

Una aplicación de Workforce Management utilizando Geometría Computacional y Bases de Datos Espacio Temporales ¹

Carlos Casanova, María Gisela Dorzán², Edilma Olinda Gagliardi²,
Raúl Loyola, María Teresa Taranilla², Gregorio Hernández Peñalver³

² Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Universidad Nacional de San Luis, Argentina
{mgdorzan,oli, tarani}@unsl.edu.ar

³ Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid, España
gregorio@fi.upm.es

Resumen. En este trabajo presentamos una alternativa a la resolución del problema de asignar dinámicamente y en tiempo real, la fuerza de trabajo de un Organismo de Control, de manera que sea eficiente y esté dotado de un proceso de aseguramiento que evite acciones irregulares, utilizando herramientas de Geometría Computacional e Índices Espacio Temporales.

Keywords. Workforce Management, Geometría Computacional, Bases de Datos Espacio Temporales

1 Introducción

La Automatización de la Administración tuvo avances importantes durante las últimas décadas con la aparición de recursos tecnológicos que pueden aplicarse fácilmente. En particular, la Planificación y el Control, son dos de las actividades centrales que han tenido aportes desde el inicio de las teorías planteadas por Fayol y Taylor [3][11]. El Trabajo de Campo (*Field Service Management- FSM*) sintetiza la necesidad de coordinar información y tareas a llevar a cabo fuera del ámbito de las empresas, con el propósito de proveer servicios o hacer su mantenimiento post venta. Desde hace algunos años se trabaja en la Coordinación de la Fuerza de Trabajo (*Workforce Management - WFM*) como un proceso cuya relevancia dentro de los Sistemas de Provisión de Servicio es clave desde el punto de vista económico. Toda organización que requiere de personal especializado o recursos que se mueven por la ciudad para proveer servicios o mantenimientos tiene que trabajar en forma continua con la idea de mejorar la asignación y el control eficiente de tareas.

¹ Este trabajo es parcialmente subvencionado por el Proyecto Tecnologías Avanzadas de Bases de Datos 22/F614-UNSL; y parcialmente subvencionado por el proyecto del Ministerio Ciencia e Innovación MTM2008-05043- España.

La problemática de Planificación y Control, nos llevó a explorar de qué manera, las Bases de Datos trataban las consultas históricas del tipo: “qué personas comparten una actividad en una zona dada en un período de tiempo dado”. Ésta es una de las variables indispensables para poder generar la asignación de tareas futuras a la fuerza de trabajo. Por otra parte, las grandes urbes tienen problemas estructurales desde el punto de vista de las comunicaciones terrestres, aparece así la cuestión del desplazamiento de la fuerza de trabajo sobre el terreno.

En este trabajo proponemos una solución, tratando en forma conjunta dos tipos de problemas: en primer término, la asignación eficiente de recursos en tiempo real y segundo, la fiscalización sobre personas que integran un organismo de control que tiene por misión autorizar o denegar el inicio de la actividad económica en determinados rubros, y el de aplicar penalidades ante desvíos a la normativa vigente.

Las herramientas aplicadas para solucionar los problemas descriptos fueron provistas por las Bases de Datos Espacio-Temporales y por algoritmos y estructuras propias de la Geometría Computacional.

Este artículo está organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 presentamos brevemente conceptos de Bases de Datos y de Geometría Computacional. En la sección 3 introducimos los conceptos de planificación y control. En la Sección 4 se presentan aspectos de la aplicación implementada. Finalmente, se exponen las conclusiones.

2 Bases de Datos Espacios Temporales y Geometría Computacional

En esta sección presentamos brevemente conceptos relacionados con las *Bases de Datos Espacio Temporales* y estructuras de la *Geometría Computacional* utilizadas en la aplicación desarrollada.

Una *Base de Datos Espacial (BDE)* maneja datos relacionados con el espacio. El espacio establece un marco de referencia para definir la localización y relación entre objetos. Si a los objetos espaciales se los quiere relacionar en función del tiempo en que los cambios ocurren, aparece la necesidad de extender el concepto dando origen a las *Bases de Datos Espacio Temporales (BDET)*. La explotación de estas bases de datos permite observar la evolución de los objetos en el tiempo y operar en consecuencia según se requiera [8] [12].

Consideremos objetos espaciales n -dimensionales con $n \geq 2$ que cambian su posición y/o forma a través del tiempo. Un objeto en movimiento está descripta por un conjunto de tuplas $(x_1, x_2, \dots, x_n; t)$ en $R^n \times R$, siendo R el conjunto de los números reales. Definimos una BDET como un conjunto $\{(x_1, x_2, \dots, x_n; t)\} \in R^n \times R$ donde (x_1, x_2, \dots, x_n) representa la posición en el espacio de algún objeto y t representa el instante de tiempo en el que ocupa dicha posición y los datos de dicho conjunto se encuentran relacionados por alguna característica en particular. Con las BDETs es posible resolver o hacer seguimiento de distintas situaciones de la vida real, las cuales no eran posibles abordar con las Bases de Datos puramente Espaciales o Temporales.

Estos nuevos modelos de Bases de Datos generan la necesidad de procurar métodos de accesos eficientes para acceder a dichos objetos. Por lo tanto, aparecen diferentes

propuestas de estructuras de indexación [4][5][6]. Desde lo teórico, el índice que más se aproxima a nuestra necesidad es el I+3 *R-Tree* propuesto [4]. El I+3 *R-Tree*, está orientado a la recuperación de la información histórica y actual de objetos que se mueven en espacios libres. Utiliza una estructura denominada *Índice* para almacenar la información de la posición y de la forma más reciente de cada objeto. En el *Índice* se almacena la posición actual de los objetos, desde el instante de tiempo en que se produjo el último movimiento.

La *Geometría Computacional (GC)* estudia el diseño, análisis e implementación de estructuras y algoritmos para la solución constructiva de problemas geométricos. En los últimos años se ha convertido en tema de estudio en problemas abstractos, introduciéndose en problemas de la vida real. A continuación, describimos brevemente dos estructuras de la Geometría Computacional, que utilizamos en nuestro trabajo: el diagrama de Voronoi [2].

La idea del diagrama de Voronoi se basa fundamentalmente en la proximidad. Supongamos que tenemos un conjunto finito de puntos en el plano $S = \{p_1, \dots, p_n\}$ (con $n \geq 2$), y a cada punto p_j le asociamos aquellos puntos del plano que están más cerca o a igual distancia de él que de cualquier otro de los puntos p_i ($i \neq j$). Así, todo punto del plano queda asociado con algún punto de la nube, formándose conjuntos que lo recubren. Existirán puntos que están a la misma distancia de dos elementos de S y que formarán la frontera de cada región. Los conjuntos resultantes forman una partición del mismo denominado *Diagrama de Voronoi* denotado por $Vor(S)$. Cada una de las regiones resultantes se denominan *regiones de Voronoi* y se denotan $Vor(p_i)$. Analizando la estructura de esta partición en el plano, y dado dos puntos, p_i y p_j , el conjunto de puntos más cercanos a p_i que a p_j es la mitad del plano que contiene a p_i el cual está definido por la mediatriz de p_i y p_j . A este semiplano se le denotará por $H(p_i, p_j)$. El lugar geométrico de los puntos más cercanos a p_i que a cualquier otro punto, es la intersección de $n-1$ semiplanos, y es una región poligonal convexa la cual no tiene más de $n-1$ lados, es decir, $V(i) = \bigcap_{i \neq j} H(p_i, p_j)$. Estas n regiones dividen al plano en una red convexa que se muestra en la Figura 1.

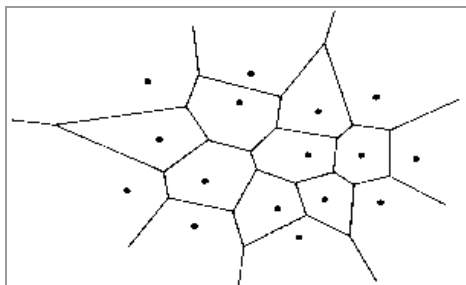


Fig. 1. Diagrama de Voronoi.

3 Automatización de la Administración: Planificación y Control.

En la Automatización de la Administración, la Planificación y el Control son dos de las actividades centrales que han tenido aportes desde el inicio de las teorías planteadas por Fayol y Taylor, a principio del siglo pasado [4] [11].

El Trabajo de Campo, FSM, sintetiza la necesidad de coordinar información y tareas para llevar a cabo fuera del ámbito de las empresas, con el propósito de proveer servicios o hacer su mantenimiento post venta. El FSM, intenta optimizar el uso de información y recursos, en las compañías cuya parte más significativa de la operación se basa en personal que trabaja fuera de la oficina, desplazándose y en contacto con clientes. La satisfacción del cliente y el costo que demanda es lo que debe guardar un fino equilibrio para que la actividad siga siendo rentable. La productividad que se logra por el adecuado uso del FSM se logra por medio de una optimización en la planificación y despacho de las órdenes que permiten efectuar las intervenciones [9],[10]. Es en ese marco en el que el WFM cobra importancia.

Desde hace unos años se está trabajando en la Coordinación de la Fuerza de Trabajo, WFM, como un proceso cuya relevancia dentro de los Sistemas de Provisión de Servicio es clave desde el punto de vista económico. Toda organización que requiere de personal especializado o recursos que se mueven por la ciudad para proveer servicios o mantenimientos sobre ellos tiene que trabajar en forma continua con la idea de mejorarlo [7].

Los aspectos del WFM de mayor interés son: la planificación (*Workforce Planning -WFP*) y el despacho de órdenes (*Workforce Dispatcher - WFD*) basado en la tecnología de comunicaciones móviles. El WFP es una actividad que le permite a las organizaciones, prever el tamaño de sus equipos de trabajo y tener en cuenta las especialidades necesarias para mantener la continuidad de un servicio dado. Este es un problema complejo que engloba las actividades relacionadas con la asignación de trabajo, coordinación y seguimiento y que requiere de técnicas modernas para resolverlo adecuadamente [1].

El Control es la función administrativa por medio de la cual se evalúa el rendimiento. Dentro del proceso administrativo, la importancia del control radica en que es la actividad que se enfoca en evaluar y corregir el desempeño de las personas y de las tareas desarrolladas para asegurar que los objetivos y planes de la organización o institución se estén llevando a cabo. El resultado inmediato del proceso de control, es un mapa de la diferencia entre lo esperado a través de lo planificado, y lo realmente obtenido.

4 Aplicación WFM con GC y BDET

El origen del presente trabajo surge como un requerimiento a nivel de consultoría, de un grupo de desarrollo vinculado al organismo de control y habilitaciones de una institución pública. Este grupo estaba abocado a la reingeniería del sector y de su principal proceso, que se trata de designación de los diferentes equipos de inspectores que deben asignarse a cada inspección que se haya planificado como acción preventiva, o como resultado de una denuncia. La relación con los sistemas de WFM

aparece con la necesidad de desplegar el cuerpo de inspectores en la ciudad. Ese despliegue debe hacerse manteniendo un uso racional de recursos, los cuales son escasos.

El principal punto a tener en cuenta, es asumir que el problema de inicio trata sobre *habilitaciones e inspecciones*, los que a su vez están subordinados principalmente a influencia de carácter político y económico. Esto significa que, cualquier solución debe contar con la flexibilidad necesaria para aplicar rápidamente cambios a diferentes escenarios. Por esa razón, nos centramos en proveer funciones básicas que sean utilizadas de forma sencilla en las reglas de Selección y Asignación de especialistas, y que puedan ser redefinidas con cierta periodicidad. El objetivo final es que estas reglas puedan modificarse en forma segura y rápida cuando las variables de contexto cambian. Dichas reglas corresponden al proceso de selección y asignación de recursos que el organismo de control define por medio de parámetros, y que deben poder reflejar los siguientes aspectos: agregar control preventivo en el momento de selección de candidatos, minimizar costos de movimientos y agregar aseguramiento al proceso en su conjunto.

A nivel de diseño, nos basamos en dos herramientas: *i)* el concepto de regiones provisto por el diagrama de Voronoi para vincular los actores del proceso: recursos disponibles y sitios a ser controlados; *ii)* datos históricos de la relación previa entre los actores del proceso. Dicha información se obtiene desde la Base de Datos Espacio Temporal que registra los eventos que se dan por medio de las intervenciones del personal del organismo sobre el campo motivo del control.

Otro de los objetivos de nuestro trabajo, consiste en incrementar la información de análisis posterior con la finalidad de tomar acciones correctivas. Estas acciones se producirán, generalmente, por medio de la redefinición de las reglas de negocio. A nivel aplicativo consistirá en redefinir el código que termina modificando la toma de decisiones. La explotación de consultas espacio-temporales es la herramienta que naturalmente intervendrá en provee información para decidir.

4.1 Formalización del problema

Actualmente, la tarea de designaciones de inspectores se basa en una planificación manual que un grupo de empleados del Organismo confeccionan anualmente, y que luego, revisan periódicamente con el objeto de incorporar las novedades que surgen desde los pedidos de nuevas habilitaciones o de denuncias de agentes del Organismo. Entre las principales desventajas del esquema actual, surge el hecho de la decisión humana permanente. Las designaciones son conocidas anticipadamente y pueden prestarse a estrategias de manipulación que son las causas que colaboran en deterioro del sistema de control en general. Al otorgar independencia humana al esquema de decisiones en las asignaciones, se pretende evitar el posible favoritismo en la designación de inspectores. De la misma forma, al indagar en la historia de asignaciones, se trata de evitar que los inspectores actúen en reiteradas oportunidades ante los mismos sitios o sus vecindades, ya que eso daría la posibilidad de ocultamiento reiterado de irregularidades.

En nuestro problema, el objetivo es la calidad de la inspección y no interviene la productividad y/o rentabilidad. La solución propuesta consiste en automatizar un

proceso que, mediante la aplicación de reglas generales previamente definidas, asegure la transparencia en la asignación de inspectores a sitios para inspeccionar. Además, los sitios deben ser seleccionados por atributos dinámicos de prioridades y por la disponibilidad de inspectores, que estando en la zona, no hayan intervenido recientemente en otra inspección del sitio a inspeccionar (por ejemplo: en menos de 1 mes), o en sitios cercanos al mismo (por ejemplo, en un radio de 100 metros). El proceso debe ser flexible a modificación de reglas o a la incorporación de nuevas restricciones que acompañen la evolución de los requerimientos.

Se puede formalizar el problema de la siguiente forma: existe un conjunto $SH=\{sh_1, sh_2, \dots, sh_n\}$, de sitios habilitados, $SN=\{sn_1, sn_2, \dots, sn_m\}$ de sitios nuevos, y $SD=\{sd_1, sd_2, \dots, sd_p\}$ de sitios denunciados. Los sh_i deben ser periódicamente inspeccionados para verificar el cumplimiento de las normas que rigen su habilitación inicial. Para el caso de los sn_j hay una habilitación solicitada a la que se debe verificar el cumplimiento de las normas previstas según el motivo de habilitación. El propósito de la inspección en este caso es otorgar la habilitación o elevar las observaciones que deben ser cumplidas en un plazo determinado antes de emitir la habilitación. Los sd_k son casos que requieren ser inspeccionados para constatar irregularidades presentadas por la denuncia y eventualmente dictar medidas tales como inhabilitación, multas o intimaciones para que se cumplan tareas de remediación en un plazo determinado. El conjunto SD puede estar incluido (no necesariamente) en la unión $SH \cup SN$ por lo que diremos que el conjunto de sitios candidatos a ser inspeccionados será $SC=\{sc_1, sc_2, \dots, sc_p\}$, tal que, $SC = SH \cup SN \cup SD$.

Además, existe un conjunto de inspectores $I=\{i_1, i_2, \dots, i_t\}$ donde $t < p$ ($|I| \ll |SC|$). Esta diferencia en la cardinalidad de los conjuntos, es el motivo por el cual se requiere de una buena administración. I está particionado por el atributo cuyos valores posibles son “AsignadoSi” o “AsignadoNo” que denota el estado de cada inspector en un instante de tiempo dado. Diremos que el conjunto IL ($IL \subseteq I$), es el conjunto de inspectores libres, formado por todos aquellos i_j que, en el instante de tiempo actual, tiene estado “AsignadoNo”. Cada sc_i , tiene un conjunto de rubros declarados (*habilitados, a habilitar, o denunciados*) los que debe someterse a inspección. Los rubros determinan las especialidades requeridas para ejecutar la inspección. Los elementos sc_i guardan una relación de orden dada por el atributo “*prioridad*”. Este atributo es una función inversamente proporcional al tiempo en que se ha detectado la necesidad de inspección, y directamente proporcional a la urgencia impuesta por el organismo de control.

El objetivo consiste en encontrar la función que permita asignar inspecciones en base a los inspectores libres, teniendo en cuenta las siguientes restricciones:

- Sólo se puede asignar la inspección de un sitio, si se dispone de inspectores para todas las especialidades requeridas por el sitio (obligatorio).
- Mantener inactivos los inspectores el menor tiempo posible (obligatorio).
- Elegir primero los sitios de mayor prioridad (deseable).
- Desplazar los inspectores dentro de las distancias más cortas (deseable).
- Evitar las asignaciones de aquellos inspectores que intervinieron recientemente a poca distancia del sitio a inspeccionar (obligatorio).
- Evitar la reiteración de designación de un inspector a sitios que ya inspeccionó sin que haya transcurrido un lapso de tiempo dado (obligatorio).

4.2 Proceso de Selección y Asignación dentro del WFM

Para poder asignar una inspección, debemos contar con inspectores disponibles. La función de asignación sólo tiene sentido de ser evaluada cuando el conjunto de inspectores en estado “AsignadoNo” es distinto de vacío. Esta última situación ocurre cuando finaliza una inspección liberando todos los inspectores asignados o cuando se agrega un nuevo inspector a I .

- **Asignación de Inspecciones (AdI)**: El propósito de esta función es encontrar los sitios que puedan calificar para la inspección en base a los inspectores disponibles. Luego, para cada uno de aquellos sitios, deberá tratar de encontrar un subconjunto de IL que cumplan con los requerimientos de especialidad y satisfagan las restricciones mínimas. En caso de encontrar tal subconjunto, podrá hacer efectiva la asignación y continuar con la evaluación de los próximos sitios. Se muestra la lógica general que parte del conjunto de SC a ser seleccionados para generar nuevas inspecciones, y del conjunto de IL . Una vez concluida la asignación, devuelve la cantidad de inspecciones realizadas.

Asignación de Inspecciones (AdI)

In: SC, IL (Sitios Candidatos e Inspectores Libres)

Out: cantidad de inspecciones asignadas

```

SE ← Selección de Sitios a Evaluar(SC, IL, Cnt_a_evaluar)
∀ sei ∈ SE
  Si IL <> ∅
    IE ← Selección de Inspectores a Asignar (sei, IL)
    Si Asignación de una inspección (sei, IE)
      IL ← IL - IE
      SC ← SC - { sei }
    FinSi
  FinSi
Fin∀

```

Antes de continuar con el análisis del proceso de selección, definiremos las herramientas que hemos tomado desde las BDET. De ellas nos valdremos en adelante no sólo para hacer un análisis de lo actuado, sino también en la toma de decisión en línea. Hemos implementado métodos basados sobre el índice espacio temporal $I+3 R$ -Tree propuesto en [4]. Estos métodos nos permiten recolectar la información histórica a medida que se realizan las inspecciones. La recolección se lleva a cabo con la siguiente invocación: **ActualizarIndice_I3(Oid, Mbr, Tiempo)** donde Oid : es el Identificador de inspector, Mbr : es una región (conjunto ordenado de puntos) y $Tiempo$: momento en el que el inspector es asignado a la región. La actualización del índice se lleva a cabo en la aplicación, para cada inspector justo en el momento en que se asigna a una inspección. El propósito es que se registre el inicio de la permanencia del inspector en la región dada por el mbr , en el instante actual. Ese inspector permanecerá allí hasta que ocurra una nueva asignación.

Complementariamente, se define otro método cuya invocación debe llevarse a cabo teniendo en cuenta lo siguiente: **ConsultarIndice_I3D(TypeQry, Mbr, T1, T2)** donde $TypeQry$: identifica la acción de consulta requerida (1= TimeSlice 2= Evento 3=

Intervalo), *Mbr*: es la región a consultar, *T1*: es el parámetro Tiempo para Timeslice y Tiempo de inicio para Intervalo y *T2*: es el parámetro Tiempo de fin para Intervalo. Esta consulta se lleva a cabo sobre el índice espacio-temporal. En particular, la consulta por intervalo permite eliminar los inspectores que no califican para la inspección de un sitio dado (por ejemplo, de un inspector que ha realizado recientemente una inspección a un sitio que se encuentra a menos de 50 metros del lugar a inspeccionar).

- **Selección de Sitios a Evaluar**: Los sitios que surjan de su evaluación, serán los únicos que se someterán al resto del proceso de selección y asignación. Aquí se puede incorporar lógica o nuevas componentes que permitan resaltar atributos tales como urgencia o prioridad. En principio, podemos pensar que esta componente seleccionará los primeros *n*-sitios que surgen de ordenar el conjunto *SC*. Este conjunto está ordenado por un criterio de “*prioridad*”. El mismo surge de su calificación de urgencia en primer lugar, y de la antigüedad respecto del trámite de inspección anterior, o en su defecto, del inicio del trámite.

Selección de Sitios a Evaluar

In: *SC*, *IL*, *Cnt_a_evaluar* (Sitios Candidatos, Inspectores Libres, y cantidad de sitios a devolver)

Out: *SE* (conjunto de sitios a evaluar)

Sea *SEv*, ($SEv \subseteq SC$) el conjunto de sitios para los cuales hay inspectores de *IL* que pueden inspeccionar todos los rubros necesarios

```

Mientras Cnt_a_evaluar > 0  $\wedge$  SEv  $\neq$   $\emptyset$ 
  Sitio_Seleccionado  $\leftarrow$  Primero(SEv)
  SE  $\leftarrow$  SEv - { Sitio_Seleccionado }
  Cnt_a_evaluar  $\leftarrow$  Cnt_a_evaluar - 1
FinMientras
    
```

En la base de datos, existen dos relaciones que relacionan los *Inspectores* con las *Especialidades* y los *Sitios* con las *Especialidades*. La componente que estamos describiendo trabaja sobre la vinculación entre estas relaciones. Una de ellas define en forma genérica a *SD*. Como ya dijimos, no toda inspección surge de una denuncia. A los efectos prácticos a *SC* lo hemos llamado *Sitios Candidatos* y *Especialidades (SCE)* y es la relación que vincula a un *Sitio* con las especialidades que deben ser verificadas ya sea porque es motivo de habilitación, revisión periódica, o derivado de una denuncia propiamente dicha. Dicha relación tiene entre otros atributos a *IdSitio* y *Especialidad*. Las especialidades que cada inspector tiene habilitadas para inspeccionar está dada por la relación *EspecialidadInspectores* que tiene entre otros atributos a *IdPersona* y *Especialidad* que en forma genérica será el conjunto *IL*.

- **Selección de Inspectores a Asignar**: se describe una componente que permite validar condiciones mínimas de los inspectores ante la posibilidad de asignarlo a un sitio. Surge la necesidad de recurrir a la BDET para validar que el inspector intervino recientemente en el sitio en cuestión o alguno de su entorno. Por lo tanto, la consulta será por un rango de tiempo dado. Dicho rango lo definiremos como: $[t-n, t]$ donde *t* es el tiempo actual de consulta, y *n* es el tiempo que se ha definido como el mínimo entre

dos intervenciones del inspector en el mismo lugar o zona. La región a revisar estará dada por el Mbr que será el rectángulo que tiene circunscripta la circunferencia de radio r con centro en la posición del sitio. Si asumimos que la ubicación del sitio está dada por el punto $[x_{se}, y_{se}]$, la región será $Mbr = \{[x_{se} - r, y_{se} - r], [x_{se} + r, y_{se} + r]\}$.

Selección de Inspectores a Asignar

In: se, IL (Sitio a inspeccionar e Inspectores libres)
Out: IE (Inspectores elegidos para la asignación)

```

NoHabilitados ← ConsultarIndice_I3D(3[intervalo], Mbr, t-n, t)
IL ← IL - NoHabilitados
... Otras condiciones que restringen el conjunto IL
IE ← ∅
Si existe  $IL' \subseteq IL$  tal que  $IL'$  tiene todas las especialidades
requeridas por  $se$ 
    IE ←  $IL'$ 
FinSi
    
```

- **Asignación de una Inspección:** se describe la forma en que se ejecuta el paso final de la asignación de la inspección. Se actualiza el índice con el tiempo actual t . Uno de los atributos del sitio, es la Clave Catastral. Asociado a cada clave, se registra el punto correspondiente a la dirección legal del mismo (indicando la Latitud y Longitud). Si asumimos que la dirección del sitio es el punto $[x_{se}, y_{se}]$, la región que se usará para actualizar el índice será $Mbr = \{[x_{se}, y_{se}], [x_{se}, y_{se}]\}$.

Asignación de una Inspección

In: se, IE (sitio a inspeccionar e Inspectores Elegidos)
Out: Ok (resultado de la asignación)

```

Ok ← False
... Evaluación con otros criterios de la regla de negocio
Si Cumple otros criterios
    ∀  $ie_i \in IE$ 
        ActualizarIndice-I3D(  $ie_i, Mbr, t$  )
    Si actualizó OK
        ... actualizar estructuras utilizadas por otros criterios
        Ok ← True
    FinSi
FinSi
    
```

5 Conclusión

El avance de las tecnologías de comunicaciones y el uso de dispositivos móviles como estaciones de trabajo con capacidad de procesamiento, nos ha facilitado lograr una solución a nuestro problema de origen que consistía en mejorar la asignación de inspecciones a la fuerza de trabajo de campo minimizando la toma de decisión discrecional. Diseñamos y construimos una solución escalable sobre un modelo de datos teórico, que a su vez, es un subconjunto del modelo real usado por el Organismo de Control. El propósito es que pueda ser evaluado antes de generar un proyecto de cambio de cierta envergadura. Colateralmente, hemos introducido el uso de nuevas tecnologías y herramientas informáticas disponibles en la actualidad, que en el área de

Sistemas de Administración son tenidas en cuenta con poca frecuencia, quizás, por la incertidumbre que éstas generan al momento de implementarse.

Referencias

1. E. Alba, G. Luque, F. Luna, Workforce Planning with Parallel Algorithms, In IEEE Proceedings of the IPDPS-NIDISC, p. 246, (2004).
2. de Berg, M., van Kreveld, M., Overmars, M., Schwarzkopf O. Computational Geometry: Algorithms and Applications. Springer-Verlag, Heidelberg, (1997).
3. Fayol Henri. Administración Industrial y General. Editorial Argentina de Finanzas y Administración (1946).
4. García Sosa J.C., Carrasco F.D. I+3 R-Tree: un método propuesto de acceso Espacio-Temporal. Trabajo Final de Licenciatura- Directora: E.O.Gagliardi (2009).
5. Gaede V. y Günther O., Multidimensional access methods. ACM Computing Surveys, Vol. 30, N° 2, pp. 170-231. (1998).
6. Guttman A., R-Trees: A dynamic index structure for spatial searching. In ACM SIGMOD Conference on Management of Data, pages 47-57, Boston, ACM. (1984).
7. Hopp Wallace J., Seyed M. R. Iravani and Fang Liu, White Collar Workforce Management: An Operations-Oriented Survey, Department of Industrial Engineering and Management Sciences - Northwestern University, Evanston, USA (2006).
8. Mokbel, M. F., Ghanem, T. M., and Aref, W. G. Spatio-temporal access methods. IEEE Data Engineering Bulletin 26, 2 , 40—49, (2003).
9. Robbins S., Coulter, M. Management. Cap 18. Pag. 458. Prentice Hall, (2005).
10. Stoner J., Freeman E., Gilbert D. Administración. Editorial Pearson (1996).
11. Taylor Frederick Winslow. Management Científico- Editorial Orbis S.A. (1911).
12. Wolfson O., Chamberlain S., Kalpakis K., Yesha Y., Modeling Moving Objects for Location Based Services, Dep. of Electrical Engineering and Computer Science, University of Illinois, (2001) .