

Trabajo de grado en modalidad de aplicación

Diseño de una herramienta de asignación de actividades en áreas de servicio

Andrés Joselito Bermúdez Duque^{a,c}, Maria Paula Fonseca Contreras²^{a,c}

Carlos Osorio Ramírez^{b,c}

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, Director del Trabajo de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

Resumen

El problema de la asignación de actividades se ve reflejado multidisciplinariamente en todos los ámbitos donde el trabajo cooperativo es requerido. El buen funcionamiento de una empresa, asociación, grupo o institución siempre dependerá de qué tan bien logradas estén las actividades planeadas con las cuales cumplen su razón de ser, puesto que la ineficiencia a la hora de asignar puede generar re procesos, pérdidas de tiempo, desperdicios, inutilización de recursos o insatisfacción del talento humano. En muchas ocasiones, la asignación de actividades es hecha aleatoriamente y desinformadamente generando un funcionamiento muy alejado del óptimo y repercutiendo en las metas o resultados esperados. El objetivo de asignar acertadamente las actividades puede variar desde la disminución en costos hasta incluso la mejora en la calidad del trabajo de la fuerza laboral. En el presente documento se propone el diseño de una herramienta de asignación de actividades en áreas de servicio con el propósito de disminuir significativamente la improductividad, ineficiencia e insatisfacción que conlleva la mala asignación de actividades utilizando técnicas o herramientas como heurísticas, meta heurísticas, algoritmos y modelaciones matemáticas. Como caso de estudio se escogió un grupo estudiantil por el servicio que brinda a una comunidad en específico. Al final, como objetivo, se pretende disminuir la máxima diferencia en los puntajes de desempeño individual de los miembros del grupo con el propósito de nivelar cargas de trabajo y lograr mejores resultados en sus metas.

Palabras claves: Asignación, actividades, herramienta, diseño

1. Justificación y planteamiento del problema

Las personas son agentes fundamentales e imprescindibles dentro de cualquier organización puesto que son ellas quienes están encargadas de proveer herramientas intangibles como la experiencia, las competencias y la generación de ideas, entre otras. El primer reto que tiene toda organización es conseguir y mantener la fuerza de trabajo adecuada que lidere y sea capaz de ejecutar su plan estratégico mediante actividades o proyectos. Al final, la suma de todas estas actividades debería dar como resultado el cumplimiento de metas, propósitos y objetivos de la organización. Sin embargo, aun cuando se tenga un personal calificado y bien direccionado al plan estratégico, de la planeación depende el verdadero éxito ejecutivo. Una parte compleja de la planeación al interior de cualquier organización es la asignación de actividades.

Cada empresa, compañía o entidad tiene una manera diferente de asignar las actividades que se deben cumplir pero definitivamente quien sepa aprovechar de mejor manera el talento y el tiempo de cada colaborador para asignarle una actividad irá un paso más adelante y tendrá una ventaja competitiva. Los talentos, esfuerzos, conocimientos y competencias de las personas son la clave del buen funcionamiento

empresarial y yendo mucho más allá, pueden definir la supervivencia de la misma. La eficiente asignación de actividades puede generar valor para la empresa puesto que de la persona que esté ejecutando la actividad dependerá si se están explotando oportunidades y/o neutralizando amenazas. Cuando una organización atrae personal con experiencia que es capaz de entender a los clientes/usuarios y además a la industria, se le dificulta a los competidores poder igualar esta ventaja competitiva ya que los seres humanos son únicos y la combinación de sus talentos jamás podrá ser igual a la de alguien más (Gully & Philips, 2012).

Siendo el ser humano tan único y excepcional, aprovechar sus competencias para ejecutar las actividades necesarias dentro de una organización se vuelve no solo un reto sino una obligación. Desde el talento humano y la buena asignación de actividades se crean organizaciones competitivas capaces no solo de dejar una marca en la economía local o global sino también organizaciones capaces de cumplir más efectivamente su razón de ser. El problema de la asignación de actividades puede ser también visto como un proceso que puede afectar el bienestar de los colaboradores puesto que la mala asignación puede conllevar a cargas de trabajo demasiado livianas o demasiado pesadas que pueden repercutir en su salud mental o física. Debido a la tremenda importancia que ellos tienen dentro de una organización se debe tener el compromiso moral de hacer una asignación responsable que explote las competencias de los colaboradores, mostrándoles lo fundamentales que son, sin cruzar sus límites.

El problema de asignación de actividades ha sido una de las fuentes de investigación más grandes cuando se habla de sistemas multi-agente. Este problema es definido como la asignación de (T) actividades a (X) agentes (en este caso colaboradores) en un sistema distribuido. Como es de esperar, habrá (T*X) soluciones a este problema, sin embargo el reto está en identificar la asignación óptima teniendo en cuenta las limitaciones o restricciones que aplican al interés particular que se tenga en determinada situación. (Liu, Zhang, Hu, & Moore, 2015) Hay que tener en cuenta que aunque la asignación de actividades puede ser realizada efectivamente y puede crearse un cronograma de ejecución, interferencias pueden pasar y ninguna actividad está exenta de ellas. Las actividades inesperadas surgen en cualquier momento, incluso cuando el plan de ejecución ya está en marcha y el éxito de la planeación de asignación de tareas depende también, de que se tengan en cuenta este tipo de situaciones. Como dice Mota & de Almeida, 2012:

[...] La interferencia de una actividad en otra puede cambiar toda la cadena de actividades si un desvío o alteración llega a ocurrir mientras la actividad o el plan de ejecución de tareas está en marcha.

En el presente documento se pretende tener una aplicación práctica de la asignación de actividades en un contexto de organización no corporativa como lo es el grupo estudiantil IISE Capítulo Javeriano (Instituto de Ingenieros Industriales y de Sistemas). Una de las razones por las cuales no se escogió un ambiente empresarial para resolver el problema de asignación de actividades es precisamente demostrar que es un problema que se encuentra en cualquier organización donde se requiera de trabajo cooperativo. Además, se busca utilizar herramientas de ingeniería que resuelvan este problema para una comunidad de estudiantes cuyas actividades son importantes para el crecimiento de ingenieros industriales en formación como lo somos los autores de este texto.

El IISE Capítulo Javeriano (Instituto de Ingenieros Industriales y de Sistemas) es un grupo estudiantil adscrito a una organización internacional constituido por estudiantes de ingeniería industrial javerianos cuyo propósito general es crear un pliego de actividades que aporte al crecimiento profesional de ingenieros industriales en formación mientras terminan la totalidad de sus estudios. Debido al exponencial crecimiento del grupo, teniendo en cuenta que hoy en día está posicionado como uno de los capítulos más influyentes a nivel regional, la cantidad de actividades a realizar ha incrementado de manera considerable. Las actividades, desde el inicio del grupo, han sido asignadas en primera instancia al área encargada (dependiendo de su naturaleza) y posteriormente a las personas que lo han de ejecutar. Esta asignación de actividades es realizada hoy en día por sus líderes teniendo en cuenta las competencias de las personas pero de una manera libre y aleatoria. Con el crecimiento del número de actividades a realizar, esta manera de asignar actividades se ha vuelto ineficiente e improductiva.

El IISE capítulo Javeriano es un grupo estudiantil que se dedica a realizar diferentes actividades para los estudiantes de la universidad, teniendo foco en los de ingeniería industrial. El grupo este compuesto por estudiantes de diferentes semestres de la carrera de ingeniería industrial y este a su vez se divide en tres áreas principales: Talento Humano, Logística y Marketing. Los miembros pertenecen a un área en específico y realizan actividades dependiendo de esta. Los miembros son asignados a las áreas dependiendo de las competencias que tengan y que se alinean con las que el grupo estudiantil tienen estandarizados (Anexo 1: Evaluación de Competencias).

Las áreas tienen focos específicos para realizar las diferentes actividades. Otro aspecto que se tiene es que se pueden tener actividades por una o dos áreas: El área secundaria para las actividades es siempre Marketing, dado que hay muchas competencias que se necesitan de las personas que se encuentran en esta.

Para la definición de las actividades que se van a realizar cada semestre, los líderes de cada área se reúnen con los miembros de estas para sacar las propuestas y pasárselas a la junta del grupo. Todas las propuestas son evaluadas con la Junta y después en conjunto con los líderes para hacer un calendario tentativo de ejecución de las actividades. Por último, la asignación de las actividades se hace arbitrariamente entre las áreas dependiendo de las competencias de cada persona para realizar esta. El problema con este tipo de asignación es que a veces los miembros con más experiencia cogen un amplio número de actividades, y los más nuevos se quedan participando en menor número de actividades. Lo anterior hace que las asignaciones no sean lo más equitativas y por ende el desempeño en cuanto a la realización de actividades varía mucho por el número de estas que se logran realizar.

En el capítulo en promedio por semestre se tienen 35 miembros y por otro lado 6 actividades tentativas para cada área. Si se mira la matriz de proyecto vs la de desempeño, estas se observan que nunca se ha podido realizar todas las actividades que se planean. La planeación y ejecución de una actividad se estima que se realice en máximo 1 mes, dependiendo de la complejidad de esta.

El grupo realiza una matriz de desempeño para medir a los diferentes miembros. Solo se asigna puntaje a las personas que hayan logrado realizar las actividades que tenían asignadas. Existen tres tipos de cargos en cada actividad, y dependiendo de este, se asigna un puntaje: Líder de la actividad, 7 puntos, Colíder de la actividad 5 puntos; Marketing de la actividad 3 puntos. En una actividad solo puede haber un Líder, varios Colíderes y en caso de ser necesario, una persona de marketing. Cabe aclarar que la asignación de puntaje no contempla si se hizo bien o no la actividad, sino solo se asigna este si se realizó esta.

Dentro del plan estratégico del Grupo se encuentra la planeación del XVI Congreso Latinoamericano del IISE, el cual aumenta el número de actividades. Solo en los primeros tres meses del 2018 se han reportado alrededor de 40 actividades diferentes, lo cual si compara con los años anteriores, se puede evidenciar un aumento significativo. En la siguiente tabla se muestran datos provenientes del capítulo que muestran el comportamiento de las actividades en los últimos años.

<i>Año</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>
<i>Actividades planeadas</i>	44	54	62
<i>Actividades realizadas</i>	34	44	49
<i>Porcentaje de actividades ejecutadas por año</i>	77%	81%	79%

Tabla 1: Histórico de actividades del IISE Capítulo Javeriano

El desempeño de las personas que pertenecen al capítulo y que efectúan las actividades se ve reflejado en las matrices de desempeño que darán un puntaje dependiendo de si se lideró o co-lideró la actividad, si se participó, si se asistió y cuáles fueron los resultados. Dado que no hay un método de asignación de actividades justificado, lo que se buscará será minimizar la máxima diferencia entre resultados de las personas en las matrices con el objetivo de que las cargas de trabajo se nivelen y se puedan efectuar más actividades de mejor manera. También podemos observar en la [Tabla 2](#) las máximas diferencias de puntajes que se han podido evidenciar evaluando las matrices de desempeño por semestre.

<i>Año</i>	<i>Máx diferencia de puntajes</i>	
	<i>Semestre1</i>	<i>Semestre2</i>
<i>2015</i>	8	7
<i>2016</i>	10	11
<i>2017</i>	13	12

Si bien el caso de estudio aquí propuesto está enfocado en resolver el problema de asignación de actividades, para el IISE Capítulo Javeriano, es importante tener en cuenta que el diseño de esta herramienta de asignación de actividades puede ser fructuosa en toda área productiva de servicios, llámese asociación, fundación, organización o empresa puesto que el capítulo en sí presta un servicio a la comunidad. En conclusión, una herramienta como la que se plantea definir y diseñar puede conllevar a un impacto significativo en otros casos de estudio que, al igual que el capítulo, se encarguen de brindar un servicio a una comunidad o a un grupo específico de personas.

2. Antecedentes

Los problemas organizacionales son resultado de las nuevas tendencias que día a día emergen desde la misma industria. Los problemas de abastecimiento de personal para proyectos o actividades ha sido un tema muy tratado desde diferentes perspectivas. Encontrar una asignación óptima de las diferentes tareas teniendo en cuenta las restricciones del diseño, no es reto fácil de conseguir en el dominio de interés(Liu et al., 2015). Abordar estos temas de forma computacional son problemas de tipo NP-Hard(Tindell, Burns, & Wellings, 1992). Los temas de investigación sobre esquemas de asignación se pueden abordar de dos formas(Jourdan, Basseur, & Talbi, 2009): Métodos exactos, los cuales intentan identificar el punto óptimo de un objetivo dado; Por otro lado, están los Métodos Heurísticos, los cuales proveen una solución factible de forma rápida y efectiva.

Se han realizado investigaciones comparando los resultados de los métodos heurísticos y exactos para los problemas de asignación de personal. Han combinado los problemas de programación y asignación de personal utilizando un algoritmo exacto de esquemas de ramificación con cotas calculadas(Maenhout & Vanhoucke, 2016) para la minimización de costos asociados a la realización de actividades También se ha utilizado la heurística de Colonia de Abejas Artificial (ABC), para analizar la asignación de actividades en un sistema multi-agente, teniendo en cuenta las demandas y complejidad(Liu et al., 2015)Sistemas de simulación combinados con métodos exactos se han utilizado para crear modelos dinámicos de asignación de trabajo en la industria de comida en Francia(Thiel, 2009). En el modelo anterior tienen en cuenta el incremento de las demandas y tiempos no lineales en el manejo de recursos humanos.

Desde otra perspectiva se pueden ver estudios más profundos teniendo en cuenta las competencias de la fuerza de trabajo. Se realizó una investigación de programación y asignación de personal a diferentes actividades con una fuerza de trabajo con habilidades múltiples(Heimerl & Kolisch, 2010). En el estudio proponen un modelo matemático (método exacto), para la asignación de los trabajadores a las actividades en el cual tienen en cuenta la programación y las ventanas de tiempo que se pueden presentar; al final lo que buscan es minimizar los costos sustanciales. Por otro lado, se realizó un estudio innovador que mezclaba ingeniería con la una parte muy subjetiva de las personas. El estudio propone asignar actividades dependiendo las competencias y personalidades de las personas(Wei, Lai, Wei, & Peng, 2013). Se adecuó primero el modelo de Belbin sobre personalidades para poder parametrizar la información. Después se implementó un modelo matemático que busca balancear las personalidades de las personas que se asignan a una actividad y minimizar la máxima diferencia de estas. Los autores concluyen que un balance de personalidades y competencias hacen que las actividades se realicen en un tiempo menor y de una forma más eficiente.

El problema de asignación en el contexto que plantea el presente trabajo se relaciona también con la programación de las cargas de trabajo de los agentes (en este caso los miembros del capítulo) porque la asignación se fundamenta en las competencias de cada persona y de la actividad como tal pero teniendo en cuenta que se debe hacer una asignación justa que equilibre las cargas de trabajo. La programación del trabajo no solo optimiza el tiempo de las personas sino que lleva un registro más claro del trabajo como lo hacen herramientas como TimeBridge (Anónimo, Business Wire, 2007).

En la literatura, de hecho se han logrado varias heurísticas que fusionan la asignación de actividades con la planeación de dotación de personal para saber realmente cuántas personas son necesarias para lograr las actividades planeadas. Esta heurística, por ejemplo, busca hacer una asignación competente que permita afirmar que se necesita un número de personas o de dotación de personal para realizar todo el trabajo. Lo que se busca en realidad es tener un manejo mucho más efectivo de los recursos, en este caso el talento humano (Maenhout, Vanhoucke, 2015).

Una asignación basada en cargas de trabajo también ha sido fuente de estudio. Existe un proyecto en el que se desarrolla un Software “Workloads Scheduling Software Market 2023” implementado dentro de una aplicación que maneja todas las aplicaciones de una empresa como asignación, administración de eventos y de cargas de trabajo. De manera automatizada el software asigna los eventos correspondientes a las actividades de la empresa teniendo en cuenta siempre la carga de trabajo de cada miembro (M2 Communications,2018)

Por parte del IISE Capítulo Javeriano se han intentado implementar metodologías básicas como la utilización de diagramas de Gantt con ventanas de tiempo. El resultado de esta herramienta no fue eficiente debido a la falta de actualización de los coordinadores. Otra propuesta implementada es la de incentivos de premiación por puntos (Matriz de Desempeño), para calificar a los miembros. Esta propuesta se maneja acorde cada año como una herramienta de gestión para medir el rendimiento de los miembros.

En el presente trabajo se propone basarse en los diferentes artículos tomando en cuenta los modelos de asignación como el ABC o generación de columnas. Un aspecto que no se va a tener en cuenta son los costos, ya que lo que se busca como función objetivo es minimizar la máxima diferencia entre los puntos de la Matriz de Desempeño que se tiene actualmente: es decir generar un balance como lo hace el estudio de personalidades. Como parámetros se van a tener en cuenta las competencias de cada uno de los miembros del grupo y las que se necesitan para desarrollar cada actividad. Es importante resaltar que los modelos anteriores no han tenido en cuenta la asignación de personas balanceando un esquema de puntuación por la realización de una actividad pero cabe resaltar que sus modelos matemáticos facilitan el planteamiento para el modelo de la herramienta que se quiere diseñar.

3. Objetivos

Diseñar una herramienta de gestión para la de asignación de actividades en el IISE Capítulo Javeriano que permita minimizar la máxima diferencia de puntajes por actividades desarrolladas en la matriz de desempeño.

- Diseñar un modelo matemático que se adecue a las condiciones, parámetros y restricciones que conlleva el problema de asignación de actividades dentro del IISE Capítulo Javeriano.
- Diseñar y definir una técnica que funcione como base de cálculo para la minimización de la máxima diferencia de los puntajes de la matriz de desempeño.
- Definir, estructurar y construir la herramienta de asignación de actividades con el fin de que sea utilizable por los usuarios.
- Evaluar el desempeño de las soluciones dadas por la herramienta de asignación de actividades.

3.1. Declaración de diseño

La actividad busca desarrollar una herramienta del ámbito de gestión que permita simular escenarios donde se minimice la máxima diferencia entre las matrices de desempeño de los miembros del IISE Capítulo Javeriano. Los problemas que se tendrán en cuenta para la realización la actividad son: asignación, secuencia y cantidad de actividades que debería tener cada miembro. La solución de la herramienta incluirá algoritmos de simulación heurísticas para generar posibles escenarios.

3.2. Requerimientos esperados de diseño

- Las decisiones de asignación, secuencia y cantidad de actividades se tomarán teniendo en cuenta la planificación que tenga el IISE Capítulo Javeriano.
- Se deben considerar la cantidad de actividades, miembros y las competencias de los mismo.

3.3. Restricciones de diseño (Factibilidad)

Para el desarrollo de la herramienta se debe tener en cuenta:

- Capacidad Computacional: dado la complejidad del problema, la capacidad computacional se muestra como una limitación para el procesamiento de los escenarios.
- Niveles de incertidumbre: Se pueden presentar altos niveles de incertidumbre de los datos de entrada y las restricciones proporcionadas por el grupo estudiantil.
- **Tiempo de ejecución de la herramienta:** se debe tener en cuenta el tiempo total para la realización de la herramienta por lo cual se tiene que limitar.

3.4. Normas y estándares (Buenas prácticas)

Dado las actividades que serán asignadas constituyen una serie de proyectos dentro del grupo estudiantil, se utilizará La Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (*A guide to the Project Management body of Knowledge or PMBOK 6th edition*) realizado por PMI o *Project Management Institute* (2017) ya que se presentan estándares, pautas y normas para la gestión de proyectos (Project Management Institute, 2013). Se considera que es importante seguir estos lineamientos para poder adecuar las actividades a las definiciones acá planteadas y así seguir el pilar de la buena administración de proyectos.

4. Metodología

4.1 Diseño del modelo matemático

El modelo matemático de este problema de asignación fue diseñado según los criterios del IISE Capítulo Javeriano. Se tuvo en cuenta las políticas internas y la logística bajo la cual opera el grupo estudiantil con el fin de que el modelo no violara ningún protocolo. Las personas son todos los miembros del equipo del IISE Capítulo Javeriano, las actividades corresponden a todas las actividades que se tienen en cronograma para hacer en un periodo de tiempo, las competencias hacen referencia a las aptitudes o características que cualquiera de los miembros del capítulo pueden tener y que las actividades requieren para poder ser ejecutadas. Dentro de un listado de competencias, cada actividad requerirá de un subconjunto de las mismas. Dentro de cada actividad las personas pueden ocupar un cargo diferente. Una persona puede ser líder, colíder o puede ser el encargado de hacer el Marketing. Las políticas internas dictaminan que puede haber varios colíderes pero solo un líder y solo un Marketing. Es importante aclarar que no todas las actividades necesitan ocupar el puesto de Marketing. A continuación se presenta el modelamiento completo.

Entradas

I: Personas

J: Actividades

K: Competencias

C: Tipo de cargo

$$D_{i,k}: \begin{cases} 1 & \text{si la persona } i \text{ tiene la competencia } k \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases} \quad \forall i \in I, \forall k \in K$$

$$F_{j,k}: \begin{cases} 1 & \text{si la actividad } j \text{ requiere la competencia } k \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases} \quad \forall j \in J, \forall k \in K$$

$$E_{i,j}: \begin{cases} 1 & \text{si la persona } i \text{ puede hacer la actividad } j \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases} \quad \forall j \in J, \forall i \in I$$

$G_{j,c}$: Puntaje dado por ocupar el cargo c en la actividad j . $\forall j \in J, \forall i \in I$

M_j : Máximo número de personas que pueden participar en la actividad j . $\forall j \in J$

Variables de decisión

$X_{i,j,c}$: $\begin{cases} 1 \text{ si la persona } i \text{ es asignada a la actividad } j \text{ en el cargo } c \\ 0 \text{ de lo contrario} \end{cases} \forall j \in J, \forall i \in I, \forall c \in C$

U : Máxima diferencia entre los puntajes de las personas

Función objetivo

Minimizar $Z=U$

$$U \geq \sum_{j \in J} \sum_{c \in C} (X_{i,j,c} * G_{j,c}) - (X_{p,j,c} * G_{j,c}) \quad \forall i \in I, \forall p \in I: p \neq i \quad (1)$$

Sujeto a

$$\sum_{i \in I} \sum_{c \in C} X_{i,j,c} \leq M_j \quad \forall j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} X_{i,j,1} = 1 \quad \forall j \in J \quad (3)$$

$$X_{i,j,c} \leq E_{i,j} \quad \forall j \in J, \forall i \in I, \forall c \in C \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{c \in C} X_{i,j,c} * D_{i,k} \geq F_{j,k} \quad \forall j \in J, \forall k \in K \quad (5)$$

La función objetivo del modelo busca minimizar la máxima diferencia de puntajes entre todos los pares de personas con el fin de nivelar cargas de trabajo y maximizar el desempeño individual. El numeral (1) realiza la diferencia entre puntajes para cada par de parejas de personas. La restricción (2) asegura que se asigne un número menor o igual al máximo de personas que están permitidas participar en la actividad. En la condición (3) se garantiza que para cada actividad haya solamente un líder puesto que el capítulo así lo tiene estipulado. Dentro del capítulo, las personas pueden ser asignadas a una actividad si y solo si esa persona y la actividad pertenecen a la misma área (Talento, Logística o Mercadeo). La restricción (4) hace que el modelo solo asigne a personas que estén en la misma área de la actividad. Por último, la restricción (5) le dice al modelo que entre todas las personas asignadas a la actividad, se debe cumplir en totalidad las competencias que son necesarias para cumplir la actividad, es decir, las personas asignadas deben tener las competencias de la actividad.

4.2 Técnica para la minimización de la máxima diferencia entre puntajes

Encontrar una técnica que se adapte a un modelo matemático no es sencillo. Se escogió una técnica que se acomodara a la rigurosidad del modelo matemático porque al tener solo variables de decisión binarias se pierde flexibilidad para encontrar soluciones. Se adaptaron los modelos básicos de programación dinámica incorporando las restricciones del estudio de caso.

El factor principal que se debe tener en cuenta para la programación dinámica, son la formulación de los diferentes estados. En el caso de este trabajo de grado, se decidió que cada uno de las actividades tiene dos o más estados asociados: estos estados vienen siendo la representación de como los miembros son asignados a los diferentes cargos que pueda ocupar una actividad.

Después de haber definido los estados se procedió a resolver el problema de atrás para adelante buscando siempre que las competencias C_p , donde P son las actividades, se cumplan en su máxima capacidad.

$$Max C_p \quad \forall p \in P$$

El C_p este sujeto a que el beneficio en cada uno de los estados sea el mejor para la asignación, dado por la expresión (Orlin, 2017):

$$F_n(d_n, s_n)$$

Donde d_n , es la decisión binaria si en estado $s_n \in S_n$ ocupa el puesto esa persona $n \in N$. Un término que se debió agregar para acercarse a la función objetivo del código matemático es la restricción de los números de actividades:

$$F_n(d_n, s_n) * v_n,$$

Dónde v_n es una variable binaria que nos dice, si la persona puede ocupar o no el estado en esa actividad. Ese binario se define determinando si la persona ya cumplió su máximo de actividades m_n o fue escogido en esta misma en otro estado c_n . Para complementar la variable v_n , se debe tener en cuenta, si la persona es del área competente para ocupar el estado S_n , a_n :

$$v_n = a_n * (1 - m_n) * (1 - c_n),$$

Teniendo en cuenta que todos los parámetros son binarios, cuando alguno de estos no cumple, la variable v_n , no dejará asignar a la persona en ese estado y próximos. Si la persona no se le asigna en el primer estado posible (sin contar marketing), esta no será asignada al proyecto. La variable v_n , funciona como el mecanismo que restringe la metodología, para que al final la asignación de las personas sea lo mas equitativamente posible en todas las actividades.

En cada uno de las actividades primero se seleccionó a la persona de Marketing (estado inicial), en caso tal de que se necesitara para realizar la actividad. Después de que se seleccionó la persona de marketing se seleccionó al Colíder de la actividad. Por último, se seleccionó el Líder. En todos los casos lo primero que la heurística hizo fue seleccionar a las personas candidatas que cumplieran con todas las restricciones y que por ende podían ser seleccionadas para asignar. Se revisaron las competencias de la actividad y las de las personas para asignar al área de Marketing la que supliera la mayor cantidad de competencias necesarias para desarrollar la actividad. En el caso de Colíder se escogieron a las personas con menor cantidad de competencias asociadas a la actividad con el fin de que las faltantes fueran suplidas con las del líder: para la escogencia del líder se revisaron cuáles competencias faltaban para completar la actividad asignando al líder que las satisficiera en su totalidad.

4.3 Diseño de herramienta de asignación

Para el diseño de la herramienta de asignación, se procedió a plasmar el algoritmo de programación dinámica adecuado a las restricciones del problema en un código computacional. La herramienta se realizó en una hoja de cálculo y para el algoritmo se utilizó el lenguaje de Visual Basic Application (VBA).

Con ayuda del IISE Capítulo Javeriano se definió un conjunto de competencias generales que se usan regularmente dentro del grupo, que se requieren para ejecutar las actividades y que se buscan dentro de los miembros del equipo. Para este caso de estudio se utilizaron las competencias: realización de videos, manejo de programas de edición de fotos, diseño de Marketings, manejo de redes sociales, manejo y diseño de página web, diseño de formularios, análisis de datos, contactar conferencistas, contactar visitas, realización de presupuestos, trabajo social, integraciones, formatos de evaluación y/o entrevistas, manejo efectivo de la información, capacidad de dirección, realización efectiva de cotizaciones y promoción de eventos.

El Capítulo ya tenía la información de qué personas contaban con qué competencias al igual que la información sobre las competencias requeridas por cada una de las actividades. Dicha información fue pertinente para probar diferentes opciones de resolución del problema pero una vez se armó totalmente la heurística, se buscó hacer una herramienta que fuera funcional en el futuro cuando los datos cambiaran por llegada de nuevas actividades, terminación de otras actividades y/o cambio en la fuerza de trabajo del Capítulo. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se hizo un diseño de herramienta en el cual el usuario pudiera ingresar todas las actividades, todos los miembros y pudiera seleccionar para cada uno las competencias que tiene o requiere. Dicha herramienta tendría entonces que dar una respuesta inmediata al problema específico del usuario.

4.4 Evaluación del desempeño de la herramienta de asignación

Para evaluar la herramienta se decidió comparar los resultados dados mediante el método exacto con los resultados que dio la heurística. Aprovechando la naturaleza determinística del problema se plantearon varios escenarios con características diferentes para ver los resultados que dieron en la solución exacta y los que dieron en la herramienta. En la tabla 2 se muestran las características de cada escenario. En la tabla 3 se hace un recuento general del total de personas y el total de actividades para cada escenario.

<i>Escenario</i>	<i>Número de personas de Talento</i>	<i>Número de personas de Logística</i>	<i>Número de personas de Mercadeo</i>	<i>Número de actividades de Talento</i>	<i>Número de actividades de Logística</i>	<i>Número de actividades de Mercadeo</i>
A	4	4	3	2	2	1
B	4	4	3	3	3	2
C	0	4	3	0	3	2
D	5	0	0	5	0	0
E	4	0	3	3	0	2

Tabla 2: Características de cada escenario

<i>Escenario</i>	<i>Total de personas</i>	<i>Total de actividades</i>
A	11	5
B	11	8
C	7	5
D	5	5
E	7	5

Tabla 3: Recuento total de personas y actividades por escenario

Los escenarios fueron escogidos arbitrariamente con la asesoría de miembros del equipo de IISE Capítulo Javeriano para que quedaran de tal manera que se parecieran a la realidad del Capítulo. Estos datos fueron modelados utilizando la herramienta Gusek para poder tener la solución exacta y también

para saber el tiempo que demoró el programa en resolver el problema (si es que logró resolverlo). Con la herramienta creada se realizó el mismo procedimiento, se puso a correr el código y se tomó registro de la solución que dio junto con el tiempo que se demoró en dar la respuesta. Posteriormente se compararon los resultados para visualizar qué tan cerca o lejos se estuvo de la solución exacta.

5. Resultados

Para el uso de la metodología en la herramienta, se procedió a materializar las operaciones necesarias para poder ejecutarla. Se realizó el código de programación, a partir del pseudocódigo que fue diagramado en la imagen 1. Después de ingresar los parámetros, el código tomó esta información, para comenzar a ejecutar la programación dinámica. Lo primero que realizó el código, es un ciclo que fuera recorriendo cada una de las actividades. En cada actividad se encargó de hacer la asignación de la forma que se explica en el capítulo de metodología.

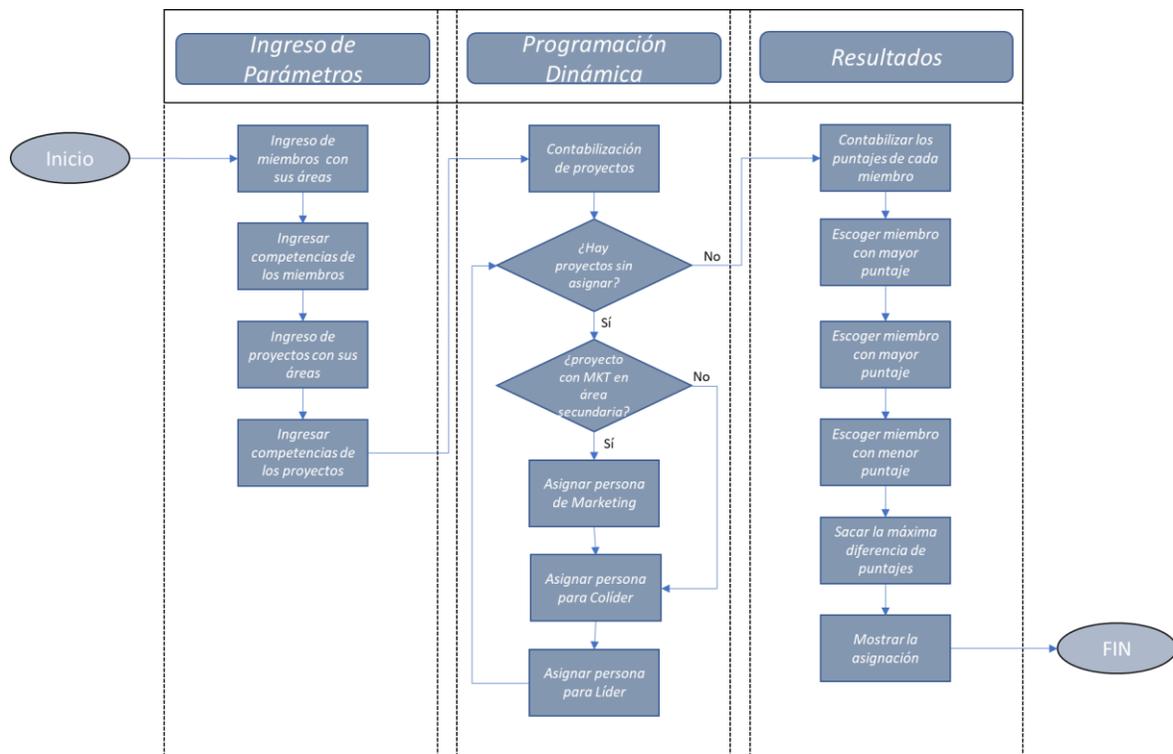


Imagen 1: Pseudocódigo



Herramienta de asignación de actividades para el IISE Capítulo Javeriano



Nuevo

Modificar

Paso 1

Por favor diligencie el área al que pertenece cada persona de su equipo de trabajo. Luego marque para cada competencia "Sí", si la persona la tiene, de lo contrario marque "No". Por favor no deje espacios en blanco entre personas.

[Realizar Paso 1](#)

Imagen: Paso uno herramienta

Para encontrar los resultados, se tomó la asignación realizada con la programación dinámica, y se comienzan asignar los puntajes de la forma que está estipulada en el grupo estudiantil: Al líder se le asignan siete puntos, Colíder, cinco puntos, y por último a la persona de marketing tres puntos. Cuando ya se hayan contabilizado todos los puntajes, se toman los valores de la persona que acumuló más puntos y la que obtuvo el menor puntaje. Para calcular la función objetivo, se restaron los datos del mayor y menor puntaje.

Luego de realizar la programación de la heurística en Visual Basics se procedió a construir una herramienta que pudiese ser utilizada para cualquier escenario que involucrara como variables el número de personas participantes en el capítulo y el número de actividades a realizar. La herramienta fue hecha en Excel con ayuda de macros y se trató en lo posible de ser amigable con el usuario para que su uso fuera fácil y funcional.

El usuario solo debe interactuar con las páginas “principal”, “Ingreso de información” y “Resultados”. En la página principal se encuentran las instrucciones necesarias para ejecutar el programa. En el paso número uno la persona debe diligenciar la información de las personas que están en el equipo de trabajo.

Paso 2

Por favor diligencie cuál es el área principal a la que pertenece la actividad. Si la actividad requiere un área de soporte diligencie la de lo contrario marque "NA". Luego marque para cada competencia "Sí", si el proyecto requiere de dicha competencia, de lo contrario marque "No". Por favor no deje espacios en blanco entre proyectos. Adicionalmente introduzca el número máximo de personas que pueden participar en la actividad.

[Realizar Paso 2](#)

EJECUTAR

Tabla 4: Resultados de evaluación de desempeño

En los escenarios C y D el programa utilizado para conseguir la solución exacta, en este caso Gusek, no pudo resolver el problema. Si bien los escenarios son diferentes se puede evidenciar que en general se obtuvieron buenos resultados en comparación con la solución exacta. Todos los escenarios pudieron ser resueltos mediante la herramienta mientras que en algunos casos, debido a la naturaleza binaria del problema, no se pudo obtener una solución por Gusek.

Los resultados fueron satisfactorios porque los requerimientos de desempeño mínimos estipulados fueron dar una solución al problema y que todas las personas fueran asignadas a las actividades. No solo el requerimiento fue satisfecho sino que en los casos que se pudo comparar el resultado de la herramienta con el del Gusek, el desempeño fue bueno. En el escenario E, la heurística logró incluso encontrar una mejor solución que la considerada óptima por el Gusek

6. Conclusiones y recomendaciones

El trabajo aquí desarrollado se encargó de resolver un problema de asignación de actividades en un grupo estudiantil de la Universidad Javeriana de tal manera que se generara una herramienta que pudiera resolver varias veces el problema aun cuando las variables *actividades* y *personas* cambiaran. Dentro del estudio preliminar que se hizo en el estado del arte se encontró que el problema de asignación ha sido vastamente abarcado y que por su complejidad ha sido cuna de varios algoritmos o heurísticas cuyo propósito consiste de generar una asignación con algún propósito.

Entre más se entró a estudiar el problema general de asignación, fue más clara la noción de que la mayoría de heurísticas o algoritmos creadas para resolverlo realizaban tan solo una asignación arbitraria o una asignación que minimizara costos o en general recursos. El estudio de caso que se hizo para este trabajo en el cual se construyó la herramienta para el IISE Capítulo Javeriano, abrió las puertas a la investigación de problemas de asignación en donde la función objetivo no consta solamente de minimizar recursos y en donde una asignación aleatoria tampoco es viable o funcional.

El mundo contemporáneo funciona bajo la filosofía de trabajo en equipo, en donde cada miembro del equipo debe realizar una actividad que contribuya positivamente al logro final del proyecto general. Dado que el problema de asignación se encuentra en básicamente el día a día de cualquier sistema de trabajo o educación, es de esperar que una asignación no tenga siempre el propósito de minimizar recursos y que en cambio busque, la mayoría de veces, un incremento en el desempeño de las personas.

Partiendo del hecho de que maximizar el desempeño de las personas conllevará a un mejor resultado global del equipo de trabajo se puede concluir que los algoritmos o heurísticas que existen en la literatura necesariamente deben ser adecuados al problema o al estudio de caso en particular que se busca resolver. El estudio de caso que se presentó en este trabajo es un buen ejemplo de una función objetivo diferente e importante para los problemas de asignación.

Maximizar el desempeño de las personas que componen un equipo de trabajo requiere de un sentido de responsabilidad en el trabajo en donde se garantice que todos los miembros hagan lo justo y en donde las cargas de trabajo estén equilibradas. Minimizar la máxima diferencia entre puntajes de desempeño encuentra exitosamente una forma de asignar actividades de una manera donde se maximice el desempeño individual pero donde se garantice también una equidad en cargas de trabajo de los miembros.

El estudio concluye también que en muchos de los algoritmos o heurísticas creadas con anterioridad hacen asignaciones arbitrarias que no contemplan restricciones que se tienen naturalmente en cualquier ámbito. Las condiciones de trabajo difícilmente van a ser las mismas en dos lugares diferentes y es por eso que las heurísticas o algoritmos que se vayan a escoger para resolver un problema de asignación dentro de contextos de servicio deben ser adecuados de tal manera que se respeten los límites del problema.

Generalizar restricciones no es tarea fácil pero una herramienta como la generada en este trabajo contempla algunas restricciones que se pueden generalizar como: número máximo de personas en cada proyecto, número máximo de proyectos por persona, jerarquías que deben respetarse o puntajes por cargo. Es por eso que se considera que la herramienta puede ser utilizada no solamente por el capítulo sino en otros equipos de trabajo (adecuando detalles menores).

Esta herramienta de asignación de actividades contempla además un conjunto de parámetros que en la literatura no es muy mencionado y por ende no ha sido fuente de estudio. Un equipo de trabajo es equipo en la medida en la que todas las personas puedan aportar una de sus competencias; competencias que hacen parte de la importancia individual del miembro y que por ende el resto de miembros o carecen o no tienen en la misma medida. Las actividades requieren a su vez de ciertas competencias para ser ejecutadas. La herramienta hace una asignación que tiene como fundamento que todas las competencias necesarias para cumplir la actividad sean suplidas por al menos un integrante del equipo garantizando un rendimiento mucho mayor. Una heurística como la que se planteó hace que los equipos de trabajo, para cada actividad, no carezcan de habilidades y que no existan vacíos que hagan que la actividad sea realizada de manera incompleta.

De manera general se concluye que cualquier problema de asignación de actividades en un grupo de trabajo de un área de servicios debe ser desmenuzado y comprendido desde su naturaleza y desde el objetivo al que se quiere llegar. Las heurísticas o algoritmos que se encuentran en el estado del arte son útiles solo en la medida en la que se sepa cómo adecuarlas al estudio de caso. La herramienta aquí planteada es un acercamiento importante a una solución general que se adecua en gran medida a problemas similares que inundan en nuestra sociedad.

Los problemas de asignación resueltos por métodos exactos debido a su naturaleza binaria pueden ser complejos de solucionar en programas de optimización, razón por la cual utilizar una heurística aun cuando no de un resultado óptimo puede ser una muy buena opción. La mayoría de estos problemas requieren soluciones inmediatas o en un periodo de tiempo muy cortos y los programas de optimización no están en capacidad de resolver problemas que además pueden contener miles de variables binarias.

Para futuros estudios o para continuaciones de este, se recomienda prestar especial atención a restricciones que se encuentren en grandes cantidades de problemas de asignación en equipos de trabajo en áreas de servicio con el propósito de seguir generalizando una herramienta que puede cambiar la manera de trabajar de las personas y que, además, busca ser responsable al equilibrar cargas de trabajo.

Por último, se recomienda al IISE Capítulo Javeriano evaluar la eficiencia del método de desempeño que tienen al interior. La matriz de desempeño realmente evalúa si las personas son eficaces a la hora de desarrollar una actividad pero realmente no evalúan si el desempeño fue eficiente. Es decir, la matriz da puntaje por el cumplimiento de la actividad pero al final no se puede determinar si la actividad fue lograda de la mejor manera posible. Si se cambiase la manera de evaluar a los miembros del capítulo se podría adecuar la herramienta de tal manera que se organicen cargas de trabajo justas y equitativas teniendo en cuenta que las actividades son diferentes y posiblemente requieren de tiempos, espacios e incluso esfuerzos diferentes.

7. Glosario

Las siguientes definiciones fueron sacadas del diccionario de la Real Academia Española (RAE)

7.1 Actividad: “*Conjunto de operaciones o tareas propias de una persona o entidad.*” Real Academia Española (2014)

7.2 Heurística: “*Técnica de la indagación y del descubrimiento. En algunas ciencias, manera de buscar la solución a un problema mediante métodos no riguroso, como por tanteo, reglas empíricas, etc.*” Real Academia Española (2014)

- 7.3 Algoritmo: “*Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema. Método y notación en las distintas formas del cálculo.*” Real Academia Española (2014)
- 7.4 Técnica: “*Conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o un arte.*” Real Academia Española (2014)
- 7.5 Asignación: “*Señalar lo que corresponder a alguien o algo. Señalar, fijar, nombrar, designar*” Real Academia Española (2014)
- 7.6 Método: “*Modo de obrar o proceder. Obra que enseña los elementos de una ciencia o arte. Procedimiento que se sigue en las ciencias para hallar la verdad y enseñarla.*” Real Academia Española (2014)

8. Anexos

Los anexos se pueden encontrar en los enlaces enuncias a continuación:

Número	Nombre	Formato	Enlace
1	Competencias de Miembros IISE	XLS	goo.gl/YJHWWh
2	Modelo matemático en Gusek	MOD	https://bit.ly/2CUS79V
3	Herramienta de asignación de actividades	XLMS	https://bit.ly/2SITyxI
4	Caso 1 herramienta	XLMS	https://bit.ly/2CW1nKO
5	Caso 2 herramienta	XLMS	https://bit.ly/2RD2eZ1
6	Caso 3 herramienta	XLMS	https://bit.ly/2TuvQ84
7	Caso 4 herramienta	XLMS	https://bit.ly/2LV46qS
8	Caso 5 herramienta	XLMS	https://bit.ly/2FctrvY
9	Caso 1 Gusek	MOD	https://bit.ly/2CVjznX
10	Caso 2 Gusek	MOD	https://bit.ly/2SMfvfm
11	Caso 3 Gusek	MOD	https://bit.ly/2FggVL1
12	Caso 4 Gusek	MOD	https://bit.ly/2Fe9Rzp
13	Caso 5 Gusek	MOD	https://bit.ly/2ABkoAA

9. Referencias

- Anonymous (2007). TimeBridge solves scheduling Nightmare with the personal scheduling Manager. *Business wire New York*. file:///C:/Users/ASUS/Downloads/ProQuestDocuments-2019-01-27.pdf
- Gully, S., & Philips, J. (2012). Staffing to Support Business Strategies. Society for Human Resource Management
- Heimerl, C., & Kolisch, R. (2010). Scheduling and staffing multiple projects with a multi-skilled workforce. *OR Spectrum*, 32(2), 343–368. <https://doi.org/10.1007/s00291-009-0169-4>
- Jourdan, L., Basseur, M., & Talbi, E. G. (2009). Hybridizing exact methods and metaheuristics: A taxonomy. *European Journal of Operational Research*, 199(3), 620–629. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.07.035>
- Liu, H., Zhang, P., Hu, B., & Moore, P. (2015). A novel approach to task assignment in a cooperative multi-agent design system. *Applied Intelligence*, 43(1), 162–175. <https://doi.org/10.1007/s10489-014-0640-z>

- M2 Communications (2018). Workload Scheduling Software Market 2023: Global Services, applications, Deployment type, Regions, and Opportunities. *M2 Presswire*. <https://search-proquest-com.ezproxy.javeriana.edu.co/central/docview/2111056247/F37E59E5FFE540CFPQ/2?accountid=13250>
- Maenhout, B & Vanhoucke, M. (2015). A resource type analysis of the integrated project scheduling and personnel staffing problem. *Business media New York*. <https://search-proquest-com.ezproxy.javeriana.edu.co/central/docview/1968071848/3E22F36E22884BE7PQ/1?accountid=13250>
- Maenhout, B., & Vanhoucke, M. (2016). An exact algorithm for an integrated project staffing problem with a homogeneous workforce. *Journal of Scheduling*, 19(2), 107–133. <https://doi.org/10.1007/s10951-015-0443-z>
- Mota, C. M. de M., & de Almeida, A. T. (2012). A multicriteria decision model for assigning priority classes to activities in project management. *Annals of Operations Research*, 199(1), 361–372. <https://doi.org/10.1007/s10479-011-0853-z>
- Project Management Institute. (2013). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)*. Project Management Institute. <https://doi.org/10.1002/pmj.20125>
- Real Academia de la Lengua Española. (2014). *Diccionario de la Lengua Española 23. Edición. Real Academia de la Lengua Española*. <http://www.rae.es/diccionario-de-la-lengua-espanola/la-23a-edicion-2014>
- Thiel, D. (2009). Dynamic modelling of labour assignment flexibility in the French fresh food industry. *Journal of the Operational Research Society*, 60(5), 652–662. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602608>
- Tindell, K. W., Burns, A., & Wellings, A. J. (1992). Allocating hard real-time tasks: An NP-Hard problem made easy. *Real-Time Systems*, 4(2), 145–165. <https://doi.org/10.1007/BF00365407>
- Wei, C.-C., Lai, M.-C., Wei, C.-S., & Peng, L.-H. (2013). Assignment of project members considering capability and personality balance. *Kybernetes*, 42(7), 1016–1028. <https://doi.org/10.1108/K-10-2012-0096>
- Orlin, J. B. (2017). *Optimization Methods in Business Analytics: An Elementary Example*. USA: MIT. Obtenido de <http://web.mit.edu/15.053/www/AMP-Chapter-11.pdf>

