

RESUMEN / ABSTRACT

Tradicionalmente los organismos operadores de carreteras determinan sus estrategias de conservación bajo criterios técnicos con indicadores obtenidos con sofisticados aparatos y la interpretación de expertos en caminos (el Índice Internacional de Rugosidad, la medición de las deflexiones del pavimento y la calificación del estado físico de los caminos, son algunos de los criterios a considerar para las estrategias de conservación). Sin embargo la opinión del usuario no es considerada, debido a que se piensa que poco puede aportar a los aspectos técnicos. Este documento analiza la pertinencia de considerar al usuario como un cliente, siendo éste quien opina si sus expectativas sobre el servicio que presta la red de carreteras son cubiertas. Para ello es necesario definir cómo mide el usuario la calidad del servicio y cómo estos criterios pueden integrarse a los criterios que determinan las estrategias de conservación de una red de carreteras. En este trabajo se realizó una encuesta a los usuarios de las carreteras, con la finalidad de obtener los parámetros con los que miden la calidad del servicio; posteriormente se utiliza una técnica del consenso de la opinión, denominada Técnica Delphi, para determinar los pesos de contribución relativa de cada una de las variables definidas por los usuarios, con el objetivo de integrar por medio de la agregación de las valoraciones, hechas por el usuario, en un único valor denominado Indicador del Nivel de Servicio del Usuario de las Carreteras (INSUC). El INSUC podrá ser utilizado conjuntamente con otros criterios técnicos como el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) y el

# Nivel de Satisfacción del Usuario de las Carreteras: Método Delphi.

Sergio Antonio Silva\*; Yolanda Galindo Montiel\*\*;  
Luis Enrique Mendoza Puga\*\*.

## INTRODUCCIÓN

Las carreteras son un tipo de infraestructura del transporte de gran importancia para el desarrollo de un país. La creciente movilidad producto de las globalizaciones, demanda de cada organismo operador de carreteras, un servicio de calidad que represente un factor importante de competitividad. En respuesta a esta demanda, año con año las administraciones públicas y privadas realizan grandes inversiones con el objetivo de mejorar el servicio al usuario de la carretera.

Sin embargo, la toma de decisiones sobre las mencionadas inversiones se fundamentan en indicadores técnicos determinados por expertos en carreteras (SCT, 1986 y SCT, 1996). Esta situación ha traído como consecuencia que el usuario quede al margen de la toma de decisiones, siendo él quien vive la experiencia continua de circular por las carreteras y quien demanda de ellas un mejor servicio.

Es necesario recordar que las administraciones de gobierno funcionan como una empresa no lucrativa que presta servicios públicos para el bienestar de la sociedad, entonces éstas deben considerar al usuario, como un cliente al que debe satisfacer con servicios de calidad, más aun cuando ese cliente paga con sus impuestos las obras que el Gobierno realiza. En concreto, el servicio que presta la Administración de las carreteras deberá ser un servicio con calidad, entendida ésta como aquella que satisface los requisitos o expectativas del usuario. Por lo tanto, para las estrategias de conservación y mejoramiento del servicio de la red de carreteras es indispensable que se considere la opinión del usuario.

Actualmente el operador de la red utiliza criterios técnicos y auxiliado de equipo especializado determina cuál es el nivel de calidad que presta la red de carreteras, detecta cuáles deberían ser las estrategias de conservación para alcanzar los niveles de calidad del servicio óptimo que a su juicio debería tener la carreteras. Aquí cabría preguntarse ¿la calidad del servicio es entendida de igual manera tanto por el operador como por el usuario?, definitivamente

\* Department of Environmental Science and Technology. Tokyo Institute of Technology

\*\* Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Guanajuato.

PALABRAS CLAVE: Percepción; Evaluación; Satisfacción; Usuario; Carretera; Delphi.

KEYWORDS: Perception; Evaluation; Satisfaction; Road users; Delphi.

Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), con la finalidad de determinar las asignaciones presupuestarias para la conservación de las carreteras. Con esto quedaría considerada la opinión del usuario en las estrategias de conservación para mejorar el servicio que una red de carreteras presta. El producto de esta investigación es la metodología para determinar el Indicador del Nivel de Satisfacción del Usuario de las Carreteras y para su validación se hace el estudio de caso de la Red Estatal de Carreteras Pavimentadas de Guanajuato.

Strategies for the maintenance of roads are typically determined based on technical criteria, that use indicators which were obtained using sophisticated equipment and interpreted by the expert on roads (e.g. international roughness index, pavement deformation, and physical condition evaluation). However, road user's opinion is not considered. This paper analyses the pertinence of considering the road user's opinion to obtain parameters that could be used as an additional criteria when evaluating the quality of the offered service and defining maintenance strategies by road operator organisms. Obtained parameters are validated and using the Delphi technique they were weighted and assembled into a unique value termed Road User Service Level Indicator — Indicador del Nivel de Servicio del Usuario de las Carreteras (INSUC).

Recibido: 23 de Mayo de 2002

Aceptado: 14 de Octubre de 2002

te no, porque los usuarios tienen otro enfoque, simplemente tienen en cuenta sus necesidades y de cómo éstas son satisfechas por el servicio prestado (Gerson, 1994). En este sentido los usuarios fijan sus propios criterios de valoración de la calidad en función de sus necesidades y sus expectativas.

El reto será conocer qué entiende el usuario por calidad del servicio, ya que esto nos reportará las variables para valorar el nivel de servicio que presta la red de carreteras (Vuillemin, 1999). Una vez identificadas las variables se pueden agregar en un indicador del nivel de satisfacción del usuario de las carreteras (INSUC).

Este indicador se integraría a otros de carácter técnico para la ayuda a la toma de decisiones en la inversión de la conservación de las carreteras. De acuerdo a esto, cada operador de una red de carreteras debe contar con un sistema para medir el desempeño de las carreteras que considere aspectos como la demanda (tránsito diario promedio anual, TDPA), características superficiales (índice internacional de rugosidad, IRI), entre otros, pero sobre todo debe considerar las necesidades de los usuarios y sus expectativas.

## OBJETIVO GENERAL.

Presentar los resultados de la primera serie de investigaciones encaminadas a la determinación de una metodología que permita valorar el nivel de satisfacción de los usuarios de la red de caminos pavimentados, con la finalidad de que sea considerado como un criterio adicional, a los ya existentes, como ayuda a la toma de decisiones sobre las estrategias de inversión en la conservación de las carreteras.

## OBJETIVOS PARTICULARES.

Los objetivos particulares de la metodología para valorar la calidad del servicio de una red de carreteras son los siguientes:

- Identificar las variables que utiliza el usuario para evaluar la calidad del servicio de la red de carreteras.
- Ordenar, bajo el consenso de la opinión de los expertos en carreteras, la información obtenida en el punto anterior que definen la calidad del servicio y determinar los pesos de importancia relativa para la agregación de las valoraciones en un solo indicador.
- Validar los criterios seleccionados realizando un estudio de caso: la Red Estatal de Carreteras Pavimentadas del Estado de Guanajuato.

## METODOLOGÍA.

La metodología propuesta se compone de tres etapas y se describe en los siguientes párrafos (ver figura 1).

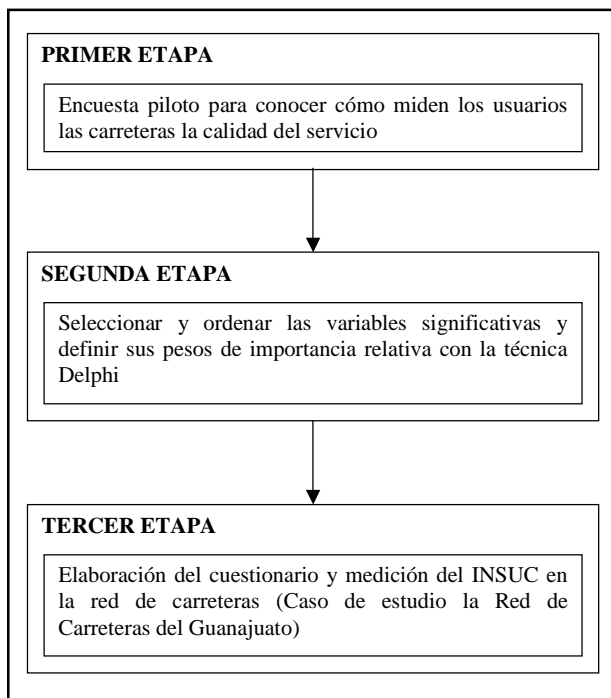


Figura 1. Esquema que representa la metodología utilizada para determinar el INSUC.

### PRIMERA ETAPA: DEFINIR CÓMO MIDE EL USUARIO LA CALIDAD DE LA CARRETERA.

- Se definieron los componentes de la carretera que la caracterizan técnicamente y que pueden ser observadas por el usuario.
- Con las variables definidas en el apartado anterior se formuló un cuestionario en términos coloquiales para aplicarlo en una encuesta a los usuarios de las carreteras, con el objetivo de conocer los criterios que utilizan para medir la calidad del servicio. Al usuario se le pide que ordene de mayor a menor importancia las variables que en su juicio miden la calidad del servicio.

### SEGUNDA ETAPA: SELECCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LAS VARIABLES EN

### CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LA CALIDAD Y DETERMINACIÓN DE LOS PESOS DE IMPORTANCIA.

- Debido a que la información recabada en la encuesta piloto es abundante, es necesario realizar una selección de las variables más relevantes y asignarle un peso, según su importancia relativa en el aporte a la determinación del Nivel de Satisfacción de los Usuarios. Para esto se recurrió a un panel de expertos y se alcanzó el objetivo aplicando una técnica de consenso. Para esto se eligió de entre cinco técnicas (Brainstorming/filtrado, Método de la tarjeta de consenso, Matriz de selecciones apareadas, Técnicas de grupo nominal, Técnica de calificación de criterios y la Técnica Delphi) Todas estas técnicas, excepto Delphi, encaran a los participantes. Esto es indeseable cuando se requiere alcanzar el consenso sin la influencia y presiones de grupos o personas dominantes (Kelly, 1994).

Delphi es una técnica que se desarrolló en 1949 con fines de estrategia militar, sin embargo, durante los años que le han sucedido a la fecha de su creación, la Técnica Delphi ha sido usada en infinidad de temáticas que la mantiene vigente (Woudenberg, 1991, Gupta y Clarke, 1996).

### TERCERA ETAPA: MEDICIÓN DEL NIVEL DE SATISFACCIÓN DEL USUARIO DE LAS CARRETERAS.

- Se elaboró un cuestionario como instrumento para la recolección de la opinión de los usuarios de la red de carreteras. El cuestionario se redactó de acuerdo a las variables y criterios de calidad detectados en los pasos anteriores.
- Recolección de la opinión de los usuarios. Una vez que se obtuvo el cuestionario, fue necesario recoger la opinión de los usuarios sobre su percepción en cuanto al cumplimiento de sus expectativas al conducir por la red de carreteras pavimentadas. Tal recolección fue realizada en los diferentes tramos de la red de carreteras en una campaña de en-

cuestas, de tal manera que la muestra fuese representativa tomando en cuenta el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA).

- Realizada la campaña de encuesta se procedió al tratamiento estadístico y a la agregación de las valoraciones a cada variable para obtener el Indicador del Nivel de Satisfacción del Usuario de las Carreteras (INSUC).
- Validación de la metodología. Independientemente de la recolección de la opinión del usuario para las variables que determinan el INSUC, y con el objetivo de comprobar la consistencia del método, durante la encuesta se le preguntó al usuario sobre la valoración directa de la satisfacción que experimenta al utilizar la Red de Caminos. Debido a que se trata de medir la apreciación del usuario, es necesario utilizar una escala cualitativa. El tipo de escalas que se utiliza en estos casos son: el Escalonamiento tipo Likert, Diferencial semántico y Escalograma Guttman (Hernández R. y varios, 2000). Para la recogida de la opinión del usuario en las carreteras demorarlo lo menos posible, por otro, se debe utilizar una escala que mida la satisfacción del usuario. La escala que satisface los requisitos es la escala Likert (De Vaus, 1996). Para determinar la consistencia se realizó el cruce de valores del INSUC y la opinión directa del usuario en la escala de Likert. Del contraste de ambas se pudo verificar que los resultados por ambos procedimientos son congruentes.

## EL PROCEDIMIENTO DELPHI

### EL PROCESO

El método Delphi fue desarrollado por Kaplan, Skogstad, y Cirshick (1949) y refinado por Helmer y Dalkey de la Corporación RAND en 1953, para responder la pregunta de la Fuerza aérea de los Estados Unidos acerca de la posibilidad de una ataque nuclear por parte de lo Unión Soviética (Linstone and Turoff, 1975). Desde entonces el Delphi ha

sido usado muchas veces, en la mayoría de las disciplinas, por variadas razones, y bajo muchas permutaciones.

Delphi es un método para estructurar un proceso de comunicación grupal, de tal forma que el proceso es efectivo al permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar con problemas complejos (Linstone and Turoff, 1975). Consiste de una serie de preguntas a un grupo de individuos de quienes su opinión es de interés, con preguntas continuadas en “rondas” donde las respuestas anónimas de los participantes son remitidas al grupo completo para comentarios hasta que se alcanza consenso, divergencia, o estasis.

No existen reglas difíciles y rápidas para la implementación del Delphi. Sin embargo, todos los estudios Delphi siguen un procedimiento general como el mostrado en la figura 2. Una descripción breve de la técnica Delphi se puede resumir en los siguientes pasos son:

1. Identificación del problema.
2. Formación de un panel de expertos.
3. Presentación del problema al panel por medio de un cuestionario (de manera anónima) y se le solicita su respuesta.
4. Las respuestas son sintetizadas a una serie de afirmaciones.
5. Las afirmaciones sintetizadas son enviadas al panel (en un proceso de retroalimentación) con el objetivo de reconsiderar su primera opinión.
6. El panel responde y se analiza la información.
7. El proceso continuo hasta que se identifica convergencia, divergencia o estasis.

De acuerdo a lo anterior los estudios Delphi comparten tres características distintivas: anonimato, retroalimentación de respuestas individuales hacia el grupo, y análisis estadístico usando la mediana y la dispersión. El análisis

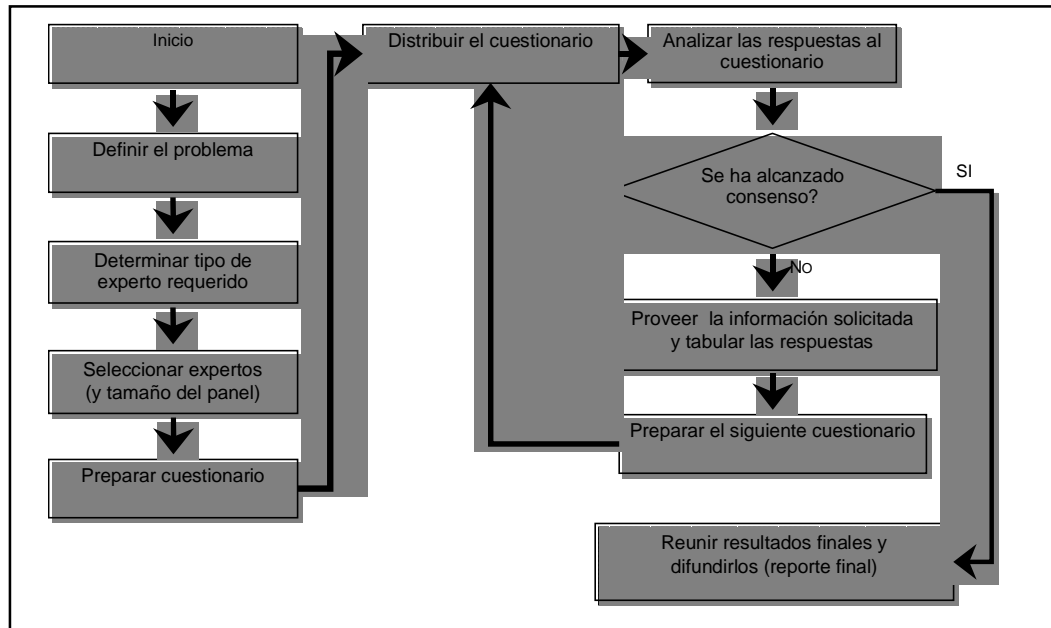


Figura 2. Pasos del Experimento Delphi

estadístico es obtenido sintetizando respuestas de cada participante y presentándolas al grupo, en rondas, como afirmaciones en respuestas en Escala Likert. En la mayoría de los estudios Delphi, los participantes son mantenidos en el anonimato y nunca se reúnen cara a cara. En todos los estudios Delphi, sin embargo, el anonimato de las respuestas es mantenido para evitar el dominio de algún grupo debido a participantes considerados influyentes o poderosos, evitar persuasión especiosa, al igual evitar que algunas opiniones sean hechas públicas y otros afectos psico-sociales de situaciones de decisiones de grupo cara a cara (Welty 1971, Gupta and Clarke, 1996).

#### CRITERIO PARA TERMINAR EL EXPERIMENTO DELPHI

En este estudio fue empleado un criterio jerárquico de terminación basado en la estabilidad y concordancia del experimento Delphi, indicado por Dajani, Sincoff y Wayne (1979). Según los autores, la estabilidad se refiere a la medición de la variación de la opinión de los expertos entre una ronda de opiniones y la ronda anterior. En lo que respecta a la concordancia,

trata de medir el grado de acuerdo que sobre un tema específico han alcanzado los opinantes, la figura 3 muestra estos criterios.

De acuerdo a lo anterior, sobre un tema o pregunta dada, la estabilidad de las respuestas para cada ronda se prueban contra la ronda anterior. Si se determina inestabilidad, se genera una nueva ronda, para obtener nuevas respuestas y tener la posibilidad de redeterminar la estabilidad / inestabilidad. Si en una ronda determinada se encuentra que las respuestas son estables (primera condición a cumplir), entonces se debe buscar el nivel de acuerdo o convergencia de opinión obtenida (como segunda condición). Para ello se procede a determinar la estrategia que se empleará en las rondas siguientes. Esta estrategia debe considerar, de entre las opciones posibles, el terminar una respuesta particular o rescribirla para mejorar su claridad o cambiar su enfoque.

#### NIVELES DE ACUERDO

Asumiendo que los participantes han mostrado estabilidad en sus respuestas en dos rondas consecutivas, esta estabilidad puede ser manifes-

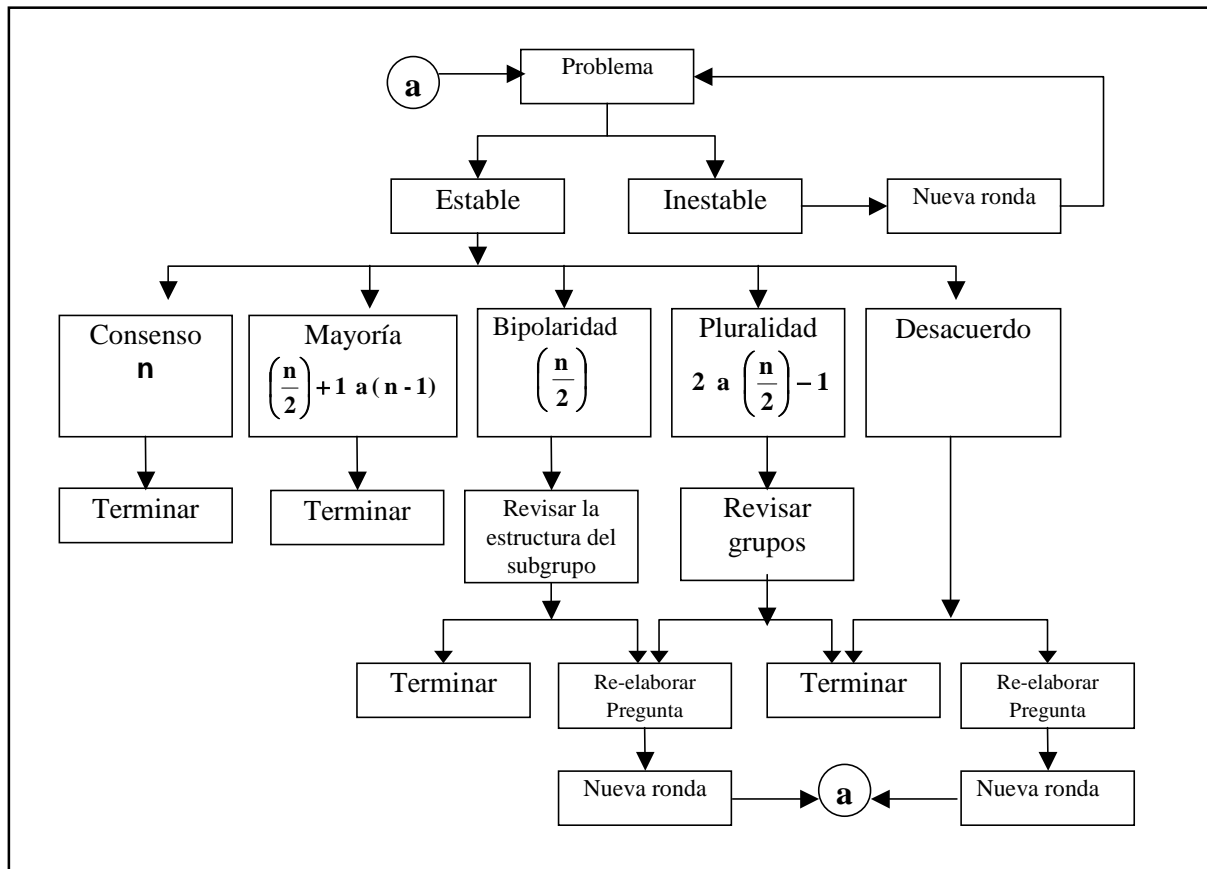


Figura 3. Criterio jerárquico de terminación del estudio Delphi

tada en una de las siguientes formas: 1) Consenso: ocurre cuando se obtiene unanimidad respecto a una pregunta, en este caso se puede dar por terminado el estudio. 2) Mayoría: ocurre cuando más del 50% de los participantes exhibe consistencia. En este caso se puede decir que se obtiene mayoría y se observa que existe aparente acuerdo entre la minoría, entonces el estudio puede darse por terminado. 3) Bipolaridad: ocurre cuando los participantes están igualmente divididos sobre alguna pregunta. Cuando hay bipolaridad se deberá determinar la naturaleza de la estabilidad entre los dos grupos bipolares (p.e. acuerdo entre subgrupos en base a diferentes niveles y tipos de experiencia). Se debe decidir si se termina o se reescribe alguna pregunta en particular. Si se decide esto último, se tendrá que llevar a cabo una nueva ronda utilizando la pregunta reescrita. Esta pregunta debe pasar la prueba de estabilidad antes de ser retirada del estudio. 4) Pluralidad: ocurre cuando una gran

parte de los participantes (pero menos del 50%) alcanzan acuerdo. Cuando hay pluralidad, se deberá revisar el consenso dentro del grupo plural y la naturaleza de la estabilidad, si existe alguna, entre otros participantes individuales o grupos de participantes. Si la estabilidad no se ha establecido, se tendrá que llevar a cabo una nueva ronda de preguntas. Si por otro lado, la estabilidad es establecida, existe la opción de terminar esa pregunta en particular o reescribirla e incluirla en la rondas siguientes. 5) Desacuerdo: ocurre cuando cada participante mantiene puntos de vista independientes de los de otros participantes, de tal forma que no puede obtenerse consonancia entre las respuestas. Cuando se obtiene el desacuerdo estable para una pregunta dada, se debe tomar la decisión entre terminar o reescribir la pregunta. Si se decide esto último, la pregunta reescrita será incluida en las rondas siguientes y podrá ser retirada del estudio hasta que haya pasado la prueba de

estabilidad o se considere que no pueden esperarse mas beneficios de reescribirla.

De aquí la importancia de que la estabilidad / inestabilidad sean determinadas para cualquier ronda. Si se encuentra estabilidad, se debe aplicar una regla de decisión para identificar si existe consenso, mayoría, bipolaridad, pluralidad y desacuerdo. Por ejemplo: en un estudio Delphi con 20 panelistas, el consenso será alcanzado por unanimidad con los 20 panelistas; la mayoría con un número comprendido entre los 11 y 19 panelistas respondiendo en la misma manera; bipolaridad con 10 panelistas opinando de una manera y 10 de otra; pluralidad con el grupo comprendido entre 2 y 9; y desacuerdo cuando nadie opina igual.

### SELECCIÓN DE EXPERTOS

Se ha determinado que los miembros del panel deberían reunir al menos una de las siguientes características: a) profesional con al menos 3 años de experiencia en caminos; b) especialista en caminos y tránsito; c) miembro del alguna asociación del sector infraestructura del transporte (Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres o Colegio de Ingenieros Civiles); d) miembro de alguna empresa de consultoría del sector con más de 3 años de experiencia en carreteras o trabajos relacionados.

### RESULTADOS OBTENIDOS

A fin de mostrar la metodología para determinar el INSUC detalladamente, se realizó el estudio de caso en la Red Estatal de Carreteras Pavimentadas de Guanajuato. Los resultados de la aplicación de la metodología se presentan en las siguientes tres etapas.

#### PRIMER ETAPA

Se realizó una investigación sobre los atributos que caracterizan a las carreteras, por ejemplo: ancho de carril, acotamientos, estado superficial del pavimento, visibilidad de las señales, líneas del pavimento, existencia de topes, exis-

tencia de áreas verdes, etc. Cada uno de estos atributos se ordenaron por grupos de acuerdo a criterios como: seguridad, comodidad, rapidez, servicio, medio ambiente y movilidad.

Este orden permitió redactar una encuesta en términos que fueran de la comprensión de los usuarios; principalmente se le pide al usuario, con tarjetas ayuda memoria, que ordene de mayor a menor importancia los atributos de la carretera. Este cuestionario fue aplicado a 1200 usuarios en la red de carreteras administrada por el Gobierno de Guanajuato. Un ejemplo de resultados de la encuesta para identificar cómo miden los usuarios la calidad del servicio de las carreteras, lo constituyen las características geométricas de las carreteras y el señalamiento vertical, esto se puede observar en las figura 4 y figura 5, respectivamente. En ellas, el eje de las abscisas representa el número ordinal, mientras que en el eje de las ordenadas se puede obtener el porcentaje de usuarios que opina qué variable es más importante para medir la calidad. Por ejemplo, en la figura 4 se puede ver como el usuario opina que se debería considerar como más importante el ancho de carril y en segundo lugar los acotamientos. Mientras que en el señalamiento (figura 5) es más importante el número suficiente de señales y después la pertinencia de las mismas.

#### SEGUNDA ETAPA

En esta etapa se seleccionan los atributos y variables que el usuario considera más importantes para definir cada uno de los criterios (seguridad, comodidad, rapidez, etc.), que en su conjunto determinan el INSUC, esto se realiza con la ayuda de un panel de expertos conformado por 34 expertos en carreteras, ver tabla 1.

Es evidente que la importancia de cada uno de los criterios es diferente, por lo que es necesario definir los pesos de importancia relativa. Para ello se recurre al mismo panel de expertos para pedir su opinión sobre la importancia relativa de los criterios, de acuerdo a su conocimiento y experiencia. Para evitar la influencia

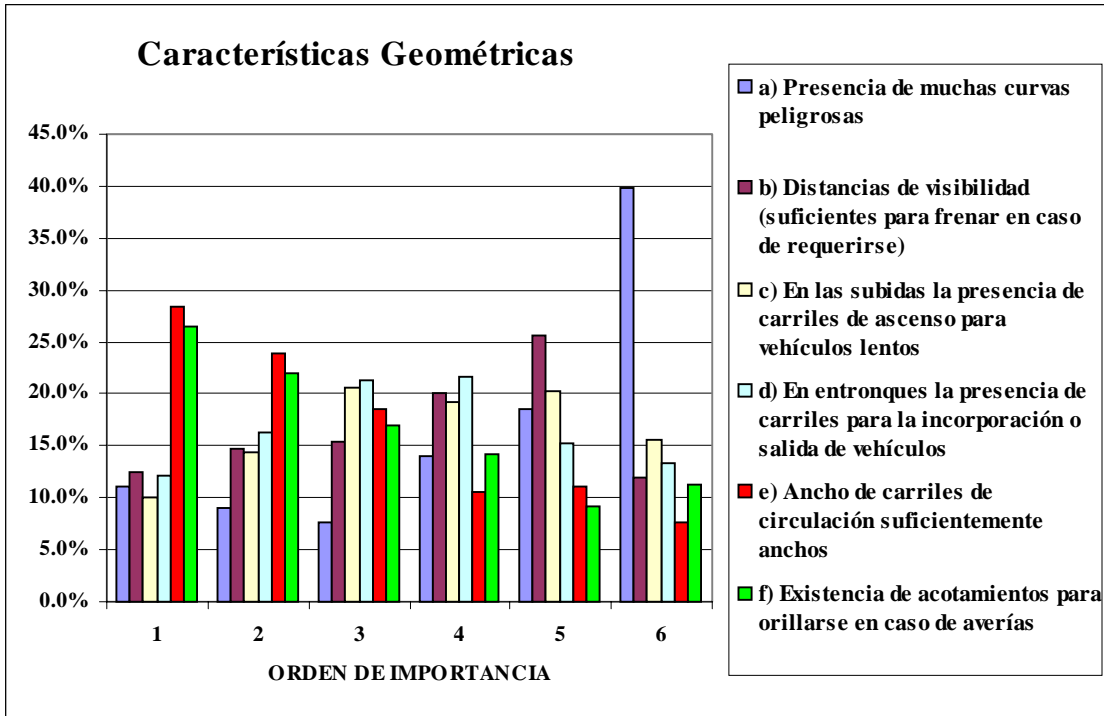


Figura 4. Características Geométricas

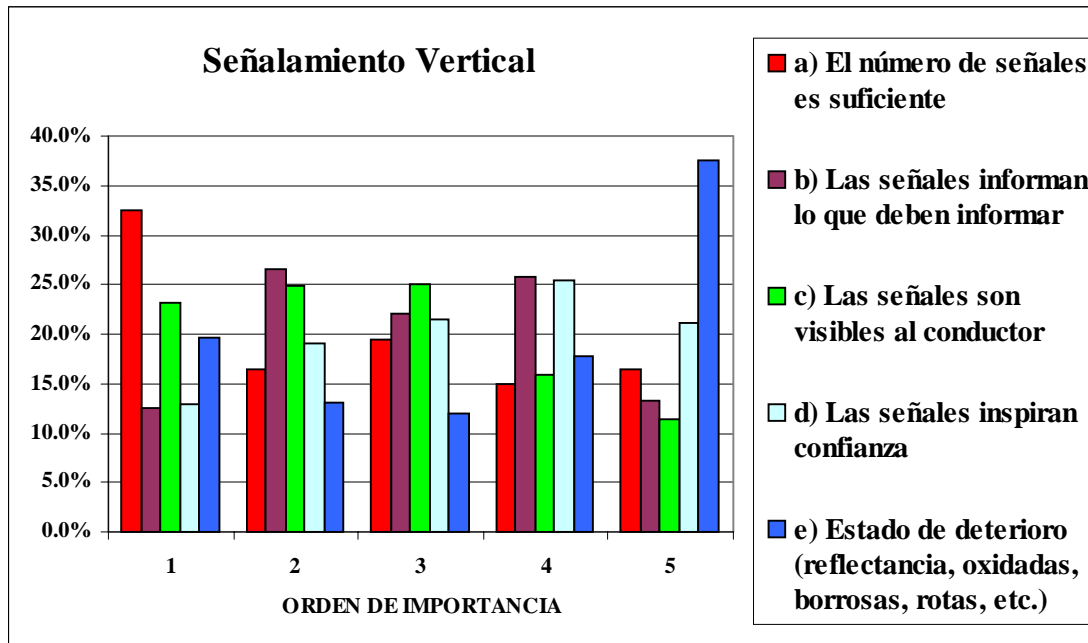


Figura 5. Señalamiento vertical



Tabla 1. Relación de los criterios, atributos y variables que definen el INSUC

	Criterio	Atributos	Variables
Nivel de satisfacción	Seguridad	Características geométricas	Ancho de carril Acotamientos
		Superficie de rodamiento	Estado de la superficie Drenaje de la superficie
		Señalamiento vertical	Número suficiente Visibilidad de la señal
		Señalamiento horizontal	Raya central Rayas laterales
		Elementos de seguridad	Barreras laterales Reflectantes
	Comodidad	Estado de la superficie Paraderos de descanso	
	Rapidez	Ancho del carril Fluidez	
	Movilidad	Disponibilidad Seguridad	
	Servicios	Paraderos de descanso	
	Medio ambiente	Limpieza en la calzada Limpieza del derecho de vía	

de unos expertos sobre otros, se recurre a la técnica Delphi cuyo objetivo es ayudar a alcanzar el consenso de la opinión de grupo, aplicado individualmente por medio de un cuestionario para garantizar la confidencialidad de la opinión. Esta metodología ya fue descrita en el apartado anterior.

Como ejemplo de los resultados obtenidos de proceso Delphi, se puede observar la estabilidad en las figuras 6 y 7, dado que las distribuciones de opiniones de las ponderaciones en ambas rondas son semejantes; y el Consenso de la mayor ponderación promedio en las figuras 8 y 9. La técnica se aplicó a 34 expertos y se finalizó en la segunda ronda en un tiempo de un mes.

En lo que se refiere al análisis de confiabilidad en la estabilidad de las opiniones emitidas por los expertos durante dichas rondas, se utilizaron:

a) Las Pruebas No Paramétricas: Prueba Kruskal-Wallis y Análisis de Variancia por Rangos (estadística de prueba  $H_{pba}$ , distribución muestral  $\chi^2_{\alpha/kl}$ ), y

b) Las Pruebas Paramétricas: Análisis de Variancia y Distribución F (estadística de prueba  $F_{pba}$ , distribución muestral  $F_{\alpha/n_1, n_2}$ ) (Siegel S. 1983, Mason, R. y Lind, D. A. 1998).

En cada una de las pruebas se realizaron el contraste de hipótesis, para comprobar si la distribución de opinión de los expertos que manifestaron en cada uno de los criterios de valoración, en la seguridad de la carretera (características geométricas, superficie de rodamiento, señalamientos y elementos de seguridad respectivamente) en ambas rondas permanecía igual, se obtuvo que las estadísticas de prueba quedaron comprendidas en la región de aceptación de la hipótesis nula, utilizando un nivel de significación de 0.05, por lo que se puede inferir que hay estabilidad de opiniones en ambas rondas. Asimismo en los criterios de valoración del nivel de satisfacción del usuario (seguridad, comodidad, rapidez, movilidad, servicios y medio ambiente), se obtuvo que la distribución de opiniones en ambas rondas permanecía igual.

Los modelos estadísticos empleados en el análisis de confiabilidad de la concordancia de las opiniones expresadas por los expertos durante la primera y segunda ronda, fueron las siguientes:

Las Pruebas No Paramétricas: Prueba de McNemar para la Significación de los Cambios (estadística de prueba  $\chi^2_{pba}$ , distribución muestral  $\chi^2_{\alpha/kl}$ ), y la Prueba de los Signos (distribución binomial). (Siegel S. 1983, Mason, R. y Lind, D. A. 1998).

En los criterios de valoración en la seguridad de la carretera y así como en el nivel de satisfacción del usuario, se realizaron las pruebas de hipótesis referente a los cambios de opinión de los expertos, con relación a la ponderación de los criterios, considerando un nivel de confianza del 0.05, se obtuvo concordancia en las opiniones de los expertos en ambas rondas.

Se hace notar que se aplicó un análisis de valores atípicos (Barnett, V. and Lewis, T. 1994) en cada muestra de ponderaciones, con la

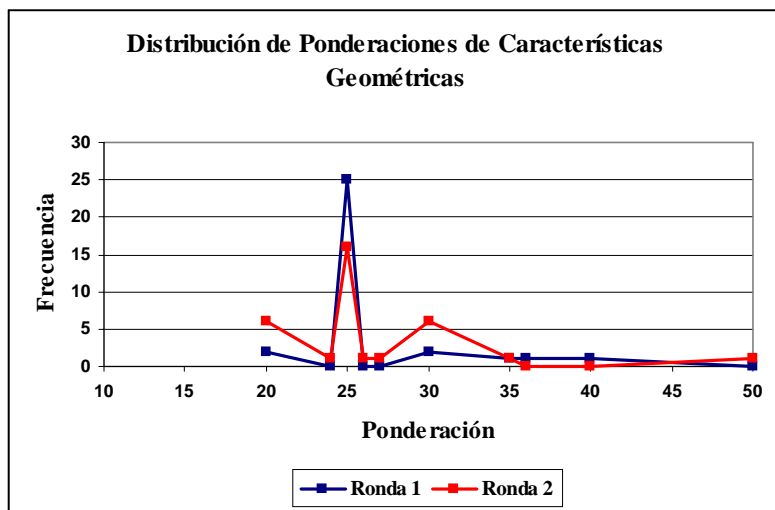


Figura 6. Distribución de Ponderaciones de Características Geométricas

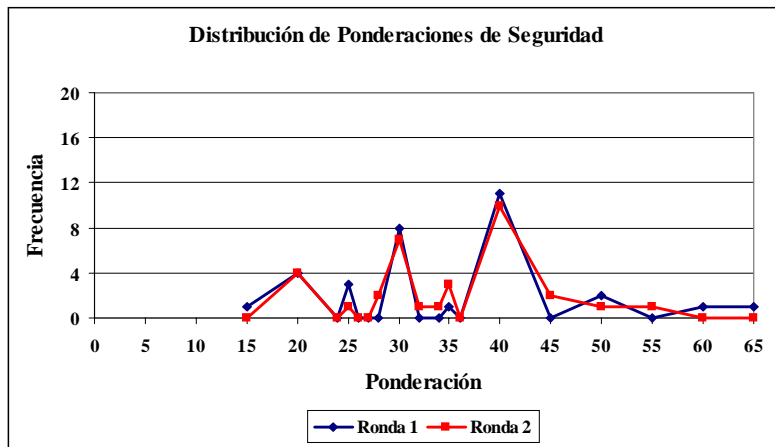


Figura 7. Distribución de Ponderaciones de Seguridad

finalidad de tener la seguridad de incluir todos los valores para su respectivo análisis de confiabilidad.

### TERCER ETAPA

Finalmente, con el objetivo de conocer el INSUC se diseñó un cuestionario que considerara los criterios definidos en las etapas anteriores. El cuestionario fue aplicado a los usuarios de la Red Estatal de Carreteras y se les pidió que valoraran cada uno de los atributos utilizando una escala de 1 a 5, considerando que 1 es la menor calificación y 5 la mayor.

Se le da tratamiento estadístico y se agregan las valoraciones de los usuarios a fin de obtener la ponderación para cada criterio. A su vez cada criterio se puede agregar y conformar el INSUC.

Para determinar la consistencia de las valoraciones obtenidas de esta metodología, en el mismo cuestionario se le pide al usuario que realice un juicio de valor sobre el Nivel de Satisfacción que experimenta al circular por las carreteras de la Red Estatal. Para esto se utilizó una escala para medir las actitudes, muy utilizada para investigaciones de tipo social, denominada escala de Likert (DE VAUS, 1996). La escala fue de 5 grados de satisfacción (muy satisfecho, satisfecho, ni satisfecho ni insatisfecho, insatisfecho y muy insatisfecho), de tal manera que fuera congruente con la escala numérica utilizada en la definición del INSUC. De esta manera se podrá confrontar los dos resultados y emitir un juicio sobre la consistencia de los resultados.

Para realizar la encuesta, se buscó la representatividad de la población de usuarios utilizando el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de toda la Red de Carreteras del Estado de Guanajuato. De acuerdo al TDPA que pasa por cada carretera, se asigna el número de encuestas a aplicar en ellas. En este caso el TDPA fue de 115, 923 vehículos en toda la Red. Teniendo en cuenta un nivel de confianza del 95% y un error de estimación del 2.39%, el tamaño de la muestra representativa es de 1657 vehículos. En la tabla 2 se puede observar la distribución proporcional de las encuestas a realizar por coordinación (Coordinación es la división administrativa de la red de carreteras del Estado de Guanajuato).

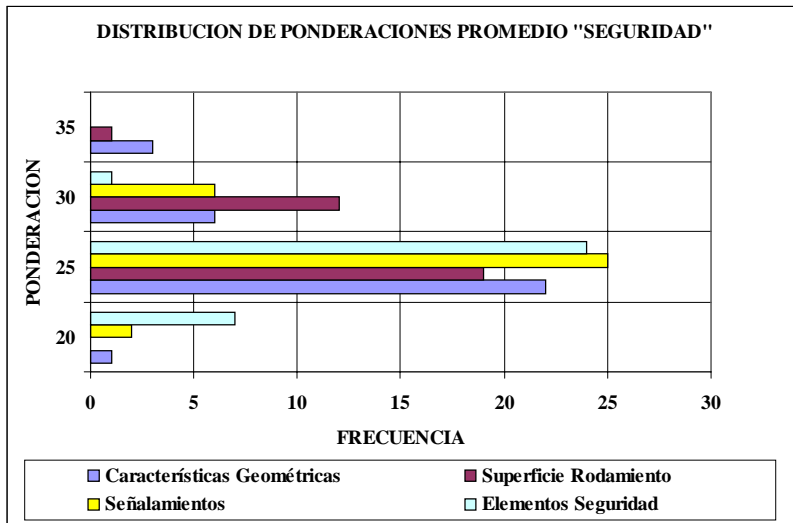


Figura 8. Distribución de Ponderaciones Promedio

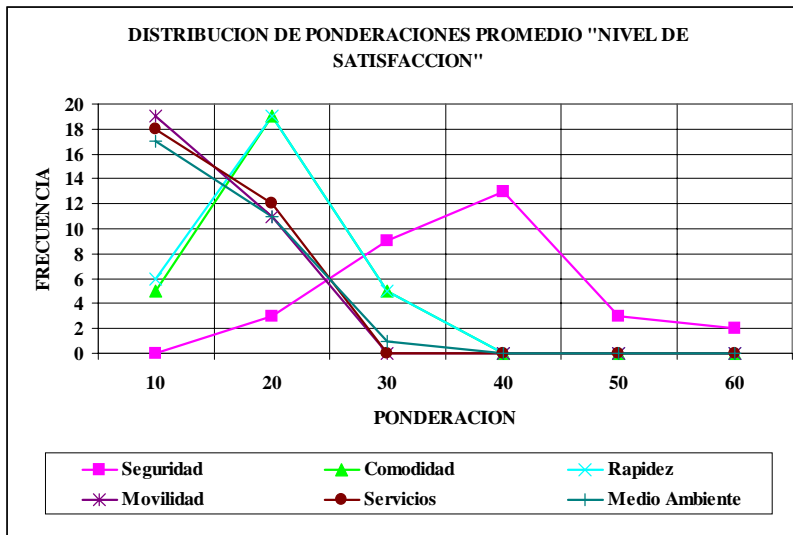


Figura 9. Distribución de Ponderaciones Promedio

Los resultados en general para toda la red, en lo que se refiere al criterio de seguridad, se pueden observar en la tabla 3. Asimismo para toda la Red de Carreteras el INSUC se puede ver en la tabla 4.

En lo que se refiere a la opinión directa del usuario sobre el Nivel de Satisfacción en la que se utilizó la escala de Likert, los resultados quedan reportados en la tabla 5.

## DISCUSIÓN

El proceso para definir cómo mide el usuario la calidad del servicio de la Red de Carreteras, fue exitoso debido a que se obtuvo una gran cantidad de atributos ordenados por su importancia. Esto constituye un insumo de mucha importancia para definir los criterios de valoración de la calidad del servicio de acuerdo a la percepción que tiene el usuario.

La aportación realizada por el panel de expertos sobre la organización de la información referente al punto anterior en criterios de valoración, fue realizada con la intención de poder correlacionar la opinión del usuario con los diferentes criterios técnicos utilizados, lo que permite tener una buena integración de la información y la posibilidad de confrontar resultados de la opinión del usuario con otros estudios técnicos de carreteras.

La determinación de los pesos relativos para integrar los criterios, fue obtenida gracias a la Técnica Delphi con mucho éxito. Una vez más, ésta demuestra ser muy eficaz en el consenso de la opinión, ya

que fue alcanzado en la segunda ronda con buenos resultados de acuerdo a los criterios de estabilidad y de convergencia.

En el estudio de caso, y en particular en la opinión directa del usuario sobre el nivel de satisfacción que experimentaba al circular por la Red de Carreteras (ver figura 10), existe consistencia en los resultados si se correlaciona con una escala numérica (escala de 1 al 5) las opiniones cualitativas del nivel de satisfacción (ver tabla 5), con la finalidad de confrontarlo con el INSUC (Tabla 4). De esta manera se encontró que para el INSUC el resultado fue de 3.25,

**Tabla 2.** Distribución proporcional por coordinación

Coordinación regional	TDPA (Muestra)	Porcentaje
Abasolo	313	18.89%
Celaya	496	29.93%
Dolores Hidalgo	72	4.35%
León	470	28.36%
Salvatierra	252	15.21%
San Luis de la Paz	54	3.26%
TOTAL	1,657	100.00%

**Tabla 3.** Calificación promedio del criterio de seguridad

Criterio	Calificación del usuario	Ponderación	Calificación ponderada
Características geométricas	2.8546	0.25	0.7137
Superficie de rodamiento	3.4842	0.25	0.8711
Señalamiento	3.3801	0.25	0.8450
Elementos de seguridad	2.5697	0.25	0.6424
Calificación promedio	3.1340		3.0722

**Tabla 4.** Determinación del Indicador del Nivel de Satisfacción del Usuario de Carreteras

Criterios	Calificación	Ponderación	Calificación ponderada
Seguridad	3.0722	0.35	1.0753
Comodidad	3.1852	0.17	0.5415
Rapidez	3.4971	0.16	0.5595
Movilidad	3.7137	0.10	0.3714
Servicios	3.1615	0.11	0.3478
Medio ambiente	3.2937	0.11	0.3623
Calificación total ponderada			3.2577

**Tabla 5.** Nivel de Satisfacción según escala de Likert

Nivel de satisfacción (escala Likert)	Número de opiniones	Porcentaje	Calificación
Muy satisfecho	123	7.50%	5
Satisfecho	1009	61.52%	4
Ni satisfecho ni insatisfecho	355	21.65%	3
Insatisfecho	136	8.29%	2
Muy insatisfecho	17	1.04%	1
Suma	1640	100.00%	
Calificación promedio			3.66

Nota: no contestaron 17 usuarios

mientras que para la valoración directa del usuario sobre el nivel de satisfacción (utilizando la escala de Likert y correlacionándola con valores numéricos) el resultado fue de 3.66. La similitud de las valoraciones promedio nos indica que

la determinación del INSUC en el estudio de caso es consistente. En la figura 11 se puede apreciar la concordancia existente entre ambas valoraciones (Montaño, 1993).

En este caso la consistencia se debió en parte a que las características y por lo tanto la clasificación de las carreteras son muy similares. El 90.26% de las carreteras en la Red de Carreteras del Estado de Guanajuato son de tipo C y D (ver tabla 6). Esto indica que para otros casos (en otra red de carreteras estatal), en el que los porcentajes de caminos de mayor jerarquía se incrementen, será necesario definir los criterios para valorarlos de acuerdo a sus condiciones particulares. Por lo que es importante seguir con esta metodología para determinar los criterios para valorar otros tipos de caminos de acuerdo a la clasificación por características geométricas y/o de TDPA (La Secretaría de Comunicaciones y Transportes clasifica a las carreteras por su Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), es decir, por el número de vehículos que pasa por ellas diariamente. De esta manera, a mayor TDPA la carretera es más importante y, por lo tanto, es construida con mejores características geométricas y tolera velocidades de proyecto mayores. De acuerdo con esto, la clasificación va de la A a la E, siendo la carretera tipo A de mejores características y la E de características más modestas. Cuando estas carreteras son de dos carriles, uno por sentido, simplemente se clasifican por la letra. Cuando las carreteras son de más de un carril por sentido se especifica el número de carriles con número. Por ejemplo, una carretera de tipo A que tiene cuatro carriles (dos por sentido) es calificada como un caso especial y se denomina A4, (SCT, 1984).

**Tabla 6.** Clasificación de caminos de la Red de Carreteras de Guanajuato en porcentaje

Tipo de camino	Porcentaje
A4	1.96
C4	0.76
B	7.78
C	83.00
D	6.50

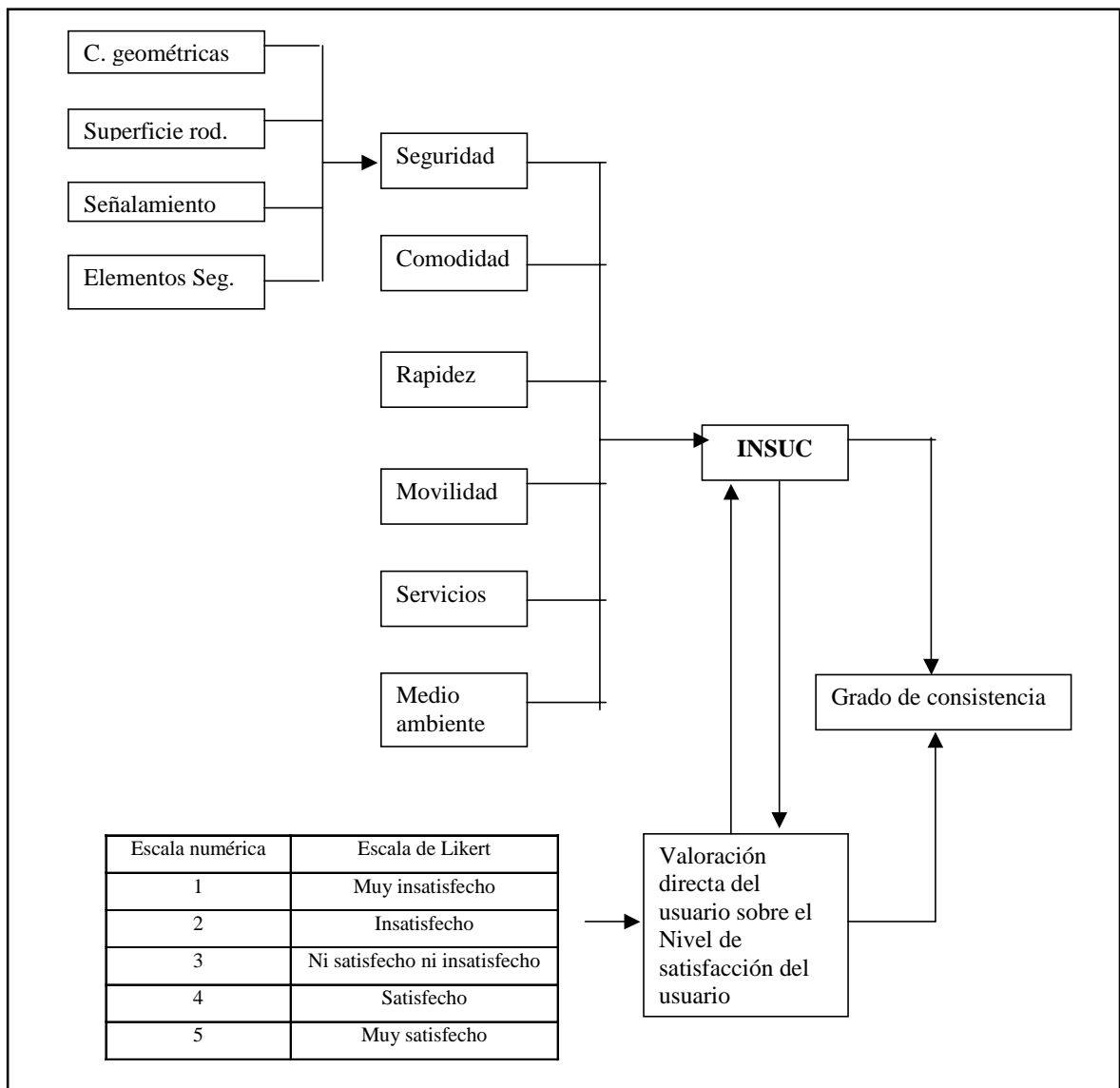


Figura 10. Esquema que representa la forma en que es verificada la consistencia del INSUC.

Otro aspecto que salta a la vista para su discusión, se refiere a la determinación de pesos de importancia relativa de los criterios de valoración para determinar el INSUC, segunda etapa de la metodología. Estos pesos fueron determinados, con la ayuda de la técnica Delphi, por los técnicos expertos en caminos; es posible que al involucrar a otros actores (el punto de vista técnico especializado en el área) el INSUC presente cierto sesgo con relación a la opinión del usuario. Por lo que será prudente definir los pesos con la opinión de los usuarios.

Con el INSUC y otros indicadores técnicos, se puede realizar el análisis de alternativas de

conservación con las técnicas de análisis multicriterios para la ayuda a la toma de decisiones. En busca de satisfacer los criterios técnicos y los del usuario, maximizando beneficios con la mejor aplicación de los recursos anualmente asignados para la conservación de las carreteras.

## CONCLUSIONES

La importancia de que la opinión del usuario de la Red de Carreteras sea considerada en las estrategias de inversión para la conservación de las carreteras, es un punto en el que se está trabajando. Haciéndolo unilateralmente es prácticamente imposible, por lo que para demostrar

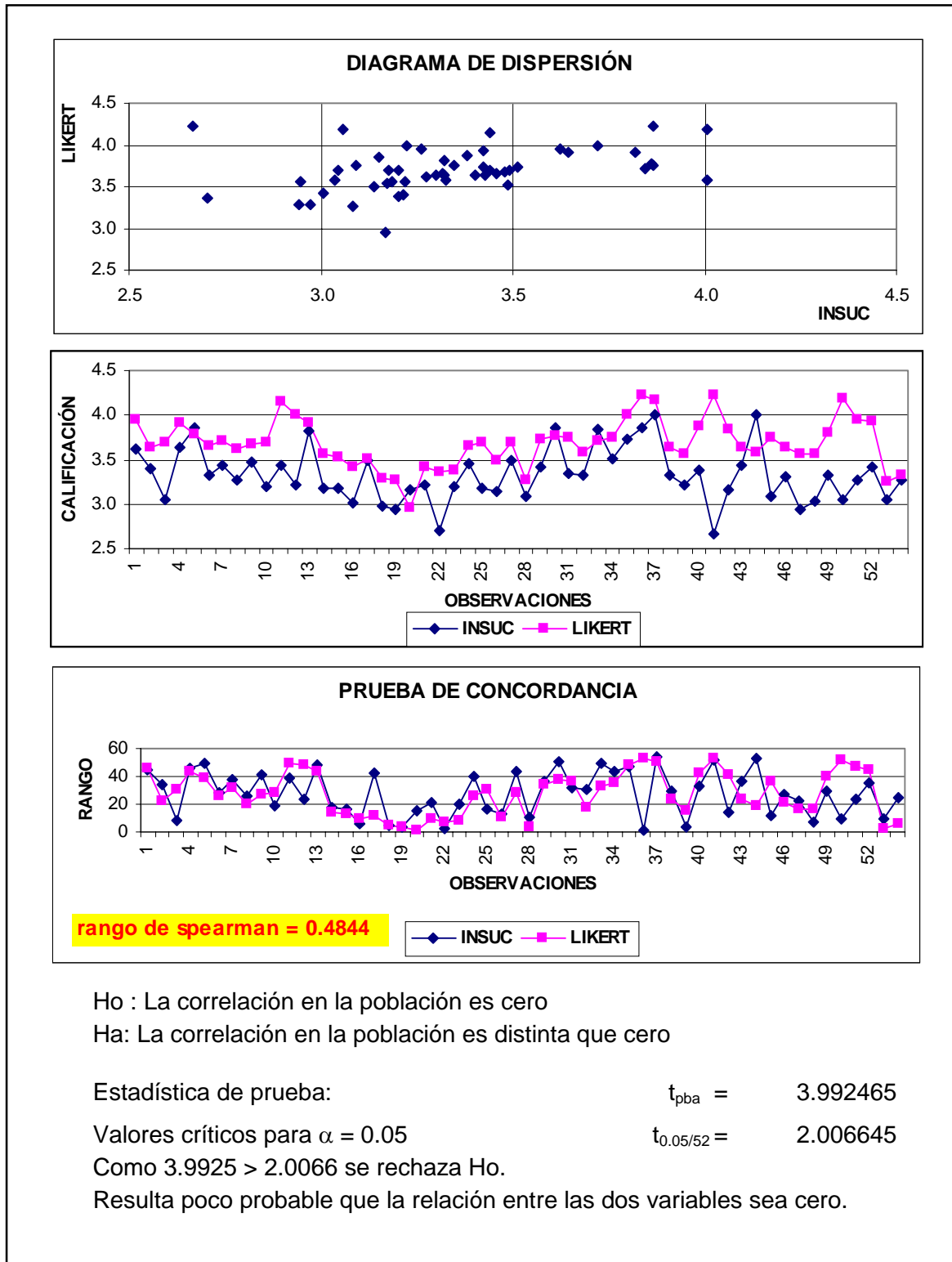


Figura 11. Concordancia entre INSUC y Likert

que la opinión del usuario puede ser un insumo de gran importancia para la toma de decisiones sobre las estrategias de conservación, se ha llegado a un acuerdo con la administración de carreteras del estado de Guanajuato para poner en práctica la metodología que aquí se propone. Los resultados de esto serán motivo de otro artículo tal como se indica en el objetivo general.

Con relación a los objetivos particulares, éstos han sido alcanzados, quedando únicamente para otros trabajos que se desprendan de éste, la aplicación de criterios de valoración acorde a cada tipo de carretera y la correlación con otros insumos técnicos.

Asimismo, queda para otro trabajo la determinación de los pesos de importancia relativa de los criterios de valoración utilizados para la determinación del INSUC. Este nuevo valor debería ser determinado con la opinión del usuario. Con los resultados obtenidos se pretenden contrastar resultados con los obtenidos por los expertos (técnica Delphi), para conocer el sesgo al que se incurre.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Guanajuato por permitirnos incursionar en la investigación; a la Secretaría de Obra Pública del Gobierno del Estado de Guanajuato por permitirnos realizar el estudio de caso en la Red de Carreteras y a Tránsito del Estado por proporcionarnos apoyo logístico en las campañas de encuestas.

## REFERENCIAS

- Barnett, V. and Lewis, T. (1994). *Outliers in statistical data*. England, Wiley & Sons.
- Dajani J., Sincoff M., y Talley W. 1979. Stability and Agreement Criteria for the Termination of Delphi Studies. *Technological Forecasting and Social Change*. Volumen 13, pp. 83-90
- De Vaus, D. A. (1996). *Survey in Social Research*. Australia. UCL Press. (411p).
- Gerson R. F. (1994). *Cómo medir la satisfacción del cliente*. México. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Gupta, U., y Clarke, R., (1996) Theory and Applications of the Delphi Technique: A Bibliography (1975-1994). *Technological forecasting and Social Change*, No. 53. New York. Elsevier Science Inc.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P., (2000). *Metodología de la Investigación*. México, D.F. Mc Graw Hill.
- Kaplan, A., A. Skogstad, and M.A. Cirshick (1949). *The prediction of social and technological events*. P-93. Santa Monica, CA: The Rand Corporation.
- Kelly, K., (1994). *Las técnicas para la toma de decisiones en equipo*. México, D.F. Ediciones Granica.
- Linstone, H.A., Turoff, M., (1975). *The Delphi Method: Techniques and applications*. Addison-Wesley, Reading, MA. Addison-Wesley.
- Mason, R. y Lind, D. A. (1998). *Estadística para administración y economía*. México. 8 Edición. Editorial Alfaomega.
- Montaño Agustín, (1993). *Estadística II*. México. Editorial PAC.
- SCT, (1984). *Normas de servicios técnicos: Proyecto Geométrico*. México. Dirección General de Servicios Técnicos.
- SCT, (1986). *Calificación del Estado Físico de la Red de Carreteras*. México. Dirección General de Servicios Técnicos.
- SCT, (1996). *Calificación del Estado Físico de la Red de Carreteras*. Dirección General de Servicios Técnicos y la Dirección General de Conservación de Carreteras.
- Siegel S. (1983). *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. 2a. ed. México. Editorial Trillas.
- Vuillemin, G., (1999) The quality of road service: evaluation, perception and response behaviour of road users. En: *AIPCR – C4, Routes, Transport et développement regional*, Paris. Ref. 21.04.B.
- Welty, G. A., (1971) A Critique of Some Long-Range Forecasting Developments, *Bulletin of the International Statistical Institute* 54.
- Woudenberg, F., (1991). *An Evaluation of Delphi*. New York. Elsevier Science Publishing.