

METODOLOGÍA PROPUESTA PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN DE LA UNIVERSIDAD: UNA MIRADA DESDE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

METHODOLOGY PROPOSED TO DETERMINE THE EMPLACEMENT OF THE UNIVERSITIES: AN APPROACH FROM THE INDUSTRIA ENGINEERING STANDPOINT

Recibido: 26/09/06

Aceptado: 25/10/06

Resumen

En este artículo se propone una metodología para determinar la localización óptima de la universidad estatal en las regiones. En la metodología establece un paralelo entre la universidad y una organización productiva, lo cual permite definir cuatro factores principales de localización: Material, método, mano de obra y maquinaria. En ella se presenta un procedimiento didáctico que permite identificar fácilmente en cada factor principal, otros factores que afectan el efectivo desarrollo de las funciones de la universidad, denominados factores secundarios de localización. La evaluación de las alternativas integra elementos de: métodos de localización, investigación cualitativa y métodos multicriterios discretos. Como resultado se obtiene una metodología y un modelo de localización aplicables a proyectos de inversión cuyo fin sea contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad. Este trabajo constituye una exploración inicial vista desde la Ingeniería Industrial, sujeta a discusión y análisis por parte de la comunidad académica a fin de potenciar el mejoramiento y la aplicación de la metodología propuesta, con participación de otras disciplinas.

Palabras clave: Metodología de localización, factores de localización, universidad en las regiones, modelo de localización, desarrollo regional.



Jorge Iván Pérez Rave¹

Abstract

*In this paper, a methodology to determine the optimal emplacement of the state's universities in regions is proposed. To develop this methodology, a comparison between universities and productive organizations was made. Materials, method, labor, and equipment were defined as main location factors due to their relevant role in the success of firms. The methodology shows a didactic procedure that allows to easily identify, in each main factor, other factors that affect the university's functions (location secondary factors). Elements of qualitative research, multi stages method, and **Brown-Gibson** method are integrated in the assessment of alternatives. As result, a location model and an integral methodology applicable to social investment projects is obtained. This is an initial exploration from the Industrial Engineering viewpoint, and it is subject to discussion and analysis on the part of the academic community so that, with participation of other academic fields, this methodology is improved and used.*



Carmen Elena Patiño Rodríguez²

Key words: Location methodology, location factors, university in regions, location model, regional development.

Introducción

El éxito o fracaso de un proyecto de inversión depende en gran medida de su localización. La universidad estatal, en particular, no es ajena a esta realidad ya que su contribución al mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad será más o menos favorable de acuerdo con las posibilidades que le brinden las zonas en las que decida ubicarse.

En un proyecto privado, la mejor alternativa de localización, también llamada localización "óptima", está determinada por la alternativa que maximiza rentabilidad del proyecto (Sapag, N., y Sapag, R. 2000); en el caso de la inserción de la universidad estatal en las regiones, el "óptimo" puede considerarse como aquella alternativa de localización que brinda mayores posibilidades para contribuir al desarrollo regional. Con esto último se pretende resaltar que no se es-

¹ Ing. Industrial. Integrante de los Grupos de Investigación: Gestión de la Calidad y, Ciencia y Tecnología Biomédica CTB. Universidad de Antioquia. Medellín-Colombia. Of 18-126. Calle 67 N° 53.108 - Apartado Aéreo 1226. Teléfono: 2105546. Email: jorgeprave@yahoo.es

² Profesora del Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia. Medellín-Colombia. MSc. Ingeniería Mecánica, Email: epatino@udea.edu.co

tá frente a un proyecto de inversión que busca minimizar costos o maximizar utilidades como generalmente ocurre, sino que pretende una “ubicación equitativa” que le permita a la universidad, con la mayor efectividad posible, convertirse en un actor mas de la región y articular proyectos de desarrollo mediante trabajo interdisciplinario e interinstitucional, basados en lo que realmente necesita cada región para su desarrollo.

Las metodologías existentes para estudios de localización abordan los proyectos de inversión bajo una perspectiva financiera, no obstante, la localización de la universidad estatal en las regiones sería un grave error enfocarla bajo esta perspectiva, razón por la cual, es imperante desarrollar metodologías que permitan determinar la localización que brinda a este tipo de proyectos de inversión mayores posibilidades para contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de la Sociedad.

En este artículo se propone una metodología para determinar la “localización óptima” de la universidad estatal en las regiones, producto de un estudio realizado por los autores para explorar las mejores alternativas de localización de una sede de la **Universidad de Antioquía** (Colombia) en el norte del Departamento. Lo plasmado en el presente artículo constituye una exploración inicial, vista desde la Ingeniería Industrial, sujeta a discusión y análisis por parte de la comunidad académica, a fin de potenciar su mejoramiento y aplicación con participación de otras áreas académicas, entre las que cabe mencionar: las Ciencias Sociales y Humanas. La metodología integra elementos de investigación cualitativa, métodos multicriterios discretos para evaluar alternativas y del método de localización de **Brown** y **Gibson**.

Descripción de la metodología Equipo investigador

En primer lugar, es necesario conformar un equipo interdisciplinario, asegurando incluir una persona con capacidad de liderazgo y pensamiento sistémico que posibilite integrar las fortalezas de las demás disciplinas en

favor del éxito del proyecto. En segundo lugar, todo el equipo investigador debe comprender la política de regionalización de la institución universitaria, identificando su misión, visión, objetivos y plan estratégico, con el propósito de comprender que la perspectiva desde la cual se debe abordar el estudio de localización está orientada al desarrollo regional y mejoramiento de la calidad de vida, y evitar que se enfoque como generalmente ocurre, desde una perspectiva financiera.

Factores principales de localización

La localización de todo proyecto de inversión, al igual que el de una Institución universitaria, se ve afectada por innumerables factores por lo cual es necesario identificar los que determinan en gran medida la función principal del proyecto. En el caso de la regionalización, deben reconocerse los factores de localización que sean determinantes en la contribución de la Institución universitaria al desarrollo de la región objeto de estudio.

De acuerdo con la razón de ser de una universidad, la identificación de los mencionados factores resulta una tarea compleja. Sin embargo, desde un enfoque sistémico, realizando un paralelo entre una Institución de Educación superior y una organización productiva, dicha identificación resulta casi inmediata. En este sentido, una organización será positiva en la medida en que, a menor costo, satisfaga mejor que sus competidores las necesidades de un mercado, y para lograrlo, es preciso que los elementos que intervienen en el desarrollo de sus funciones se desempeñen eficaz y eficientemente en el tiempo. Además, por investigaciones anteriores, se sabe que la mayor parte de las estrategias de mejoramiento deben orientarse al material, método, mano de obra y maquinaria, ya que en estos cuatro factores recae el 95% de los problemas de las organizaciones (**Andriani, C. et al. 2003**), convirtiéndose en factores determinantes para el éxito de una empresa.

Asimismo, la universidad pretende contribuir al desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida en las re-

giones, y su competidor puede considerarse como aquellas situaciones internas y externas que interrumpen el efectivo desarrollo de sus funciones, las cuales, con una mirada sistémica, recaerán en los cuatro factores mencionados anteriormente. Por tal motivo, es necesario dirigir esfuerzos para disminuir las posibilidades de que en el material, método, mano de obra y maquinaria se interrumpa las funciones de la universidad (investigación, docencia y extensión).

Por lo tanto, si en el estudio de localización se determina la alternativa que garantice las mejores condiciones para que el material, mano de obra, método y maquinaria, se desarrollen eficaz y eficientemente en la región, entonces dicha alternativa podrá considerarse como la localización “óptima”.

Ahora bien, ¿cómo se interpreta el material, método, mano de obra y maquinaria en el proyecto de inserción de la universidad en las regiones?

A la universidad ingresan estudiantes y durante cuatro o cinco años, se apropian de conocimiento, actitudes, comportamientos, pensamientos, valores, y de este modo, desarrollan una serie de competencias interactuando con personal docente y no docente, en busca de una formación integral que les permita satisfacer sus propias necesidades, las de las organizaciones que los contraten y de la Sociedad en general. En este sentido, los estudiantes pueden interpretarse como el factor material, el cual ingresa a la universidad, se transforma y se le agrega valor (**Pérez, R. J. 2006**), un valor que va más allá de conocimiento, ya que ¿de qué le sirve a una Sociedad un profesional con conocimiento y sin valores? y ¿cuánto contribuiría la universidad al mejoramiento de las regiones formando líderes sensibles, que respeten la identidad histórica y aprovechen el conocimiento para solucionar problemas reales de la Sociedad?

Por otro lado, la Mano de obra constituye la fuerza física o mental aportada por los empleados al proceso fabril y, la universidad, mediante el esfuerzo del personal docente y no

docente, desarrolla sus dimensiones de docencia, investigación y extensión para contribuir al mejoramiento regional. El nombrado personal, interactúa directa o indirectamente con los estudiantes para circular conocimiento, actitudes, costumbres, valores y generar nuevo conocimiento para posibilitar la formación integral de los estudiantes, y de la misma manera, interactúa con empresas, otras instituciones de formación, para generar y desarrollar proyectos de investigación y extensión. Bajo esta mirada, el personal docente y no docente de la universidad puede interpretarse como el factor Mano de Obra.

Con relación a la maquinaria, puede hacerse una analogía con los laboratorios, talleres, aulas y equipos de cálculo, a través de los cuales la Mano de obra desarrolla las tres funciones de la universidad y los estudiantes y demás actores de la región se apropian del conocimiento que circula el personal docente y no docente; no obstante, allí no termina su alcance, ya que, como se viene mencionando, el valor agregado que aporta la universidad no es sólo conocimiento, sino también, actitudes, valores y comportamientos, y cualquier espacio en ella posibilita la apropiación del mencionado valor agregado, es decir: salones de clase, zonas deportivas, museos, cafeterías, bibliotecas, parques, etc. Bajo esta mirada, el factor Maquinaria puede interpretarse como la infraestructura de la universidad, en la que el personal docente y no docente comparte con el factor Material para posibilitar su formación integral y en la que se interactúa con universidades, empresas y demás actores, para generar y desarrollar proyectos de investigación y extensión en favor del mejoramiento de la calidad de vida de la región.

“...La universidad puede hacer sola, pero también debe hacer acompañada” (Arango, Marta et al. 2003). Desde ésta óptica, es fundamental que la universidad integre fortalezas con las demás instituciones de la región, para impactar a través de sus tres dimensiones en zonas estratégicas que contribuyan al desarrollo re-

gional. Por tal razón, los convenios estratégicos de la universidad en la región, pueden interpretarse como el factor Método.

Consecuentes con lo anterior, los cuatro factores en los que recae el 95% de los problemas de las organizaciones se denominarán: **factores principales de localización**, y el resumen de su interpretación en el proyecto de inserción de la universidad en las regiones se presenta en la tabla 1.

cionamiento eficaz y eficiente de los factores principales (Tabla 1) y, en consecuencia, en el desarrollo efectivo de las funciones de la universidad. Entre dichos factores cabe mencionar: cercanía al mercado, cercanía de las fuentes de abastecimiento, terreno, servicios públicos, costos y medios de transporte (Sapag, N., y Sapag, R. 2000).

Para facilitar la identificación de los factores secundarios asociados a cada factor principal, luego del proce-

Tabla 1 Factores principales de localización

Maquinaria: se asocia con la infraestructura de la universidad

Material: se asocia con la población de estudiantes que ingresa a la universidad

Mano de obra: Corresponde al personal docente y no docente, a través del cual la universidad desarrolla sus dimensiones.

Método: corresponde a los convenios estratégicos de la universidad para que bajo las dimensiones de docencia, investigación y extensión contribuya al mejoramiento de la región

Factores secundarios de localización

Cada factor principal de localización (Tabla 1) depende, a su vez, de otra cantidad de factores, los cuales se denominarán, **factores secundarios de localización**. El trabajo consiste entonces, en identificar aquellos considerados como los más relevantes de acuerdo con el propósito del proyecto, perspectiva del estudio y/o preferencias del equipo investigador.

Para garantizar la identificación adecuada de los factores secundarios de localización, es necesario explorar la realidad de la zona objeto de estudio. Un buen acercamiento se logra analizando como mínimo las siguientes dimensiones: histórica, cultural, económica, social, política y ambiental, ya que de éste modo se considerarán aspectos propios de la región, lo cual es fundamental para el estudio teniendo en cuenta que la universidad busca nacer de las regiones y no que las regiones se adapten a la universidad (Arango, Marta et al, 2003)

Asimismo, es preciso analizar factores generales contemplados en la mayoría de estudios de localización cuya perspectiva es financiera, ya que al igual que los primeros, éstos también resultan determinantes en el fun-

cionamiento descrito, se elabora un diagrama causa-efecto (Domínguez, J. et al 1994), procurando responder al siguiente interrogante:

¿Qué debe garantizar la ubicación a cada factor principal, para que la universidad tenga mayores posibilidades de contribuir al desarrollo regional?

Es conveniente que, en la búsqueda de respuestas a la pregunta anterior, aparte de la contribución del equipo investigador, también se incluyan opiniones de diferentes actores de la región, y finalmente, se validen los resultados con expertos externos al proyecto. Para ello, pueden emplearse diversos métodos de la investigación cualitativa, entre ellos: encuestas, entrevistas y sesiones en profundidad (Hernández, S. et al 1999). Como mínimas respuestas a la mencionada pregunta, es fundamental que la localización óptima de la universidad garantice: seguridad, instituciones de salud, sitios de alojamiento y buena proporción de personas que en el corto y mediano plazo tendrán cierto grado de madurez académica para realizar estudios superiores.

Pretender acercar la universidad a dicha población de personas tiene

por objetivo formar líderes que contribuyan a desarrollar las poblaciones menos favorecidas (analfabetas, personas que sólo realizan primaria, madres cabeza de familia,...) y, de este modo, el impacto arrojará resultados en menor tiempo y más factibles que empezando desde cero con la población de escasos niveles de educación. Esta estrategia de desarrollo puede considerarse como una cadena conformada por promociones de estudiantes de la región, preparados para satisfacer las necesidades de las organizaciones empresariales que los contraten, propiciando desde una perspectiva sistémica la generación de empleo, cuidado del ecosistema, crecimiento económico de la región y mejoramiento de la calidad de vida, siempre y cuando la universidad escuche e investigue primero, qué es lo que realmente necesita el medio y lleve sus dimensiones (investigación, docencia y extensión) por medio de sus graduandos a las veredas y resto de la región. El transporte al interior de la región también es importante porque permite tener mayor cobertura de la población, no sólo sobre la zona en que se ubique la universidad, sino además, sobre la población de zonas alejadas (municipios, veredas, corregimientos) sin mayores esfuerzos en costos de transporte. Igualmente, la comunicación con la zona urbana como, por ejemplo, una ciudad capital, es importante para el desplazamiento del personal docente y no docente que no habita en la re-

gión, y asimismo, para que éstos puedan afianzar su formación mediante la realización de postgrados o cursos de actualización que se imparten en las universidades ubicadas en zonas urbanas.

Por otro lado, la inserción de la universidad en las regiones contribuye a conservar y fortalecer la identidad histórica y cultural de la zona, la cual está representada en gran medida en las Bibliotecas y Casas de Cultura, por lo que esto también debe tenerse en cuenta a la hora de identificar los factores secundarios de localización.

Del mismo modo, la calidad del proceso de formación depende en gran parte de la infraestructura que posea la universidad, cuyo funcionamiento efectivo depende, como mínimo, de: la telefonía, el sistema de acueducto y alcantarillado, la red de energía y el sistema de higiene de la región.

Finalmente, es fundamental que la universidad integre fortalezas con otras Instituciones de la región para impactar, a través de sus tres dimensiones (investigación, docencia y extensión), en zonas estratégicas, que conlleven al desarrollo y mejoramiento de las condiciones de vida. Para tal efecto, es conveniente considerar la cercanía con otras universidades, institutos técnicos y tecnológicos y empresas a fin de realizar proyectos colectivos. Igualmente, a través de las Casas de Cultura y Bibliotecas, pueden desarrollarse programas de ex-

tensión y actividades culturales como: danza, pintura y teatro, que potencien desarrollo de competencias en la población y la conservación de la identidad cultural.

Por lo anterior, en el proyecto de inserción de la universidad en las regiones, algunos de los factores secundarios de localización que deben considerarse se exhiben en la figura 1. Es de resaltar que, aparte de esta exploración inicial, vista desde la Ingeniería Industrial, es menester considerar el aporte de otras zonas académicas como, por ejemplo, las Ciencias sociales y humanas.

Valoración de las alternativas en los factores secundarios de localización

Para valorar las alternativas de localización en los factores secundarios, a diferencia de la mayoría de métodos de localización, los cuales contemplan solo una valoración, en la presente metodología se propone emplear dos valoraciones, una cuantitativa y otra basada en percepciones. En la primera se emplea información numérica proveniente de fuentes secundarias y, en la segunda, se considera la percepción de expertos sobre la pertinencia de las alternativas.

Valoración cuantitativa: El procedimiento para la valoración cuantitativa se realiza en dos fases, las cuales se describen a continuación:

1. Definir indicadores: Para cada factor secundario, se define un indicador cuyo valor sea numérico y posible de consultar a través de fuentes

de información estadística como: la carta de generalidades de las regiones o anuarios estadísticos. Es importante que el indicador refleje en lo mayor posible la situación de las alternativas de localización con relación a lo que se pretende evaluar, aunque no es necesario abordar completamente el factor, ya que esta información será complementada con la percepción de expertos.

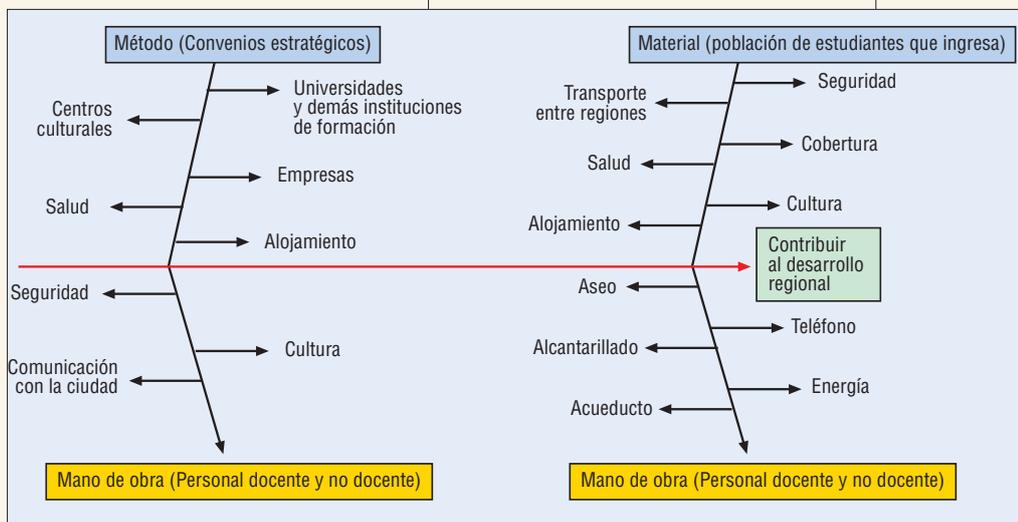


Figura 1 Diagrama causa-efecto

Factores secundarios de localización	Indicadores
Cobertura	Número de estudiantes matriculados en nivel medio
Transporte entre municipios	Número de municipios de la región con los que tiene comunicación vial.
Salud	
Alojamiento	
Seguridad	Tasa de homicidios por cada 100.000 habitantes.
Cultura	Número de Bibliotecas y Casas de la Cultura.
Telefonía	Densidad telefónica (Porcentaje de líneas/100 habitantes)
Acueducto	Cobertura de acueducto (%)
Alcantarillado	Cobertura de alcantarillado (%)
Aseo	Aseo (saneamiento) (%)
Energía	
Comunicación con la ciudad capital	
Universidades, entidades de Formación	Número de universidades, Instituciones de Formación técnica y tecnológica presentes en la zona.
Empresas	Número de empresas presentes en la zona

Tabla 2. Algunos indicadores para factores secundarios de localización

En la tabla 2 se presentan, a modo de ejemplo, posibles indicadores para los factores secundarios de localización ilustrados en la figura 1.

Aquellos factores secundarios para los cuales el equipo investigador considere que no basta evaluar a través de indicadores cuantitativos o no es posible encontrar datos sobre ellos, como, por ejemplo, la percepción sobre la equidad, se aíslan para incluirlos en la valoración cualitativa.

Es de resaltar que la información recopilada en esta fase no debe considerarse exacta, ya que la mayoría corresponde a estadísticas que pretenden estimar parámetros poblacionales.

2. Elaborar la matriz cuantitativa: Después de definir los indicadores, se recopila la información para cada alternativa de localización y se elabora una matriz con los datos cuantitativos, previamente recogidos.

Las columnas de dicha matriz corresponden a los factores secundarios con su respectivo indicador y, los renglones, son las alternativas de localización, tal como se muestra en la tabla 2.

Los factores de localización valorados en esta fase, se denominarán *factores secundarios cuantitativos*.

Valoración cualitativa: Para esta valoración se captura información sobre las alternativas de localización a partir de la percepción de expertos,

resaltando que ésta debe considerarse como un síntoma y no como un hecho (Padua, 1979). El procedimiento se describe a continuación:

1. **Identificar factores secundarios cualitativos:** en vista de que cada factor principal (ver tabla 1) está en función de gran cantidad de factores secundarios (ver figura 1), se reducirán a un grupo más manejable para ser evaluado por expertos. Para ello, se propone emplear el método estadístico multivariado llamado "análisis de factores" (Johnson, R. et al. 1998), a partir del cual, con los datos almacenados en la matriz cuantitativa (Ver tabla 2), se identifican constructos subyacentes asociados a cada factor principal. De este modo, para los factores Material, Método, Mano de obra

y Maquinaria, se tendrán factores secundarios más generales y fáciles de evaluar, y, además, posibilita analizar conceptos no medidos a través de los indicadores cuantitativos. O bien, el equipo investigador puede optar por agrupar los factores secundarios en dimensiones más genéricas, empleando el procedimiento de acuerdo entre jueces (Hayes, B. 1999). Por ejemplo, si se analiza el factor principal Mano de obra, los factores secundarios seguridad y comunicación con la ciudad pueden representarse por medio de una dimensión más amplia llamada accesibilidad. Los constructos subyacentes o factores secundarios generales, recibirán el nombre de *factores secundarios cualitativos*.

Aquellos factores secundarios que se aislaron en la valoración cuantitativa, es preciso analizar si caben dentro de los mencionados constructos subyacentes, en caso contrario, se incluyen como nuevos factores secundarios cualitativos, como por ejemplo la percepción sobre la equidad, que en caso de resultar un factor secundario de interés para el equipo investigador, no es posible encontrar estadísticas que reflejen de manera directa la situación de cada alternativa de localización; sin embargo, la valoración de las alternativas respecto a este factor podrá realizarse por medio de la percepción de expertos.

2. **Elaborar el instrumento de medición:** Inicialmente es preciso definir conceptualmente los factores secundarios cualitativos y comprender su definición, ya que de este modo, el

	Factores secundarios cuantitativos Indicadores
Alternativas De localización	Datos cuantitativos

Tabla 2. Matriz cuantitativa

equipo investigador considerará diferentes aspectos no contemplados en la valoración cuantitativa y aportará de manera más eficaz a la elaboración del cuestionario.

A través del cuestionario, se pretende capturar la percepción de expertos sobre la pertinencia de las alternativas de localización, y para ello, es preciso establecer una escala de medición de actitudes. En la metodología se propone el uso de la escala de **Likert**, la cual posee cinco categorías de respuesta, es confiable y fácil de operar (**Hernández, S. et al 1999**). Finalmente, es importante que el cuestionario sea revisado por otros expertos que no participaron de su elaboración y se realice los ajustes respectivos, dando lugar a la versión final.

3. *Seleccionar la unidad de información:* la pertinencia de las alternativas de localización es preciso analizarla a partir del juicio de personas con suficiente criterio para opinar sobre las alternativas de localización, por lo cual, es necesario que el equipo investigador seleccione de manera intencional un grupo de expertos en los temas de la región que se pretenden evaluar. La cantidad de expertos no requiere de una muestra estadísticamente representativa, ya que el juicio emitido por ellos se considerará como el más cercano a la realidad de la región; sin embargo, se propone consultar entre 10 y 20 expertos, haciendo una analogía con la cantidad mínima de personas a entrevistar para definir incidentes críticos, en estudios de medición de la satisfacción del cliente (**Hayes, B. 1999**).

4. *Recogida de información:* para recoger la información, se administra el cuestionario a los expertos, de manera individual o en sesiones grupales, bien sea autodirigido o por medio de entrevista. A través de la escala de medición, los expertos califican la pertinencia de las alternativas de localización respecto cada factor secundario cualitativo. Por ejemplo, en una escala **Likert** con cinco categorías de respuesta que va desde totalmente de acuerdo hasta totalmente en desacuerdo, los expertos plasmarán su percepción sobre diferentes

aseveraciones de las alternativas de localización, donde cada categoría de respuesta representa un puntaje que va de 1 a 5.

5. *Elaborar la matriz de datos cualitativos:* esta matriz es similar a la matriz cuantitativa (Fig. 2) con la diferencia de que las columnas son los factores secundarios cualitativos y los datos corresponden a la percepción de los expertos cuantificada a través de la escala de medición propuesta.

Importancia relativa de los factores de localización

Entre los factores principales o secundarios de localización pueden existir algunos más importantes que otros dependiendo de aspectos como: el criterio del equipo investigador, propósito del proyecto o diferencias entre las alternativas, por lo cual, luego de la fase anterior, es preciso asignar o calcular la importancia relativa de los factores principales y secundarios de localización. A tal efecto, pueden emplearse diversos métodos, tanto objetivos como subjetivos, entre los primeros se encuentra: la entropía, y entre los segundos comparaciones pareadas y ordenación simple. Las comparaciones pareadas (**Sapag, N., y Sapag, R. 2000**), son un método sencillo de aplicar, que compara cuál de las dos alternativas para definir se considera la más importante y la menos importante, permitiendo establecer un consenso entre las percepciones del equipo investigador o responsables de la localización final del proyecto.

Homogeneización de la matriz objetiva

Aunque la metodología considera que, mientras mayor sea la valoración de las alternativas de localización, más pertinentes serán para localizar la universidad, esto no siempre corresponde, por ejemplo: si se indaga sobre el factor secundario cuantitativo "seguridad", cuyo indicador puede ser "la tasa de muertes violentas por cada 100.000 habitantes", mientras mayor sea la valoración de una alternativa, menos adecuado será para localizar la universi-

dad. Cuando esta situación se presenta, es preciso homogenizar (**Guzmán, Diana et al. 2004**) la matriz cuantitativa (Tabla 2). Para tal efecto, basta aplicar el inverso a los datos alusivos al indicador.

Normalización de las matrices

Debido a la magnitud de factores e indicadores que se emplean en el estudio de localización, se tienen diferentes unidades de medida (km, %, número de personas, puntaje de percepciones, etc.), por lo cual, es preciso normalizar la matriz cualitativa y la matriz cuantitativa, a fin de comparar adecuadamente la pertinencia de las alternativas de localización. Para tal efecto, se emplea la siguiente expresión:

$$PO_{ij} = \frac{VO_{ij}}{\sum_i VO_{ij}}, \text{ con } 0 < VO_{ij} < 1 \quad (1)$$

$$PS_{ij} = \frac{V_j}{\sum_i VS_{ij}}, \text{ con } 0 < VS_{ij} < 1 \quad (2)$$

Donde:

PO_{ij} es la valoración, normalizada, de la alternativa i en el factor secundario cuantitativo j , VO_{ij} corresponde a la valoración, sin normalizar, de la alternativa i en el factor secundario cuantitativo j ,

PS_{ij} es igual a la valoración, normalizada, de la alternativa i en el factor secundario cualitativo j ,

VS_{ij} es la valoración, sin normalizar, de la alternativa i en el factor secundario cualitativo j .

Valoración total de las alternativas de localización en los factores principales

Inicialmente, es preciso calcular la valoración cuantitativa y la cualitativa de las alternativas de localización en cada factor principal (Tabla 1). Para tal efecto, se propone emplear el método de la suma ponderada, tal como se muestra a continuación:

$$RO_{ik} = \sum_j WO_{jk} \times PO_{ij} \quad (3)$$

$$RS_{ik} = \sum_j WS_{jk} \times PS_{ij} \quad (4)$$

Donde: RO_{ik} es la valoración cuantitativa de la alternativa i en el

factor principal k, RS_{ik} es igual a la valoración cualitativa de la alternativa i en el factor principal k,

WO_{jk} corresponde a la importancia relativa del factor secundario cuantitativo j en el factor principal k y, WS_{jk} equivale a la importancia relativa del factor secundario cualitativo j en el factor principal k.

Finalmente, la valoración total de las alternativas de localización en cada factor principal se basa en la medida de preferencia de localización del método de **Brown y Gibson (Brown, P. y Gibson, D. 1972)**

$$RT_{ik} = K(RO_{ik}) + (1 - K)RS_{ik} \quad (5)$$

Donde "RTk" es la valoración total de la alternativa i en el factor principal k y "K" es una constante que representa la importancia relativa que el equipo investigador asigna a la valoración cuantitativa.

Localización "óptima" de la universidad

Calculada la valoración total de las alternativas en cada factor principal, se determina, de manera global, que tan pertinente es cada una de las alternativas para localizar la universidad. Para ello, nuevamente se emplea el método de la suma ponderada, mediante la siguiente expresión:

$$FG_i = \sum_k W_k \times RT_{ik} \quad (6)$$

Como puede verse, la pertinencia de las alternativas de localización se basa en dos valoraciones, una cuantitativa, proveniente de fuentes estadísticas sobre características de las regiones, la cual es complementada con la valoración cualitativa, que comprende el juicio de expertos.

Modelo de localización

La comparación de la universidad con una organización productiva permite establecer un modelo de localización aplicable a proyectos de inversión, cuya finalidad sea contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la Sociedad, entre los que cabe mencionar: instituciones publicas de educación, salud, y hogares sociales, ya que la interpretación de los cuatro factores principales (Tabla 1) a partir de los cuales se desarrolla la metodología, puede generalizarse a este tipo de proyectos.

El factor Maquinaria, puede interpretarse como la infraestructura del proyecto, la Mano de obra corresponde al personal a través del cual se desarrollan las funciones del proyecto, el Método se relaciona con los convenios estratégicos del proyecto para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad, y el Material, puede interpretarse como las personas que recurren al proyecto, para que se mediante las funciones

permita adquirir un estado de tranquilidad y bienestar con relación a la salud; el personal del hospital (médicos, enfermeras, personal administrativo, etc.) desarrolla una serie de funciones que afectan directa o indirectamente a los pacientes, que van desde la asignación de una cita oportuna, hasta una intervención quirúrgica; todo ello, para proporcionar a los pacientes el mencionado bienestar y tranquilidad. Esto último, puede considerarse como el valor agregado, con el cual el paciente, bien sea: portero, ama de casa, gerente o gobernante, se sentirá mejor y regresará a su trabajo, escuela u hogar, para desarrollar mucho mejor que como ingresó al hospital, una serie de funciones que le permiten satisfacer de manera efectiva, las necesidades de los clientes del proyecto, es decir, la sociedad en general.

En la figura 3 se presenta el modelo de localización a partir del cual, puede observarse que la localización óptima del proyecto está dada por la alternativa que mayor pertinencia global presente, la cual depende de la evaluación de las alternativas en los factores principales de localización, y ésta última se encuentra en función de la evaluación en los factores secundarios cuantitativos y cualitativos, definidos a partir de respuestas al interrogante que se plantea.

Discusión

Se propone una metodología que aborda la localización de proyectos de inversión desde una perspectiva de mejoramiento de las condiciones de vida de la sociedad, la cual se basa en el proceso racional de la toma de decisiones, y no solo comprende elementos típicos, considerados en la ingeniería industrial a la hora de realizar estudios de localización, sino también, reúne elementos de: investigación cualitativa, estadística y método general multicriterios discretos para evaluar alternativas. Además, aborda dos valoraciones, una cuantitativa proveniente de fuentes secundarias sobre las alternativas de localización y, otra cualitativa, basada en el juicio de expertos y, por tanto, posibilita una mayor eficacia a la hora de

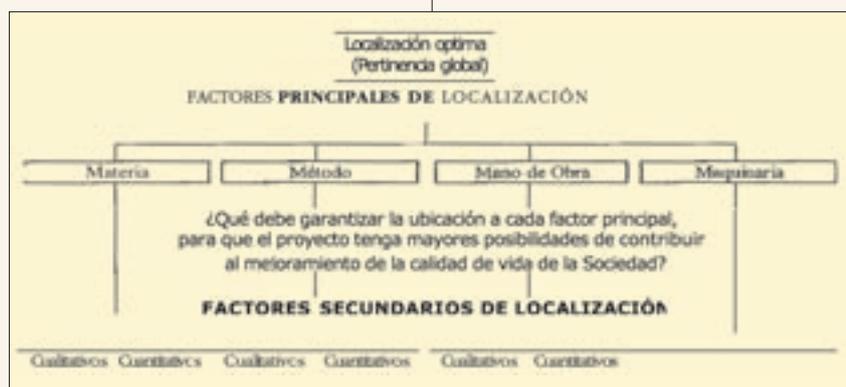


Figura 3. Modelo de localización

Donde: FG_i es la pertinencia global de la alternativa de localización i y, W_k corresponde a la importancia relativa del factor principal k. Siendo la localización óptima, aquella alternativa que mayor pertinencia global presente.

desarrolladas por el factor Mano de obra, se les trate durante un periodo específico, cambiando su forma o características, agregándoles "valor" para que puedan satisfacer de una mejor manera las necesidades de la sociedad. Por ejemplo, en el caso de un hospital, los pacientes ingresan en busca de alguna intervención que les

elegir la localización óptima de una Institución universitaria.

Por otra parte, el paralelo entre la universidad y una organización productiva permite proponer un modelo de localización, aplicable a proyectos de inversión cuyo fin sea contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de la Sociedad, entre los que se mencionan: Instituciones públicas de Educación, Salud y hogares sociales, ya que parte de cuatro factores principales cuya interpretación en este tipo de proyectos es semejante al de la universidad en las regiones. Esto contribuye a que los proyectos orientados a la solución de problemas reales de la Sociedad tengan mayor impacto.

A partir de la identificación de los cuatro factores principales de localización y, dando respuesta a una pregunta de investigación, se logra identificar de manera sencilla los demás factores que afectan la contribución de los proyectos de inversión, cuyo propósito principal es el impacto social, denominados factores secundarios de localización.

A modo de exploración, la metodología propuesta fue aplicada por los autores al caso de la **Universidad de Antioquía** (Colombia) en la zona norte del Departamento y, por motivos de racionalización de recursos, se abordó sólo la valoración cuantitativa. En dicha aplicación se consideró como factores secundarios de localización los planteados en el presente artículo, así como los indicadores asociados (ver tabla 2). Los datos empleados para tal fin fueron colectados a partir del anuario estadístico de Antioquía y la *Carta de Generalidades del Departamento* y se tomaron como alternativas de localización, los 17 municipios del departamento Antioqueño: Angostura, Belmira, Briceño, Campamento, Carolina, Don Matías, Entreríos, Gomez Plata, Guadalupe, Ituango, San José de Cuerquia, San José de la Montaña, San Pedro de los Milagros, Santa Rosa de Osos, Toledo, Valdivia y Yarumal.

La aplicación de la metodología propuesta arrojó como mejores alternativas de localización para la inserción de la Universidad de Antioquia en la zona norte a Yarumal y Santa Rosa

de Osos. Se resalta que ésta fue una primera exploración y, por tanto, no se pretende dar un juicio definitivo sobre la localización óptima pues la decisión final depende de la importancia relativa que los interesados y responsables de la localización de la mencionada universidad asignen a los factores principales de localización (Material, Método, Mano de Obra y Maquinaria). Igualmente, depende de los demás factores secundarios que se considere pertinente incluir, producto de un trabajo interdisciplinario y, obviamente, de considerar la valoración cualitativa, la cual se basa en percepciones de expertos sobre las características de la región.

Con el presente artículo se busca propiciar análisis, reflexión y discusión por parte de la comunidad académica, y asimismo, motivar y potenciar el mejoramiento y la aplicación de la metodología propuesta, con la participación de otras disciplinas, entre las que cabe mencionar la Sociología, de modo que se integre las fortalezas de diversas áreas académicas y se generen soluciones expertas que conlleven a localizar la universidad estatal, y, en general, los proyectos de impacto social, racionalizando los recursos contribuyendo con mayor eficacia al mejoramiento de la calidad de vida de la Sociedad.

Cabe resaltar que, si bien en algunos casos el paralelo entre la universidad estatal y una organización productiva no es bien visto, y por lo mismo, tampoco los conceptos de transformación, cliente, aporte de valor, materia prima, etc., todos ellos deben tomarse como elementos que posibilitan una mejor gestión de las organizaciones de formación, sin pretender atender en ningún momento contra su razón de ser y, prueba de ello, es la perspectiva desde la cual se aborda la localización óptima en este artículo: mejoramiento de la calidad de vida de la Sociedad.

Más aún, en esta era de Innovación y Desarrollo tecnológico, con el apogeo que viene tomando la Ingeniería de Formación, diversas técnicas gerenciales como, por ejemplo, el enfoque por procesos, están siendo aplicadas con mayor rigor a las Insti-

tuciones de Educación superior, lográndose resultados satisfactorios tanto para los dirigentes, personal docente y no docente, como para estudiantes, organizaciones empresariales y Sociedad en general.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRIANI, C. *et al.* (2003). *Un nuevo sistema de gestión para lograr Pymes de clase mundial*. México. Norma. P. 99
- ARANGO, Marta *et al.* (2003). *Bajo Cauca Desarrollo regional: una tarea común universidad - región*. Medellín. Universidad de Antioquia.
- BROWN, P. y GIBSON, D. (1972). *A Quantified Model for Facility Site Selection Application to a Multiplant Location Problem*. AIIE Transactions 4(11).
- DOMINGUEZ, José *et al.* (1994) *Dirección de operaciones, aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. España. McGraw Hill. P. 426
- GUSMÁN, Diana *et al.* (2004). *"Determinación de la capacidad requerida para la prestación del servicio de mantenimiento en plantas de generación de energía hidroeléctrica"*. En: Revista Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia. No 31. Junio. P. 136
- HAYES, Bob. (1999). *Cómo medir la satisfacción del cliente*. México. Oxford. P. 18
- HERNÁNDEZ, Sampieri, *et al.* (1999). *Metodología de la investigación*. México. McGraw Hill. Segunda Ed. y <http://www.entorno-empresarial.com>
- JOHNSON, Richard *et al.* (1998), *Applied multivariate statistical analysis*. United States of America. Prentice Hall. Second edition. P. 378
- PADUA, J. (1979). *Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales*. México: El Colegio de México/Fondo de Cultura Económica.
- PARRA, Carlos *et al.* (2000). *"Análisis exploratorio de factores e incidentes en la evaluación docente por parte de los estudiantes"*. En: Lectiva. Universidad de Antioquia. No 4. P. 65
- PÉREZ, R. Jorge, 1. (2006). *Aproximación del enfoque por procesos al contexto universitario 1*. En: Revista Entorno-Empresarial. DEPROIMCA. Venezuela. Julio, N.5.
- SAPAG, N., y SAPAG, R. (2000). *Preparación y evaluación de proyectos*. México. Cuarta Ed. McGraw Hill. ■