas dimensiones de calidad; estas, a su vez, están compuestas por conglomerados de elementos de satisfacción interrelacionados al interior de cada dimensión, cada una de ellas susceptible de fallar en el momento en que no se satisfaga al usuario.

La metodología desarrollada, si bien es una primera propuesta desde la Ingeniería industrial, y con el uso de la distribución geométrica, sujeta a discusión, análisis y reflexión por parte de la comunidad académica y el sector empresarial, permitió identificar oportunidades de mejora del servicio de soporte técnico e implementar acciones que redunden en mayor satisfacción de sus usuarios; por tanto, se considera que bien puede replicarse, siendo siempre susceptible de mejora, en otros tipos de servicios.

Con esta investigación se pretende, además, ampliar el enfoque tradicional de la confiabilidad, con el fin de que en su análisis se consideren también factores alusivos a la percepción del consumidor sobre la superioridad global de la unidad de interés, puesto que de nada sirve que una unidad, proceso o sistema funcione si no satisface las necesidades de los consumidores y estos lo perciban de ese modo.

La aplicación de la metodología desarrollada le posibilita a una organización de servicios reflexionar sobre la posición que ocupa en cuanto a confiabilidad se refiere, establecer objetivos retadores e implementar así mismo diversas directrices de mejoramiento en busca de la excelencia sostenida, de modo que se garantice en el tiempo la plena satisfacción de las necesidades de los usuarios.

Con el objeto de ampliar el conocimiento sobre la confiabilidad del servicio, desde la perspectiva del cliente, en las futuras investigaciones deben considerarse posibles dependencias entre las fallas en los elementos de satisfacción que definen las dimensiones de calidad del sistema, así como el uso de otras distribuciones de probabilidad discretas, que dependerían de la forma como se defina la variable aleatoria de interés.

## Bibliografía

Andriani, C.; Biasca, R. y Rodríguez, M. (2003). *Un nuevo sistema de gestión para lograr Pymes de clase mundial*. México, D. F.: Norma.

Carmines, E. & R. Zeller. (1979). *Reliability and validity assessment. Quantitative Applications in the Social Sciences*. Beverly Hills: Sage Publications.

Chias, J. (1999). *El mercado todavía son personas*. Madrid: McGraw Hill.

Dallas, E. J. (1998). *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. México, D.F.: Thomson.

Escobar R., L. et al. (2003). "Confiabilidad: historia, estado del arte y desafíos futuros", *DYNA*, 140. Medellín, pp. 5-21.

Hayes, Bob E. (1999). *Cómo medir la satisfacción del cliente: desarrollo y utilización de cuestionarios*. (2 ed.). Barcelona: Gestión 2000. 197 p.

Juran, J. M. y F. M. Gryna. (1995). *Análisis y planeación de la calidad*. México, D. F.: Mc Graw Hill.

Kennedy, D. & B. Young. (1989). "Managing quality in staff areas", *Quality Progress. Eastman Kodak Company; Kodak Australasia Ltd.* 22 (10). pp. 87-91.

Lawless, J. (2000). "Statistics in reliability", *Journal of the American Statistical Association*, 95. pp. 989-992.

Meeker, W. & L. Escobar. (1998). *Statistical methods for reliability data*. New York: John Wiley and Sons.

Modarres, M. (1993). *What every engineer should know about: Reliability and Risk Analysis*. New York: Marcel Dekker.

Montgomery, D. C. (1996), *Introduction to Statistical Quality Control*, (3a ed.). New York: John Wiley & Sons.

Oviedo, H. C. & A. Campo-Arias. (2005). "An approach to the use of Cronbach's Alfa", *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 4 (34), pp. 572-580.

Pérez R., J. & C. Parra M. (2007). "Assessment and analysis of the quality of a support service done from users' standpoint: first step for reliability", *Industrial Data*, 1 (10). Perú, pp. 70-79.