

Mesa temática

**Ordenamiento territorial**

Título del trabajo

**Utilización de métodos multicriterio para la localización sustentable de modelos asociativos**

Nombre del Autor/es

**Miropolsky, Ariel; Tavella, Marcelo; Tavella, Demián**

Institución de pertenencia

**Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba  
CIED. Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional**

E-mail

**amiropolsky@gmail.com**

Palabras claves

Modelos asociativos, multicriterio, localización

Resumen

El presente trabajo se fundamentó en analizar los métodos de evaluación y decisión multicriterio, utilizados para la localización sustentable de parques industriales, que comprenden la selección entre un conjunto de alternativas factibles, la optimización con varias funciones objetivo simultáneas y un único agente decisor y procedimientos de evaluación racionales y consistentes y que se utilizan para realizar una evaluación y decisión respecto a problemas que, por naturaleza o diseño, admiten un número finito de alternativas de solución.

Las técnicas elegidas son: AHP, Ponderación Lineal normalizada y TOPSIS.

La elección de estas se debe a que las tres se basan en principios distintos para desarrollar la toma de decisiones. Por un lado la técnica AHP se basa en la comparación de pares entre las distintas alternativas y criterios posibles, la técnica de ponderación lineal normalizada asigna pesos a las variables de análisis y determina puntajes a cada una de las alternativas en función a lo que se puede percibir, mientras que la TOPSIS, busca aquella opción, dentro del universo de múltiples opciones, que más se acerque a lo que el observador considera como "ideal" y a su vez más se aleje a lo "anti-ideal".

Como conclusión final del análisis comparativo de los métodos, se pudo apreciar sus ventajas y limitaciones y realizar recomendaciones para aquellos que los apliquen en el proceso de decisión de la localización de un Parque Industrial, que permita una planificación del desarrollo industrial y urbano sustentable en el tiempo.

## **Conclusiones del análisis y evaluación de métodos multicriterio para elaborar estudios de localización de modelos asociativos**

Palabras Clave: modelos asociativos, multicriterio, localización

Objetivos del trabajo:

El presente trabajo se fundamentó en analizar los métodos de evaluación y decisión multicriterio, utilizados para la localización sustentable de parques industriales, que comprenden la selección entre un conjunto de alternativas factibles, la optimización con varias funciones objetivo simultáneas y un único agente decisor y procedimientos de evaluación racionales y consistentes y que se utilizan para realizar una evaluación y decisión respecto a problemas que, por naturaleza o diseño, admiten un número finito de alternativas de solución.

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio, comprenden la selección entre un conjunto de alternativas factibles para optimizar varias funciones objetivo simultáneas mediante un único agente decisor usando procedimientos de evaluación racionales y consistentes (Iglesias Piña, 2012). Los métodos de decisión multicriterio, por su parte, se utilizan para realizar una evaluación y decisión respecto a problemas que, por naturaleza o diseño, admiten un número finito de alternativas de solución, a través de:

1. Un conjunto de alternativas estable, generalmente finito; se asume que cada una de ellas está perfectamente identificada, aunque no son necesariamente conocidas en forma exacta y completa todas sus consecuencias cuantitativas y cualitativas.
2. Una familia de criterios de evaluación (atributos, objetivos) que permiten evaluar cada una de las alternativas (analizar sus consecuencias), conforme a los pesos (o ponderaciones) asignados por el agente decisor y que reflejan la importancia (preferencia) relativa de cada criterio; las propiedades de una familia de criterios consistente son: exhaustividad, coherencia, no-redundancia (independencia), operacionalidad, mensurabilidad y economicidad.
3. Una matriz de decisión o de impactos que resume la evaluación de cada alternativa conforme a cada criterio; una valoración (precisa o subjetiva) de cada una de las soluciones a la luz de cada uno de los criterios; la escala de medida de las evaluaciones puede ser cuantitativa o cualitativa.
4. Una metodología o modelo de agregación de preferencias en una síntesis global; ordenación, clasificación, partición, o jerarquización de dichos juicios para determinar la solución que globalmente recibe las mejores evaluaciones.
5. Un proceso de toma de decisiones (contexto de análisis) en el cual se lleva a cabo una negociación consensual entre los actores o interesados (analista, decisor y usuario).

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio introducen una lógica establecida de análisis con el fin de describir el conjunto de factores involucrados en la consecución de objetivos, y ofrecer una coherencia a las apreciaciones individuales o grupales para obtener conclusiones válidas. Dicha lógica, que debe ser simple y accesible, se contrapone al pensamiento y preferencias no explicitadas, no justificadas e intuitivas que subyacen en gran parte de las evaluaciones y decisiones relacionadas con programas, proyectos y actividades complejas (Tavella et al, 2011).

En general, no existe una alternativa (solución) que satisfaga y sea preferible en cada una de las funciones objetivo (criterios). Normalmente, se presenta el caso de alternativas factibles, o sea aquellas que cumplen las restricciones, que son mejores que otras en relación a algunos criterios y que son peores que otras respecto a los restantes criterios (Tavella et al, 2008).

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio no consideran la posibilidad de encontrar una solución óptima. En función de las preferencias del agente decisor y de objetivos predefinidos (usualmente conflictivos), el problema central de los métodos multicriterio consiste en:

- Seleccionar la "mejor" alternativa.
- Aceptar alternativas que parecen "buenas" y rechazar aquellas que parecen "malas".
- Generar un "orden" (ranking) de las alternativas consideradas (de la mejor a la peor).

El Método Lineal Normalizado o Scoring Normalizado (SN) (Landa, 2009), permite que un individuo pueda identificar sencilla y rápidamente la mejor alternativa en un problema de decisión multicriterio de forma que maximice su satisfacción. Ello implica que conoce cada una de las alternativas y es capaz de evaluarlas, definiendo una función de valor o una función de utilidad que represente sus preferencias.

Es completamente compensatorio, y puede resultar dependiente de la asignación de pesos a los factores o de la escala de medida de las evaluaciones.

Dichos factores se valorarán para cada alternativa expuesta mediante apreciaciones cualitativas traducidas en cifras numéricas entre 1 y 10, contemplando el número 1 la situación más desfavorable y el número 10 la situación más favorable y encontrándose el número 5 con la expresión de una situación intermedia, para cada uno de los efectos y la calificación alcanzada por cada localización propuesta, corresponde a las valoraciones de las alternativas y es el coeficiente de ponderación de cada uno de los factores de localización analizados. De esta forma, las puntuaciones obtenidas en la calificación, corresponden a un porcentaje de la localización ideal (100%).

El Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) es una herramienta de apoyo al sistema de decisiones para resolver problemas complejos de criterios múltiples, que fue introducido y desarrollado por el Dr. Thomas Saaty, de la Universidad de Pennsylvania, en la década de 1970 y consiste en construir un modelo jerárquico, y en priorizar cada elemento en cada nivel de la jerarquía, realizando la comparación pareada entre los factores de análisis, en término de la meta global, y luego, entre las alternativas involucradas en el problema respecto de cada uno de los factores analizados, con el fin de asignarle un valor a cada factor interviniente, de acuerdo a una escala de preferencia, permitiendo incorporar al proceso de toma de decisiones la subjetividad, la experiencia y los conocimientos de forma intuitiva.

Como resultado de las comparaciones se obtienen sendas matrices cuadradas, de las cuales se calculan los valores y vectores característicos obteniéndose finalmente un vector de prioridades global de cada alternativa que nos indicará el nivel de preferencia de cada una de ellas en función de la subjetividad del decisor (Roche, H. y Vejo, C.,2005).

El AHP también nos permite medir el grado de consistencia entre las opiniones pareadas que proporciona el decisor, pudiendo saber si ésta es aceptable o si es necesario reconsiderar los juicios antes de continuar con el proceso de decisión (Saaty y Vargas, 2012).. Por último, corresponde mencionar el análisis de sensibilidad, que permite visualizar cambios en el ordenamiento de las alternativas respecto a posibles alteraciones en la importancia otorgada a los factores de análisis, evento que puede ocurrir en el corto o mediano plazo, debido a que el proceso de toma de decisión es un proceso dinámico y requiere ser ajustado y revisado en el tiempo.

El método TOPSIS, (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution), está basado en el cálculo de distancias e identifica, para cada criterio su valor ideal y anti ideal calculando para cada alternativa, su distancia al respectivo ideal y anti ideal, buscando

aquella opción que más se acerque a lo que el observador considera como “ideal” y a su vez más se aleje a lo “anti-ideal”.

Para realizar este método se debe seleccionar la métrica a utilizar, es decir el coeficiente que se introduce en las ecuaciones, que define la forma de medir la distancia, desde el punto que se encuentre la alternativa, al ideal o anti-ideal.

De acuerdo a lo fundamentado en otro trabajo realizado por los autores, los métodos usuales tienen sus limitaciones y por lo tanto no cubren satisfactoriamente los objetivos planteados. Por ello se propuso una nueva metodología que permita contemplar, en forma coherente y armónica, tanto las variables que pueden calificarse en función de costos como aquellas relacionadas con los aspectos ambientales y sociales que no pueden medirse en términos económicos. De este modo se permite contemplar un amplio conjunto de factores consecuentes con los criterios del desarrollo sostenible.

A fin de establecer un “nivel base” que permita comparar todos los sitios opción de igual modo, se determinaron dos condiciones de carácter sine qua non:

- La definición y alcance del factor.
- La especificación de los criterios de calificación.

Ambas condiciones permitieron dar consistencia y solidez al método. Así, una vez identificado un factor como relevante para el estudio de localización, se lo debió definir detalladamente, especificando las consideraciones que permitan interpretar “qué” se está analizando con dicha variable. Luego, se debieron establecer los criterios de calificación; es decir los marcos de referencia para cada estado del factor (color), condicionados fuertemente por la definición del mismo.

Descripción de la metodología utilizada:

Las cuatro localidades de la provincia de Córdoba, Argentina, elegidas para realizar el estudio comparativo fueron: Villa María, Las Varillas, Monte Buey y Ordoñez

Se realizó un estudio detallado de las localidades donde se localizaron los parques industriales. Se llevó a cabo un análisis comparativo de los distintos métodos seleccionados. Para ello, primero se eligieron sitios con diferentes características, lo que permitió acceder a más variables, para demostrar que los métodos son aplicables en distintas configuraciones territoriales.

La elección se fundamentó en que el grupo de investigación GINGEOS de la UTN FRC, ha asesorado a estos cuatro municipios en aspectos referidos a sus Parques Industriales, por lo que se contó con la información necesaria para realizar los análisis planteados en este trabajo.

Para otra parte, los lugares seleccionados poseen características demográficas distintas, como por ejemplo cantidad de población, índice de masculinidad, pirámide poblacional, índices de educación, índices de salud, etc., y características económicas disímiles, fundamentalmente en lo referido a la actividad económica de la región a analizar, cantidad de industrias instaladas, tipo de actividad industrial, etc.

Descripción de los casos de estudio:

El presente trabajo evaluó la factibilidad de localización sustentable de cuatro parques industriales, ubicados en el interior de la provincia de Córdoba, en las localidades de Villa María, Las Varillas, Ordoñez y Monte Buey. Este estudio está basado en relevamientos y preevaluaciones realizados entre los años 2005 a 2010, en forma conjunta con los equipos

técnicos de los municipios de las localidades mencionadas y los autores del presente trabajo, de donde surgieron los factores de localización más relevantes a tener en cuenta en la localización de parques industriales, así como también la determinación de las posibles zonas de localización. De tal manera se definieron diez factores de localización, a saber: accesos y vías de comunicación, aspectos urbanísticos, dimensiones y disponibilidad del inmueble, zonificación y uso del suelo, niveles y desagües pluviales, gas natural, agua potable y de uso general, energía eléctrica, telefonía y por último red cloacal.

A continuación se realizará una breve descripción de cada uno de los casos estudiados, identificando las posibles zonas de localización:

Villa María. – Características y zonas de localización: Villa María es una ciudad del centro de la Provincia de Córdoba, Argentina, cabecera del Departamento General San Martín. Es la tercera en importancia de la provincia, luego de la Capital y la ciudad de Río Cuarto. Cuenta con una población de 79.946 habitantes en el municipio de Villa María según el registro del Censo Provincial de Población 2010 (Dirección General de Estadísticas y Censos de la Provincia de Córdoba, 2010). Su localización se encuentra en plena Pampa Húmeda, ubicada a los 63° 16` O y a los 32° 25` S, a orillas del Río Tercero o Ctalamochita y a 146 km al sudeste de la ciudad de Córdoba. Tiene su núcleo original en la ribera izquierda (norte) del mencionado Río Tercero aunque en el transcurso del siglo XX se ha integrado con la ciudad de Villa Nueva ubicada en la ribera sur.

La temperatura media anual es de 16.5 °C y resulta característica de la zona central de la pradera pampeana con una amplitud térmica aproximada del mes más cálido, enero, y el más frío, julio, de 14.5 °C.

Villa María se halla dentro de la llanura pampeana donde no existen plegamientos y, por lo tanto, no se registran accidentes orográficos. Su altura con respecto al nivel del mar es de 196 m y el suelo registra una suave pendiente con declive hacia el sudeste.

En cuanto a su actividad económica y su estructura productiva, Villa María al encontrarse en un área de agricultura y ganadería intensivas, con importante producción de cereales, frutales y oleaginosas (soja, trigo, maíz, girasol, avena, cebada, centeno), ha devenido en un importante centro económico subregional en el cual se han desarrollado industrias y servicios relacionados con las actividades agropecuarias, ya que la ciudad es el centro de una de las principales cuencas lecheras de Argentina, así como industrias de apoyo a la actividad agraria (agromecánica, agroquímicos). Aún así, la industria en esta ciudad se ha diversificado a partir de la segunda mitad del siglo XX, sumándose las industrias alimentarias, metalmecánicas livianas, textiles, del vidrio, cementeras y químicas no específicamente ligadas al agro.

En la actualidad, según el Registro Industrial de la Provincia, (Secretaría de Industria de la Provincia de Córdoba, 2013), funcionan 245 industrias en la ciudad de Villa María. Los sectores económicos más relevantes son el comercio minorista, el cual aporta el 63% de la actividad económica, los servicios con un 24% y la industria con un 10%. De acuerdo a información brindada por el municipio, en los últimos 5 años los sectores que más han crecido son la industria, la construcción y el comercio.

Por otro lado cabe aclarar, que en cuanto a la promoción de actividades productivas, la ciudad de Villa María participa del Régimen de Promoción Industrial de la Provincia de Córdoba y se encuentra incluida en la "Zona B" del Régimen de Promoción y Desarrollo Turístico de la Provincia de Córdoba; además cuenta con promoción de exportaciones a través de la Agencia Pro Córdoba. En cuanto al Régimen Municipal de Promoción Industrial quedan eximidos total o parcialmente del pago de diversos tributos, los establecimientos industriales, comerciales (exceptuando supermercados e hipermercados) y/o de servicios que proyecten el inicio de una actividad o bien la construcción de nuevas instalaciones, o ampliaciones de las existentes en una superficie que exceda los 400 m<sup>2</sup> y que generen y ocupen como mínimo 10 nuevos puestos de trabajo.

En el presente trabajo, para el estudio de localización del Parque Industrial Villa María se consideraron tres zonas de la Ciudad: Hacia el Norte sobre la Ruta Provincial N° 158, Al Este entre la Ruta Nacional N° 9, Ruta Provincial N° 2 y la Av. Gral. Savio. Al Oeste sobre

la Ruta Nacional N° 9. En ellas, se determinaron siete localizaciones factibles, identificadas como 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 2 y 3, que fueron evaluadas respecto a los diez factores de localización anteriormente citados.

**Las Varillas.** – Características y zonas de localización: Las Varillas es una ciudad del este de la provincia de Córdoba, Argentina, en el departamento San Justo, ubicada en la pedanía de Sacanta. Dista 602 km de la Capital Federal; 320 km del puerto fluvial de Rosario, 165 km de la ciudad de Córdoba y 83 km del puerto seco de Villa María (Córdoba). La ciudad es atravesada por dos rutas: a) la Ruta Nacional 158, que la vincula con países limítrofes: al oeste, con Chile y al este, con Brasil y Uruguay, y b) la Ruta Provincial Nro. 13, que la vincula con la capital de la provincia y con la ciudad de Rosario.

Las coordenadas son 31°52´S y 62°43´O. Se ubica a 136 m sobre el nivel del mar y se apoya en un suave declive que se orienta hacia el Río Paraná

Según el Censo Provincial del año 2010, (Dirección General de Estadísticas y Censos de la Provincia de Córdoba, 2010), la ciudad de Las Varillas tiene una población de 16.316 habitantes en su mayoría descendientes de inmigrantes europeos.

En cuanto a su estructura productiva y en función a los datos obtenidos en el Registro Industrial de la Provincia, (Secretaría de Industria de la Provincia de Córdoba, 2013), en Las Varillas se registran un total de 79 industrias, donde la principal actividad productiva es aquella relacionada a las maquinarias agrícolas, más del 30% de las industrias realizan este tipo de actividad. La construcción y el comercio son las actividades económicas que le siguen en orden de prioridad.

La promoción de actividades productivas es una política efectiva en la localidad. Se desarrollan permanentes programas de capacitación local de mano de obra según las necesidades de las industrias, beneficiándose de ello todas las empresas de la localidad.

La ciudad de Las Varillas participa del Régimen de Promoción Industrial de la Provincia de Córdoba.

Para el estudio de localización del Parque Industrial Las Varillas se consideraron tres zonas de la Ciudad: Hacia el Norte entre la Ruta Provincial N° 13 (al Arañado) y Ruta Provincial N° 3, al Este entre la Ruta Nacional N° 158 (hacia San Francisco) y la Ruta Provincial N° 13 (hacia Alicia), al Sur entre la Ruta Nacional N° 158 (hacia Villa María) y Ruta Provincial N° 13 (hacia Alicia). En este caso se determinaron ocho localizaciones factibles, identificadas como A, B, C, D, E, F, G y H, las cuales fueron evaluadas respecto a los factores antes mencionados.

**Monte Buey.** – Características y zonas de localización: Monte Buey es un pueblo que se encuentra ubicado sobre la Ruta Provincial RP 6 en el Departamento Marcos Juárez, provincia de Córdoba, Argentina y en la intersección del paralelo 32° 25´ S y 62° 27´ O. Es la Capital Nacional de la Siembra Directa.

Está asentado sobre la llanura pampeana a una altura de 110 m sobre el nivel del mar. Tiene 65.000 ha y en su baricentro se encuentra la zona urbanizada que cubre 300 ha.

Según el Censo Provincial del año 2010, (Dirección General de Estadísticas y Censos de la Provincia de Córdoba, 2010), la ciudad de Monte Buey cuenta con una población de 6.285 habitantes.

En función a los datos obtenidos en el Registro Industrial de la Provincia, (Secretaría de Industria de la Provincia de Córdoba, 2013), en Monte Buey se registran un total de 20 industrias, donde se ven una diversidad muy grande de rubros. Los mayores porcentajes se los llevan la fabricación de maquinaria agropecuaria y forestal, con un 15%, la fabricación de productos metálicos para uso estructural, con 15%, y la elaboración de aceites y grasas vegetales sin refinar, aceite virgen y subproductos, 10%. El resto del porcentaje lo completan las empresas minoristas de rubros panadería, impresión, fabricación de helados, entre otros.

En el estudio de localización del Parque Industrial Monte Buey, para la preevaluación realizada se tuvo en cuenta la Ordenanza N° 31/84 (Código de Urbanización) y la Ley N° 9625 (Radio Municipal de Monte Buey). Para el análisis se consideraron cuatro zonas de la

localidad y en ellas, se determinaron cinco localizaciones factibles, identificadas como 1, 2, 3A, 3B y 4, que se analizaron en función de los factores mencionados.

Ordóñez. – Características y zonas de localización: Ordóñez es una localidad situada en el departamento Unión, provincia de Córdoba, Argentina. Se encuentra situada a aproximadamente 260 km de la ciudad de Córdoba, sobre la Ruta provincial N° 6 a 32°50S y 62°52'O. Según el Censo Provincial del año 2010, (Dirección General de Estadísticas y Censos de la Provincia de Córdoba, 2010), la población de Ordoñez es de 2.613 habitantes. El clima de la localidad es templado con estación seca, registrándose unas precipitaciones anuales de 950 mm, aunque en los últimos años este número ha aumentado, provocando numerosas inundaciones nocivas para la agricultura.

La localidad surgió con la construcción del ferrocarril y se vio seriamente afectada tanto económica como socialmente cuando éste dejó de pasar. Cuenta con varias empresas industriales que son el motor de desarrollo de la localidad pasando de ser una comunidad agrícola a ser una comunidad industrial.

En función a los datos obtenidos en el Registro Industrial de la Provincia, (Secretaría de Industria de la Provincia de Córdoba, 2013), en Ordoñez se registran un total de 20 industrias, las principales actividades económicas de la localidad son la agricultura (soja, maíz y trigo) y la industria estrechamente relacionada con el campo, sobre todo se destaca el rubro de elaboración aceites y grasas vegetales sin refinar, aceite virgen y subproductos, 28,57% del total de industrias, y elaboración de alimentos preparados para animales, igual porcentaje al anterior.

Para el estudio de localización del Parque Industrial Ordóñez se consideraron cuatro fracciones de terreno localizadas hacia el Este a ambos lados de la Ruta Provincial N° 6, identificadas como A, B, C y D.

Para este análisis se contó, además, con relevamientos realizados entre los años 2005 a 2010, en forma conjunta con los municipios de las localidades mencionadas e investigadores del Grupo de Investigación e Innovación en Gestión Estratégica Organizacional Sustentable (GINGEOS), de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, de donde surgieron los factores de localización más relevantes a tener en cuenta para la localización de un parque industrial, así como también la determinación de las posibles zonas de localización. De tal forma, se definieron diez factores de localización, considerados comunes a las cuatro localizaciones analizadas. Ellos son: accesos y vías de comunicación, aspectos urbanísticos, dimensiones y disponibilidad del inmueble, zonificación y uso del suelo, niveles y desagües pluviales, gas natural, agua potable y de uso general, energía eléctrica, telefonía y red cloacal, los cuales serán descriptos brevemente a continuación.

Descripción de los factores de localización:

Con el fin de aportar mayor claridad a la importancia de cada factor, se realiza una breve descripción de ellos, haciendo mención en cada caso de aquella situación considerada como ideal, para el establecimiento de un parque industrial.

En función de ello entenderemos por accesos y vías de comunicación a la facilidad para acceder al predio del futuro parque industrial. Depende fundamentalmente de las rutas o caminos que rodean el lugar. Se considera como ideal la posibilidad de acceso mediante dos rutas diferentes, que permitan el correcto ingreso y egreso al futuro parque, tanto de los camiones de carga como del personal.

Aspectos urbanísticos hace referencia a la preponderancia de vientos que eviten que los efluentes gaseosos lleguen y perjudiquen la ciudad donde se instala el parque. Se considera como ideal que los vientos dominantes no lleven los posibles efluentes gaseosos contaminantes a la ciudad.

Dimensiones y disponibilidad del inmueble se refiere al tamaño del predio donde se instalará el futuro parque y además a la facilidad para adquirir el mismo por parte del organismo que vaya a desarrollar las obras. Se considera que para el establecimiento de un parque industrial, lo ideal es un terreno de 65 Ha, que pertenezcan al Estado.

Zonificación y uso del suelo es considerada como la variable más importante en la radicación de un parque industrial ya que de existir restricciones en el uso del suelo podrían pasar varios años antes de poder levantarla. Hay que tener en cuenta que aquí, se radicarán muchas empresas de diferentes rubros, por lo tanto lo que se busca es colocar al mismo en una zona en donde se desarrollen actividades industriales, preferentemente dentro del ejido urbano. Lo ideal es que el predio se encuentre en una Zona Industrial, dentro del ejido urbano.

Niveles y desagües pluviales hace referencia a la capacidad del predio y de los accesos al mismo para desagotar el agua proveniente de las lluvias. Revertir este factor desfavorable implicaría altos niveles de inversión en movimientos de tierra e infraestructura, y por ello se consideran ideales aquellos predios que se encuentren en zonas que no posean problemas de inundabilidad.

Gas natural se refiere a la disponibilidad de gas natural, a través de un ramal de gas. Si bien es un aspecto importante, la no existencia de este en la cercanía no impediría directamente la radicación del parque. Se considera ideal la presencia de un ramal de gas natural cercano que posea un mínimo de 4" de diámetro y una presión de 25 Kg/cm<sup>2</sup>.

Agua potable y de uso general se refiere a la disponibilidad y acceso del predio al agua potable y agua para uso general. Lo ideal sería que el predio disponga de capacidad de provisión de agua potable a través de la red pública o en todo caso, por disponibilidad de agua subterránea de buena calidad.

Energía eléctrica es la disponibilidad y acceso a una red de energía eléctrica. Lo óptimo sería que el lugar se encuentre cercano a una red de media tensión (13,2 Kv), para proveer a las futuras empresas del parque.

Telefonía se refiere a la capacidad de acceso a un sistema de telefonía fija e Internet. Si bien es un aspecto importante, actualmente se pueden acceder a servicios de telefonía e Internet en forma inalámbrica. La situación ideal sería aquella donde pase por los alrededores del predio una línea de telefonía fija y red de fibra óptica.

Red cloacal hace referencia a la cercanía de una red cloacal que pueda ser utilizada por el futuro parque industrial. No constituye un aspecto que no fuera salvable mediante futuras obras. La situación ideal es aquella donde en los alrededores del predio evaluado se encuentre una red cloacal que pueda conectarse directamente al sistema del futuro Parque Industrial.

Resultados finales obtenidos en el trabajo de investigación:

Luego de analizar y evaluar distintas técnicas y metodologías, las elegidas fueron: AHP, Ponderación Lineal normalizada y TOPSIS.

La elección de estas se debió a que las tres se basan en principios distintos para desarrollar la toma de decisiones. Por un lado la técnica AHP se basa en la comparación de pares entre las distintas alternativas y criterios posibles, la técnica de ponderación lineal normalizada asigna pesos a las variables de análisis y determina puntajes a cada una de las alternativas en función a lo que se puede percibir (Toskano Hurtado, G, 2005) mientras que la TOPSIS,

busca aquella opción, dentro del universo de múltiples opciones, que más se acerque a lo que el observador considera como “ideal” y a su vez más se aleje a lo “anti-ideal”.

De las técnicas analizadas, estas tres son las que mejor se adaptaron para solucionar un problema de localización de parques industriales, ya sea por su fácil aplicación y por su adaptabilidad a los casos que se propusieron.

Aplicando los tres métodos en los casos en estudio, se observó que para el caso de Scoring y AHP, los resultados concuerdan con la mejor y peor decisión en la elección del parque industrial, aunque cuando los valores de las calificaciones de las alternativas están muy cercanos, puede haber alguna diferencia de ordenamiento final. Para el caso de TOPSIS los resultados finales variaron respecto a las otras técnicas, pero a medida que la métrica aumenta, el resultado se acerca a lo obtenido por éstas.

De los tres métodos analizados, el TOPSIS se planteó como el más complicado pues su resolución implica una gran cantidad de cálculos matemáticos, que pueden llegar a hacer engorroso el estudio. Sin embargo al considerar las dos distancias, la ideal y la anti-ideal, se pudo realizar un análisis más detallado de las alternativas a evaluar.

El más sencillo y rápido desde el punto de vista de cálculos fue el Scoring normalizado o ponderación lineal normalizada, no obstante una gran debilidad que se planteó, es el hecho de que si el evaluador no es lo suficientemente experimentado, puede llegar a realizar calificaciones incoherentes que la técnica no detecte, y que se reflejen en el resultado final.

El proceso de jerarquía analítico (AHP) resultó bastante complejo en sus cálculos, pero la disponibilidad de un software reconocido como el Expert Choice facilitó su implementación. Una gran fortaleza del método, es la posibilidad del cálculo del índice de consistencia, lo que permitió medir el grado de inconsistencia de los juicios emitidos por el evaluador, ayudando a aquellos que sean poco experimentados en esta actividad.

De las técnicas evaluadas, estas tres son las que mejor se adecuaron para solucionar un problema de localización de parques industriales, ya sea por su fácil aplicación o por su adaptabilidad a distintos escenarios. Como conclusión final del análisis comparativo de los métodos, se pudo apreciar sus ventajas y limitaciones y realizar recomendaciones para aquellos que los apliquen en el proceso de decisión de la localización de un Parque Industrial, que permita una planificación del desarrollo industrial y urbano sustentable en el tiempo.

#### Citas Bibliográficas:

-Dirección General de Estadísticas y Censos de la Provincia de Córdoba, Dirección de Estadísticas Socio-demográficas, “Censo provincial de población 2010”, (2010), Disponible en: <http://estadistica.cba.gov.ar/>, Fecha de consulta: Marzo de 2014.

- Iglesias Piña, D., “Condiciones de la infraestructura y el equipamiento urbano de los parques industriales en México. Un análisis contemporáneo”, (2012), disponible en: <http://www.uaemex.mx/feconomia/006c.pdf>, fecha de consulta: Mayo de 2013.

- Saaty, T., Vargas, L: “Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process”, 2nd ed. Springer, New York, USA. (2012).

- Roche, H. y Vejo, C., “Métodos cuantitativos aplicados a la Administración”, (2005), disponible en, <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>., fecha de consulta: Abril de 2014.

-Toskano Hurtado, G., “El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores”, Universidad Nacional Mayor de San

Marcos. Facultad de Ciencias Matemáticas, Lima, Perú. (2005), disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano\\_hg/toskano\\_hg.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf), fecha de consulta: Marzo de 2014.

-Tavella, M., Miropolsky, A., Manera, R., “Estudio Comparativo de Métodos Multicriterio para el análisis de la Localización Sustentable de Parques Industriales Regionales”, Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales- Universidad Nacional de Córdoba. (Vol. 1, Nº 1), p. 41- 48, (2014).

Disponible en: <http://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/6968>

- Tavella, M., Miropolsky, A. y González, G: “Los Parques Industriales como estrategia para el desarrollo sustentable en ciudades de la provincia de Córdoba”. En: Francisco A. Delgadino; “Municipios y Servicios Públicos: Herramientas para el Desarrollo”, Cap. 3, Editorial Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. (2008).

- Tavella, M., Miropolsky, A. y González, G, (2011), “Desarrollo Metodológico Multi-criterio para la Localización Sustentable de Grandes Plantas Industriales”, V Congreso Iberoamericano sobre Desarrollo y Ambiente, 1a ed, Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina..