

**Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”
Facultad de Ingeniería Informática**



UN MODELO PARA LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS HUMANOS A EQUIPOS DE PROYECTOS DE SOFTWARE

**Margarita André Ampuero (Autor); María Gulnara
(Director); Silvia Teresita Acuña Castillo (Director)**

André Ampuero, Margarita (Autor)

Un modelo para la asignación de recursos humanos a equipos de proyectos de software / Margarita André Ampuero (Autor); María Gulnara (Director); Silvia Teresita Acuña Castillo (Director). – La Habana : Editorial Universitaria, 2015. -- ISBN 959-16-2659-2.

1. André Ampuero, Margarita (Autor)
2. Baldoquín de la Peña, María Gulnara (Director); Acuña Castillo, Silvia Teresita (Director)
3. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” Facultad de Ingeniería Informática
4. Ciencias Técnicas

Digitalización: Editorial Universitaria, torri@mes.edu.cu

(c) Todos los derechos reservados: Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” Facultad de Ingeniería Informática, 2015.

Editorial Universitaria

Calle 23 entre F y G, No. 564.

El Vedado, Ciudad de La Habana, CP 10400,

Cuba



**Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”
Facultad de Ingeniería Informática**



Centro de Estudios de Ingeniería y Sistemas



**Un modelo para la asignación de recursos humanos a
equipos de proyectos de software**

**Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias
Técnicas**

Margarita André Ampuero

**Ciudad de La Habana, Cuba
2009**

**Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”
Facultad de Ingeniería Informática**



Centro de Estudios de Ingeniería y Sistemas



Un modelo para la asignación de recursos humanos a equipos de proyectos de software

**Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias
Técnicas**

Autor: Prof. Auxiliar. Ing. Margarita André Ampuero. MSc.

Tutores: Prof. Titular. Lic. María Gulnara Baldoquín de la Peña. Dra.
Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”
Ciudad de La Habana, Cuba
gulnara@ind.cujae.edu.cu

Prof. Titular. Ing. Silvia Teresita Acuña Castillo. Dra.
Universidad Autónoma de Madrid
Madrid, España
silvia.acunna@uam.es

**Ciudad de La Habana
2009**

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que me han ayudado a lo largo de mi vida y que han hecho posible que esta tesis se presente. También es mucho el trabajo realizado y los momentos de avances y de frustraciones. Por lo tanto, quisiera agradecer en general a todos aquellos que me han apoyado en cada uno de estos momentos y ofrecer mi eterno agradecimiento a las personas más cercanas.

A Mami por amarme sobre todas las cosas y por apoyarme en todos mis sueños,

A Walter, mi otra mitad, por su amor y su apoyo incondicional,

A mis hijos, Davi y Walty, por comprender y esperar sin hacer preguntas,

A Gulnara por sus conocimientos, sus revisiones y sus valiosas enseñanzas,

A Silvia por confiar en mí y apoyarme aún sin conocerme,

A Alina Ruiz y Anaisa Hernández por la calidad del trabajo desarrollado como oponentes en la predefensa,

A los doctores del CEIS por sus valiosos señalamientos y recomendaciones,

Al equipo TEAMSOFT (Anita, Lal, Vane, Lester y Dennis) por su amistad y su entrega,

Al Grupo de Diagnóstico de FORDES por introducirme en el mundo de la psicología,

A Ale por su amistad, su optimismo, sus conocimientos, su confianza y su apoyo,

A Ingrid, Yucely y Carlitos por escuchar, alentar y confiar,

A todos los que participaron como expertos por la profesionalidad y el tiempo dedicado,

A todos los que sin temor a perder la cordura se sometieron a la aplicación de los tests psicológicos,

Al equipo SIGENU por su entusiasmo y por desarrollar mi capacidad de concentración,

A todos los colegas y amigos del CEIS por su apoyo y comprensión,

A los magníficos maestros y profesores que han contribuido a mi formación,

A la Revolución,

MUCHAS GRACIAS

Al mejor equipo de mi vida, mi familia

A Abue, quien me enseñó a andar

A Orlan, quien me acompañó en mis andanzas

A Mami, por su ejemplo y amistad

A Walter, por su amor y apoyo

A Davi y Walty, por ser nuestra principal fuente de inspiración y amor

SÍNTESIS

Los recursos humanos constituyen un factor crítico en el éxito de los proyectos de software. Sin embargo, la formación de los equipos de proyectos se realiza, de manera general, de forma empírica, resultando escasos los trabajos donde se modele la asignación de personal en el ámbito del software y desde la perspectiva del equipo.

El objetivo principal de esta tesis es elaborar un modelo formal para la asignación de recursos humanos a equipos de proyectos de software que considere factores que contribuyan a la asignación individual a los roles del proyecto y a la formación del equipo.

Como resultado se formuló un modelo que incorpora factores que contribuyen a la asignación individual a los roles del proyecto (competencias, carga de trabajo, costo por lejanía y características psicológicas) y a la formación del equipo (balance entre roles e incompatibilidades entre los miembros y roles del equipo). Como elementos originales, el modelo incorpora el costo de realizar desarrollos a distancia, las incompatibilidades del equipo, la posibilidad de balancear la carga de trabajo y patrones para la formación de equipo identificados a partir del uso de tests psicológicos.

Además, se desarrolló una herramienta que sustenta el modelo propuesto e implementa algoritmos para su solución. La herramienta contribuye a que el proceso de asignación se torne más objetivo y, en general, resulta útil para impulsar la implementación de la gestión de recursos humanos por competencias en las organizaciones de software cubanas.

TABLA DE CONTENIDOS

| | Pág. |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN | 10 |
| 1.1 La Gestión de Recursos Humanos en los Proyectos de Software | 10 |
| 1.1.1 Principales problemas que afectan el desarrollo de los proyectos de software | 10 |
| 1.1.2 El factor humano en los proyectos de software | 11 |
| 1.1.3 La Gestión de Recursos Humanos en el marco de la gestión de proyectos | 13 |
| 1.1.3.1 Conceptos y clasificaciones | 15 |
| 1.1.4 Evaluación de los procesos de Gestión de Recursos Humanos en proyectos de software | 17 |
| 1.1.4.1 Gestión de Recursos Humanos por Competencias | 18 |
| 1.1.4.2 Valoración de herramientas para la Gestión de Proyectos | 20 |
| 1.1.4.3 Análisis de reconocidos modelos de proceso y de metodologías de desarrollo de software | 21 |
| 1.2 Evaluación de trabajos que abordan la asignación de personal a equipos de proyectos de software | 24 |
| 1.2.1 Modelos que abordan la asignación de personal a proyectos de software | 25 |
| 1.2.2 Estudios que consideran aspectos psicológicos en la formación de equipos de software | 29 |
| 1.3 Conclusiones Parciales | 34 |
| 2. UN MODELO PARA LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS HUMANOS A EQUIPOS DE PROYECTOS DE SOFTWARE | 37 |
| 2.1 Gestión del conocimiento para la elaboración del modelo | 37 |
| 2.1.1 Descripción general de la aplicación del método Delphi | 38 |
| 2.1.1.1 Selección de los expertos | 38 |
| 2.1.2 Determinación de los factores que influyen en la asignación de personal a proyectos de software | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 2.1.3 Elaboración de una propuesta de roles invariantes para enfrentar proyectos de software y de las competencias requeridas para su desempeño | 44 |
| 2.1.4 Identificación de patrones para la formación de equipos de proyectos de software | 51 |
| 2.1.4.1 Descripción general del experimento..... | 52 |
| 2.1.4.2 Principales resultados de la cuarta etapa de la aplicación del método Delphi | 54 |
| 2.1.4.3 Principales resultados obtenidos al procesar el test de Belbin | 54 |
| 2.1.4.4 Principales resultados obtenidos al procesar el test de Myers-Briggs | 58 |
| 2.1.4.5 Principales resultados obtenidos al procesar el test 16PF..... | 59 |
| 2.1.4.6 Principales resultados obtenidos al procesar los cuestionarios LPC0.2 y LPC0.3 en la búsqueda de patrones de incompatibilidad | 60 |
| 2.1.4.7 Patrones para la formación de equipos de proyectos de software | 62 |
| 2.2 Modelo propuesto. Variantes posibles a implementar | 63 |
| 2.2.1 Modelo propuesto..... | 63 |
| 2.2.2 Variantes del modelo propuesto | 68 |
| 2.2.3 Cálculo de los coeficientes del modelo | 70 |
| 2.2.4 Validación de los patrones para la formación de equipo incorporados en el modelo..... | 77 |
| 2.3 Conclusiones Parciales | 81 |
| 3. TEAMSOFT⁺ - HERRAMIENTA DE SOPORTE A LA DECISIÓN QUE SUSTENTA EL MODELO PROPUESTO | 84 |
| 3.1 Caracterización de la herramienta TEAMSOFT ⁺ | 84 |
| 3.2 Métodos y algoritmos de solución implementados en la herramienta | 90 |
| 3.2.1 Algoritmos de solución | 90 |
| 3.2.2 Métodos de solución de problemas de optimización multiobjetivo | 94 |
| 3.3 Aplicación de la herramienta TEAMSOFT ⁺ en la solución de casos de prueba | 96 |
| 3.4 Estrategia para la implementación del modelo propuesto | 102 |
| 3.5 Conclusiones Parciales | 107 |

| | |
|---|------------|
| CONCLUSIONES..... | 109 |
| RECOMENDACIONES | 111 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 112 |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS..... | 132 |
| SIGLARIO | 133 |
| ANEXOS | 135 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1: Etapas de la aplicación del método Delphi..... | 39 |
| Figura 2: Principales resultados del procesamiento del test de Belbin | 55 |
| Figura 3: Principales resultados del procesamiento del test de Myers-Briggs | 58 |
| Figura 4: Principales resultados del procesamiento del test 16PF..... | 59 |
| Figura 5: Análisis de preferencia (MBTI) y rechazo (LPC0.3) por cada dimensión..... | 60 |
| Figura 6: Principales resultados del procesamiento del cuestionario LPC0.2..... | 61 |
| Figura 7: Diagrama de Caso de Uso del Sistema..... | 86 |
| Figura 8: Pantalla para la Asignación del equipo | 88 |
| Figura 9: Pantalla para la Asignación del Jefe de Proyecto | 89 |
| Figura 10: Esquema de la estrategia diseñada para implementar el modelo propuesto..... | 103 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1: Procesos que abarca la Gestión de Recursos Humanos..... | 14 |
| Tabla 2: Comparación entre herramientas de gestión de proyectos (soporte al área de Gestión de Recursos Humanos según PMBOK) | 22 |
| Tabla 3: Roles establecidos en los procesos y propuestas metodológicas evaluadas | 24 |
| Tabla 4: Caracterización de las propuestas evaluadas | 29 |
| Tabla 5: Propuesta de roles invariantes y competencias requeridas para su desempeño..... | 49 |
| Tabla 6: Contribución de los roles de Belbin a los roles funcionales | 55 |
| Tabla 7: Ejemplo de la aplicación de la función para calcular e_{ij} | 74 |
| Tabla 8: Análisis de equipos de proyectos | 78 |
| Tabla 9: Valor asignado a cada parámetro de los algoritmos implementados | 99 |
| Tabla 10: Resultados obtenidos en el Escenario 1– Caso 1 | 100 |
| Tabla 11: Resultados obtenidos en el Escenario 1 – Caso 2 | 100 |
| Tabla 12: Resultados obtenidos en el Escenario 2 - Caso 1 | 101 |
| Tabla 13: Resultados obtenidos en el Escenario 2 - Caso 2 | 101 |

INTRODUCCIÓN

La industria del software ha tenido un desarrollo vertiginoso y un gran impacto a nivel mundial. Sin embargo, a pesar de sus reconocidos logros aún resulta significativo el número de proyectos que no culminan con éxito [1-3]. La industria cubana de software no está exenta de estas dificultades. Entre las principales causas que conllevan a estos resultados, se identifican las asociadas con factores humanos como: la asignación de personal no adecuado, los problemas de liderazgo y los problemas con las relaciones de trabajo entre los miembros del equipo de proyecto [4-6]. Esta situación refleja una débil gestión de los recursos humanos en los proyectos de software y en particular, denota dificultades en el proceso de asignación de personal.

Son varios los trabajos donde se reconoce que los recursos humanos juegan un papel crítico en el éxito o fracaso de un proyecto de software [2, 7-16]. Sin embargo, el personal continúa siendo el factor menos formalizado en los modelos de procesos y en las metodologías de desarrollo de software, las cuales se centran en aspectos técnicos [17-21]. Así, procesos como la asignación de personal a los roles establecidos en el proyecto y la formación del equipo se llevan a cabo, de manera general, de forma empírica [22].

A pesar de lo importante que resulta asignar el personal apropiado para desempeñar los roles del proyecto [23], poco se sabe acerca de la manera de alcanzar este objetivo [22, 24]. Por lo tanto, el hecho de lograr una adecuada composición del equipo constituye un reto para los directivos [25]. La experiencia de los jefes de proyecto, sin dudas, resulta útil. Sin embargo, ejecutar este proceso de forma intuitiva y sin base objetiva trae como resultado una pobre utilización de los recursos, incumplimientos de los cronogramas [26] e incluso, puede provocar descontento del personal [22].

Esta situación se torna más compleja en organizaciones medianas y grandes, debido a la gran cantidad de combinaciones de asignaciones posibles, en dimensiones relativamente significativas de roles a cubrir y empleados disponibles. Esto hace que esta etapa sea prácticamente imposible de abordar de manera eficiente, sin la ayuda de sistemas automatizados de soporte a la decisión que se basen en algoritmos de solución de modelos matemáticos que representen el problema a resolver lo más objetivamente posible.

El hecho de utilizar un modelo formal contribuye a que el proceso de asignación sea más transparente y objetivo [26]. Sin embargo, aunque el problema de asignación ha sido objeto de estudio desde hace varias décadas, resultan escasos los trabajos donde se modele la asignación de personal en el ámbito del software y desde la perspectiva del equipo [27]. En [1, 19, 26, 28] se describen modelos que abordan la asignación de personal a proyectos de software. Sin embargo, gran parte de ellos constituyen propuestas poco formales y se centran en la asignación del personal a tareas en lugar de a roles. Este enfoque resulta más difícil de implementar en organizaciones no maduras ya que presupone contar con una planificación más detallada en etapas muy tempranas del proyecto. Además, estas propuestas sólo consideran factores que contribuyen a la asignación individual de personas a tareas o roles del proyecto, tomando en consideración como factor común, la competencia del personal. En estos trabajos, aunque se reconoce la importancia del equipo y de las relaciones entre sus miembros, no se considera ningún factor que contribuya a la formación del equipo como un todo, como se plantea en los reconocidos estándares utilizados en la gestión de proyectos: Guía de Fundamentos para la Gestión de Proyectos (PMBOK) [29] y la norma ISO 10006:2003 [30].

A partir de lo anterior se puede identificar el siguiente **problema de investigación**:

La ausencia de un modelo formal que sirva de soporte al proceso de asignación de recursos humanos a equipos de proyectos de software que tome en cuenta factores que contribuyan a la asignación individual a roles del proyecto y a la formación del equipo como un todo.

Para enfrentar este problema, se definió como **Objeto de la investigación** la gestión de recursos humanos en proyectos de software, y como **Campo de acción**, los modelos formales de asignación de recursos humanos a proyectos de software.

Para responder al problema de investigación, se definió el siguiente **Objetivo general**: Elaborar un modelo formal para la asignación de recursos humanos a equipos de proyectos de software que tome en cuenta factores que contribuyan a la asignación individual a los roles del proyecto y a la formación del equipo como un todo.

A partir del análisis del objetivo general se derivaron los siguientes **Objetivos específicos**:

1. Identificar factores a tomar en cuenta en el modelo de asignación.
2. Definir patrones que contribuyan a la formación de equipos de proyectos de software.
3. Implementar una herramienta de apoyo a la decisión que soporte el modelo propuesto, e implemente métodos y algoritmos para su solución.

Se formuló la siguiente **Hipótesis de investigación**:

A partir del estudio de reconocidos estándares de gestión de proyectos, modelos de proceso y metodologías de desarrollo de software, modelos de asignación de personal a proyectos de software, y del uso de métodos de consulta a expertos y de tests psicológicos, es posible elaborar un modelo formal para la asignación de recursos humanos a equipos de proyectos de software que tome en cuenta tanto factores que contribuyan a la asignación individual a roles del proyecto como a la formación del equipo.

Para lograr los objetivos trazados y demostrar la hipótesis establecida se acometieron las siguientes **Tareas**:

1. Diagnóstico de la gestión de recursos humanos en proyectos de software. El diagnóstico incluyó:
 - Estudio de los principales problemas que afectan el desarrollo de los proyectos de software.
 - Evaluación de los procesos de gestión de recursos humanos en el marco de la gestión de proyectos de software.
2. Estudio del estado del arte de las investigaciones del problema de asignación de personal a proyectos de software, que incluyó:
 - Evaluación de modelos de asignación de personal a proyectos de software.
 - Análisis de estudios que consideran aspectos psicológicos en la formación de los equipos de software.
3. Elaboración de un modelo formal para la asignación de personal a equipos de proyectos de software, que incluyó:
 - Identificación de factores a tomar en cuenta en un modelo de asignación de personal a equipos de proyectos de software.
 - Elaboración de una propuesta de roles invariantes para enfrentar proyectos de software y de las competencias requeridas para su desempeño.
 - Identificación de patrones que contribuyan a la formación de equipos de proyectos de software a partir del uso del método Delphi y de tests psicológicos.
 - Formulación del modelo y de variantes posibles a implementar.
 - Validación de los patrones de formación de equipo incorporados en el modelo.

4. Diseño e implementación de una herramienta de apoyo a la decisión que soporte el modelo propuesto, e implemente métodos y algoritmos para su solución.
5. Validación de la aplicabilidad del modelo propuesto mediante el uso de la herramienta en la solución de casos de prueba.
6. Elaboración de una estrategia para implementar el modelo propuesto.

Entre los **Métodos de trabajo científico** utilizados en la investigación se destacan los que se mencionan a continuación. Además, se brinda una breve descripción de los fines para los cuales fueron utilizados.

- **Métodos Generales:** El método hipotético-deductivo para la elaboración de la hipótesis central de la investigación y para proponer nuevas líneas de trabajo a partir de los resultados parciales. El método sistémico para lograr que los elementos que forman parte del modelo sean un todo que funcione de manera armónica. El método histórico-lógico para el estudio de los trabajos anteriores y extraer aspectos positivos de ellos, utilizando éstos como punto de referencia y comparación de los resultados alcanzados.
- **Métodos Lógicos:** El método analítico-sintético al descomponer el problema de investigación en elementos por separado y profundizar en el estudio de cada uno de ellos, para luego sintetizarlos en la propuesta de solución. El método de modelación para explicar por qué el modelo desarrollado se ajusta a las características de las organizaciones de software actuales.
- **Métodos Empíricos:** El método coloquial para la presentación y discusión de los resultados en sesiones científicas. El método de la entrevista para obtener los problemas presentes en las organizaciones de software estudiadas. El método experimental para

obtener y validar los patrones que contribuyen a la formación de equipos de proyectos de software. El análisis documental, empleado en el trabajo de revisión bibliográfica.

- Métodos Matemáticos: El método de experto Delphi, para la formulación del modelo propuesto. Los métodos estadísticos para el análisis de los cuestionarios y tests psicológicos utilizados en la investigación.

La **novedad** de los resultados de la tesis radica en:

- La propuesta de un modelo formal para la asignación de recursos humanos a equipos de proyectos de software que toma en cuenta factores que contribuyen a la asignación individual a los roles del proyecto (competencias, carga de trabajo, costo por lejanía, características psicológicas) y a la formación del equipo (balance entre roles e incompatibilidades entre los miembros y roles del equipo).
- La identificación de un conjunto de patrones que contribuyen a la formación de un equipo de proyecto de software, a partir del uso de tests psicológicos y del método Delphi, y su incorporación en el modelo propuesto.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede resumir que los principales **aportes** de este trabajo son los siguientes:

- Un modelo formal para la asignación de personal a equipos de proyectos de software que toma en cuenta factores que contribuyen a la asignación individual a los roles del proyecto y a la formación del equipo.
- Una propuesta de roles invariantes, para enfrentar proyectos de software y de las competencias requeridas para su desempeño, que sirve de guía en la implementación de la gestión por competencias en las organizaciones de software.

- La identificación de un conjunto de patrones que contribuyen a la formación de un equipo de proyecto de software, a partir del uso del método Delphi y de tests psicológicos.
- Una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, que da soporte y facilita la aplicabilidad del modelo propuesto.

La **significación práctica** del trabajo es la siguiente:

Se desarrolló una herramienta de soporte a la decisión (con el uso de software libre y tecnologías novedosas), que sustenta el modelo propuesto e implementa métodos y algoritmos para su solución. Esta herramienta, en general, constituye un instrumento útil para impulsar la implementación de la gestión de recursos humanos basado en el enfoque por competencias en las organizaciones de software. En particular, apoya a los directivos en la asignación de personal a los roles del proyecto y en la formación del equipo ya que a través de una interfaz amigable y flexible permite considerar un conjunto de factores como son: las competencias, la experiencia, las características psicológicas y la carga de trabajo. La flexibilidad de la herramienta facilita la aplicación del modelo en función de las condiciones reales de la organización que lo utiliza, en tanto le permite al decisor seleccionar los objetivos y las restricciones a considerar en el proceso de asignación.

El uso de la herramienta adquiere especial importancia en organizaciones medianas y grandes, y propicia que el proceso de asignación, en general, se torne más transparente y objetivo.

Al trabajo de investigación que se resume en este documento han tributado cinco tesis de maestría [31-35], dos tesis de diplomado y cuatro tesis de diploma. Uno de los resultados parciales, la herramienta desarrollada, recibió Premio en el XVIII Forum Científico

Nacional de Estudiantes Universitarios de Ciencias Técnicas y fue registrada en el Ministerio de la Informática y las Comunicaciones. Los principales resultados que se han obtenido, vinculados directamente con la presente tesis, han sido presentados en eventos y publicaciones, tanto nacionales [27, 36-39] como internacionales [21, 40-47].

La tesis quedó estructurada en tres capítulos. En el Capítulo I se realiza un análisis crítico de la gestión de los recursos humanos en proyectos de software y una valoración de los modelos de asignación, así como de los estudios que consideran aspectos psicológicos en la formación de equipos de software. En el Capítulo II se presenta un modelo formal para la asignación de recursos humanos a equipos de proyectos de software y se describe el proceso de gestión del conocimiento empleado en su formulación. Además, se realiza una validación de los patrones para la formación de equipos incluidos en el modelo propuesto. En el Capítulo III se caracteriza la herramienta de soporte a la decisión que sustenta el modelo propuesto. Además, se describen los métodos y algoritmos implementados, y los casos de pruebas diseñados para mostrar que el modelo resulta aplicable. Adicionalmente, se describe una estrategia para implementar el modelo propuesto.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se realiza un análisis crítico de la gestión de los recursos humanos en proyectos de software que incluye una valoración de los modelos de asignación de personal, así como de estudios que consideran aspectos psicológicos en la formación de los equipos de software.

1.1 La Gestión de Recursos Humanos en los Proyectos de Software

La Gestión de Recursos Humanos (GRH) de un proyecto incluye los procesos que organizan y dirigen el equipo. En este epígrafe se caracterizan y evalúan estos procesos en el ámbito del software. Para comenzar se muestra cómo algunos de los principales problemas que afectan el desarrollo de los proyectos de software están asociados con factores humanos, lo cual denota dificultades en el proceso de asignación de personal.

1.1.1 Principales problemas que afectan el desarrollo de los proyectos de software

La industria de software se ha desarrollado de manera vertiginosa y tiene un gran impacto en prácticamente todas las ramas del desarrollo de la sociedad a nivel mundial. Sin embargo, a pesar de sus reconocidos resultados, aún resulta significativo el número de proyectos de software que no culminan con éxito [1, 2, 5, 6]. Los principales resultados del Reporte CHAOS¹ publicado en el 2009 [3] reflejan de forma clara esta situación, ya que sólo el 32% de los proyectos de software fueron catalogados como exitosos². Varios trabajos [4-6] concluyen que entre las principales causas que conllevan a estos resultados se encuentra las asociadas con aspectos humanos.

¹ Reporte elaborado periódicamente por la compañía Standish Group y que constituye una de las investigaciones más citadas al caracterizar la situación de la industria de software.

² Acorde al criterio establecido por el Standish Group, se catalogan como exitosos aquellos proyectos que terminan en tiempo, en presupuesto y que cumplen con los requisitos especificados inicialmente.

La industria de software nacional no está exenta de estos problemas y también experimenta proyectos fuera de cronograma, presupuesto y calidad [48, 49]. Una encuesta realizada como parte de la investigación, a 45 profesionales de doce organizaciones de software cubanas, permitió confirmar que además de los problemas de planificación, los problemas asociados con factores humanos, constituyen uno de los de mayor incidencia en el resultado de los proyectos.

En el Anexo 1 se resumen los principales problemas que afectan el desarrollo de los proyectos de software, tanto a nivel nacional como internacional, clasificados de acuerdo a su origen en: personal, proceso, producto y tecnología. La tabla integra los resultados del diagnóstico realizado en la industria nacional con los resultados de varios trabajos llevados a cabo a nivel internacional [4-6].

A partir de este análisis es posible concluir que la asignación de personal no adecuado, los problemas de liderazgo y los problemas entre los miembros del equipo de proyecto se detectan como tres de las dificultades comunes asociadas con factores humanos que afectan el resultado de los proyectos de software. Esta situación refleja una débil gestión de los recursos humanos en los proyectos de software y en particular, denota dificultades en el proceso de asignación de personal.

1.1.2 El factor humano en los proyectos de software

La gestión eficaz de un proyecto de software se centra en las llamadas cuatro P: personal, producto, proceso y proyecto, donde el orden no resulta arbitrario [2]. En este sentido, son varias las investigaciones donde se reconoce que los recursos humanos juegan un papel crítico en el éxito o fracaso de un proyecto de software [2, 9-16]. Sin embargo, el personal continúa siendo el factor menos formalizado en los modelos de procesos y las

metodologías de desarrollo de software, las cuales se centran más en aspectos técnicos que en los aspectos humanos [17-20, 37]. Lo mismo sucede en la academia, donde la mayor parte de los cursos que se imparten en carreras afines se centran en cuestiones técnicas y en el desempeño individual [36, 50-52]. La disciplina personal y de trabajo en equipo, la formación de roles, la comunicación y el liderazgo, son temas que se abordan, en muchas ocasiones, de manera teórica o no logran implementarse a plenitud en la ejecución de proyectos reales [32, 53-60].

La falta de formalización del factor humano en los modelos de procesos y las insuficiencias en la formación académica entran en contradicción con la necesidad que tiene la industria de software de prestarle una atención especial a la gestión de recursos humanos, atendiendo a las dificultades que enfrenta y a un conjunto de peculiaridades que posee, como son:

- En el profesional del software confluyen condiciones propicias para que experimente gran movilidad: es especializado (por sus conocimientos y habilidades), pero a su vez generalista (por la gran cantidad y variedad de dominios de aplicación de su trabajo) y muy demandado (debido al impacto de la informatización en prácticamente todas las ramas de desarrollo de un país).
- El cambio continuo en el estado del arte en esta rama, debido al desarrollo vertiginoso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), exige un personal técnicamente competente en continua superación.
- El desarrollo de software, debido al aumento significativo en el volumen y complejidad de los productos, dejó de ser artesanal para convertirse en un trabajo, esencialmente, en equipo [10]. Por lo tanto, fue necesario establecer varios roles, en su mayoría, con alta dependencia funcional. Estas exigencias, unidas a la necesidad de establecer una

adecuada interacción con los usuarios, permiten caracterizar la ingeniería de software como un proceso social complejo. Como consecuencia, en el profesional del software resultan necesarias habilidades como: la negociación, la comunicación, la toma de decisiones y la capacidad de trabajar en equipo.

1.1.3 La Gestión de Recursos Humanos en el marco de la gestión de proyectos

Con el objetivo de caracterizar la GRH en el ámbito de la gestión de proyectos de software en este trabajo se utilizan, como marco de referencia, dos reconocidos estándares: la Guía de Fundamentos para la Gestión de Proyectos (PMBOK³) [29] y la norma ISO 10006:2003 (titulada Sistema de gestión de la calidad) [30]. La aplicación combinada de estos estándares se considera muy valiosa en la gestión de cualquier tipo de proyecto [61, 62].

PMBOK identifica y describe un conjunto de “buenas prácticas” que resultan aplicables a la mayoría de los proyectos, existiendo un amplio consenso sobre su valor y utilidad. Según esta guía, los gestores de proyectos deben manejar correctamente nueve áreas del conocimiento (integración, alcance, tiempo, costo, recursos humanos, comunicaciones, adquisiciones, riesgo y calidad), donde se identifican 44 procesos, repartidos dentro de los cinco grupos de procesos: iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre [29].

La ISO 10006:2003, no es en sí misma una guía para la gestión de proyectos, pero ofrece una adecuada orientación para que se logre alcanzar la calidad en la gerencia de proyecto. Esta norma presenta once grupos de procesos: estratégico, recursos, personal, interdependencia, alcance, tiempo, costo, comunicación, riesgo, adquisiciones, medición y mejora continua, por lo tanto, cubre las mismas áreas y procesos del PMBOK.

³ Estándar, elaborado por el Instituto de Gestión de Proyecto (PMI).

Adicionalmente, como parte del proceso estratégico, considera nueve factores a los que propone prestarle especial atención; entre ellos se encuentran la participación del personal y el liderazgo [30].

Ambos estándares reconocen la GRH como un proceso o área de conocimiento clave dentro de la gestión de proyectos, y consideran la gestión por competencias como elemento esencial para alcanzar resultados exitosos en el proyecto. Según estos estándares, la GRH incluye los procesos que organizan y dirigen el equipo de proyecto. Como se observa en la Tabla 1, la cantidad de procesos que propone cada estándar y los nombres asignados a estos procesos difieren. Sin embargo, un análisis detallado de la propuesta de ambos estándares permitió identificar que existen tres procesos fundamentales.

Tabla 1: Procesos que abarca la Gestión de Recursos Humanos

| PMBOK | ISO 10006:2003 |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Planificación de recursos humanos• Adquisición del Equipo del proyecto• Desarrollo del equipo de proyecto• Gestión del equipo de proyecto | <ul style="list-style-type: none">• Establecimiento de la estructura organizativa del proyecto• Asignación del personal• Desarrollo del equipo |

El primer proceso tiene como propósito establecer la estructura organizativa del proyecto. Aunque cada estándar le atribuye un nombre diferente, en ambos casos el proceso implica identificar y documentar los roles del proyecto, sus responsabilidades, las competencias requeridas para su correcto desempeño; así como crear el plan de gestión del personal.

El segundo proceso, acorde a ambos estándares, tiene como propósito asignar el personal necesario al proyecto para lo cual se debe tomar en cuenta varios elementos como: disponibilidad, intereses, experiencia; así como los roles y las competencias establecidas.

El tercer proceso tiene como propósito desarrollar el equipo, lo que implica desarrollar las competencias y mejorar las interacciones entre los miembros del equipo mediante la

formación, capacitación, reubicación, desarrollo de los planes de carrera, recompensa y evaluación del desempeño. Además, propone dar seguimiento al rendimiento de los miembros del equipo, proporcionar retroalimentación, resolver conflictos y coordinar cambios. Por lo tanto, reúne los procesos de desarrollo y gestión del equipo propuesto en PMBOK.

Dado los objetivos de esta investigación, resultan esenciales los dos primeros procesos. Sin embargo, antes de evaluar cada uno de ellos en el marco de la gestión de proyectos de software, es preciso exponer algunos conceptos y clasificaciones claves para el desarrollo de este trabajo.

1.1.3.1 Conceptos y clasificaciones

Un proyecto, según PMBOK, “es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”. Así, un proyecto de software está acotado en el tiempo y crea un producto (por ejemplo: una versión o componente de software, documentación de una o más fases) o un servicio (por ejemplo, la implantación de un producto de software en una organización) único.

Un equipo, según la definición expuesta por Humphrey⁴ en [63] consiste en “al menos dos personas quienes trabajan hacia una meta, objetivo o misión común, donde cada una tiene asignados roles o funciones específicas que debe desempeñar, y donde completar la misión requiere alguna forma de dependencia entre los miembros”.

Un rol, según lo establecido en [64], “es un puesto que puede ser asignado a una persona o conjunto de personas que trabajan juntas en un equipo, y que requiere habilidades y responsabilidades como: realizar determinadas actividades y desarrollar determinados

⁴ Watts Humphrey, destacado investigador en el área de mejora de procesos de software y creador de dos reconocidos modelos: Proceso de Software Personal (PSP) y Proceso de Software en Equipo (TSP).

artefactos”. Los miembros de un equipo de proyecto pueden desempeñar varios roles y un mismo rol puede ser desempeñado por varios miembros del equipo. Esta definición se corresponde con la concepción de rol utilizada en reconocidos modelos de proceso y metodologías de desarrollo de software actuales.

Las competencias son entidades amplias y difusas que combinan algo que los constructos psicológicos tienden a separar: lo cognoscitivo (conocimientos y habilidades), lo afectivo (motivaciones, actitudes, rasgos de personalidad), lo psicomotriz o conductual (hábitos, destrezas) y lo psicofisiológico (por ejemplo, visión de colores) [65]. Vargas en [66], a partir del análisis de varias definiciones de competencias dadas por un grupo de estudiosos del tema como: Boyatzis [67], Spencer y Spencer [68], Woodruffe [69], Ansorena [70], Rodríguez y Feliú [71], y Lévy-Levoyer [72], concluye que las competencias “son características permanentes de la persona, que se ponen de manifiesto cuando se ejecuta una tarea o se realiza un trabajo, que están relacionadas con la ejecución exitosa en una actividad (sea laboral o de otra índole), que tienen una relación causal con el rendimiento laboral y pueden ser generalizables a más de una actividad”.

En este trabajo se utiliza el concepto de competencia expuesto por Cuesta en [73], el cual se basa, esencialmente, en la definición formulada por Boyatzis [67] que plantea: “las competencias laborales (CL) son características subyacentes en las personas, asociadas a la experiencia, que como tendencia están causalmente relacionadas con actuaciones exitosas en un puesto de trabajo contextualizado en una determinada cultura organizacional”. Esta definición está en perfecta correspondencia con lo planteado en la norma cubana (NC 3000:2007)[74].

Respecto a las competencias, en este trabajo se distinguen dos tipos o familias [75, 76] (esquema de clasificación aceptado mayoritariamente por los responsables en GRH [77]):

- Genéricas, también llamadas transversales, claves o capacidades de comportamiento [18], las cuales definen las características referidas al comportamiento general del empleado, independientes de los conocimientos técnicos específicos. Algunos ejemplos son la capacidad de negociación, el liderazgo y la capacidad de análisis.
- Técnicas o específicas, las cuales están asociadas a conocimientos y habilidades técnicas específicas de cada puesto de trabajo.

Finalmente, la clasificación de las organizaciones en: micro, pequeña, mediana o grande, utilizada en este trabajo, está en función de la cantidad de empleados por año [78], tomando en consideración uno de los elementos definidos en la Comisión de la Comunidad Europea. Este criterio de clasificación es uno de los más utilizados [79] y considera como micro, a una organización con menos de 10 empleados; como pequeña, a una organización que tiene entre 10 y 50 empleados; como mediana, a aquella que tiene entre 51 y 250 empleados, y como grande, a las que poseen más de 250 empleados.

1.1.4 Evaluación de los procesos de Gestión de Recursos Humanos en proyectos de software

A pesar de lo importante que resulta identificar las personas adecuadas para desempeñar los roles del proyecto, se conoce poco de cómo estructurar los equipos; o sea, cómo establecer los roles, definir la cantidad de personas en cada rol e identificar las competencias requeridas para su desempeño [19, 80]. Por otra parte, aunque se reconoce que asignar el personal apropiado para desempeñar los roles del proyecto resulta crucial para generar equipos productivos [8, 23], poco se sabe acerca de la manera de lograr este

objetivo [22, 24, 80]. De hecho, la asignación de personal a los roles establecidos en el proyecto y la formación del equipo se llevan a cabo, de manera general, de forma empírica [21, 22].

A continuación se analizan los principales elementos que afectan la implementación, en el marco de la gestión de proyectos de software, de dos de los procesos de GRH: la estructuración organizativa del proyecto y la asignación del personal. Para comenzar se enuncian las principales dificultades que afectan la implantación de la disciplina de gestión por competencias en las organizaciones de software. Seguidamente, se evalúa cómo abordan ambos procesos de GRH reconocidos modelos de proceso y metodologías de desarrollo de software.

1.1.4.1 Gestión de Recursos Humanos por Competencias

El uso de la tecnología, en vez de reemplazar a las personas (como algunos piensan), confirma que el talento constituye realmente el activo más importante en cualquier organización. La gestión de ese talento, que los profesionales de Recursos Humanos identifican como Capital Humano, se convierte en una necesidad creciente, sobre todo en aquellas organizaciones que hacen un uso intensivo del conocimiento como las de software [77]. En este sentido, se reconoce que la GRH es mucho más eficiente si se basa en las competencias individuales de los trabajadores, teniendo en cuenta que la gestión por competencia apoya los procesos de selección, contratación, capacitación, evaluación y compensación del personal [73]. En las normas cubanas [81, 82] se conciben las CL como el factor por excelencia de la gestión integrada de los recursos humanos, centrando los procesos de selección e integración, capacitación y desarrollo, y evaluación del desempeño. De ahí, que varias investigaciones resalten lo necesario que resulta incorporar en los

modelos de procesos de software la parte humana, y las interacciones en las que participan; en especial, las competencias para ejecutar los roles del proyecto, y la disciplina y organización del trabajo interpersonal [18, 83, 84].

Sin embargo, de manera general sucede que cada gestor de equipo determina las necesidades de competencias de una manera no muy sistemática; o sea, no se basan en reglas preestablecidas, sino que utiliza sus percepciones y experiencia. Esta práctica si bien resulta útil, debe aplicarse de conjunto con las técnicas sistemáticas, las cuales posibilitan mejorar las decisiones de los directivos [19], y contribuyen a gestionar el conocimiento de la organización.

Investigaciones para obtener marcos de referencias indican que la gestión por competencias está muy poco desarrollada y que los resultados obtenidos para evaluar el rendimiento de los profesionales son, habitualmente, muy ambiguos [85]. Para los gestores de Sistemas de Información, no existe un marco de competencias completo, fiable y no ambiguo, con contenido y cuantificación de las competencias genéricas y específicas para conseguir la “excelencia” en la profesión y finalmente, tampoco se dispone de un método concreto y fiable, ni de herramientas de software para evaluar el rendimiento profesional [77].

En las organizaciones de software cubanas se ha avanzado en la comprensión de la disciplina de gestión por competencias. Se han realizado trabajos, encaminados a la identificación de perfiles de competencias, en organizaciones como: CUBACEL, GEOCUBA, Correos de Cuba, DESOFT, CITMATEL y el Ministerio de la Informática y las Comunicaciones (MIC). Sin embargo, su implementación no constituye una práctica generalizada debido, fundamentalmente, a la ausencia de marcos de referencia (donde aparezcan claramente definidos los roles, sus responsabilidades y las competencias

requeridas para su desempeño), métodos y herramientas que soporten su aplicación. En este sentido, también incide que la introducción de esta disciplina en la formación académica aún resulta incipiente; a pesar que como se plantea en [86], la CL constituye un elemento central y decisivo, pero debe ir de conjunto con el proceso de formación y gestión en sistema.

La elaboración de los marcos de referencia que incluya roles y competencias requeridas para su desempeño, no resulta una tarea fácil, ya que las diferentes organizaciones y modelos asignan diversos nombres a los mismos roles, e incluso algunos roles se generalizan o se superponen con otros. Por otra parte, los distintos tipos de proyectos exigen roles específicos. Con las competencias ocurre algo similar. Si bien se cuenta con diccionarios [87], no existe una nomenclatura y definición única [37, 88-91].

La falta de marcos de referencia (para establecer roles y competencias), unida a que en muchas ocasiones no se cuenta con un registro histórico actualizado de los equipos asignados que permita reutilizar el conocimiento de la organización, dificulta que se realice una adecuada propuesta de la estructura del proyecto. Esta situación tiene un impacto negativo en el resto de los procesos de la GRH.

1.1.4.2 Valoración de herramientas para la Gestión de Proyectos

Las herramientas de software constituyen un poderoso soporte en la implementación de la gestión de recursos humanos por competencias. En [92] se fundamenta cómo un sistema de gestión de “habilidades” constituye una parte importante del sistema de gestión del conocimiento de una organización de software ya que no sólo ofrece soporte al proceso de asignación de personal, sino que contribuye a la búsqueda de nuevos proyectos y al desarrollo de las competencias. Sin embargo, de manera general, en las herramientas de

gestión de proyectos, la GRH constituye una de las áreas menos cubierta junto a la gestión de calidad y la gestión de riesgos.

Como parte de esta investigación, en [93], se analizan un conjunto de reconocidas herramientas orientadas a la gestión de proyectos: Microsoft Office Project Professional 2003 [94], Microsoft Visual Studio 2005 Team System [95], Teamwork [96], ToDoList [97], DotProject [98], RHPlan [1, 99], GanttProject [100], Planner [101], y Atlassian Jira [102]. En el análisis se tomaron en cuenta dos criterios fundamentales, el soporte a las distintas áreas de conocimiento de PMBOK y el tipo de licencia que poseen. Como resultado se concluyó que ninguna de las herramientas evaluadas cubre todas las áreas del PMBOK, y las que garantizan un mayor cubrimiento son propietarias.

Un análisis más detallado, tomando como criterio el cubrimiento de los procesos que comprende el área de GRH, permitió concluir que la mayor parte de las herramientas sólo registran el personal y/o lo asignan a las tareas del proyecto sin tomar en cuenta otros factores como: las competencias y la disponibilidad. El resto de los procesos, prácticamente, no son cubiertos. Como se observa en la Tabla 2, RHPlan es la única herramienta que da soporte a la gestión por competencias y que a su vez cubre la mayor parte de los procesos de GRH. Sin embargo, constituye una solución propietaria.

Esta situación constituye un freno en el propósito de las organizaciones de implementar una adecuada gestión de los recursos humanos basado en el enfoque por competencias.

1.1.4.3 Análisis de reconocidos modelos de proceso y de metodologías de desarrollo de software

La mayor parte de los modelos de procesos de software se centran en las actividades, siendo pocos los que contemplan la dimensión organizacional y la de los recursos

Tabla 2: Comparación entre herramientas de gestión de proyectos (soporte al área de Gestión de Recursos Humanos según PMBOK) [93]

| Herramienta | Planificación de recursos humanos | | Adquisición del equipo del proyecto | | Desarrollo del equipo del proyecto | Gestión del equipo del proyecto | |
|--|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|---------------------------------|-----------------|
| | Identificación de roles | Plan de gestión del personal | Selección de personal | Asignación de personal al proyecto | Evaluación del desempeño por competencias | Capacitación | Plan de carrera |
| Microsoft Office Project Professional 2003 | No | Si | No | Si | No | No | No |
| Teamwork | Si | Si | No | Si | No | No | No |
| DotProject | Si | Si | No | No | No | No | No |
| RHPlan | Si | Si | Si | Si | Si | Si | No |
| Microsoft Visual Studio 2005 Team System | No | Si | No | Si | No | No | No |
| Atlassian Jira | Si | Si | No | Si | No | No | No |
| ToDoList | No | Si | No | No | No | No | No |
| GanttProject | No | Si | No | Si | No | No | No |
| Planner | No | No | No | No | No | No | No |

humanos. A continuación se analizan brevemente, cómo abordan reconocidos modelos de proceso y metodologías de desarrollo de software los procesos de GRH.

El Proceso de Software Personal (PSP) [83] se centra en el desarrollo de una disciplina individual para enfrentar el proceso de software. La introducción iterativa e incremental, en cada nivel, de las buenas prácticas contempladas en PSP contribuye, sin dudas, al desarrollo de las competencias del profesional. Sin embargo, en PSP ni se formalizan las competencias ni se ofrece un método para evaluarlas.

Por su parte, en el Proceso de Software en Equipo (TSP) [103] se identifican un conjunto de roles con sus correspondientes responsabilidades, pero sólo se expresan informalmente las habilidades requeridas para desempeñar cada rol [104], sin ofrecer un método concreto para evaluarlas ni un modelo para asignar personas a los roles. Aunque cabe destacar que en TSP se identifican los principales problemas del trabajo en equipo y se ofrecen vías para la resolución de conflictos, no se brinda un procedimiento concreto para la formación del equipo.

En el Proceso Unificado de Rational (RUP) [64] se identifican un conjunto de flujos de trabajo y por cada uno, se precisan los roles que intervienen, y las actividades y artefactos que son responsabilidad de cada rol [105]. Sin embargo, sólo se enuncian de manera informal los conocimientos y habilidades requeridos para cada rol. No se modela cómo determinar estas habilidades ni cómo asignar personas a los roles; por lo tanto, la formación del equipo no se aborda como parte del proceso propuesto.

Por su parte, las metodologías ágiles como: Extreme Programming (XP) [7] y Crystal [106], siguiendo los valores recogidos en el Manifiesto Ágil, se centran más en el personal que en el propio proceso (el individuo y las interacciones sobre el proceso y las herramientas [107]). Estas metodologías resaltan la necesidad de contar con un equipo pequeño y sólido compuesto por miembros competentes, capaces de desempeñar, incluso, varios roles. Sin embargo, no formalizan las competencias requeridas para desempeñar los roles propuestos, y aunque resaltan el papel del equipo y la participación de clientes y usuarios como un miembro más, no definen un método concreto para conformar el equipo ni para asignar el personal a los roles propuestos [108].

En la Tabla 3 se resumen los roles establecidos en cada una de propuestas analizadas anteriormente.

El Modelo de Madurez de Capacidad de Gestión de Personal (P-CMM)[23], se centra en el análisis de los recursos humanos de la organización. Es el único que modela, aunque de manera informal, los roles y las competencias en el proceso de software. Sin embargo, no logra integrar las personas con las actividades, ni modela los procedimientos para evaluar roles y competencias, asignar las personas a los roles y formar los equipos de proyectos.

Tabla 3: Roles establecidos en los procesos y propuestas metodológicas evaluadas

| |
|---|
| Proceso de Software en Equipo (TSP) [103, 109] |
| Gerente de Interfaz-Usuario, Gerente de Diseño, Gerente de Implementación, Gerente de Planeación, Gerente de Procesos, Gerente de Calidad, Gerente de Soporte Técnico y Gerente de Pruebas. |
| Proceso Unificado de Desarrollo de <u>Rational</u> (RUP) [64, 105] |
| Los roles de RUP se clasifican en cinco grandes grupos <ul style="list-style-type: none"> • Analistas: Analista del Proceso de Negocios, Diseñador de Negocios, Revisor del Modelo de Negocios, Analista de Sistema, Especificador de Requisitos, Revisor de Requisitos y Diseñador de la Interfaz Usuario. • Desarrolladores: Arquitecto, Revisor de la Arquitectura, Diseñador, Diseñador de Base de Datos, Revisor del Diseño, Programador, Revisor del Código, Integrador. • Probadores: Diseñador de Prueba, Probador. • Directivos: Director de Control de Cambio, Director de Configuración, Director de Implantación, Ingeniero de Proceso, Director del Proyecto, Revisor del Proyecto. • Otros: Interesados en el negocio, Desarrollador de Cursos, Artista Gráfico, Administrador de Sistema, Especialista en Herramientas, Documentador Técnico. |
| <u>Extreme Programming</u> (XP) [7] |
| Programador, Cliente, Encargado de pruebas, Encargado de seguimiento, Entrenador, Consultor y Gestor. |
| <u>Crystal</u> [106] |
| Patrocinador Ejecutivo, Jefe de Proyecto, Experto en el Dominio, Experto de uso, Programador-Diseñador, Diseñador de Interfaz de Usuario, Probador, Programador Técnico. |

Las propuestas metodológicas evaluadas, aunque contemplan el factor humano, se centran en aspectos técnicos del proceso como las actividades y los artefactos, relegando el estudio de otros elementos, como los roles (los cuales no se definen formalmente) y las competencias requeridas para su desempeño (las cuales no se modelan explícitamente) [19, 37]. Por otra parte, en las propuestas analizadas no se modela la asignación de personal a los roles del proyecto, ni se abordan el resto de los procesos de GRH.

1.2 Evaluación de trabajos que abordan la asignación de personal a equipos de proyectos de software

Sin dudas la experiencia de los jefes de proyecto resulta útil en la asignación de personal a los roles del proyecto y en la formación de los equipos de software. Sin embargo, ejecutar este proceso de forma intuitiva y sin base objetiva trae como resultado una pobre

utilización de los recursos, incumplimientos de los cronogramas [26] e incluso, puede provocar descontento del personal [22]. Esta situación se torna más compleja en organizaciones medianas y grandes como es el caso de DESOFT⁵ y la Universidad de Ciencias Informáticas (UCI⁶) que cuentan con gran cantidad de personas vinculadas directamente a la producción de software.

La cantidad de combinaciones de asignaciones posibles, en dimensiones relativamente significativas de roles a cubrir y empleados disponibles, provoca que el proceso de asignación sea prácticamente imposible de abordar sin la ayuda de sistemas de soporte a la decisión que se basen en algoritmos de solución de modelos matemáticos, que representen el problema a resolver lo más objetivamente posible.

No obstante, en la bibliografía consultada, son pocas las investigaciones donde se proponga un modelo para la asignación de recursos humanos a proyectos de software.

A continuación se evalúan varios trabajos agrupados acorde a dos enfoques. Los primeros proponen modelos de asignación de personal a proyectos de software; los segundos (en su mayoría estudios experimentales) consideran la influencia de los aspectos psicológicos en la formación de equipos de software.

1.2.1 Modelos que abordan la asignación de personal a proyectos de software

En [1] se propone un proceso de gestión de recursos humanos en proyectos de desarrollo de software basado en la reutilización del conocimiento organizacional de las competencias y las asignaciones previas del personal. Acorde al proceso, los jefes de proyecto asignan

⁵ Empresa nacional dedicada a la informatización de la sociedad cubana, que cuenta con aproximadamente 500 trabajadores dedicados a proyectos de software y que desarrolla alrededor de 40 proyectos anualmente.

⁶ Universidad, con modelo docencia-producción, que enfrenta gran cantidad de proyectos y cuenta en cada facultad con aproximadamente 500 personas (entre profesores y estudiantes) vinculados directamente a la producción.

personas a cada tarea, tomando en cuenta la disponibilidad del personal y el perfil definido, lo que incluye competencias, experiencia y formación académica, basado en lo propuesto en la norma NBR ISO 10006:2000 [110]. Sin embargo, el proceso propuesto no toma en cuenta las relaciones interpersonales entre los miembros del equipo de proyecto (elemento que la norma NBR ISO 10006:2000 también recomienda considerar en la asignación), ya que la actividad del proceso denominada Selección del equipo, se limita a incorporar a cada persona disponible con el nivel de competencia establecido. El proceso propuesto no está soportado por un modelo formal.

En [28] se aborda la asignación de personal a proyectos de software teniendo en cuenta: las competencias de los empleados para desempeñar tareas, y la caracterización de los proyectos en cuanto a las tareas en las que se descompone y las competencias que son necesarias para llevarlas a cabo. La propuesta también toma en consideración la planificación de las tareas, así como la disponibilidad y el costo de los empleados. La asignación de personal se realiza a través de una herramienta flexible que soporta el modelo formal propuesto. Ninguno de los elementos considerados en el modelo contribuye a la formación del equipo como un todo.

En [26] se expone un modelo formal y los algoritmos de solución para la planificación de releases⁷. El método asigna funcionalidades a los releases, tomando en consideración los recursos técnicos, los riesgos y las restricciones de presupuesto, y busca maximizar el valor ganado (contribución de la funcionalidad al ser asignada al release). Una funcionalidad puede ser asignada como parte de un release si todas las tareas necesarias son hechas antes que culmine el release. En la asignación se toma en cuenta la productividad de los recursos

⁷ Versión del producto que se obtiene en cada iteración de construcción, según RUP.

humanos para ejecutar los diferentes tipos de tareas. La propuesta toma en consideración varios factores y garantiza un mejor aprovechamiento de la fuerza laboral; sin embargo, sólo resulta aplicable en organizaciones de software maduras que cuenten con procesos bien definidos y medidos.

Estas propuestas se basan en el enfoque orientado a tareas ya que caracterizan los proyectos, o etapas de éstos, no en términos de los roles sino de las tareas necesarias para completarlos. La capacidad de desempeño de los empleados también queda caracterizada en base a la capacidad para ejecutar las tareas objeto de asignación. El enfoque orientado a tareas, en general, es más complejo que caracterizar los proyectos en función de los roles necesarios y la capacidad para desempeñarlos. Además, presupone contar con una planificación muy detallada en etapas muy tempranas del proyecto. Por lo tanto, el uso de modelos de asignación bajo este enfoque en organizaciones no maduras, propicia que se produzcan cambios en el cronograma y en el equipo, en función de los niveles reales de competencia del personal asignado [29]. Adicionalmente, limita al equipo de participar en la elaboración del plan del proyecto. Sin embargo, como se plantea en [8], resulta muy importante para el éxito del proyecto contar desde un inicio con el equipo completo y con las personas adecuadas. Además, la participación temprana de los miembros del equipo en la planificación permite aportar experiencias, fortalecer el compromiso con el proyecto y elaborar planes más realistas [29, 63]. Estos elementos ayudan a comprender que la aplicación de un modelo de asignación orientado a tareas en organizaciones inmaduras resulta más vulnerable que la aplicación de un modelo orientado a roles.

El Modelo de Proceso de Software Orientado a las Capacidades, propuesto en [111] constituye un avance en el modelado de proceso ya que integra al personal con el resto de

los elementos del proceso. La propuesta incluye, como elemento original, las capacidades de comportamiento o características de la conducta profesional. El modelo establece dos procedimientos: uno para determinar las capacidades de los miembros del equipo de desarrollo y otro para asignar personas a los roles en dependencia de sus capacidades y las requeridas por los roles. La formalización y evaluación de las capacidades utilizadas en el modelo se basa en el uso de herramientas y principios establecidos en la psicología laboral. Este trabajo se basa en el enfoque orientado a roles, por lo tanto, la asignación de personal está en función de los roles requeridos por el proyecto y de las competencias del personal para desempeñar los roles establecidos. Los resultados obtenidos en la aplicación del modelo demuestran la efectividad de considerar las competencias genéricas en el proceso de asignación. Sin embargo, no se consideran las competencias técnicas y el procedimiento de asignación de los empleados a proyectos se hace basado en criterios estadísticos empíricos y no a través de una modelación formal.

Al analizar la Tabla 4 se puede concluir que los trabajos analizados toman en cuenta diferentes factores; sin embargo, se identifican dos aspectos comunes; todos consideran, de alguna manera, la competencia del personal en el proceso de asignación. Ninguno toma en cuenta factores que contribuyan a la formación del equipo como un todo, logrando un adecuado balance y considerando las relaciones interpersonales entre sus miembros, como se sugiere en [29, 30, 110].

Resulta importante señalar que con independencia del enfoque utilizado, el hecho de considerar la competencia del personal como un factor a tomar en cuenta en un modelo de asignación exige que la organización donde se aplique posea como mínimo un nivel 3 de madurez de la capacidad para la gestión de personal (según P-CMM)[23]. Este nivel

presupone que la organización es capaz de identificar y desarrollar las competencias requeridas para la ejecución de las actividades de negocio.

Tabla 4: Caracterización de las propuestas evaluadas

| Criterios | De Carvalho [1] | Barreto [28] | Ngo-The & Ruhe [26] | Acuña & Juristo [111] |
|--|-----------------|--------------|---------------------|-----------------------|
| Proceso soportado por un modelo formal | - | X | X | - |
| Enfocado a: - Tareas - Roles | X | X | X | X |
| Factores que contempla: Contribuyen a la asignación individual a los roles: | X | X | X | X |
| Competencias: | | | | |
| - Técnicas | X | X | X | - |
| - Genéricas | X | X | X | X |
| - Experiencias | X | - | | - |
| - Formación académica | X | - | | - |
| - Disponibilidad del personal | X | X | X | - |
| - Costo del empleado | - | X | X | |
| - Características Psicológicas | - | - | - | X |
| - Contribuyen a la formación del equipo como un todo | - | - | - | - |

1.2.2 Estudios que consideran aspectos psicológicos en la formación de equipos de software

En las organizaciones de software el trabajo en equipo es considerado un factor clave en el éxito del proyecto [12, 13, 16, 53, 112]. De hecho en [8] se plantea que la mayoría de los proyectos de software fracasan debido a fallos del equipo que los desarrolla. Por lo tanto, para lograr implementar mejoras en el proceso de desarrollo de software resultan primordiales el liderazgo, la comunicación, la motivación y el trabajo en equipo [113]. En este sentido, aunque insuficiente en función de la importancia, la construcción de equipos

de proyectos de software ha sido tema de investigación desde la década de los 60. Un enfoque presente en un conjunto de investigaciones ha sido el análisis de la personalidad en el éxito o fracaso de los equipos de software [8, 114, 115]. En [9] se fundamenta que las características de las personas tienen un efecto de primer orden en el desarrollo de software.

En la literatura se reportan varias investigaciones que abordan el uso de tests psicológicos en la formación de equipos de software. Solamente en [115], se hace referencia a 40 trabajos desarrollados entre 1984 y el 2004. En este sentido, se identifican Myers-Briggs, Belbin y 16PF, como tres de los tests más utilizados en las investigaciones que abordan la formación de equipos de software [115, 116]. A continuación se realiza una breve caracterización de estos tests.

El Indicador de Tipo de Myers-Briggs (MBTI⁸) es un test que mide cuatro dimensiones diferentes de las preferencias humanas: Extroversión (E)-Introversión (I), Intuición (N)-Sentidos (S), Emoción (F)-Pensamiento (T), y Juicio (J)-Percepción (P). A partir de los valores de cada dimensión se identifica el tipo psicológico de la persona entre los 16 tipos posibles [117]. En investigaciones de software el test ha sido utilizado, fundamentalmente, para identificar: el tipo o el patrón que predomina en el personal del software [118, 119], los tipos más adecuados para desempeñar tareas [120] y roles [13] en el proceso de desarrollo, para evaluar el impacto de la diversidad de tipos en el equipo [121, 122] y de las distintas dimensiones en los resultados del proyecto [16, 123, 124].

El test de Belbin permite identificar los roles de equipo preferidos y evitados de cada persona. Meredith Belbin, su creador, define rol de equipo como "nuestra particular

⁸ Test, ampliamente utilizado a nivel mundial, que fue diseñado por Isabel Myers y su madre, Katherine Briggs, en 1920 a partir de la teoría de los tipos psicológicos planteada por Carl Jung en 1900.

tendencia a comportarnos, contribuir y relacionarnos socialmente", e identifica nueve roles clasificados en tres categorías [125, 126]:

- Roles Mentales: Cerebro (CE), Monitor-Evaluador (ME) y Especialista (ES)
- Roles de Acción: Impulsor (IS), Implementador (ID) y Finalizador (FI)
- Roles Sociales: Coordinador (CO), Investigador de Recursos (IR) y Cohesionador (CH)

Las categorías representan el grado de orientación de las personas hacia el desempeño de tareas (roles de acción), hacia el mundo de las ideas (roles mentales) o hacia las relaciones con las personas (roles sociales). Acorde a la teoría de Belbin [127] en un equipo deben estar representados todos los roles, deben predominar los roles de acción y se debe lograr un balance entre los roles mentales y sociales [128].

La teoría de Belbin aunque ha sido aplicada en diversos ámbitos, se basa en el estudio del desempeño de equipos directivos; por ello Belbin sugiere que los roles deben asignarse en función de las tareas que las personas desempeñan en el contexto. El test ha sido utilizado en investigaciones vinculadas al software para evaluar el impacto de diferentes roles de Belbin en el equipo de proyecto [129-132].

El test 16 Factores de la Personalidad (16PF) es un instrumento de valoración objetiva, elaborado mediante investigación psicológica, con el fin de ofrecer, en el menor tiempo posible, una visión muy completa de la personalidad. Se basa en la medición de 16 dimensiones funcionalmente independientes y psicológicamente significativas. Los 16 factores se identifican con letras que van de A a Q4 (A-Afabilidad, B-Razonamiento, C-Estabilidad Emocional, E-Dominancia, F-Animación, G-Atención a normas, H-Atrevimiento, I-Sensibilidad, L-Vigilancia, M-Abstracción, N-Privacidad, O-Aprensión, Q1-Apertura al cambio, Q2-Autosuficiencia, Q3-Perfeccionismo, Q4-Tensión). Además,

cada uno de los factores tiene un polo negativo (-) y uno positivo (+) en función de la puntuación [133]. Por ejemplo, una persona cuyo factor C se encuentra en el polo negativo (C-), es considerada reactiva e insegura. En cambio, si se encuentra en el polo positivo (C+), la persona se considera estable, adaptada y madura. El test se aplica, principalmente, en tareas de selección de personal [18, 134]. En [12] se utiliza para evaluar las competencias genéricas de los empleados.

A partir de la caracterización de los tests y del análisis de las investigaciones donde han sido aplicados es posible arribar a las siguientes conclusiones:

- La información que aportan los tests psicológicos resulta valiosa en la formación de equipos de proyecto de software. El hecho de que cada persona y el resto del equipo dominen sus características psicológicas (factores y tipo), así como sus roles de equipo preferidos y evitados, ayuda a incrementar el entendimiento y permite que las expectativas mutuas confluyan. Además, resulta muy favorable que las personas desempeñen y desarrollen las funciones y habilidades donde con mayor probabilidad pueden alcanzar el éxito, ya que esto contribuye a elevar la motivación de los miembros y los resultados del proyecto [38, 40].
- Los tests psicológicos por sí solos no identifican a los buenos ingenieros, ni sus resultados pueden predecir, de manera absoluta, la calidad de la ejecución de un trabajo. Es preciso lograr un balance entre las características psicológicas, las competencias y la experiencia del personal [16, 88, 119, 135, 136].
- La mayor parte de los trabajos se centran en analizar la contribución de cada individuo al equipo en función de sus características psicológicas. Existen pocos estudios acerca

del impacto que tienen los factores de grupo como la cohesión, el conflicto, la estructura del equipo y la coordinación [137].

- Los trabajos que abordan aspectos psicológicos en la formación de equipos de software no proponen modelos que incorporen los patrones identificados.

En el desarrollo de un proyecto de software resulta de vital importancia lograr un equipo cohesionado [13, 124, 138]. Sin embargo, esto no constituye una tarea fácil ya que son varias las fuentes que originan conflictos [139] y que a su vez, resultan inherentes al desarrollo de software: la diferenciación individual, la presión social, la interdependencia y el hecho de compartir recursos. Por lo tanto, es preciso aprender a manejar los conflictos, y evitar o al menos minimizar las incompatibilidades entre miembros, dada la alta dependencia funcional que se establece entre la mayor parte de los roles que intervienen en el proceso de software [140]. Sin embargo, son escasos los trabajos que ofrecen un método concreto que permita determinar la cohesión y/o conflicto entre los miembros del equipo. En [80] se propone determinar el índice de cohesión o conflicto de un equipo en función de las relaciones recíprocamente positivas o negativas (según corresponda) entre los miembros que lo conforman. Esta propuesta resulta factible de implementar ya que los jefes, al momento del cierre del proyecto, están en condiciones de registrar las incompatibilidades existentes entre los miembros.

Como resultado de evaluar las propuestas analizadas de modelos de asignación y los estudios que consideran aspectos psicológicos en la formación de equipos se puede concluir que:

- La ARHEPS constituye un problema complejo que debe tomar en cuenta varios factores los cuales no están formalizados.

- No se cuenta con un modelo formal que tome en consideración tanto factores que contribuyan a la asignación individual a los roles del proyecto como a la formación del equipo como un todo.

1.3 Conclusiones Parciales

Las principales conclusiones que se pueden extraer de este capítulo a partir de la revisión bibliográfica realizada son:

- La asignación inadecuada de personal, los problemas de liderazgo y los problemas entre los miembros del equipo de proyecto se detectan como tres de las dificultades, asociadas con factores humanos, que afectan el resultado de los proyectos de software. Esta situación refleja una débil gestión de los recursos humanos en los proyectos de software, y especialmente, denota dificultades en el proceso de asignación de personal.
- La gestión de recursos humanos por competencias, aunque muy necesaria, no constituye una práctica generalizada en las organizaciones de software debido, fundamentalmente, a la ausencia de marcos de referencia (donde aparezcan claramente definidos los roles y las competencias requeridas para su desempeño), métodos y herramientas que la soporten.
- En el proceso de formación de equipos de proyectos de software se deben considerar tanto factores asociados a la contribución individual (competencias, experiencias y características psicológicas) como factores grupales (cohesión, conflicto y coordinación). En este proceso resulta útil el uso de tests psicológicos como: el Myers-Briggs, el 16PF y el Belbin.
- Resulta conveniente contar con un modelo formal para enfrentar la ARHEPS debido a la complejidad del problema que involucra múltiples factores.

- No existe un modelo formal para la ARHEPS que integre la mayor parte de los factores identificados en los trabajos analizados y que a su vez tome en consideración factores que contribuyan a la formación del equipo como un todo.

CAPÍTULO 2: UN MODELO PARA LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS HUMANOS A EQUIPOS DE PROYECTOS DE SOFTWARE

2. UN MODELO PARA LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS HUMANOS A EQUIPOS DE PROYECTOS DE SOFTWARE

En este capítulo se describe el proceso de gestión del conocimiento desarrollado con el propósito de complementar, con expertos cubanos, los criterios obtenidos a partir de la búsqueda bibliográfica acerca de los factores a considerar en la elaboración de un modelo del proceso de ARHEPS. Se formula un modelo del proceso de asignación y se fundamentan, a partir de éste, posibles variantes a implementar. Se detalla la forma de calcular algunos de los coeficientes que intervienen en los modelos. Además, se realiza una validación de los patrones para la formación de equipo incorporados en el modelo.

2.1 Gestión del conocimiento para la elaboración del modelo

Las insuficiencias de los modelos de asignación analizados y la carencia de datos históricos que justifiquen las asignaciones realizadas por los equipos de proyecto, fundamenta la necesidad del uso de métodos de consulta a expertos para complementar la propuesta de un modelo de ARHEPS. La decisión de consultar a expertos cubanos se debe, fundamentalmente, a que ninguno de los trabajos analizados en la búsqueda bibliográfica pertenece a autores nacionales.

En la investigación se decidió utilizar el método Delphi, como método de consulta a expertos, por varias razones:

- El método se destaca por su amplia aplicación en disímiles campos a nivel internacional [141]. En Cuba el método ha sido empleado, fundamentalmente, en investigaciones educativas y médicas [142], sin embargo, se reportan aplicaciones en dominios de las TIC como [48, 49].

- Es uno de los métodos más adecuados y utilizados para obtener información en campos científicos nuevos y en continua evolución como el de las TIC [141].
- El método permite aprovechar la sinergia del debate en el grupo, preservando el anonimato mediante el uso de flujos de retroalimentación, aún cuando los expertos participantes se encuentren físicamente dispersos.

El último aspecto resultó especialmente importante ya que los potenciales expertos de la investigación se encontraban geográficamente dispersos y sujetos a grandes compromisos laborales, lo que dificultaba su participación en encuentros presenciales.

2.1.1 Descripción general de la aplicación del método Delphi

Como se observa en la Figura 1, el método Delphi se aplicó en varias etapas con diferentes objetivos. En la primera etapa se utilizó con el propósito de obtener los criterios para seleccionar a los expertos que participaron en las siguientes etapas, en las cuales la aplicación del método contribuyó a identificar los elementos a tomar en cuenta en la elaboración de un modelo para la ARHEPS.

2.1.1.1 Selección de los expertos

El éxito de la utilización de métodos de expertos en un proceso de Ingeniería del Conocimiento depende de varios factores, entre ellos la adecuada selección de los expertos a encuestar. En la literatura se identifican varias vías para hacer objetiva la selección de expertos, entre ellas se destacan: la autovaloración y el análisis de la síntesis curricular del candidato. En este sentido, se observa una tendencia a valorar la competencia de un experto de acuerdo con su grado científico, su categoría científica y/o docente, el puesto de dirección o cargo que ocupa, y el índice de publicaciones y participaciones en eventos. Sin embargo, no siempre son éstas las condiciones que determinan que un candidato sea

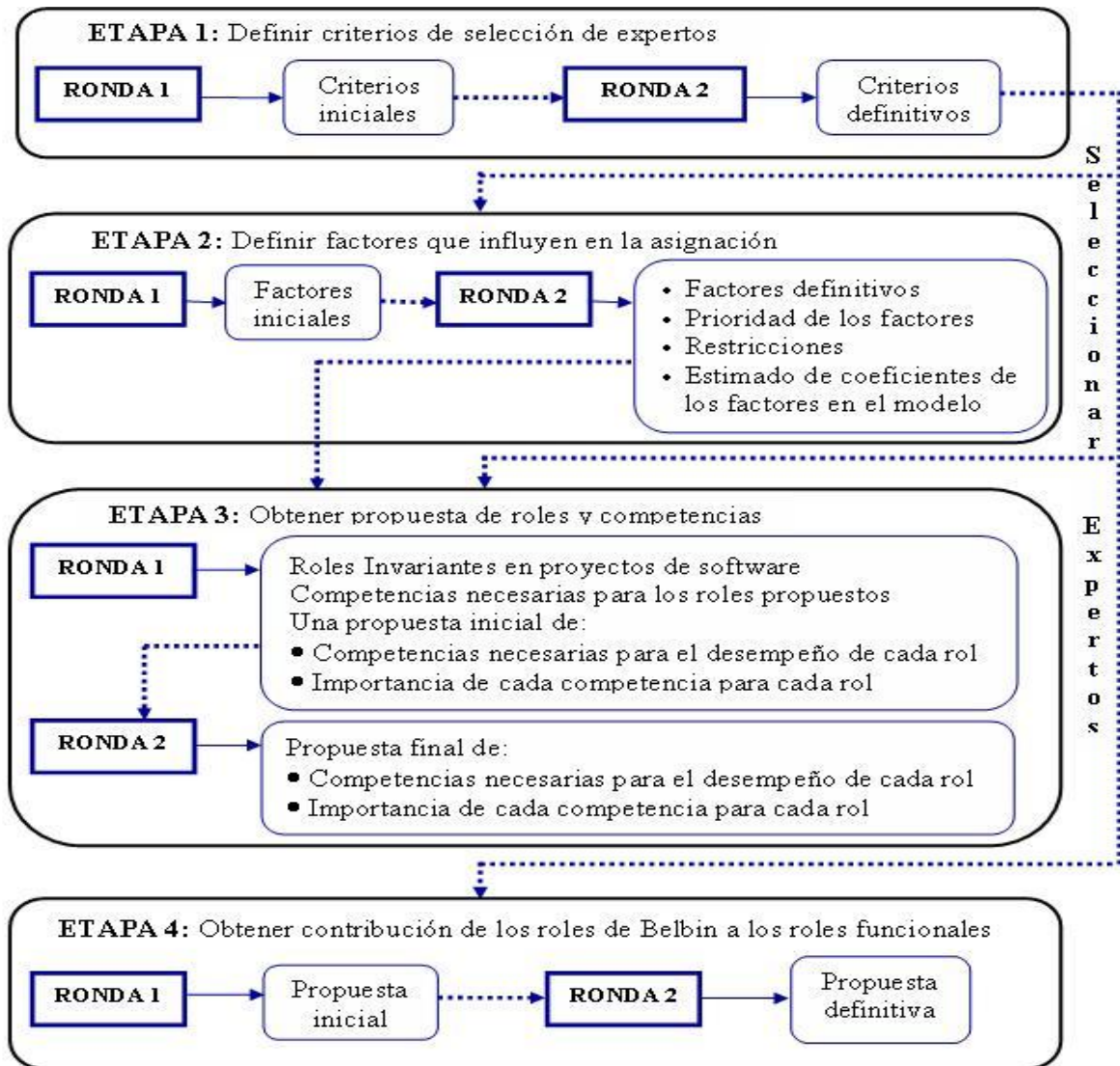


Figura 1: Etapas de la aplicación del método Delphi

realmente un experto. Tal es el caso de esta investigación, donde se requiere que los expertos se encuentren muy ligados a la práctica misma, y los especialistas exitosos en la dirección y el desarrollo de software, que provienen de la industria, por lo general, no poseen grado científico ni categorías docentes y científicas. Por lo tanto, se decidió utilizar el análisis de síntesis curricular como vía de selección de los expertos, a partir de un conjunto de criterios definidos para los efectos de esta investigación, aplicando el método Delphi.

La primera etapa se desarrolló en dos rondas y en ambas participaron 12 profesionales de siete instituciones cubanas, con al menos 20 años de experiencia en el desarrollo y la dirección de proyectos de software. En la primera ronda se aplicó una encuesta totalmente abierta (Anexo 2) con la intención de que cada uno enunciara los criterios que debían considerarse para calificar a un especialista como experto. El listado general se redujo erradicando repeticiones o similitudes, y se configuró la matriz de criterios expresados por los expertos. La segunda ronda se realizó con el objetivo de buscar, de ser posible, concordancia sobre los criterios enunciados en la primera. Al concluir esta ronda, se conformó la matriz de criterios depurada (Anexo 2) con nivel de concordancia (NC) según la fórmula: $NC = (V_s / V_t) * 100$, donde:

- NC: coeficiente de concordancia expresado en porcentaje
- V_s : cantidad de expertos a favor del criterio
- V_t : cantidad total de expertos

Empíricamente, se consideró aceptable la concordancia cuando $NC \geq 60\%$ [73]. Basado en este análisis quedaron como criterios para seleccionar a los expertos los siguientes:

- Más de 10 años de experiencia participando activa y exitosamente en el desarrollo de software.
- Conocimientos de ingeniería de software y de técnicas de dirección de proyectos.
- Haber dirigido exitosamente como mínimo a tres personas en al menos dos proyectos de media o alta complejidad.

Según el criterio de los expertos para evaluar la complejidad de un proyecto se requiere tomar en consideración, su importancia, el tamaño del proyecto, el tamaño del equipo, el

tiempo disponible para su desarrollo, la experiencia del personal en la tecnología a utilizar, entre otros aspectos.

La participación de los expertos encuestados en esta etapa fue totalmente anónima y sólo se sostuvo comunicación vía correo electrónico.

Para seleccionar a los expertos que participaron en el resto de las etapas, se realizó un análisis de la síntesis curricular de todos los candidatos (Anexo 3), tomando como referencia los criterios obtenidos en la primera etapa. A continuación se enuncian un conjunto de características que avalan la calidad de los expertos seleccionados:

- Más del 85% provienen de la industria.
- Han desempeñado varios roles: Jefe de proyecto, Analista, Diseñador y Programador.
- Más del 80% han trabajado en más de una organización.
- Han participado en varios tipos y categorías de proyecto.
- Tienen experiencia desarrollando proyectos en al menos tres dominios de aplicación.
- Han participado en el desarrollo de más de cinco proyectos.
- Conocen y han aplicado al menos una metodología de desarrollo de software.

A continuación se describen los principales resultados obtenidos en cada una de las restantes etapas de la aplicación del método Delphi.

2.1.2 Determinación de los factores que influyen en la asignación de personal a proyectos de software

Como se observa en la Figura 1, en la Etapa 2 se aplicó el método Delphi para obtener los factores a tener en cuenta en la ARHEPS. En esta etapa, desarrollada en dos rondas, se realizaron algunas variaciones al método Delphi clásico que, esencialmente, consistieron en: modificar la cantidad de expertos utilizados en cada ronda y variar la vía de

comunicación con cada uno de ellos. Tanto la redacción como el procesamiento de las encuestas fueron tareas sumamente complejas, debido a la naturaleza de la información que se pretendía recoger. En la primera ronda se aplicó una encuesta, esencialmente abierta, para obtener información sobre los factores a tener en cuenta en la ARHEPS (Anexo 4). Para realizar el levantamiento inicial de los factores, se consideró suficiente contar con 20 expertos. En la segunda ronda, con una encuesta reelaborada, formada por preguntas menos abiertas y basadas en los resultados de la primera ronda (Anexo 5), se amplió el número de expertos a 35. En esta ronda los expertos no se encuestaron vía correo electrónico como en la primera, sino que fueron reunidos en locales, previa coordinación con sus instituciones, donde se les explicó de forma detallada los objetivos de la investigación en general y de la encuesta en particular. Si bien es cierto que se perdió parcialmente el anonimato, ya que los expertos se conocieron personalmente (por grupos), no se les permitió intercambiar opiniones entre ellos, logrando que los criterios emitidos fueran individuales. Esta forma de aplicar la encuesta permitió:

- Dar a los expertos una explicación sobre el desarrollo y los objetivos de la encuesta, destacando la importancia de sus respuestas en la ulterior toma de decisiones, con una riqueza y detalle muy difícil de lograr por la vía escrita.
- La aclaración instantánea de dudas.
- Crear condiciones propicias para lograr una mayor concentración y dedicación a la tarea lo que redundó en una mayor calidad y confiabilidad de la información recopilada.

A partir del procesamiento de las encuestas (Anexo 6), y teniendo también en cuenta un nivel de concordancia $\geq 60\%$, quedaron como factores a tener en cuenta en la ARHEPS:

- Datos del proyecto: complejidad, importancia y riesgo.

- Sinergia del equipo de proyecto.
- Competencia de los empleados: competencias técnicas, competencias genéricas, experiencia en proyectos similares y experiencia en el rol.
- Disponibilidad de la persona según plan.

Los siguientes factores no alcanzaron el 60% de la votación:

- Costo por lejanía. Este factor debe ser considerado como opcional ya que aunque fue considerado por más del 50% de los expertos, sólo es válido en proyectos que impliquen desarrollos a distancia.
- Tamaño del equipo.

Hubo una correspondencia total entre la votación de los expertos en cuanto a la necesidad de considerar los factores y la prioridad que asignaron a dichos factores (Anexo 6). Los dos factores que obtuvieron la mayor prioridad, en ese orden, fueron: maximizar competencia de los empleados y maximizar sinergia del equipo.

Otro aspecto a investigar fue el consenso que pudiera existir entre los expertos en relación a cómo influían los diversos factores en combinación con roles específicos. En este sentido, hubo concordancia en los siguientes aspectos:

- Un empleado puede jugar más de un rol en un proyecto y puede ser asignado a más de un proyecto.
- La asignación de un empleado a otros proyectos depende del rol asignado en el nuevo proyecto, del rol que está desempeñando en los proyectos ya asignados, y de la cantidad y complejidad de los proyectos a los que ya está asignado; o sea, de su carga de trabajo.
- Existen roles incompatibles, aunque no hay concordancia en las respuestas dadas por los expertos en cuáles son.

No hubo concordancia en las respuestas sobre:

- Si hay roles que necesitan siempre máxima competencia en los empleados asignados, o en determinadas condiciones, y cuáles son.
- Si hay roles que necesitan entre los empleados asignados más sinergia que otros y cuáles son.
- Si los jefes de proyecto pueden desempeñar algún rol en otro proyecto.
- Necesidad de minimizar el tamaño del equipo.

Una vez que los expertos identificaron el hecho de maximizar las competencias y la sinergia del equipo como factores de primera prioridad, las próximas tareas estuvieron encaminadas a gestionar el conocimiento necesario para modelar estos factores.

Los resultados de la aplicación del método Delphi corroboran que un conjunto de factores propuestos en los modelos de asignación evaluados como son, la competencia del personal, la disponibilidad y la sinergia del equipo, deben ser considerados en un modelo para la ARHEPS.

2.1.3 Elaboración de una propuesta de roles invariantes para enfrentar proyectos de software y de las competencias requeridas para su desempeño

Para aplicar un modelo de asignación que contemple la gestión por competencias como uno de los principales factores a considerar, es preciso que las organizaciones tengan formalizado cuáles son los roles que intervienen en los proyectos y cuáles las competencias requeridas para desempeñar correctamente los roles. Sin embargo, como se concluye en el Capítulo 1, no se cuenta con un marco de referencia donde aparezcan claramente definidos los roles, sus responsabilidades y las competencias requeridas para su desempeño.

Elaborar una propuesta que contenga todos los posibles roles resulta difícil ya que ello depende en gran medida del tipo y de la complejidad del proyecto a desarrollar. A continuación se describe el procedimiento desarrollado en la elaboración de una propuesta de roles invariantes para proyectos de desarrollo e implantación de software, y de las competencias requeridas para su desempeño.

Como primer paso, se identificaron un conjunto de roles comunes o invariantes que participan en proyectos de desarrollo de software, a partir del estudio de los roles definidos en las metodologías y en los modelos de proceso de desarrollo de software evaluados en el Epígrafe 1.1.4.3 [31, 35, 37, 41, 53, 105]. Estos son:

- Roles técnicos, responsables del desarrollo del sistema: Analista, Diseñador de Interfaz-Usuario, Arquitecto (Diseñador de alto nivel), Diseñador (de bajo nivel), Diseñador de Base de Datos (puede estar incluido en el rol anterior), Programador y Probador.
- Roles de gestión, responsables de la planificación y la ejecución del proyecto: Jefe de Proyecto (incluye funciones que le corresponden al Planificador y al Gestor del Proceso), Especialista de Calidad, Gestor de Configuración, Gestor de Cambios, Documentador y Especialista en Seguridad (este rol se incorpora por la importancia que tiene tomar en cuenta los requisitos no funcionales asociados a la protección y seguridad del sistema).

Sin embargo, resulta importante señalar que no necesariamente son éstos los roles a establecer en cada proyecto. Es posible desglosar o integrar estos roles como ocurre en algunas de las propuestas estudiadas. Además, se pueden definir nuevos roles acorde al tipo de proyecto en cuestión; como ocurre en [33], donde se realiza una propuesta de roles para enfrentar proyectos Multimedia.

Por otra parte, existe un conjunto de organizaciones cuya misión no sólo consiste en realizar proyectos de desarrollo sino que ejecutan proyectos de implantación. Para el caso de estos proyectos también resulta posible identificar tres roles invariantes: Jefe de Proyecto de Implantación, Especialista Operacional (con experiencia en el dominio del sistema) y Especialista Técnico (con experiencia en la actividad informática).

Al evaluar la propuesta de roles de cada uno de los procesos y de las metodologías de desarrollo de software analizadas se constató que en ningún caso se formalizan las competencias requeridas para su adecuado desempeño [37, 41]. En este sentido, se destaca el modelo de proceso de software definido en [18], que propone asignar personas a los roles del proyecto en función de las competencias genéricas requeridas, las cuales clasifica en habilidades: intrapersonales, organizativas, interpersonales y directivas. Tomando como base la propuesta anterior, una encuesta aplicada a profesionales de la industria cubana de software, las propuestas de competencias de la empresa DESOFT [35] y del Proyecto Europeo Tuning [143], y el análisis de diccionarios de competencias [87], se proponen 26 competencias: 19 genéricas y 7 técnicas (ver Anexo 7). Cuatro de las competencias que clasifican como técnicas corresponden a tipos de competencias (por ejemplo: dominio del lenguaje de programación), ya que no resulta práctico enunciar todas las posibles competencias en función del tipo.

Como siguiente paso se aplicó el método Delphi en una tercera etapa (ver Figura 1), con el propósito de validar la propuesta de roles y competencias elaborada, y obtener criterios acerca de la importancia de cada competencia en el desempeño de los diferentes roles. Esta etapa también se desarrolló en dos rondas, donde participaron 35 y 34 expertos respectivamente. En la primera ronda se suministró una matriz en cuyas filas aparecían los

16 roles propuestos y sus columnas contenían las 26 competencias. Los expertos debían completar 416 celdas con un valor entre 1 y 5 acorde a la escala utilizada (Anexo 7). Adicionalmente, tenían la posibilidad de agregar y/o eliminar tanto roles como competencias. Para facilitar el trabajo, se asociaron comentarios donde se describían las principales responsabilidades de los roles (Anexo 8) y una breve definición de cada competencia genérica (Anexo 9).

Las 35 matrices fueron procesadas con el paquete estadístico MINITAB, utilizando gráficos de boxplots. A continuación se enuncian los pasos del procedimiento utilizado, los cuales se describen y ejemplifican en [37]. El resultado de cada paso para el rol Jefe de Proyecto se resume en el Anexo 10 y en [144] se detalla el procesamiento realizado a los 16 roles.

1. Procesar, para cada rol, los datos emitidos por los expertos en las 26 competencias.
2. Analizar los valores outliers (representados por *).

Tomando en cuenta la naturaleza de los datos procesados, la escala utilizada y el concepto de outlier que ofrece el MINITAB, se definió como outlier aquellos valores de la variable que diferían en al menos dos unidades de los extremos de los boxplots. En el caso en que el rango del intercuartil tomaba valor 1 y existían bigotes (ya fuera superior, inferior o ambos) se consideraba outlier el valor que difiriera en una unidad de cualquier extremo del bigote.

3. Eliminar los outliers y volver a procesar cada rol.
4. Identificar las competencias requeridas para desempeñar cada rol.

En el análisis resultaron elementos claves: el rango de intercuartil, la mediana y la moda.

5. Identificar el nivel de importancia de cada competencia para el desempeño de cada rol.

Al culminar el paso anterior, se identificaron las competencias necesarias para desempeñar cada rol. Sin embargo, en una parte de los casos no resultaba muy claro precisar el grado de importancia de cada competencia debido a la dispersión de los datos. Según el criterio de la autora, este hecho puede tener su explicación en la poca formalización que existe, en la mayor parte de la organizaciones, de los roles y de las competencias necesarias para enfrentar los proyectos de software. Por lo tanto, se decide transformar los datos obtenidos con la escala de valores de 1 a 5, tomando en consideración una escala más simple, capaz de reflejar la información esencial obtenida bajo la escala anterior y que a su vez resultara más fácil de utilizar por los expertos al enfrentarse a la segunda ronda. La nueva escala contempla tres valores:

2- la competencia es requerida en un alto por ciento.

1- la competencia es necesaria en alguna medida.

0- la competencia no es necesaria.

En la segunda ronda se les suministró a los expertos la matriz que se obtuvo como resultado de procesar todos los roles aplicando la nueva escala (Anexo 11). Para esta ronda se les explicó a los expertos el cambio de escala, y se solicitó que revisaran los resultados obtenidos, modificando los valores que consideraran pertinentes. Además, ellos debían completar las celdas en blanco, las cuales indicaban falta de concordancia en el criterio emitido anteriormente acerca de la importancia de las competencias para el desempeño de los roles. Al obtener las 34 matrices, se ejecutó el procedimiento establecido en la primera ronda. En [145] se detalla el procesamiento realizado a los 16 roles. La Tabla 5 resume los resultados del procesamiento de la segunda ronda.

Tabla 5: Propuesta de roles invariantes y competencias requeridas para su desempeño

| | Competencias genéricas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Competencias Técnicas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------------|--|-----------------------|--|-------------------------------------|--|------------------------|--|--------------------------|--|--|--|---|--|---|--|------------------------|--|-------------------|-----------------------|--------------------|--|---------------------------|--|---------------|--|------------------------|--|--------------------------------|--|------------------------|--|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|--|--------------------|--|--------------------------------------|--|---|--|------------------------------------|--|---|--|-------------------------------|--|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|
| | Trabajo en equipo y cooperación | | Capacidad de análisis | | Capacidad de planificar y organizar | | Capacidad de Controlar | | Capacidad de Negociación | | Capacidad de Adaptación (Flexibilidad) | | Capacidad de Investigar (exploración, búsqueda, indagación) | | Capacidad de Estrategia (Busca, analiza y define estrategias) | | Pensamiento conceptual | | Manejo de riesgos | | Toma de decisiones | | Tenacidad (Perseverancia) | | Independencia | | Orientación al cliente | | Compromiso con la organización | | Proactivo (Iniciativa) | | Comunicación oral | | Comunicación escrita | | Aprendizaje continuo | | Dominio del idioma | | Dominio del lenguaje de programación | | Dominio de la herramienta de modelación | | Dominio de gestor de base de datos | | Dominio de la metodología de desarrollo | | Habilidades de Diseño Gráfico | | Dominio del Producto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Roles Invariantes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | </ |

Las celdas donde aparecen números fraccionarios, indican falta de concordancia en el criterio emitido por los expertos:

1,5 - indica que la competencia es necesaria pero no hay concordancia en la medida.

0.5 - indica que no hay concordancia en si la competencia resulta necesaria para el desempeño del rol.

Aunque la definición de roles depende en gran medida del tipo de proyecto y de la organización, esta propuesta puede servir de punto de partida y soporte en la implementación de la gestión de recursos humanos por competencias en las organizaciones cubanas de software. No obstante, se sugiere que al comenzar cada proyecto se evalúen

cuáles son los roles más convenientes a utilizar y se valore la importancia real de cada competencia para el desempeño de cada rol.

A partir de los resultados obtenidos al concluir la segunda ronda y dado que es posible que un empleado desempeñe varios roles en el proyecto, se realizó un análisis con el objetivo de identificar cuáles eran las competencias que los expertos consideraban muy necesarias con independencia del rol a ejecutar. Este análisis reflejó la relevancia general de las competencias genéricas con respecto a las técnicas, las cuales resultan extremadamente necesarias pero en la ejecución de roles específicos. Las competencias: trabajo en equipo, compromiso con la organización y aprendizaje continuo se destacan por ser consideradas como muy necesarias para el desempeño de la totalidad de los roles considerados.

Un análisis similar se realizó para el caso de los roles. Como resultado se obtuvo que el arquitecto, los jefes de proyecto (de ambos tipos), el analista y el diseñador son los roles en los cuales prácticamente todas las competencias son consideradas como muy necesarias.

Los resultados de ambos análisis deben tomarse en cuenta para enriquecer el diseño de los procesos de formación y desarrollo del personal tanto en la academia como en la industria.

El procedimiento general que se empleó en la elaboración de esta propuesta (diseño de complejos cuestionarios, distribución masiva, recogida de información y análisis estadístico) se corresponde con una práctica ya utilizada para definir modelos de competencias [146]. Sin embargo, permitió demostrar la factibilidad del uso del método Delphi en la elaboración de un marco de referencia (propuesta de roles invariantes y competencias) para enfrentar proyectos de software.

2.1.4 Identificación de patrones para la formación de equipos de proyectos de software

Una vez que los expertos identificaron el hecho de maximizar la sinergia del equipo como un factor de alta prioridad, se realizó una evaluación de los trabajos realizados donde se aborda esta temática. El concepto de sinergia de equipo empleado en este trabajo se corresponde con la definición de sinergia dada por la Real Academia de la Lengua Española que plantea: “Sinergia es acción y creación colectivas; es unión, cooperación y concurso de causas para lograr resultados y beneficios conjuntos; es concertación en pos de objetivos comunes”.

Como se menciona en el Capítulo 1, en [80] se propone determinar el índice de cohesión y el índice de conflicto de un equipo en función de las relaciones recíprocamente positivas o negativas (según corresponda) entre los miembros que lo conforman. Tomando en cuenta que durante el proceso de evaluación resulta posible que los jefes de proyecto registren las incompatibilidades entre los miembros a partir de detectar relaciones recíprocamente negativas, se considera que esta propuesta resulta factible de implementar. Esto, unido a que no se cuenta con un método para determinar la sinergia del equipo (por lo complejo que resulta evaluar este factor), condujo a la autora a proponer que en el modelo de asignación se incorpore como objetivo minimizar las incompatibilidades, en lugar de maximizar la sinergia del equipo [27].

Sin embargo, en organizaciones medianas y grandes, puede resultar significativa la cantidad de personas, que nunca hayan trabajado juntas, por lo que no existe constancia de su nivel de incompatibilidad. A esta situación se le suma que cada año las organizaciones incorporan nuevo personal. Tomando en cuenta esta problemática, se decide realizar un

experimento con el propósito de obtener patrones que contribuyan a la formación de equipos de proyectos de software a partir del uso de tests psicológicos. Los patrones a identificar podrían favorecer la formación del equipo en función de tres criterios: lograr una mejor asignación a los roles establecidos, evitar incompatibilidades entre los miembros y balancear el equipo. El hecho de obtener reglas que permitieran identificar incompatibilidades entre las personas a partir de la información que arrojan los tests psicológicos constituyó un objetivo especial del experimento. Estos patrones resultarían especialmente útiles cuando el personal de la organización sea esencialmente nuevo.

2.1.4.1 Descripción general del experimento

En el experimento participaron 336 personas, todas vinculadas al desarrollo de software, pertenecientes a 25 organizaciones. De ellas, 146 (44%) son profesionales que laboran en organizaciones de software y 190 (56%), personal que pertenece a la academia (79 profesores y 111 estudiantes del último año de dos universidades, el Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” y la UCI). El trabajo se desarrolló con el apoyo de un equipo de psicólogos del Centro de Formación y Desarrollo del Capital Humano (FORDES) perteneciente al MIC.

Para conformar la batería de cuestionarios a aplicar se evaluaron los trabajos reportados en la literatura donde se emplean tests psicológicos en la formación de equipos de software. El conjunto de tests aplicado estuvo formado por seis cuestionarios: Myers-Briggs, Belbin, 16PF, LPC0.2, LPC0.3 y Resumen. Los cuestionarios LPC0.2 (Anexo 12) y LPC0.3 (Anexo 13) fueron diseñados por los psicólogos de FORDES, con el objetivo de identificar patrones de rechazo basado en los factores del 16PF y en las dimensiones del Myers-Briggs, respectivamente. El último cuestionario se diseñó para caracterizar a los

participantes y recoge: datos generales (sexo, edad, carrera, estudiante/profesional, organización), años de experiencia (tanto en el desarrollo como en la dirección de proyectos), así como la preferencia o rechazo por el desempeño de roles funcionales.

La aplicación de los tests se realizó en algunos casos de forma individual y en otros de forma grupal. Sin embargo, en todas las ocasiones estuvo precedida de una explicación de los propósitos de la investigación, así como de los objetivos de cada test. Además, se fundamentó la importancia, y se solicitó el compromiso de contestar de forma honesta con vistas a garantizar la calidad de los resultados obtenidos.

El test de Belbin se procesó utilizando dos procedimientos: el clásico (que identifica roles primarios y secundarios en función de la jerarquía), y una variante (desarrollada de conjunto con los psicólogos) que toma en cuenta ambos parámetros: la jerarquía y la puntuación. Con esta variante se limita el hecho de establecer la preferencia por el desempeño de un rol a una puntuación superior a 9 ya que se identifican como preferidos los que resulten primarios, secundarios y terciarios, acorde a las siguientes reglas:

- Rol primario: jerarquía = 1 y puntuación ≥ 18 .
- Rol secundario: jerarquía = 1 ó 2 y $15 \leq \text{puntuación} < 18$.
- Rol terciario: jerarquía = 1, 2 ó 3 y $10 \leq \text{puntuación} < 15$.

Al culminar el procesamiento de los tests se disponía de un gran volumen de datos, por lo que la búsqueda de patrones se tornaba una tarea muy compleja. Como consecuencia se decidió aplicar herramientas de minería de datos. Weka [147, 148] resultó la herramienta seleccionada, por ser una aplicación de código abierto, de libre distribución, y por no comprometerse con una metodología en particular. El primer paso fue la fase de preparación de los datos e incluyó: limpieza (con el propósito de eliminar el mayor número

posible de datos erróneos o inconsistentes) y transformación (con el propósito de presentar los datos de la manera más apropiada). Para lograrlo, se solicitó a cada persona que completara o corrigiera sus respuestas en caso de errores u omisiones. Las transformaciones se realizaron con la ayuda de la herramienta Kettle [149], y los principales propósitos de su aplicación fueron crear nuevos atributos y cambiar el tipo del atributo, de modo que resultaran más fácil de comprender o de procesar por Weka.

2.1.4.2 Principales resultados de la cuarta etapa de la aplicación del método Delphi

Como parte del experimento, se aplicó el método Delphi en una cuarta etapa, con el propósito de identificar la contribución de los roles de Belbin a los roles funcionales invariantes, involucrados en el desarrollo de software, propuestos en la etapa anterior. Con este propósito se le suministró a cada experto un documento donde estaban caracterizados cada uno de los roles de Belbin (características, principal función en el equipo y debilidad permitida) y se les solicitó que indicaran la contribución de cada rol de equipo a los roles funcionales listados. Después de dos rondas, donde participaron 34 expertos, se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 6.

2.1.4.3 Principales resultados obtenidos al procesar el test de Belbin

La Figura 2 muestra una tabla y un gráfico que resumen los principales resultados obtenidos al procesar los 336 tests de Belbin, aplicando los dos procedimientos.

Al analizar estos resultados fue posible identificar un comportamiento común:

- El rol de Implementador y el de Especialista resultan los preferidos tanto en estudiantes como en trabajadores (ya sean de la industria o de la academia); seguidos, de manera general, por el Cohesionador, el Impulsor y el Finalizador. En general, resultan menos preferidos los roles Investigador de Recursos y Cerebro.

Tabla 6: Contribución de los roles de Belbin a los roles funcionales

| Roles Funcionales | Roles de Belbin | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------|----|----|--------|----|----|----------|----|----|
| | Mentales | | | Acción | | | Sociales | | |
| | CE | ES | ME | IS | ID | FI | CO | CH | IR |
| Jefe de Proyecto | | | | X | | | X | | |
| Diseñador Gráfico | | X | | | | X | | | |
| Gestor de Cambios | | | X | | | X | | X | |
| Gestor de Configuración | | | | | | X | | X | |
| Arquitecto | X | | X | X | | | | | X |
| Analista | X | X | | | | X | | | |
| Diseñador | X | X | | | | X | | | |
| Diseñador de Base de Datos | | X | | | | X | | | |
| Programador | X | X | | | X | X | | | |
| Probador | | | | | X | X | | | |
| Especialista de Seguridad | | X | | | | | | | X |
| Especialista de Calidad | | | | X | | X | | X | |
| Documentador | | | | | X | X | | X | |

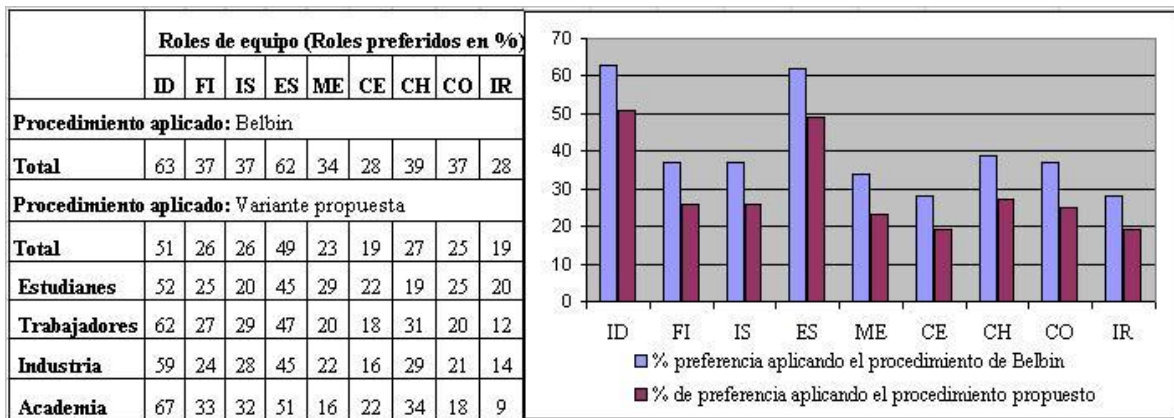


Figura 2: Principales resultados del procesamiento del test de Belbin

- Se observa un predominio en la preferencia por los roles de acción sobre los roles mentales, y de los mentales sobre los sociales.

Este balance entre las categorías de roles también está presente en la opinión emitida por los expertos en la cuarta etapa del método Delphi (ver Tabla 6). La poca diferencia entre el predominio en la preferencia por los roles de acción y los mentales se explica por la propia naturaleza del trabajo. En el desarrollo de software es preciso que prevalezca la acción. La presencia de miembros con preferencia por el desempeño de los roles de acción permite que el equipo cuente con personas disciplinadas y preocupadas por cumplir con el

cronograma establecido y por realizar el trabajo con calidad. Sin embargo, la ingeniería de software es una disciplina que exige creatividad. La opinión de los expertos corrobora este planteamiento ya que los roles funcionales, asociados con tareas esenciales como el análisis, el diseño y la programación, están asociados tanto a roles de acción como a roles mentales.

Resulta importante señalar que Belbin sólo apuntó la necesidad de prevalencia de los roles de acción. Por tanto, resulta nueva la precisión acerca del balance entre las categorías de roles, por lo que se propone como el primer patrón a incorporar en el modelo.

Otro patrón identificado es el asociado con el liderazgo. Como se observa en la Tabla 6, los expertos concuerdan en que los roles Coordinador (CO) e Impulsor (IS) contribuyen al desempeño del rol funcional Jefe de Proyecto. Esta relación confirma que lo propuesto por Belbin, acerca de la relación entre la preferencia por estos roles y el liderazgo, también se cumple en el ámbito del software [125, 130-132]. Un estudio más detallado acerca del desempeño de doce de los Jefes de Proyecto involucrados en el experimento permitió detectar que aquellos que muestran preferencia por el rol IS se proyectan como impulsores desde posiciones de liderazgo técnico a diferencia de los que prefieren CO quienes se muestran más como coordinadores generales del proyecto. Esta diferencia en cuanto a estilo de liderazgo ya había sido señalada en [130-132]. Un análisis de las 42 personas que participaron en el experimento, con al menos cinco años de experiencia en la dirección de proyectos, permitió comprobar que 36 de ellas (86%) tenían entre sus roles preferidos CO y/o IS. Además, se pudo identificar una marcada preferencia por el rol IS sobre el CO. Este comportamiento sugiere que el estilo de liderazgo técnico resulta predominante en el ámbito del software.

No fue posible identificar patrones que contribuyan a la asignación de personal a otros roles importantes para el proyecto como el Programador y el Analista ya que en el experimento sólo se registraron los roles funcionales preferidos y evitados de cada persona, y no los roles funcionales en que realmente la persona tiene un adecuado desempeño.

Otro patrón identificado refleja la necesidad de contar con la presencia del rol creativo Cerebro en los equipos de proyectos de software. En tanto Belbin exige la presencia de este rol en el equipo (al igual que el resto de los roles) y alerta sobre los inconvenientes que provoca que varios miembros lo tengan como preferido, en [132] se resalta la importancia del rol Cerebro en los equipos de software. Este experimento contribuye a reafirmar que la presencia de este rol resulta imprescindible para un equipo de proyecto de software. Como se observa en la Tabla 6, hubo concordancia en el criterio de los expertos sobre la contribución del rol CE en el desempeño de los principales roles funcionales identificados como invariantes: arquitecto, analista, diseñador y programador. Estos resultados confirman lo planteado anteriormente acerca de la importancia de la creatividad en la ingeniería de software.

El patrón propuesto por Belbin, que exige la presencia de todos los roles de equipo, se valida en este trabajo ya que, como se observa en la Tabla 6, los expertos asociaron todos los roles de equipo al menos a un rol funcional. Sin embargo, dado que la formación de equipos pequeños resulta muy frecuente en las organizaciones de software cubanas, se propone incorporar en el modelo restricciones que exijan la presencia de al menos las tres categorías de roles, siempre que se cumplan el resto de los patrones ya identificados (balance entre categorías de roles, liderazgo y creatividad). Una variante del modelo puede incorporar como restricción, el hecho de exigir la presencia de todos los roles de equipo.

La poca preferencia por los roles Cerebro e Investigador de Recursos detectada al procesar el test de Belbin constituye un reto para el proceso de formación académica, dada la importancia de los roles creativos en el desarrollo de software. Como se concluyó anteriormente, el rol Cerebro resulta imprescindible para el éxito de los proyectos de software. Sin embargo, también resulta muy importante, y de hecho uno de los grandes retos que enfrenta la industria de software en función de los problemas que viene confrontando, el contar con profesionales con capacidad para establecer buenas relaciones con clientes y usuarios, y para captar ideas y desarrollar contactos, ambas fortalezas que caracterizan a un Investigador de Recursos.

2.1.4.4 Principales resultados obtenidos al procesar el test de Myers-Briggs

Como se observa en la Figura 3, al procesar los 336 tests de Myers-Briggs se detecta que hay presencia de todos los tipos psicológicos aunque predominan los tipos ESTJ (22%) e ISTJ (15%). Además, el 53% de los participantes tienen preferencia en las dimensiones Intuición (N)-Sentidos (S) y Emoción (F)-Pensamiento (T) por el subtipo ST.

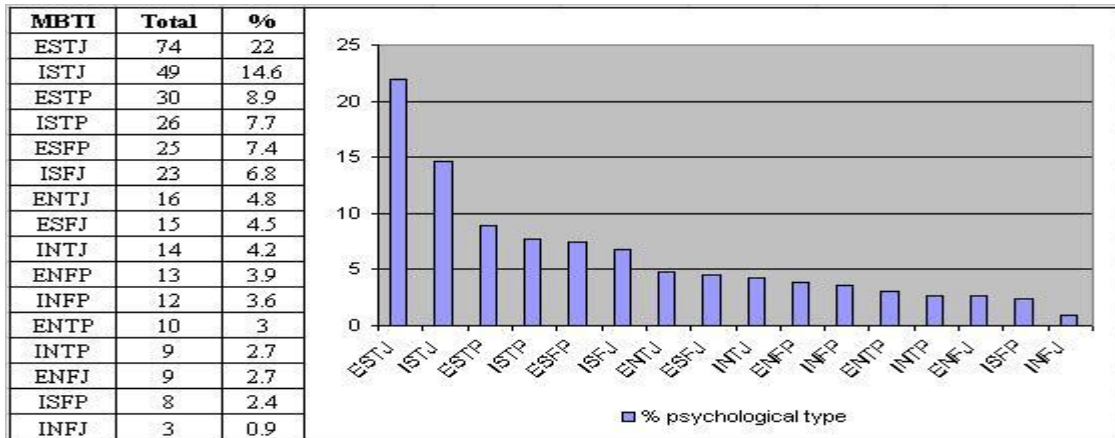


Figura 3: Principales resultados del procesamiento del test de Myers-Briggs

A partir del procesamiento del MBTI se pudo identificar otro patrón asociado al liderazgo. Aunque en [13] se sugiere utilizar el patrón ENFJ para asignar un Jefe de proyecto, al

analizar los 42 participantes con al menos cinco años de experiencia en la dirección de proyectos, se constató que el 90% de ellos sólo cumplen el patrón E_ _J (con predominio de los tipos ESTJ, ENTJ y ENFJ, en ese orden). Tomando en cuenta este comportamiento, se propone establecer como patrón, útil en la asignación del Jefe de proyecto, tener el subtipo E_ _J, partiendo del hecho que resulta muy importante que los Jefes de proyecto sean personas extrovertidas (E) y con preferencia por un estilo de vida planificada (J).

2.1.4.5 Principales resultados obtenidos al procesar el test 16PF

El procesamiento de los 302 tests 16PF no aporta resultados significativos para la investigación, ya que en 15 de los 16 factores que considera el test, más del 50% de los participantes tenían puntuaciones promedio, como se observa en la Figura 4.

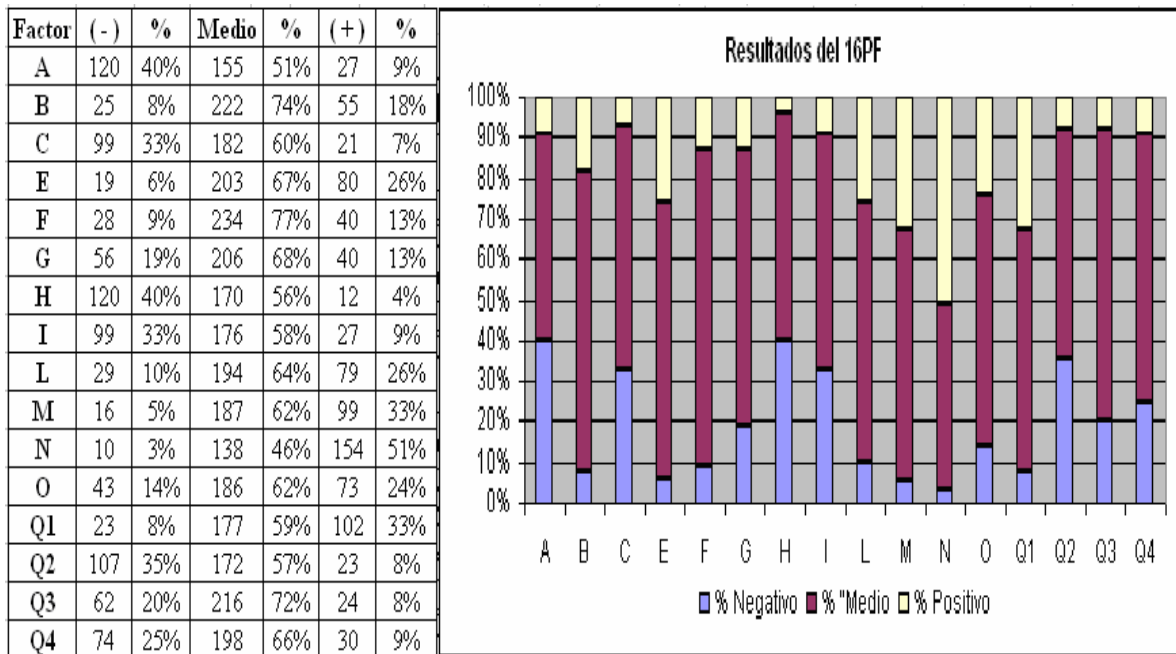


Figura 4: Principales resultados del procesamiento del test 16PF

Sólo en el caso del factor N, el 51% tuvo puntuación en el polo positivo. Este resultado indica que el 51% de los participantes suelen ser refinados, astutos, analíticos y con un enfoque intelectual, lo que de manera general, caracteriza a los profesionales del software.

2.1.4.6 Principales resultados obtenidos al procesar los cuestionarios LPC0.2 y LPC0.3 en la búsqueda de patrones de incompatibilidad

A partir de los resultados obtenidos al procesar los 288 cuestionarios LPC0.3 y de evaluar la relación con los resultados del MBTI, no fue posible identificar patrones de incompatibilidad entre los tipos psicológicos. Sin embargo, al analizar la preferencia y el rechazo por cada dimensión (ver Figura 5), se observa que de manera general, las personas rechazan la letra contraria a la de su preferencia.

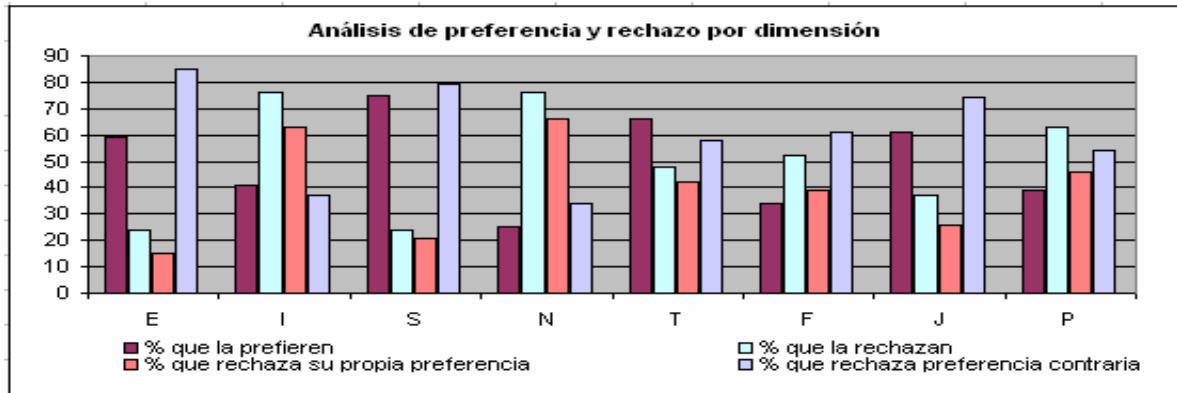


Figura 5: Análisis de preferencia (MBTI) y rechazo (LPC0.3) por cada dimensión

Este comportamiento sugiere que los equipos formados por personas con el mismo tipo (equipos homogéneos) podrían lograr acuerdos más fácilmente. No obstante, se multiplicarían tanto sus fortalezas como sus debilidades. Por lo tanto, este patrón podría resultar factible de aplicar en proyectos sencillos, con tecnologías bien conocidas. Sin embargo, en proyectos complejos la diversidad de tipos puede conducir a buenos resultados. En [122] se evalúa esta diversidad y se plantea que la variedad de fortalezas y debilidades contribuye a gestionar mejor los problemas que se deben manejar en un proyecto, los cuales (de forma general) aumentan en función de la complejidad. No

obstante, se propone reevaluar en próximos experimentos la factibilidad de formar equipos homogéneos o heterogéneos, antes de proponer incorporarlo como un patrón.

Un comportamiento a reevaluar en próximos experimentos en la relación MBTI-LPC0.3, es el predominio por la Extroversión (E), los Sentidos (S), el Pensamiento (T), y el Juicio (J), en cada una de las dimensiones y los significativos por cientos de rechazo por la Introversión (I) y la Intuición (N). Este predominio pudiera sugerir un patrón aunque se considera necesario evaluar su relación con los roles funcionales. Sin embargo, los datos recopilados en el experimento, como se explicó al analizar los resultados del test de Belbin, resultan insuficientes para ejecutar estos análisis.

Al procesar los 305 cuestionarios LPC0.2 y evaluar la relación con los resultados del test 16PF, tampoco fue posible identificar patrones de incompatibilidad. Los resultados del cuestionario LPC0.2, como se observa en la Figura 6, ayudan a identificar que más del 50% de los participantes rechazan un conjunto de comportamientos: A-(55%), C-(51%), E-(67%), G-(72%), Q2+(69) y Q3-(66%).

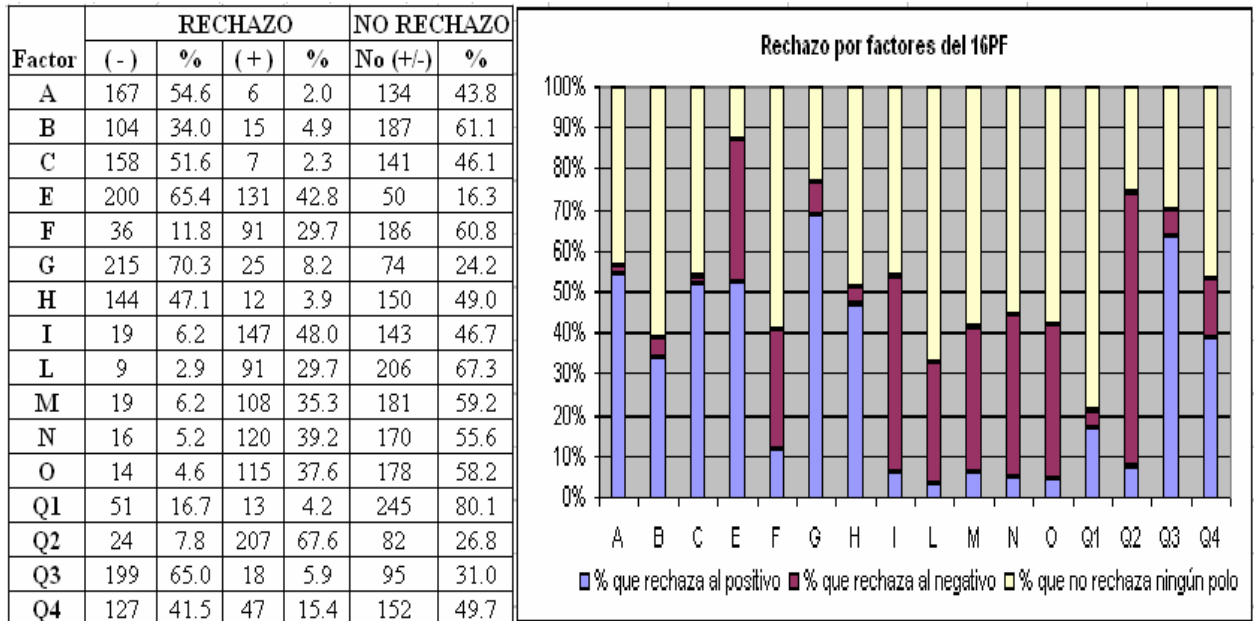


Figura 6: Principales resultados del procesamiento del cuestionario LPC0.2

Estos resultados indican que, de manera general, se rechaza a las personas dependientes, poco prácticas, no esmeradas, que no consideran la opinión del grupo, que prefieren trabajar solas y no comprometerse. Estas manifestaciones de rechazo, caracterizan a los profesionales del software y reafirman la importancia de un grupo de competencias que los expertos calificaban de muy necesarias como: el trabajo en equipo, la tenacidad, el compromiso con la organización y la independencia.

2.1.4.7 Patrones para la formación de equipos de proyectos de software

A modo de resumen, a continuación se enuncian aquellos patrones para la formación de equipos de proyectos de software, identificados en el experimento, que se proponen incorporar en el modelo de asignación.

- Se requiere la presencia de todas las categorías de roles de Belbin, con predominio en la preferencia por los roles de acción sobre los roles mentales, y de los mentales sobre los sociales.
- Se requiere la presencia de al menos un miembro del equipo con preferencia por el rol Cerebro (CE).
- Al asignar el Jefe de proyecto se debe verificar que esta persona tenga preferencia por uno de los siguientes roles de Belbin: Impulsor (IS) y Coordinador (CO). Además, comprobar que su tipo psicológico, según el test de Myers-Briggs, corresponda con el patrón E__J (Extroversión - Juicio).

El resto de los patrones hallados como la diversidad de tipos psicológicos y el rechazo a las dimensiones del MTBI, deben ser revaluados en próximos estudios, tomando en cuenta mayor cantidad de información sobre los participantes.

2.2 Modelo propuesto. Variantes posibles a implementar

La deducción de un modelo formal a partir de la interpretación de los resultados del proceso de gestión del conocimiento, y de las propuestas de modelos de asignación y estándares de gestión de proyectos evaluados constituyó una etapa significativa. A continuación se describe un modelo que representa la ARHEPS.

2.2.1 Modelo propuesto

Sean:

n : Cantidad de empleados disponibles

m : Cantidad de roles necesarios para desarrollar un proyecto

L : Cantidad máxima de roles que puede asumir un empleado en un proyecto dado

A_j : Cantidad de empleados necesarios en el rol j , $j = 1..m$

R : Cantidad de conjuntos de roles incompatibles contemplados

J_r : Conjuntos de roles incompatibles, $r = 1..R$

Z_j : Conjunto de competencias necesarias para desempeñar el rol j

c_{ij} : Competencia neta del empleado i para desempeñar el rol j ; $i = 1..n$, $j = 1..m$

v_{ih} : Nivel que tiene la persona i en la competencia h

s_{hi} : Incompatibilidad existente entre los individuos h e i ; $h, i = 1..n$

g_{ij} : Carga de trabajo del empleado i en el rol j según los proyectos a los que ya está asignado, $i = 1..n$; $j = 1..m$

b_j : Carga de trabajo que implica asumir el rol j en el proyecto de análisis, $j = 1..m$

k_{hj} : Valor mínimo requerido de la competencia h para desempeñar el rol j , $j = 1..m$, $h \in Z_j$

U : valor máximo de carga que puede asumir cada empleado.

ME: valor medio de la carga total de trabajo que incluye la de los proyectos actuales en ejecución más la que generará los roles en el proyecto de análisis.

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (g_{ij} + b_j)}{n}$$

$B = (b_{ij})$ es una matriz de valores 0 ó 1, tomando el valor 1 si el individuo i tiene preferencia por la primera letra de cada dimensión del MBTI (E/I, S/N, T/F, J/P), y 0 por la segunda; $1 \leq i \leq n$; $1 \leq j \leq 4$

$D = (d_{ij})$ es una matriz de valores 0 ó 1, tomando el valor 1 si el individuo i tiene el rol de Belbin j como preferido de acuerdo a su personalidad; $1 \leq i \leq n$; $1 \leq j \leq 9$

y las variables:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el empleado } i \text{ es asignado al rol } j \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases} \quad i = 1..n, j = 1..m$$

$$u_i = \begin{cases} 1 & \text{si el empleado } i \text{ es asignado al menos a un rol} \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases} \quad i = 1..n$$

Las funciones a optimizar que resultan son:

$$\max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad (I)$$

$$\min \sum_{h=1}^{n-1} \sum_{i>h}^n s_{hi} u_h u_i \quad (II)$$

$$\min \sum_{i=1}^n \left[(L_i + \sum_{j=1}^m b_j x_{ij}) - ME \right]^2 \quad \text{donde } L_i = \sum_{j=1}^m g_{ij} \quad (III)$$

Las restricciones que resultan son:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = A_j, \quad j = 1, \dots, m \quad A_j \in \mathbb{N} \quad (1)$$

$$\sum_{j \in J_r} x_{ij} \leq 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad r = 1, \dots, R \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq L \quad i=1, \dots, n \quad L \in \mathbb{N} \quad (3)$$

$$(1 - u_i) \sum_{j=1}^m x_{ij} = 0, \quad (1 - u_i) + \sum_{j=1}^m x_{ij} > 0 \quad i = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$u_i (k_{hj} - v_{ih}) \leq 0, \quad i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m; \quad \forall h \in Z_j \quad (5)$$

$$L_i + \sum_{j=1}^m b_j x_{ij} \leq U \quad i = 1, \dots, n \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^3 \left(\sum_{i=1}^n d_{ik} u_i \right) > 0 \quad \sum_{k=4}^6 \left(\sum_{i=1}^n d_{ik} u_i \right) > 0 \quad \sum_{k=7}^9 \left(\sum_{i=1}^n d_{ik} u_i \right) > 0 \quad (7)$$

$$\sum_{k=1}^3 \left(\sum_{i=1}^n d_{ik} u_i \right) > \sum_{k=4}^6 \left(\sum_{i=1}^n d_{ik} u_i \right) \quad (8)$$

$$\sum_{k=4}^6 \left(\sum_{i=1}^n d_{ik} u_i \right) > \sum_{k=7}^9 \left(\sum_{i=1}^n d_{ik} u_i \right) \quad (9)$$

$$x_{i1} \leq d_{i1} + d_{i7} \quad i = 1, \dots, n \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n d_{i4} u_i \geq 1 \quad (11)$$

$$x_{i1} \leq \frac{(b_{i1} + b_{i4})}{2} \quad i = 1, \dots, n \quad (12)$$

Las variables de decisión x_{ij} son binarias, y toman valores 1 ó 0, siendo 1 si el empleado i es asignado al rol j , y 0 en caso contrario. Las variables de decisión u_i son también binarias.

Están asociadas a cada persona i posible a participar en el proyecto, y toman valor 1 sólo en el caso que a la persona i se le asigna al menos un rol en el proyecto.

Los valores de los coeficientes son configurables. Una propuesta inicial es que los coeficientes c_{ij} , g_{ij} , b_j , U , v_{hi} y k_{hj} tomen valores entre 0 y 1, y el coeficiente s_{hi} tome valor 0 ó 1. En el Epígrafe 2.2.3 se realizan propuestas de escalas para estos coeficientes.

A continuación se explican, brevemente, cada una de las funciones a optimizar y las restricciones del modelo.

La función (I) a maximizar es el factor Competencia de los empleados, la cual toma en cuenta todos los roles requeridos y todos los posibles empleados para desempeñarlos.

La función (II) a minimizar es la incompatibilidad del equipo, buscando que en el proyecto resulte mínima la participación de empleados que sostengan relaciones recíprocamente negativas.

La función (III) tiene en cuenta el factor Disponibilidad de la persona y trata de balancear la carga de trabajo del personal. Cada término de la suma en i , o sea, en el número de empleados, es un número no negativo que representa la diferencia que hay entre la carga total de trabajo que un individuo tendría, en los proyectos actuales más el nuevo a considerar, y la media total de carga de trabajo considerando el proyecto nuevo y los actuales. Se eleva al cuadrado dicha diferencia para que penalice de igual forma al que sobrepase la media (estaría sobrecargado) que el que esté por debajo de la media (estaría más desahogado de trabajo).

Las restricciones de tipo (1) garantizan que todos los roles sean cubiertos exactamente en su demanda. Las restricciones de tipo (2) modelan la existencia de roles incompatibles, o sea, que una persona sólo puede asumir un rol dentro de cada subconjunto de roles que se

consideran incompatibles entre sí. En (3) se restringe el número máximo de roles que puede asumir cualquier empleado en el proyecto que se planifica. Las restricciones de tipo (4) garantizan que las variables u_i tomen valor 1 si el empleado i es asignado al menos a un rol en el proyecto, y valor 0 si no se le asigna ningún rol. Las restricciones de tipo (5) imponen el cumplimiento de condiciones mínimas en cuanto a las competencias necesarias en una persona para que se le asigne un rol dado. Las restricciones de tipo (6) establecen que la carga de trabajo total asignada a cada empleado no debe sobrepasar un valor máximo.

Las restricciones que se explican a continuación se corresponden con los patrones para la formación de equipo identificados a partir del experimento descrito anteriormente.

Las restricciones (7)-(11) tienen en cuenta los llamados roles de equipo de Belbin. Si se asume que en la matriz D , donde las columnas representan los roles de Belbin, las tres primeras columnas están asociadas con los roles de acción, las columnas de la 4 a la 6 con los roles mentales y las tres últimas con los roles sociales, entonces las restricciones (7) imponen que en el equipo de trabajo seleccionado deben estar representadas las tres categorías de roles. La restricción (8) impone que en el equipo de trabajo seleccionado la preferencia por desempeñar roles de acción debe sobrepasar la preferencia por desempeñar roles mentales. En (9) se impone que la preferencia por desempeñar roles mentales debe sobrepasar la preferencia por los sociales.

Las restricciones de tipo (10) imponen que si la persona i desarrolla el rol Jefe de Proyecto, debe tener como preferido al menos uno de los siguientes roles de Belbin, Impulsor o Coordinador. Para elaborar la restricción se asume que en la matriz D , la preferencia o no por desempeñar los roles de Impulsor y Coordinador se registran en las columnas 1 y 7,

respectivamente. En (11) se impone que en el equipo al menos una persona tenga como preferido el rol Cerebro, asumiendo que en la columna 4 de la matriz D se registra la preferencia o no por este rol. Finalmente, en (12) se impone que si la persona i desarrolla el rol Jefe de Proyecto, debe tener como subtipo E_ _J, asumiendo que en la matriz B, la dimensión E/I se registra en la columna 1 y la J/P en la columna 4.

Como se observa el modelo propuesto permite resolver el problema de asignar empleados a un equipo de proyecto de software de manera tal que se cubran todos los roles en la cantidad establecida y que un empleado pueda desempeñar más de un rol (hasta una cantidad máxima). Además, considera tanto factores que contribuyen a la asignación individual a los roles de proyecto (competencias, carga de trabajo y características psicológicas) como a la formación del equipo como un todo (balance entre roles e incompatibilidades entre los miembros y roles del equipo). Por lo tanto, el modelo toma en cuenta los elementos que sugieren los estándares de gestión de proyectos analizados y logra integrar gran parte de los factores considerados en los modelos de asignación evaluados. Como elementos originales, el modelo incorpora: las incompatibilidades entre los miembros del equipo, la posibilidad de balancear la carga de trabajo y un conjunto de restricciones que se corresponden con los patrones para la formación de equipo que se obtuvieron a partir del experimento realizado.

2.2.2 Variantes del modelo propuesto

En este epígrafe se exponen algunas consideraciones sobre posibles variantes del modelo las cuales reflejan de forma aproximada pero objetiva, criterios emitidos por los expertos que no alcanzaron altas votaciones.

Al modelo propuesto se le puede incorporar una función (IV) para minimizar el factor Costo por Lejanía:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_{ij} x_{ij} \quad (IV)$$

donde:

l_{ij} : Costo del empleado i según la lejanía que tenga del proyecto y el rol j que va a desempeñar; $i = 1..n$, $j = 1..m$

Este factor, si bien no recibió la aprobación de la mayoría de los expertos ($\geq 60\%$), constituye un elemento importante a tomar en cuenta en las organizaciones que desarrollan proyectos a distancia, como es el caso de la empresa DESOFT.

Otras variantes del modelo propuesto resultan de incorporar restricciones asociadas a los distintos factores, las cuales se formulan y explican a continuación.

En relación con el factor competencia, los expertos coincidieron en la necesidad de considerar tanto las competencias técnicas como las genéricas, así como la experiencia en el desempeño del rol y en proyectos similares. Sin embargo, no hubo concordancia acerca de qué aspectos deben tomarse en cuenta al evaluar la similitud entre proyectos, exceptuando el hecho de emplear las mismas tecnologías, lenguajes y gestores, entre otros. Por lo tanto, se decide no incluir este elemento en el modelo, tomando en consideración que la experiencia en el uso de tecnologías, lenguajes y demás, ya está contemplada en la evaluación de las competencias técnicas.

Respecto a las incompatibilidades del equipo es posible que en lugar de desear minimizarlas, se requiera evitarlas. En este sentido resulta posible no considerar la función objetivo (II), e incorporar la siguiente restricción, la cual garantiza que si el valor de s_{hi} es 1

para dos empleados cualesquiera h e i , al menos uno de los dos debe quedarse fuera de la asignación.

$$\sum_{h=1}^{n-1} \sum_{i>h}^n s_{hi} * u_h * u_i = 0 \quad (13)$$

Asociada a la formación del equipo de proyecto, es posible incorporar un tipo de restricción que exija la presencia de los nueve roles de Belbin en el equipo en sustitución de las restricciones en (7) que sólo exigen la presencia de las tres categorías de roles.

$$\sum_{i=1}^n d_{ik} u_i > 0 \quad k = 1, \dots, 9 \quad (14)$$

Respecto al factor carga de trabajo es posible incorporar un tipo de restricción que limite la asignación de un individuo si ya está asignado como jefe en cualquier otro proyecto, exigencia que se deriva del análisis de las respuestas a la encuesta.

$$g_{i1} * u_i = 0 \quad i = 1, \dots, n \quad (15)$$

2.2.3 Cálculo de los coeficientes del modelo

El modelo propuesto y sus variantes de implementación, así como los métodos y algoritmos de solución, deben insertarse en un sistema de soporte a la decisión (SSD). De esta forma, los datos iniciales de los modelos pueden tener dos orígenes: los que dependen del proyecto en análisis, los cuales son introducidos por el usuario, y la información independiente de cualquiera sea el proyecto en análisis, la cual se debe obtener de una base de datos que debe mantenerse actualizada.

Con el propósito de garantizar que la base de datos se mantenga actualizada al terminar un proyecto es preciso registrar la información de cada miembro del equipo, lo que implica: actualizar el nivel de cada competencia, evaluar el desempeño por cada rol asignado y

registrar las incompatibilidades entre los miembros. Además, se requiere que durante el proyecto se mantenga actualizado el equipo asignado.

A continuación se especifica el origen de los datos que intervienen en el modelo propuesto y las posibles variantes a implementar. Además, se describe el significado y se detalla la forma de calcular algunos de los coeficientes que intervienen en el modelo.

m, A_j, L : al iniciar el proyecto se requiere definir el equipo estimado lo que incluye precisar la cantidad de roles (m) y el número de personas requeridas para desempeñar cada rol (A_j). Además, es preciso establecer la cantidad máxima de roles que puede desempeñar cada individuo en el proyecto (L).

R, J_r : Los conjuntos de roles incompatibles (J_r), así como la cantidad de conjuntos (R) deben ser registrados en la base de datos como parte de la definición de cada rol. Sin embargo, debe ser posible modificar estos valores en función del proyecto en análisis.

Z_j : El conjunto de competencias necesarias para el desempeño de un rol depende de las competencias genéricas requeridas (ya establecidas en la base de datos al definir el rol) y de las competencias técnicas necesarias que dependen del proyecto en análisis.

c_{ij} : el coeficiente de competencia neta del empleado i para desempeñar el rol j incluye el índice de competencias técnicas y genéricas (cgt_{ij}), y la experiencia en el desempeño del rol (e_{ij}). Para determinar cgt_{ij} se propone aplicar un procedimiento que toma en consideración las competencias necesarias (tanto técnicas como genéricas) para desempeñar cada rol, el nivel que la persona i ha demostrado tener en cada competencia h (v_{ih}) y el peso que tiene cada competencia h en cada rol j en función de su importancia (w_{hj}) [37]. Para determinar e_{ij} se propone tomar en cuenta la cantidad de proyectos en que el empleado i ha desempeñado el rol j y la evaluación recibida por el empleado i en cada proyecto y en que

ha desempeñado el rol j (v_{ijy}), en función del criterio expresado por los expertos. A continuación se propone cómo calcular el coeficiente c_{ij} :

$$c_{ij} = wc * ctg_{ij} + we * e_{ij} \quad \text{tal que} \quad wc + we = 1$$

donde:

$$ctg_{ij} = \sum_{h \in Z_j} w_{hj} * v_{ih}$$

$$w_{hj} = \frac{i_{hj}}{\sum_{h \in Z_j} i_{hj}}$$

$$e_{ij} = 1 - \frac{1}{1 + \sum_{y \in P_i} v_{ijy}}$$

siendo:

ctg_{ij} : Índice de competencias técnicas y genéricas de la persona i para desempeñar el rol j

e_{ij} : Experiencia de la persona i para desempeñar el rol j

wc : Peso que representa la importancia del índice de competencias técnicas y genéricas en el coeficiente de competencia neta.

we : Peso que representa la importancia de la experiencia en el desempeño del rol en el coeficiente de competencia neta.

w_{hj} : Peso que representa la importancia de la competencia h para desempeñar el rol j ; $h \in Z_j$

i_{hj} : Importancia de la competencia h para desempeñar el rol j ; $h \in Z_j$

v_{ijy} : Evaluación de la persona i en el desempeño del rol j en el proyecto y

P_i : Conjunto de proyectos en que ha participado la persona i desempeñando el rol j

La propuesta de roles y competencias elaborada en el Epígrafe 2.1.3 puede servir de referencia para realizar los cálculos anteriores. Asimismo se propone emplear, al menos en

una primera etapa, la escala de valores para i_{hj} utilizada en esta propuesta. Esta escala establece asignar a i_{hj} el valor 1, si la competencia h es necesaria en alguna medida para desempeñar el rol j , y el valor 2, si la competencia h es requerida en un alto por ciento para desempeñar el rol j . No obstante, la herramienta que sustente el modelo debe permitir que cada organización pueda definir su propia escala en función de su grado de madurez.

De igual forma la herramienta que sustente al modelo debe permitir que cada organización defina la escala de niveles de competencias a utilizar para asignarle valores a v_{ih} . No obstante, en una primera etapa, se sugiere utilizar una escala reducida de, por ejemplo, tres valores: 0.3- bajo nivel, 0.7-nivel medio, 1-nivel experto.

La escala a utilizar para evaluar el desempeño de una persona en un rol dentro de un proyecto (coeficiente v_{ijy}) también debe ser configurable en la herramienta que sustente el modelo. No obstante, se propone que en una primera etapa este coeficiente tome valores entre 0 y 1, acorde a la siguiente escala: 1-excelente, 0.8-bueno, 0.6-regular y 0.3-malo. En etapas futuras es necesario que cada organización defina métricas y conductas que permitan calificar el desempeño de sus empleados acorde a la escala utilizada.

Para el cálculo de los pesos (w_c y w_e) se propone utilizar el procedimiento expuesto en [150, 151] que permite integrar los criterios expresados por los expertos referentes a los factores asociados con cada uno de los pesos de la siguiente forma:

Sean:

$$w_{ij} = p_{ij} / \sum_{j=1}^m p_{ij} \qquad w_i = \sum_{i=1}^n w_{ij} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{ij}$$

donde:

n: número de expertos

m : número de criterios

ρ_{ij} : votación para el criterio j emitido por el experto i ; $i = 1..n$, $j = 1..m$

w_{ij} : peso del criterio j emitidos por el experto i ; $i = 1..n$, $j = 1..m$

w_j : peso del criterio j ; $j = 1..m$

Los valores de los pesos así definidos cumplen las siguientes condiciones:

- $0 \leq w_j \leq 1$ y $\sum_{j=1}^m w_j = 1$
- $w_j > w_k$ implica que el criterio j es más importante que el criterio k
- $w_j = w_k$ implica que el criterio j es igualmente importante que el criterio k

A partir de la votación de los expertos, en la Etapa 2 de la aplicación del método Delphi, se aplicó el procedimiento anterior para el cálculo de los valores w_c y w_e dando como resultado 0.7 y 0.3 respectivamente. El SSD que sustente el modelo debe permitir que el decisor modifique los valores por defecto de estos pesos, siempre que cumplan las condiciones anteriores.

La forma en que se calcula e_{ij} influye en cuán preferible es el empleado para el modelo. La función propuesta garantiza que a medida que aumente la cantidad y calidad con que se desempeñe el rol es mayor el índice de experiencia y por lo tanto, el empleado resulta más adecuado para ser asignado al rol. En la Tabla 7 se muestra a modo de ejemplo los resultados obtenidos al aplicar la función propuesta.

Tabla 7: Ejemplo de la aplicación de la función para calcular e_{ij}

| P_i | v_{ij} | e_{ij} |
|-------|----------------------------|----------------------|
| 0 | - | 0 |
| 1 | 1 0.8 | 0.75 0.69 |
| 2 | 0.3, 1 0.8, 0.8 1, 1 | 0.40 0.61 0.89 |

k_{hj} : este coeficiente define el valor mínimo requerido de la competencia h para desempeñar el rol j ; por lo tanto, restringe los candidatos que pueden ser asignados a un rol.

s_{hi} : la incompatibilidad entre dos individuos h e i se registra en la matriz S (que inicialmente es una matriz nula) por parte de los jefes de proyecto, al detectar relaciones recíprocamente negativas entre ellos. El registro se efectúa al evaluar a cada miembro del equipo durante la etapa de cierre del proyecto o al desasignar un miembro del equipo. En sentido general, debe suceder que dicha matriz sea una matriz escasa (con un alto porcentaje de ceros), ya que una organización no debe caracterizarse por contener muchos miembros que mantengan relaciones recíprocamente negativas.

$S = (s_{hi})$ es una matriz simétrica de valores 0 ó 1, tomando el valor 1 si el individuo h es incompatible con el individuo i ; $1 \leq h \leq n$; $1 \leq i \leq n$

g_{ij} , b_j : para lograr una mayor comprensión de la forma en que se determinan los coeficientes g_{ij} y b_j es preciso explicar el enfoque que propone esta investigación respecto a la ARHEPS.

En este trabajo se propone ejecutar la asignación al inicio del proyecto, de modo que propicie la participación temprana del equipo en el proceso de planificación, como se sugiere en [29], pero bajo el enfoque orientado a roles. Para ello se propone partir de una planificación macro del proyecto que incluya las fechas de inicio y de fin estimadas. Además, es preciso definir el equipo estimado; lo que implica establecer los roles necesarios, y por cada rol, la carga y la cantidad de personas requeridas. La carga del rol depende no sólo de su naturaleza sino de la complejidad del proyecto. Así, el valor asignado al coeficiente g_{ij} debe considerar la carga de trabajo de la persona i en el rol j en

cada uno de los proyectos a los que ya está asignado. Asimismo, b_j representa la carga que implica asumir el rol j en el nuevo proyecto. Se propone que los coeficientes g_{ij} y b_j tomen valores entre 0 y 1 acorde a la siguiente escala de carga: 0–nula, 0.25–baja, 0.5–media, 0.75–alta y 1–muy alta. Esta propuesta se justifica por el hecho de que en las organizaciones de software no maduras, aún cuando de manera general no se dispone del valor promedio de carga real para el rol, resulta posible realizar una valoración cualitativa de la carga del rol siguiendo la escala propuesta. Sin embargo, en función de la cantidad máxima de horas laborables (ya sean diarias, semanales o mensuales), cada organización debe particionar el intervalo de carga para establecer la correspondencia entre las etiquetas de la escala propuesta y los rangos de valores de carga. No obstante, la herramienta que sustente al modelo debe permitir que cada organización defina la escala de carga a utilizar.

l_{ij} : es el coeficiente que representa el costo de asignar el empleado i al rol j cuando se desarrolla el proyecto a distancia, aunque cabe señalar que no expresa un valor real de costo. Para su determinación se propone utilizar una función $f(lc_i, m_j)$, donde lc_i refleja cuán costoso es el empleado i de acuerdo a su localización con respecto a la localización del proyecto, y m_j refleja cuánto afecta ejecutar a distancia el rol j que el empleado desempeña en el proyecto.

Se propone que lc_i tome el valor o_{kl} de una matriz O (matriz cuadrada cuya cantidad de filas y columnas coincide con la cantidad máxima de localizaciones), donde k es la fila de O que se corresponde con la localización del individuo i y l , es la columna que se corresponde con la localización donde se desarrollará el proyecto. Las localizaciones pueden corresponderse con provincias, municipios, u otros, según se requiera. o_{kl} toma valor 0 cuando ambas localizaciones coinciden y 1, cuando están en extremo distantes.

Asimismo se propone que el coeficiente m_j también tome valores entre 0 y 1, y que este valor se registre al definir cada rol. Los valores cercanos a 1 deben corresponderse con aquellos roles que tienen una alta dependencia funcional y como consecuencia su desempeño a distancia implica, entre otros efectos, incurrir en mayores costos por concepto de comunicación.

A modo de ejemplo, y tomando como base las consideraciones acerca del desarrollo a distancia realizadas en [152], se propone asignar a m_j los siguientes valores:

$m_j = 1$; cuando j corresponde con el rol de Jefe de Proyecto

$m_j = 0.85$; cuando j corresponde con el rol de Analista

$m_j = 0.8$; cuando j corresponde con el rol de Arquitecto

$m_j = 0.5$; cuando j corresponde con el rol de Diseñador

$m_j = 0.3$; cuando j corresponde con el rol de Probador

$m_j = 0.1$; cuando j corresponde con el rol de Programador

Para calcular l_{ij} se propone utilizar la siguiente función:

$$l_{ij} = l_c * m_j$$

Resulta importante señalar que aunque las funciones propuestas para calcular algunos de los coeficientes del modelo son aplicables, varios de los datos que precisan exigen que las organizaciones donde se aplique el modelo posean un grado de madurez en cuanto a la gestión del personal.

2.2.4 Validación de los patrones para la formación de equipo incorporados en el modelo

Con el propósito de validar los patrones para la formación de equipos incorporados en el modelo se realizó un análisis detallado de los resultados de los tests de los integrantes de

ocho equipos de proyectos. Seis de estos equipos son calificados como exitosos, tomando en cuenta que el proyecto concluyó, que se consideraron los requisitos establecidos por el usuario y que se aplicó el producto obtenido. Dos de los equipos fueron calificados como no exitosos ya que los proyectos que desarrollan no han concluido aún y los resultados alcanzados no se corresponden con el tiempo transcurrido. La información requerida para realizar el análisis se resume en la Tabla 8, donde los equipos del 1 al 6 se corresponden con los calificados como exitosos y los equipos 7 y 8 son los calificados como no exitosos.

Tabla 8: Análisis de equipos de proyectos

| Criterios | Equipos de proyecto | | | | | | | |
|--------------------------------|--|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Total de miembros | 17 | 10 | 11 | 7 | 9 | 9 | 18 | 9 |
| Resultados del MBTI | | | | | | | | |
| Cantidad de tipos MBTI | 7 | 6 | 8 | 5 | 6 | 6 | 10 | 7 |
| Tipo MBTI del Jefe de Proyecto | ESTJ | ENTJ | ESTJ | ESTJ | ESTJ | ENTJ | INFP | INTJ |
| Resultados de Belbin | | | | | | | | |
| Roles por categorías | Preferencia por rol | | | | | | | |
| (ID-FI-IS) | 13-6-2 | 7-4-2 | 9-3-2 | 7-4-2 | 13-6-1 | 7-7-1 | 8-6-3 | 8-5-0 |
| (CE-ES-ME) | 8- 4-6 | 2-2-5 | 2-2-7 | 2-2-3 | 3-2-6 | 3-2-6 | 1-11-4 | 0-5-1 |
| (CO-CH-IR) | 2-6-3 | 1-2-1 | 1-5-1 | 1-2-1 | 1-3-1 | 1-4-1 | 4-4-7 | 1-5-0 |
| Categorías | Balance entre categorías de roles | | | | | | | |
| Roles de Acción | 21 | 13 | 14 | 13 | 14 | 15 | 17 | 13 |
| Roles Mentales | 18 | 9 | 11 | 8 | 11 | 11 | 16 | 6 |
| Roles Sociales | 11 | 4 | 7 | 4 | 5 | 6 | 15 | 6 |
| Jefe de Proyecto | Roles de liderazgo preferidos | | | | | | | |
| | CO | IS | IS | IS | IS | CO | - | - |

Análisis de los proyectos exitosos

En el caso de los seis proyectos calificados como exitosos se cumplen cada uno de los patrones para la formación de equipos incorporados en el modelo:

- Respecto a los patrones de liderazgo, en todos los equipos las personas que desempeñaron el rol de Jefe de Proyecto tenían preferencia por los roles Coordinador o Impulsor y tienen como subtipo psicológico E_TJ, según el test de Myers-Briggs.
- En todos los equipos existen al menos dos personas con preferencia por el rol Cerebro. El equipo 1, encargado del proyecto más complejo de todos los evaluados, cuenta incluso con ocho personas con preferencia por este rol. Estos resultados apuntan a que debido a la naturaleza del desarrollo de software, la presencia de varios cerebros puede resultar valiosa para los equipos, a pesar de los inconvenientes señalados por Belbin.
- En todos los equipos están presentes las tres categorías de roles y existe preferencia de los roles de acción sobre los roles mentales, y de los mentales sobre los sociales. Incluso, existe representación de todos los roles, patrón que, aunque no está incorporado en el modelo propuesto por defecto, cumple con una exigencia establecida en la metodología de Belbin.

En función de los resultados obtenidos resulta importante llamar la atención acerca de un aspecto comentado al evaluar los resultados del experimento. Por un lado, existe gran diversidad de tipos psicológicos en cada uno de los equipos y por el otro, los proyectos desarrollados fueron calificados como de alta complejidad debido, fundamentalmente, a su tamaño y al uso de tecnologías novedosas. Esta situación contribuye a reafirmar lo planteado en [122] acerca de que la diversidad de tipos conduce a buenos resultados al enfrentar proyectos de mayor complejidad.

Análisis de los equipos no exitosos

Al evaluar los dos proyectos calificados como no exitosos se pudo constatar que no se cumplen con todos los patrones propuestos:

- Los Jefes de proyectos no tienen como preferidos los roles Impulsor y/o Coordinador sino que resultan roles evitados para estos individuos. Además, los Jefes de proyectos resultan personas introvertidas (incluso con preferencia muy clara por la introversión acorde a la puntuación que poseen en esta dimensión). El Jefe del proyecto 7 manifiesta preferencia por un estilo de vida no planificada. Este análisis permite concluir que en ambos equipos se incumplen los patrones asociados al liderazgo.
- Respecto a la presencia del rol Cerebro, en el equipo 8 no existe ningún individuo con preferencia por este rol. En el caso del equipo 7, formado por gran cantidad de personas, si bien se cumple el patrón, sólo existe un individuo que prefiere desempeñar este rol, lo cual entra en contradicción con la creatividad que exigen la mayor parte de los roles funcionales que intervienen en el proceso de desarrollo de software.
- En ambos equipos están presentes las tres categorías de roles. Sin embargo, es importante resaltar la ausencia de los roles Cerebro e Investigador de Recursos en el equipo 8 ya que ambos son calificados como creativos. Respecto al balance entre categorías de roles, el equipo 8 no cumple con lo establecido y si bien el equipo 7 lo cumple, existe poca diferencia entre la preferencia por los roles mentales y sociales. Este hecho refleja que existe una alta representación de los roles sociales y entra en contradicción con la necesidad que tienen los equipos de software de poseer una marcada preferencia por los roles mentales en función de la naturaleza del trabajo.

El análisis anterior permitió realizar una validación parcial del modelo, en tanto sólo se tomaron en cuenta los patrones para la formación de equipo, sin considerar el resto de los factores incorporados en el modelo. No obstante, si se hubiese aplicado el modelo

propuesto, el mero hecho de chequear el cumplimiento de estos patrones hubiese vetado la formación de los equipos que resultaron no exitosos.

2.3 Conclusiones Parciales

Las principales conclusiones que se pueden extraer de este capítulo son:

- La aplicación del método Delphi permitió:
 - Identificar los factores a considerar en la elaboración de un modelo formal de asignación de personal a equipos de proyectos de software de acuerdo a los criterios expresados por expertos de la industria cubana, los cuales corroboran algunos de los considerados en la revisión bibliográfica realizada.
 - Elaborar una propuesta de roles invariantes y competencias necesarias para enfrentar proyectos de software la cual sirve de guía a las organizaciones de software en la implementación de la gestión por competencias.
- A partir del uso de tests psicológicos y del método Delphi fue posible identificar patrones para la formación de equipos de proyectos de software como: el balance entre las categorías de roles de equipo, la necesidad del rol Cerebro y las exigencias para el desempeño del rol Jefe de Proyecto.
- A partir de los resultados del proceso de gestión del conocimiento realizado y de la revisión del estado del arte en este campo, se elaboró un modelo formal para la asignación de recursos humanos a equipos de proyectos de software y se propusieron variantes del modelo posibles a implementar.
- El modelo propuesto considera tanto factores que contribuyen a la asignación individual a los roles de proyecto (competencias, carga de trabajo, costo por lejanía, características psicológicas) como a la formación del equipo (balance entre roles e

incompatibilidades entre los miembros y, entre los roles del equipo). Por lo tanto, el modelo toma en cuenta los elementos que sugieren los estándares de gestión de proyectos analizados y logra integrar gran parte de los factores considerados en los modelos de asignación evaluados.

- Como elementos originales, el modelo incorpora: el costo de realizar desarrollos a distancia, las incompatibilidades entre los miembros del equipo, la posibilidad de balancear la carga de trabajo y un conjunto de restricciones que se corresponden con los patrones identificados a partir del uso del método Delphi y de tests psicológicos.
- Los patrones para la formación de equipo incorporados en el modelo fueron validados mediante el análisis de equipos de proyectos exitosos y no exitosos.

CAPÍTULO 3: TEAMSOFT⁺ - HERRAMIENTA DE SOPORTE A LA DECISIÓN QUE SUSTENTA EL MODELO PROPUESTO

3. TEAMSOF⁺ - HERRAMIENTA DE SOPORTE A LA DECISIÓN QUE SUSTENTA EL MODELO PROPUESTO

En este capítulo se caracteriza la herramienta de soporte a la decisión desarrollada con el propósito de sustentar el modelo propuesto. Se describen los métodos y algoritmos implementados en la herramienta, así como los casos de pruebas diseñados y los resultados obtenidos en la solución de los casos de prueba que permiten mostrar que el modelo propuesto resulta aplicable. Además, se describe una estrategia para aplicar el modelo propuesto.

3.1 Caracterización de la herramienta TEAMSOF⁺

Dado que no se dispone de una herramienta que implemente la gestión por competencias y tome en cuenta los factores considerados en el modelo (como se plantea en el Capítulo 1), se decidió implementar la herramienta TEAMSOF⁺.

TEAMSOF⁺ constituye un sistema de soporte a la decisión [153], en tanto apoya a los directivos (Jefe de Desarrollo de la Organización y Jefes de Proyectos) con las decisiones que deben tomar durante el proceso de asignación de personal a proyectos de software, en especial en las tareas de asignación del Jefe de Proyecto y de asignación / reasignación del equipo.

En la elaboración de TEAMSOF⁺ se empleó RUP como proceso de desarrollo, y UML, como lenguaje de modelado. La herramienta constituye una aplicación Web, desarrollada en Java e implementada en base a una arquitectura guiada por modelos, lo que contribuye a mejorar la productividad, la interoperabilidad, la reutilización y la calidad del código generado, facilitando el desarrollo de versiones futuras.

TEAMSOF^T sustenta el modelo propuesto y sus variantes de implementación, así como algunos de los posibles métodos y algoritmos para su solución, a través de una interfaz amigable y flexible.

Como se observa en la Figura 7, existen cuatro actores fundamentales (en función de los perfiles de usuario identificados) que como *Usuarios* del sistema deben Autenticarse y pueden Cambiar la contraseña. Estos son:

- *El Especialista de Recursos Humanos: encargado de Gestionar los Trabajadores* (entiéndase los procesos de alta, baja y modificación del trabajador) lo que incluye tareas claves como: el registro y actualización de las competencias (tanto técnicas como genéricas), de las características psicológicas y de los intereses personales y organizacionales (plan de carrera) en cuanto al desempeño de roles se refiere. Adicionalmente, es el encargado de gestionar las competencias que resultan significativas para la organización, así como los indicadores de los trabajadores como pueden ser: la provincia, la carrera, el centro de formación y la entidad laboral. Como *Gestor de Recursos Humanos*, al igual que el *Jefe de Desarrollo de la Organización* y el *Jefe de Proyecto* (quienes actúan como *Decisores*) puede solicitar reportes que permitan valorar y tomar decisiones en cuanto a la Capacitación del Personal.
- *El Trabajador del Proyecto*: persona que al estar vinculada a algún proyecto (ya sea en ejecución o concluido) tiene derecho a consultar el avance, los estándares definidos, su agenda de trabajo, su evaluación y su plan de carrera.
- *El Jefe de Desarrollo de la Organización*: encargado de Gestionar los estándares del proyecto, Gestionar los roles, Gestionar el Proyecto (que implica registro, modificación y eliminación), Cerrar el proyecto (que implica la evaluación del Jefe de Proyecto),

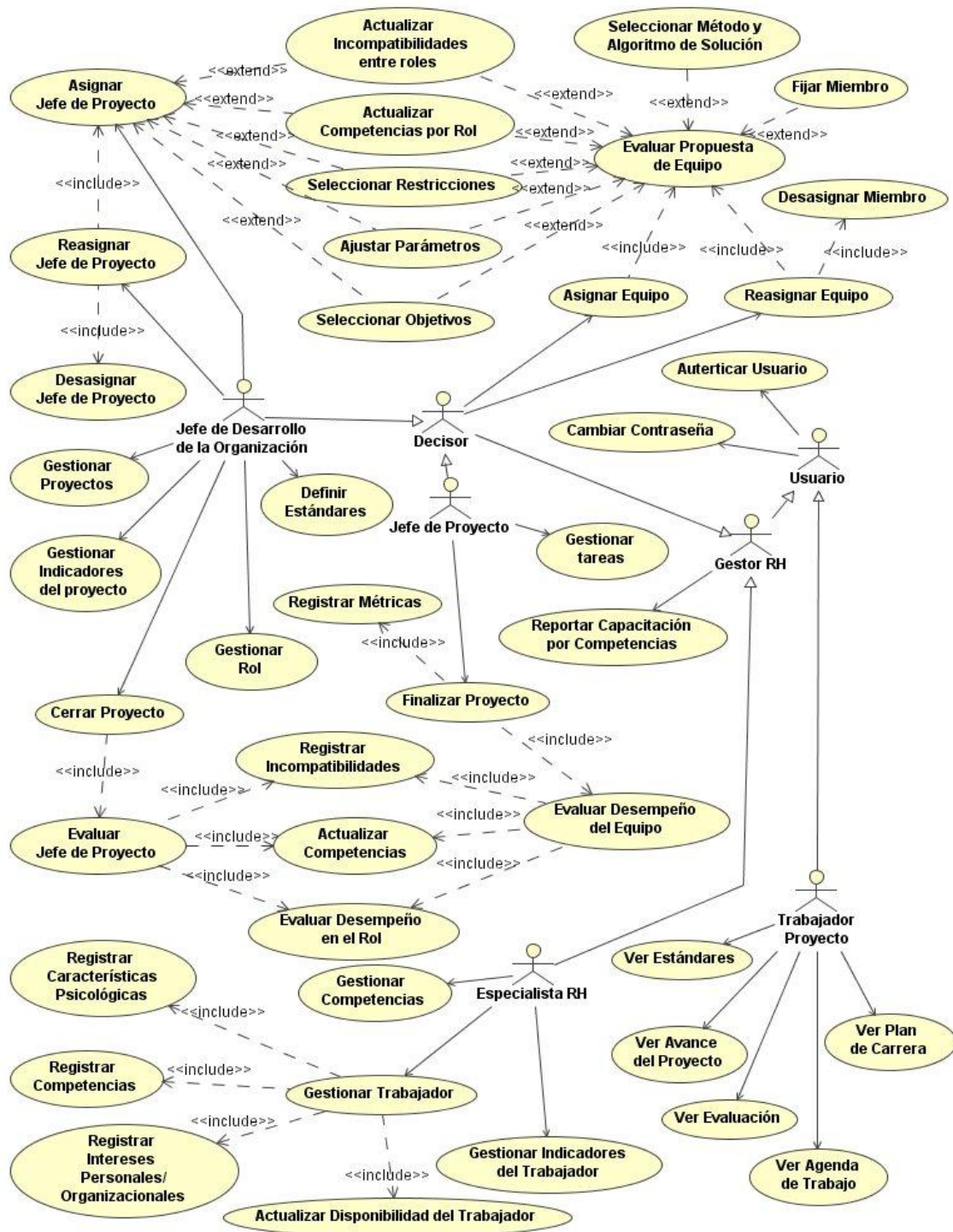


Figura 7: Diagrama de Caso de Uso del Sistema

Gestionar los indicadores asociados al proyecto, tales como: categoría, tipo, dominio, complejidad, importancia, y otros, y de Asignar / Desasignar a los Jefes de Proyecto.

- El *Jefe de Proyecto*: encargado de Gestionar las tareas y Finalizar el proyecto lo que incluye: registro de métricas y evaluación de los miembros del equipo para lo cual, al igual que en el caso de la evaluación del Jefe de Proyecto, es preciso registrar las incompatibilidades con el resto del equipo, evaluar el desempeño en el rol y actualizar el nivel en cada una de las competencias que posee.

El *Jefe de Desarrollo de la Organización* y el *Jefe de Proyecto*, como *Decisores*, pueden Asignar y Reasignar el equipo de proyecto. Previo a la reasignación es preciso desasignar el miembro o los miembros requeridos, indicando debidamente las causas que conllevaron a esta decisión, con vistas a evitar que el personal vuelva a ser considerado para formar el nuevo equipo.

Resulta importante señalar que la herramienta, como establece PMBOK, estructura el proceso de asignación en dos etapas: asignación del Jefe de proyecto y asignación del equipo. En ambas etapas la herramienta permite que el decisor seleccione los objetivos y las restricciones que desea considerar, aunque propone una selección por defecto, en función de los criterios emitidos por los expertos. Como se observa en la Figura 8, en la asignación del equipo los objetivos seleccionados por defecto son: maximizar competencias, balancear carga de trabajo y minimizar incompatibilidades. Asimismo, la interfaz de la herramienta está diseñada de manera que permite seleccionar el método de solución a utilizar, en tanto es posible decidir si se desea ponderar los factores, priorizar los factores o asignarle igual prioridad a todos los factores. En esta versión de la herramienta sólo se implementó el método de factores ponderados. El decisor tiene además la posibilidad de seleccionar el algoritmo de solución a utilizar, hecho que se materializa al escoger una “vía” de solución.

Figura 8: Pantalla para la Asignación del equipo

Para la asignación del Jefe de Proyecto, en función de los objetivos seleccionados, se evalúa la función de costo para cada individuo, de manera que cumpla con todas las restricciones seleccionadas. Como se observa en la Figura 9, en la versión actual de la herramienta los valores de la función de costo se listan descendientemente, de modo tal que el decisor puede seleccionar al empleado que considera más adecuado para ser asignado como Jefe de Proyecto.

Una vez que se asigna al Jefe de Proyecto, es preciso asignar el resto de los miembros del equipo. La herramienta brinda la posibilidad de evaluar varias propuestas de equipos antes de asignar aquel que se considere conveniente. Para la evaluación de una propuesta el decisor puede, además de seleccionar los objetivos, las restricciones, el método y el algoritmo de solución, asignar personas a roles, variar el nivel mínimo requerido y la importancia de las competencias para el desempeño de un rol, actualizar la incompatibilidad entre roles y ajustar algunos parámetros del modelo como los pesos.

TEAMSOFT⁺

INDICADORES • RECURSOS HUMANOS • PROYECTOS • SERVICIOS

¿Dónde está? Proyecto > Trabaja en el proyecto > Trabajo con el proyecto > Asignar Jefe de Proyecto

ASIGNAR JEFE DE PROYECTO

Proyecto: Proyecto
Complejidad: Alta
Importancia: Alta
Calendario: Apretado
Cliente: EXCELENTE

Roles incompatibles con el Jefe de Proyecto

| Seleccionar | Rol |
|--------------------------|-------------|
| <input type="checkbox"/> | Probador |
| <input type="checkbox"/> | Programador |

Jefe de Proyecto

| | Nivel |
|---|--------|
| <input checked="" type="radio"/> N1 PA1 SA1 | 0.4601 |
| <input type="radio"/> N3 PA13 SA13 | 0.4601 |
| <input type="radio"/> N4 PA14 SA14 | 0.4601 |
| <input type="radio"/> N7 PA17 SA17 | 0.4601 |
| <input type="radio"/> N8 PA18 SA18 | 0.4601 |
| <input type="radio"/> N9 PA23 SA23 | 0.4601 |
| <input type="radio"/> N32 PA32 SA32 | 0.4601 |

Factores a considerar en la asignación

Para su solución considerar:

- ☐ Dar igual prioridad a todos los factores
- ☐ Dar a los factores diferentes prioridades
- ☒ Ponderar los factores

Se desea:

- ☒ Maximizar las competencias
- ☒ Balancear la Carga de Trabajo
- ☐ Minimizar el Costo

Prioridad / Peso: 0.54 0.46

Características Psicológicas:

- ☐ Tomar en cuenta los roles de equipo de Belbin
- ☐ Tener preferencias por los roles impulsor y/o Coordinador
- ☐ Tomar en cuenta el tipo psicológico de Myers-Briggs
- ☐ Ser extrovertido y planificado (subtipo E...J)

Obtener propuesta Asignar

TeamSoft. Todos los derechos reservados 2009

Figura 9: Pantalla para la Asignación del Jefe de Proyecto

Como se observa en las Figuras 8 y 9, la interfaz de la herramienta se encuentra diseñada de manera que resulta fácil para los decisores interactuar con el sistema, aún sin ser conocedores de la temática de Investigación de Operaciones y de no dominar el modelo propuesto, y los métodos y algoritmos de solución que subyacen.

Finalmente, resulta importante resaltar que el hecho de que la flexibilidad de la herramienta le permita al decisor seleccionar los objetivos y las restricciones a considerar en el proceso de asignación, posibilita manejar la complejidad del modelo y por lo tanto, facilita su aplicación en función de las condiciones reales de la organización que lo utiliza. Por ejemplo, como se observa en la Figura 9, el decisor tiene la posibilidad de considerar o no los patrones de liderazgo, asociados a las características psicológicas, en la asignación del Jefe de Proyecto.

3.2 Métodos y algoritmos de solución implementados en la herramienta

A continuación se describen brevemente los algoritmos y el método de solución implementado con el propósito de demostrar la aplicabilidad del modelo propuesto.

3.2.1 Algoritmos de solución

Dado que el modelo propuesto corresponde a un problema combinatorio, cuya solución resulta costosa en cuanto a tiempo de ejecución se refiere, se decide implementar un conjunto de algoritmos heurísticos, tomando en cuenta que aunque estos algoritmos no garantizan la optimalidad de la solución ofrecen en un tiempo razonable de ejecución una “buena solución” al problema planteado [154, 155].

Antes de describir los algoritmos implementados en la herramienta, resulta necesario precisar que este trabajo no tiene como propósito realizar un análisis de cuáles resultan ser los algoritmos que ofrecen un mejor desempeño en la solución del modelo propuesto ni

pretende calibrar los parámetros de los algoritmos utilizados. Simplemente, se implementaron un conjunto de algoritmos con el objetivo de mostrar que a pesar que el modelo propuesto es complejo, resulta posible de aplicar.

No obstante la precisión anterior, a continuación se exponen algunas consideraciones que se tuvieron en cuenta en la selección de los algoritmos de solución implementados.

- Entre las metaheurísticas utilizadas para resolver problemas de asignación se encuentran [154, 156, 157]: el procedimiento de búsqueda aleatorio, adaptativo y avaricioso (GRASP), el recocido simulado, la búsqueda Tabú y los algoritmos genéticos.
- Como se plantea en el Teorema NFL (No Free Lunch Theorem for Search) [158], no existe un método que sea absolutamente mejor que otro cuando se comparan en todas las funciones posibles. Aún, fijando una función a optimizar para un tipo de problema, un método puede ser más eficiente que otro dependiendo de la dimensionalidad de las instancias a resolver y del recurso a optimizar (calidad de la solución o tiempo de ejecución).
- Los métodos heurísticos tienen sus ventajas y debilidades. Por esta razón es frecuente encontrar la utilización de híbridos, buscando aprovechar las fortalezas de cada uno.

Los algoritmos implementados fueron: Escalador de Colinas de Mejor Ascenso con Reinicio (ECMAR), Recocido Simulado (RS), Búsqueda Tabú (BT) e híbridos como: GRASP y Escalador de Colinas de Mejor Ascenso (GRASP+ECMA), GRASP y Recocido Simulado (GRASP+RS), y GRASP con Tabú (GRASP+BT). Todos los algoritmos implementados caen en la clasificación de métodos de búsqueda basados en un punto. En

esta primera versión de la herramienta, dada la complejidad del problema a resolver, se decidió trabajar con algoritmos no poblacionales.

A continuación se realiza una breve descripción de los algoritmos implementados.

El **Escalador de Colinas de Mejor Ascenso** sustituye la exploración exhaustiva de la vecindad, que realiza el Escalador de Colinas Clásico, por una exploración de una parte aleatoria de ésta [159]. Se escoge el mejor de los puntos revisados y se asume como solución candidata. La búsqueda se detiene después de varias iteraciones sin cambiar la solución actual.

Los Escaladores de Colinas son métodos muy sencillos. Su limitación esencial es la propiedad de converger al óptimo local más cercano. En este sentido, existen diferentes variantes del algoritmo que implementan estrategias con el propósito de escapar de los óptimos locales. El **Escalador de Colinas de Mejor Ascenso con Reinicio**, por ejemplo, funciona como una repetición del ECMA. Sin embargo, comienza la búsqueda en un punto distinto cada vez que se comprueba que se ha detenido (debido a la convergencia a un óptimo local o después de un número fijo de evaluaciones).

GRASP es también un método multiarranque y sigue la premisa de que soluciones iniciales diversas y de buena calidad juegan un papel importante en el éxito de los métodos locales de búsqueda [160]. Cada iteración del método consiste de dos fases: constructiva (cuyo producto es una solución factible buena, aunque no necesariamente un óptimo local), y una búsqueda local (donde se examinan vecindades de la solución, al llegar a un óptimo local la iteración termina). Las iteraciones continúan, guardando la mejor solución encontrada hasta el momento, hasta que se alcanza un criterio de terminación [160]. Acorde a su nombre, el proceso constructivo tiene tres características: avaricioso, adaptativo y aleatorio.

GRASP resulta fácil de implementar, tiene pocos parámetros, genera buenas soluciones iniciales y se puede hibridar con facilidad.

El **Recocido Simulado** [161] debe su nombre a la analogía con el proceso físico de recocido de metales. El algoritmo elige elementos de una vecindad de modo aleatorio, acepta automáticamente todos los movimientos hacia una mejor solución, y acepta los movimientos a una solución peor de acuerdo con una probabilidad [162, 163]:

$$P = e^{(F(\text{Solución Actual}) - F(\text{Solución Candidata})) / \text{Temperatura}}$$

La decisión de aceptar una nueva solución dependerá de que el valor de probabilidad aleatorio generado sea menor que P.

La temperatura es un parámetro que va disminuyendo según el mecanismo de enfriamiento utilizado. Cuando la temperatura se hace muy pequeña, prácticamente no se permiten movimientos a peores soluciones.

Dentro de sus fortalezas se destaca el hecho de implementar una estrategia para escapar de los óptimos locales. Sin embargo, la cantidad de parámetros que incluye representa una debilidad.

La **Búsqueda Tabú** [164] acepta en cada iteración la mejor solución “no tabú” de la vecindad actual, con independencia de que sea mejor o peor que la solución actual [163].

La solución visitada o los atributos de ésta son almacenados en una lista llamada Tabú por un determinado número de iteraciones para evitar que estas soluciones sean revisitadas.

Así, una solución vecina de la actual es declarada Tabú (es decir, prohibida) si ella o alguno de sus atributos (según se establezca) está en la Lista Tabú.

El método Tabú ha sido utilizado en la solución de distintos problemas de asignación [165-169]. Dentro de sus fortalezas se destaca el hecho de aceptar soluciones peores como estrategia para escapar de los óptimos locales, haciendo uso de la memoria.

Como se puede observar, algunos de los algoritmos implementados constituyen híbridos los cuales pretenden aprovechar las fortalezas de GRASP. La implementación de GRASP+RS tiene como propósito otorgarle al RS la posibilidad de partir en cada ejecución de una solución buena y de una temperatura inicial que no sea alta con vistas a no destruir la solución construida. Asimismo, el híbrido con el ECMA y el híbrido con la BT intentan otorgarle a cada uno de estos algoritmos la capacidad de partir de una solución inicial de “buena” calidad en cada ejecución.

3.2.2 Métodos de solución de problemas de optimización multiobjetivo

En los problemas de optimización con múltiples objetivos, como es el caso de la ARHEPS, existen diversas maneras de representar las preferencias del decisor [170, 171]. Una variante, con vistas a simplificar la solución, es tratarlo como mono-objetivo seleccionando sólo una de las funciones originales y manejando las restantes como restricciones [170]. El principal inconveniente de esta variante es la falta de realismo. Otras variantes son: asociar una ponderación a cada objetivo, jerarquizar los objetivos y considerar varios objetivos de manera simultánea. Entre estos métodos están [170]: método estándar global, método e-restricciones, combinación lineal de pesos (método de los factores ponderados) y método lexicográfico.

Como se expuso anteriormente, en la versión actual de la herramienta sólo se encuentra implementado el método de factores ponderados. En versiones futuras se deben implementar otros métodos que permitan jerarquizar los objetivos como el método

lexicográfico, y considerar varios objetivos de manera simultánea e independiente, de modo que se aborde el problema desde un enfoque multiobjetivo puro. Estas opciones permiten que los directivos estén en condiciones de evaluar mayor diversidad de soluciones en función de las características del proyecto.

El método de los factores ponderados obtiene una solución factible que maximice la suma

ponderada de todos los objetivos $\max \sum_{i=1}^q w_i Z'_i$, sujeto a las restricciones originales, donde:

$Z'_i(x)$ función objetivo i normalizada.

$$\text{Tal que: } Z'_i = \frac{Z_i(x) - Z_i^{\min}}{Z_i^{\max} - Z_i^{\min}}$$

w_i : peso de importancia relativa del *objetivo* i

$$\text{Tal que: } \sum_{i=1}^q w_i = 1$$

Este método resulta muy utilizado aunque presenta algunos inconvenientes. El hecho de darle valores numéricos a los pesos w_i implica que el decisor debe definirlos al inicio del proceso, en muchas ocasiones sin una fundamentación para ello. Además, para diferentes combinaciones de pesos, puede obtenerse la misma solución.

La herramienta TEAMSOF⁺ propone valores de peso por defecto, aunque ofrece al decisor la posibilidad de cambiarlos (ver Figura 8). Para calcular estos valores, se tomó en cuenta la correspondencia entre los objetivos considerados en los modelos y los factores por los que votaron los expertos (Tabla 1 del Anexo 6).

Resulta importante aclarar que el hecho de implementar el método de los factores ponderados como técnica para establecer las preferencias del decisor a la hora de solucionar el modelo considerando múltiples objetivos, no significa que la autora considere que es el

mejor método a utilizar. En próximas versiones de la herramienta se prevén implementar algoritmos para dar solución al modelo bajo el enfoque multiobjetivo puro [170, 172].

3.3 Aplicación de la herramienta TEAMSOF⁺ en la solución de casos de prueba

Con el propósito de validar la aplicabilidad del modelo propuesto se generaron casos de prueba. En esta tarea se trabajó de conjunto con especialistas de recursos humanos de la empresa DESOFT.

Los casos de prueba se enmarcan en dos escenarios diferentes:

- Escenario 1: una organización formada por 60 trabajadores donde el equipo de proyecto debe cubrir 6 roles.
- Escenario 2: una organización formada por 500 trabajadores donde el equipo de proyecto debe cubrir 10 roles. Este escenario se corresponde con organizaciones grandes como la empresa DESOFT y la UCI.

En el primer escenario, dado que $n=60$ y $m=5$ (considerando que sólo se deben cubrir 5 de los 6 roles pues el Jefe de Proyecto se mantiene fijo al evaluar la asignación del equipo), el espacio de soluciones es del orden de 10^8 , en un intervalo que va desde $6.55 \cdot 10^8$ (cuando las restricciones imponen que cada empleado sólo puede desempeñar uno de los m roles a cubrir, la cantidad de permutaciones sin repetición se calcula como $P_{SR}(n,m) = n!/(n-m)!$) hasta $7.77 \cdot 10^8$ (cuando un mismo empleado puede desempeñar los m roles, la cantidad de permutaciones con repetición se determina como $P_R(n,m) = n^m$). Asimismo, en el segundo escenario el espacio de soluciones es del orden de 10^{24} .

Para cada escenario se generó un juego de datos con toda la información relacionada con la cantidad de trabajadores establecida. Esto incluyó:

- Para cada trabajador, los datos que corresponden con su caracterización general: nombre y apellidos, organización en que labora, intereses (roles que prefiere desempeñar), formación académica (carrera, centro de formación, año de graduación), características psicológicas (resultados de Belbin, Myers-Briggs y 16PF), el nivel real en cada competencia que posee.
- Para cada rol definido por la organización, las competencias genéricas y los tipos de competencias técnicas requeridas, su importancia y el nivel mínimo requerido.
- Para cada proyecto en ejecución y concluido, el equipo de desarrollo y la evaluación de cada miembro, información que permite determinar la experiencia de cada persona y la carga de trabajo actual.

Además, se registró la información del nuevo proyecto: roles requeridos, carga de cada rol en el proyecto, roles incompatibles, nivel mínimo e importancia de cada competencia en el desempeño de cada rol establecido.

Para cada escenario se realizaron 20 corridas de cada uno de los algoritmos implementados considerando que el decisor seleccionó:

- Caso 1: sólo una función objetivo: maximizar las competencias del personal.
- Caso 2: las tres funciones objetivos que recibieron las mayores votaciones: maximizar las competencias del personal, minimizar la carga de trabajo y minimizar las incompatibilidades.

Las corridas realizadas en cada escenario se realizaron con un solo juego de datos.

Las condiciones relacionadas con el ambiente experimental (computacional), fueron las siguientes:

- Los algoritmos fueron implementados en Java bajo el ambiente de desarrollo Eclipse 3.3, compilados con el JDK 1.5.0.
- Las corridas fueron ejecutadas en un AMD X2 Dual Core con 1.70 GHz y 2 Gb de RAM.

La estructura de vecindad utilizada fue la misma para todos los algoritmos, y consiste en sustituir un trabajador k por otro k' en el desempeño de un rol. El trabajador k' puede ser asignado a dicho rol, esté o no asignado a otro rol, siempre que se cumplan las restricciones. En función del número de evaluaciones de la función objetivo (20000 y 45000) y de los experimentos realizados se le asignaron a los parámetros de los algoritmos los valores que se muestran en la Tabla 9.

El número de iteraciones Tabú varía debido a la cantidad de vecinos que se generan en cada escenario en función del operador aplicado.

Las Tablas 10 y 11 muestran un resumen de los resultados obtenidos al ejecutar las 20 corridas de cada uno de los algoritmos implementados en el Escenario 1 en función de los dos casos. Asimismo, en las Tablas 12 y 13 se resumen los resultados obtenidos en el Escenario 2 para los dos casos. Los indicadores evaluados fueron los siguientes:

- $f(X_{o \text{ mejor}})$, $f(X_{o \text{ prom}})$: Evaluación de la función en la mejor solución inicial y en la solución inicial promedio, respectivamente.
- $f(X_{f \text{ mejor}})$, $f(X_{f \text{ prom}})$: Evaluación de la función en la mejor solución final y en la solución final promedio, respectivamente.
- t_{\min} , t_{\max} , t_{prom} : tiempo mínimo, tiempo máximo y tiempo promedio, respectivamente.

NE se corresponde con el número de evaluaciones realizadas.

Tabla 9: Valor asignado a cada parámetro de los algoritmos implementados

| Algoritmo Parámetro | Número de evaluaciones | | | |
|---|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 20000 | | 45000 | |
| | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 1 | Escenario 2 |
| Algoritmo: Recocido Simulado Temperatura inicial: 2 Mecanismo de enfriamiento: esquema Cauchy ($T_k = T_0 / (1 + k)$) donde: k es el número de la iteración | | | | |
| Cantidad de veces que cambia la temperatura | 40 | | 50 | |
| Cantidad de iteraciones por cada temperatura | 500 | | 900 | |
| Algoritmo: Búsqueda Tabú Tamaño de la Lista Tabú: 10 | | | | |
| Cantidad de iteraciones | 64 | 4 | 153 | 10 |
| Algoritmo: Escalador de Colinas de Mejor Ascenso con Reinicio | | | | |
| Cantidad de veces que se reinicia | 20 | | 20 | |
| Cantidad de iteraciones | 20 | | 25 | |
| Cantidad de vecinos generados | 50 | | 90 | |
| Algoritmo: GRASP con Recocido Simulado Temperatura inicial: 0.4 Mecanismo de enfriamiento: esquema Cauchy | | | | |
| Cantidad de iteraciones | 10 | | 10 | |
| Cantidad de veces que cambia la temperatura | 40 | | 45 | |
| Cantidad de iteraciones por cada temperatura | 50 | | 100 | |
| Algoritmo: GRASP con Escalador de Colinas con Mejor Ascenso | | | | |
| Cantidad de iteraciones GRASP | 10 | | 10 | |
| Cantidad de iteraciones del ECMS | 40 | | 45 | |
| Cantidad de vecinos generados | 50 | | 100 | |
| Algoritmo: GRASP con Tabú | | | | |
| Cantidad de iteraciones GRASP | 4 | 17 | 5 | 5 |
| Cantidad de iteraciones Tabú | 2 | 2 | 31 | 2 |

Como se puede observar, en el Escenario 1, el hecho de duplicar la cantidad de evaluaciones no implicó una mejora significativa en la calidad de las soluciones finales que se obtienen como promedio para la mayoría de los algoritmos. Además, el tiempo promedio de ejecución de los algoritmos en ambos casos se puede considerar aceptable, tomando en consideración las características del problema que se resuelve

Tabla 10: Resultados obtenidos en el Escenario 1– Caso 1

| Algoritmo | NE | $f(X_0 \text{ mejor})$ | $F(X_0 \text{ prom})$ | $f(X_f \text{ mejor})$ | $f(X_f \text{ prom})$ | t_{\min} (s) | t_{\max} (s) | t_{prom} (s) |
|----------------|-------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| RS | 45000 | 0.7317 | 0.6754 | 0.8127 | 0.8105 | 6.063 | 8.205 | 6.949 |
| | 20000 | 0.7548 | 0.6745 | 0.8127 | 0.8060 | 1.222 | 4.111 | 2.218 |
| ECMAR | 45000 | 0.8050 | 0.6841 | 0.8127 | 0.8127 | 6.367 | 12.022 | 7.415 |
| | 20000 | 0.7892 | 0.6787 | 0.8127 | 0.8127 | 1.435 | 3.891 | 2.464 |
| BT | 45000 | 0.7795 | 0.6920 | 0.8127 | 0.8036 | 5.664 | 7.881 | 6.525 |
| | 20000 | 0.7387 | 0.6787 | 0.8127 | 0.8035 | 1.107 | 3.252 | 1.870 |
| GRASP+ RS | 45000 | 0.7909 | 0.7907 | 0.8127 | 0.8127 | 6.958 | 11.134 | 8.155 |
| | 20000 | 0.7905 | 0.7907 | 0.8127 | 0.8123 | 1.544 | 4.438 | 2.510 |
| GRASP+ ECMA | 45000 | 0.7909 | 0.7907 | 0.7909 | 0.7909 | 6.691 | 8.261 | 7.296 |
| | 20000 | 0.7909 | 0.7907 | 0.7909 | 0.7909 | 1.494 | 4.397 | 2.582 |
| GRASP+ BT | 45000 | 0.7909 | 0.7907 | 0.7909 | 0.7909 | 6.357 | 9.334 | 7.312 |
| | 20000 | 0.7909 | 0.7907 | 0.7909 | 0.7909 | 1.367 | 4.080 | 2.350 |

Tabla 11: Resultados obtenidos en el Escenario 1 – Caso 2

| Algoritmo | NE | $f(X_0 \text{ mejor})$ | $f(X_0 \text{ prom})$ | $f(X_f \text{ mejor})$ | $f(X_f \text{ prom})$ | t_{\min} (s) | t_{\max} (s) | t_{prom} (s) |
|----------------|-------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| RS | 45000 | 0.8856 | 0.8632 | 0.9194 | 0.9172 | 6.134 | 10.307 | 7.777 |
| | 20000 | 0.8980 | 0.8707 | 0.9194 | 0.9149 | 3.329 | 4.738 | 3.824 |
| ECMAR | 45000 | 0.9112 | 0.8706 | 0.9194 | 0.9194 | 6.290 | 8.813 | 7.414 |
| | 20000 | 0.9097 | 0.8722 | 0.9194 | 0.9194 | 4.011 | 6.138 | 4.517 |
| BT | 45000 | 0.9010 | 0.8730 | 0.9194 | 0.9190 | 5.374 | 8.447 | 6.373 |
| | 20000 | 0.8926 | 0.8724 | 0.9194 | 0.9179 | 2.707 | 4.604 | 3.311 |
| GRASP+ RS | 45000 | 0.9116 | 0.9116 | 0.9194 | 0.9191 | 7.179 | 17.224 | 8.586 |
| | 20000 | 0.9116 | 0.9116 | 0.9194 | 0.9173 | 4.047 | 7.158 | 4.956 |
| GRASP+ ECMA | 45000 | 0.9116 | 0.9116 | 0.9194 | 0.9194 | 6.619 | 8.924 | 7.583 |
| | 20000 | 0.9116 | 0.9116 | 0.9194 | 0.9194 | 4.142 | 6.772 | 4.716 |
| GRASP+ BT | 45000 | 0.9116 | 0.9116 | 0.9194 | 0.9194 | 6.344 | 9.047 | 7.431 |
| | 20000 | 0.9116 | 0.9116 | 0.9194 | 0.9194 | 3.553 | 5.504 | 4.233 |

El uso de la herramienta para asignar el equipo requerido en cada escenario permite valorar su desempeño en situaciones similares a las que se presentan en organizaciones medianas y grandes. Los resultados obtenidos permiten concluir que el modelo propuesto resulta posible de aplicar y que los algoritmos implementados ofrecen soluciones en tiempos de respuesta que pueden ser considerados como aceptables (inferior a tres minutos en el peor

Tabla 12: Resultados obtenidos en el Escenario 2 - Caso 1

| Algoritmo | NE | $f(X_0)$ mejor) | $f(X_0)$ prom) | $f(X_f)$ mejor) | $f(X_f)$ prom) | t_{\min} (s) | t_{\max} (s) | t_{prom} (s) |
|----------------|-------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| RS | 45000 | 0.7734 | 0.6762 | 0.9354 | 0.9047 | 24.212 | 40.086 | 31.674 |
| | 20000 | 0.7531 | 0.6608 | 0.9084 | 0.8913 | 7.665 | 18.744 | 16.857 |
| ECMAR | 45000 | 0.8431 | 0.6885 | 0.9722 | 0.9678 | 20.565 | 34.649 | 24.741 |
| | 20000 | 0.8431 | 0.6885 | 0.9692 | 0.9581 | 7.759 | 17.914 | 16.458 |
| BT | 45000 | 0.7988 | 0.6837 | 0.9728 | 0.9726 | 18.551 | 32.913 | 22.129 |
| | 20000 | 0.7786 | 0.6666 | 0.9728 | 0.9728 | 46.669 | 82.113 | 103.995 |
| GRASP+ RS | 45000 | 0.9673 | 0.9491 | 0.9673 | 0.9576 | 29.275 | 40.647 | 34.051 |
| | 20000 | 0.9655 | 0.9485 | 0.9655 | 0.9579 | 15.017 | 29.297 | 26.050 |
| GRASP+ ECMA | 45000 | 0.9630 | 0.9482 | 0.9728 | 0.9725 | 28.018 | 48.038 | 33.785 |
| | 20000 | 0.9606 | 0.9468 | 0.9728 | 0.9713 | 11.926 | 30.929 | 25.261 |
| GRASP+ BT | 45000 | 0.9641 | 0.9483 | 0.9702 | 0.9655 | 23.179 | 35.635 | 26.769 |
| | 20000 | 0.9618 | 0.9476 | 0.9673 | 0.9607 | 15.384 | 21.154 | 17.282 |

Tabla 13: Resultados obtenidos en el Escenario 2 - Caso 2

| Algoritmo | NE | $f(X_0)$ mejor) | $f(X_0)$ prom) | $f(X_f)$ mejor) | $f(X_f)$ prom) | t_{\min} (s) | t_{\max} (s) | t_{prom} (s) |
|----------------|-------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| RS | 45000 | 0.8987 | 0.8762 | 0.9654 | 0.9560 | 36.307 | 74.935 | 68.995 |
| | 20000 | 0.9371 | 0.8836 | 0.9671 | 0.9515 | 17.593 | 31.370 | 23.350 |
| ECMAR | 45000 | 0.9290 | 0.8777 | 0.9856 | 0.9839 | 24.107 | 29.979 | 25.051 |
| | 20000 | 0.9371 | 0.8794 | 0.9823 | 0.9796 | 18.332 | 28.236 | 24.558 |
| BT | 45000 | 0.9125 | 0.8766 | 0.9867 | 0.9867 | 22.143 | 36.963 | 23.307 |
| | 20000 | 0.9182 | 0.8899 | 0.9592 | 0.9448 | 15.307 | 24.760 | 21.112 |
| GRASP+ RS | 45000 | 0.9825 | 0.9764 | 0.9825 | 0.9801 | 28.748 | 44.239 | 36.274 |
| | 20000 | 0.9818 | 0.9761 | 0.9818 | 0.9797 | 26.991 | 41.308 | 35.600 |
| GRASP+ ECMA | 45000 | 0.9830 | 0.9762 | 0.9867 | 0.9864 | 29.582 | 42.707 | 34.475 |
| | 20000 | 0.9833 | 0.9764 | 0.9866 | 0.9852 | 26.949 | 35.826 | 33.493 |
| GRASP+ BT | 45000 | 0.9815 | 0.9761 | 0.9859 | 0.9831 | 27.288 | 33.667 | 28.305 |
| | 20000 | 0.9816 | 0.9760 | 0.9848 | 0.9814 | 17.817 | 31.127 | 24.764 |

caso), en tanto permiten que los decisores puedan solicitar y evaluar varias propuestas de equipos antes de efectuar la asignación definitiva. Además, la aplicación de TEAMSOF⁺ muestra que el proceso de asignación basado en el modelo resulta más objetivo (se pueden tomar en cuenta varios factores) y transparente (es posible fundamentar las asignaciones realizadas con criterios objetivos).

3.4 Estrategia para la implementación del modelo propuesto

En este epígrafe se describe una estrategia que tiene como propósito crear las condiciones para implementar el modelo propuesto (ver Figura 10). La estrategia resulta especialmente útil en aquellas organizaciones calificadas como inmaduras, tomando en cuenta su nivel de gestión del personal. La aplicación de esta estrategia propicia que las organizaciones dispongan de los datos reales necesarios para realizar una validación total del modelo y para utilizar a plenitud la herramienta desarrollada como soporte en el proceso de asignación de personal a equipos de software.

La estrategia va dirigida a dos aspectos esenciales sobre los cuales es preciso trabajar de manera simultánea:

- 1- Crear las bases para gestionar los recursos humanos basado en el enfoque por competencias.
- 2- Desarrollar una disciplina personal y de trabajo en equipo que contribuya a que cada empleado se convierta en un miembro efectivo para cualquier equipo y que propicie contar con un registro actualizado del desarrollo de los proyectos y en especial, del desempeño de la fuerza de trabajo de la organización.

Los aspectos antes mencionados permiten comprender que la aplicación de esta estrategia no resulta una tarea fácil debido a que implica un cambio en la cultura organizacional.

A continuación se describe la estrategia a seguir en función de cada uno de los factores incorporados en el modelo propuesto.

Factor: Competencias de los empleados

Se proponen ejecutar dos pasos esenciales:

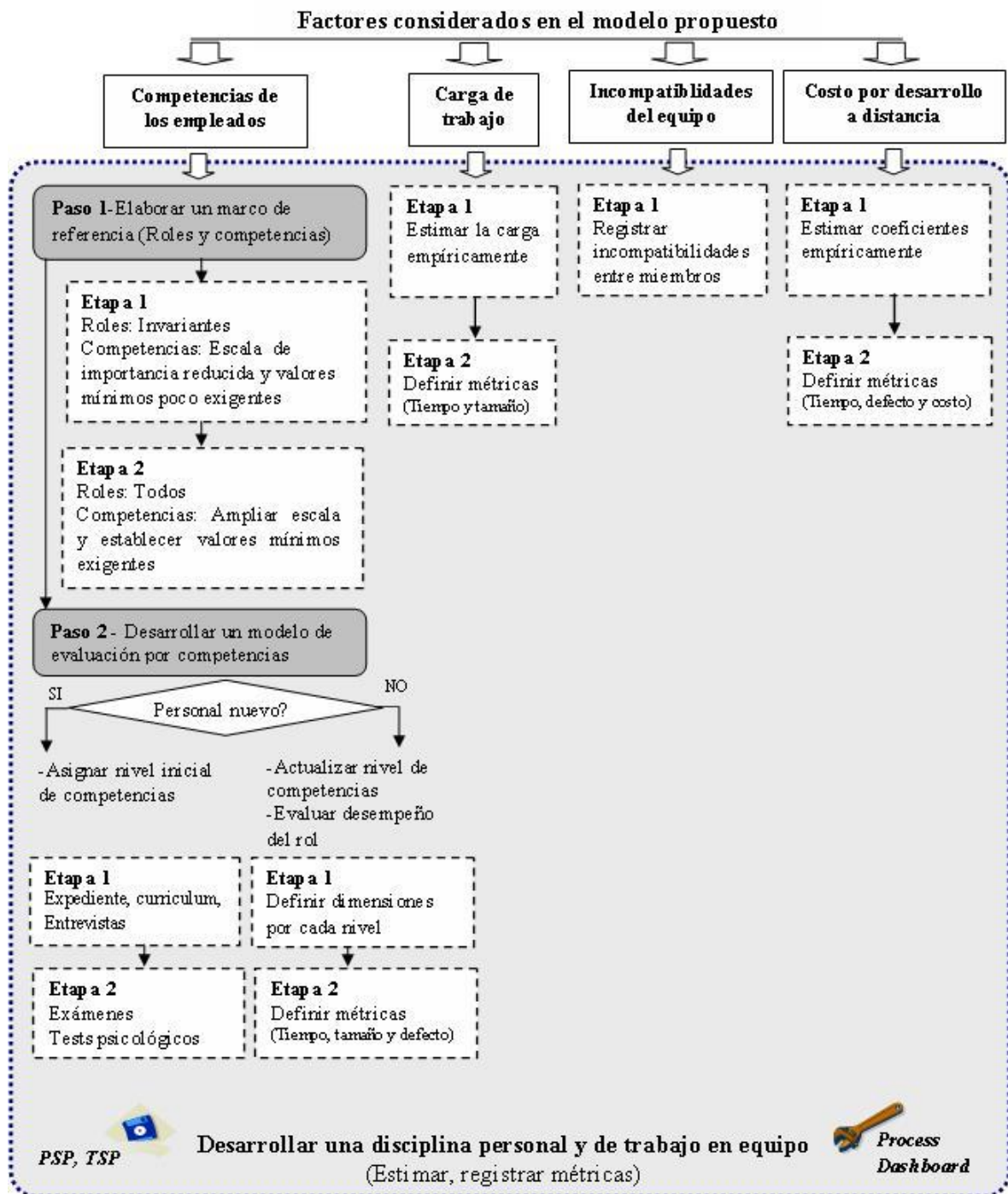


Figura 10: Esquema de la estrategia diseñada para implementar el modelo propuesto

Paso 1: Elaborar un marco de referencia donde se encuentren claramente definidos los roles y sus responsabilidades, así como las competencias requeridas para su adecuado

desempeño (esto implica precisar el nivel mínimo y la importancia de cada competencia para el desempeño de cada rol).

En una primera etapa, se recomienda definir un conjunto reducido de roles invariantes, utilizar valores mínimos de competencia poco exigentes y una escala reducida para la calificar la importancia de cada competencia en el desempeño de cada rol. Por lo tanto, la propuesta de roles invariantes y competencias que se ofrece como resultado de esta investigación, así como el método empleado en su elaboración y la escala utilizada para evaluar la importancia de cada competencia, puede servir de guía para enfrentar este paso.

En una segunda etapa, se recomienda definir todos los roles requeridos, utilizar valores mínimos de competencias más exigentes y ampliar la escala para definir la importancia de cada competencia para enfrentar cada rol.

Paso 2: Desarrollar un modelo de evaluación por competencia que le permita:

- Al responsable de recursos humanos, realizar una valoración inicial del nivel que poseen en cada competencia cada uno de los trabajadores que se incorporan a la organización.
- A los jefes de proyectos, actualizar el nivel que posee cada miembro del equipo en cada competencia y evaluar su desempeño en el proyecto en función del rol asignado.

El primer paso en el desarrollo del modelo a utilizar en los escenarios anteriores es establecer los niveles de competencias a considerar.

En el primer escenario se sugiere que los especialistas de recursos humanos apliquen diferentes técnicas [73]. En una primera etapa, se propone que analicen el curriculum y el expediente laboral del empleado, y realicen entrevistas donde participen psicólogos. En una segunda etapa, se propone aplicar baterías de pruebas, para evaluar competencias técnicas

esencialmente, y aplicar un modelo que permita evaluar las competencias genéricas a partir del uso de tests psicológicos, como el propuesto en [18].

Para el caso del segundo escenario en una primera etapa, se requiere definir por cada competencia, las dimensiones o conductas observables que caracterizan cada nivel de competencia establecido. La definición de estas dimensiones contribuye a que el proceso de evaluación se torne sistemático y homogéneo. En una segunda etapa, es necesario definir métricas de tiempo, tamaño y defecto (en los casos en que sea posible) que permitan realizar evaluaciones más objetivas.

El modelo a desarrollar debe permitir además que los jefes de proyectos evalúen el desempeño que tuvo cada miembro del equipo en el rol asignado para lo cual es necesario establecer una escala de evaluación. En una primera etapa, se requieren definir las dimensiones que caracterizan a cada elemento de la escala. Las dimensiones deben estar asociadas esencialmente a los niveles que deben poseer los empleados en cada una de las competencias que exige el rol. En una segunda etapa, las dimensiones deben estar asociadas esencialmente a métricas.

Sin embargo, para que el personal sea capaz de estimar, definir y registrar métricas es necesario desarrollar, de forma simultánea, una disciplina tanto personal como de trabajo en equipo. Para el desarrollo de esta disciplina se sugiere entrenar a directivos y empleados en la aplicación de modelos de mejora de procesos como PSP [83] y TSP [63], los cuales incorporan de manera gradual un conjunto de buenas prácticas para enfrentar el proceso de software.

Si se aplica la estrategia planteada es posible disponer de los datos necesarios para considerar las competencias de los empleados y la experiencia en el desempeño del rol como elementos a tomar en cuenta en el proceso de asignación.

Factor: Carga de trabajo

En una primera etapa, se sugiere definir la escala de carga y estimar empíricamente la carga de trabajo que exige cada rol en el proyecto. En una segunda etapa, se proponen definir métricas de tiempo y tamaño que propicien disponer de los datos necesarios para realizar una estimación más objetiva de la carga de trabajo.

Factor: Incompatibilidades del equipo

Para incorporar este factor es necesario que como parte del proceso de evaluación de desempeño, el Jefe de Proyecto registre las incompatibilidades a partir de detectar relaciones recíprocamente negativas entre los miembros del equipo.

Factor: Costo por desarrollar software a distancia

En una primera etapa, se propone asignar valores de forma empírica tanto al coeficiente de costo asociado con la distancia entre la localización del empleado y la localización del proyecto como al coeficiente que mide el impacto del desempeño de un rol a distancia. En el caso del último coeficiente se propone estimar su valor a partir de analizar el grado de dependencia funcional del rol. En una segunda etapa, se propone definir, para el primer coeficiente, métricas de costos asociadas al hospedaje, a la alimentación y al transporte, y para el segundo coeficiente, métricas de defectos asociadas al desarrollo a distancia y métricas de tiempo y costo asociadas a la comunicación que precisa el rol para ser desempeñado a distancia.

Con vistas a impulsar el desarrollo de la disciplina personal y de trabajo en equipo requerida se sugiere utilizar la herramienta Process Dashboard⁹, la cual facilita el registro de métricas de tiempo, tamaño, defecto y costo. Teamsoft⁺ tiene la posibilidad de integrarse con esta herramienta [27, 31]. Esta integración propicia que se cuente con las mediciones necesarias para asignar valores más objetivos a los coeficientes del modelo.

3.5 Conclusiones Parciales

Las principales conclusiones que se pueden extraer de este capítulo son:

- Se logró implementar una herramienta de soporte a la decisión, con el uso de tecnologías novedosas, que sustenta el modelo propuesto y sus variantes de implementación, así como algunos de los métodos y algoritmos para su solución.
- El uso de la herramienta en la solución de casos de prueba permitió mostrar que el modelo propuesto resulta posible de aplicar y que el proceso de asignación basado en el modelo resulta más objetivo y transparente.
- La flexibilidad de la herramienta facilita la aplicación del modelo en función de las condiciones reales de la organización que lo utiliza, en tanto le permite al decisor seleccionar los objetivos y las restricciones a considerar en el proceso de asignación.
- La herramienta facilita el desarrollo de estudios experimentales que permitan evaluar el desempeño de diferentes heurísticas en la solución del modelo propuesto.
- La estrategia de implementación elaborada propicia crear las condiciones para aplicar el modelo propuesto.

⁹ Herramienta de código abierto que automatiza las buenas prácticas que incorpora cada nivel del PSP.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Las conclusiones esenciales a las que se arriban, a partir de los resultados de esta tesis, son las siguientes:

- El uso del método Delphi como método de consulta a expertos de la industria cubana de software permitió:
 - Identificar los factores a tomar en cuenta en un modelo de asignación de personal a equipos de proyectos de software
 - Elaborar una propuesta de roles invariantes para enfrentar proyectos de software y de las competencias requeridas para su desempeño la cual sirve de guía a las organizaciones de software en la implementación de la gestión por competencias.
- La aplicación del método Delphi y el uso de tests psicológicos y herramientas de minería de datos permitió identificar un conjunto de patrones que contribuyen a la formación de equipos de proyectos de software.
- A partir de los resultados del proceso de gestión del conocimiento realizado y de la revisión del estado del arte en este campo, se elaboró un modelo formal para la asignación de recursos humanos a equipos de proyectos de software. El modelo propuesto:
 - Considera tanto factores que contribuyen a la asignación individual a los roles de proyecto (competencias, carga de trabajo, costo por lejanía, características psicológicas) como a la formación del equipo como un todo (balance entre roles e incompatibilidades entre los miembros y roles del equipo).

- Toma en cuenta los elementos que sugieren los estándares de gestión de proyectos analizados y logra integrar gran parte de los factores considerados en los modelos de asignación evaluados.
- Incorpora, como elementos originales, el costo de realizar desarrollos a distancia, las incompatibilidades entre los miembros del equipo, la posibilidad de balancear la carga de trabajo y un conjunto de restricciones que se corresponden con los patrones identificados (presencia y balance entre categorías de roles de equipo, liderazgo y creatividad).
- Se desarrolló una herramienta de soporte a la decisión que sustenta el modelo propuesto y sus variantes con la implementación de métodos y algoritmos para su solución. El uso de la herramienta en la solución de los casos de prueba permitió mostrar que el modelo propuesto resulta aplicable.
- La aplicación de la estrategia de implementación diseñada y la flexibilidad de la herramienta desarrollada facilitan la aplicación del modelo propuesto en función de las condiciones reales de las organizaciones.

Los resultados de esta tesis resultan valiosos para las organizaciones de software cubanas, en tanto crean las bases para impulsar la implementación de la gestión de recursos humanos basado en el enfoque por competencias.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones principales que se derivan de este trabajo son las siguientes:

- Aplicar la estrategia diseñada para la implementación del modelo propuesto en una organización de software cubana con vistas a contar con los datos necesarios para realizar una validación total del modelo propuesto.
- Incorporar al modelo el factor tiempo a través de la estructuración del proyecto en ciclos o iteraciones con el propósito de lograr un mejor aprovechamiento de los recursos humanos asignados.
- Implementar y evaluar otros métodos y algoritmos para dar solución al modelo planteado, e instrumentar mecanismos que permitan dar un tratamiento al tema de la factibilidad de las soluciones que se generan.
- Profundizar en el estudio de la influencia de los factores psicológicos con vistas a identificar otros patrones para la formación de equipos de software.
- Estudiar la posibilidad de manejar como dato fuzzy la información referente a la preferencia por el desempeño de roles e incluso la pertenencia a tipos psicológicos, así como el coeficiente competencia neta del empleado y las incompatibilidades entre los miembros del equipo, entre otros parámetros del modelo.
- Estudiar la posibilidad de abordar la asignación de personal a proyectos de software desde el enfoque de la simulación.
- Estudiar la posibilidad de elaborar una función de semejanza que ayude a determinar la experiencia de los empleados en proyectos similares al que se analiza.
- Continuar el estudio del modelo con vistas a proponer y evaluar otras funciones para determinar coeficientes como la experiencia en el desempeño del rol.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DeCarvalho, L.R., *Planejamento da alocação de recursos humanos em Ambientes de desenvolvimento de software orientados à Organização.*, Tese para a obtenção do grau de mestre em ciências em engenharia de sistemas e computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2003.
- [2] Pressman, R.S., *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, McGraw-Hill Science, 2004.
- [3] *The Standish Group*, 2009, [consultado: 04-2009] Disponible en: http://www1.standishgroup.com/newsroom/chaos_2009.php.
- [4] Charette, R.N., *Why software fails*, IEEE Spectrum. **42**(9): 42-49, 2005.
- [5] Neil, D., *Proyectos Informáticos: Fracazos y Lecciones Aprendidas*, Revista de Derecho y Tecnologías de la Información, (4): 1-11, 2006.
- [6] Ryan, R., *IT Project Management: Infamous Failures, Classics Mistakes, and Best Practices*, Mis Quarterly Executive. **6**(2): 67-78, 2007.
- [7] Beck, K., *Extreme Programming Explained. Embrace Change*, Addison-Wesley, Boston, 1999.
- [8] DeMarco, T. and T. Lister, *Peopleware: Productives Projects and Teams*. 2nd ed., Dorset House, New York, 1999.
- [9] Cockburn, A., *Characterizing People as Non-Linear, First-Order Components in Software Development*, in: 4th International Multi-Conference on Systems, Cybernetics and Informatics, Florida: 2000.
- [10] Boehm, B.W., et al., *Software Cost Estimation with COCOMO II*, Prentice Hall, New Jersey, 2000.

- [11] Constantine, L., *People Papers: The Notes on the Human Side of Software*, Prentice Hall, 2001.
- [12] Acuña, S.T. and N. Juristo, *Assigning people to roles in software projects*, *Software: Practice and Experience*. **34**(7): 675-696, 2004.
- [13] Gorla, N. and Y.W. Wah, *Who should work with whom?: building effective software project teams*, *Communications of the ACM*. **47**(6): 79-82, 2004.
- [14] IEEE, *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge-SEBOK Version 2004*, IEEE Computer Society, California, 2004.
- [15] Pyster, A.B. and R.H. Thayer, *Guest Editors' Introduction: Software Engineering Project Management 20 Years Later*, *IEEE Software*. **22**(5): 18-21, 2005.
- [16] Acuña, S.T., M. Gómez, and N. Juristo. *Empirical study of how personality, team processes and task characteristics relate to satisfaction and software quality?*, in: *ESEM 2008*, ACM: 291-293, 2008.
- [17] Wastell, D., *The Human Dimension of the Software Process*, in: *Software Process: Principles, Methodology and Technology*, A.K. J. Derniame, D. Wastell Editor Springer-Verlag. 165-199, 1999.
- [18] Acuña, S.T., *Capabilities-Oriented Integral Software Process Model*, Ph.D. Thesis, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2002.
- [19] Acuña, S.T., N. Juristo, and A.M. Moreno, *Emphasizing Human Capabilities in Software Development*, *IEEE Software*. **23**(2): 94-101, 2006.
- [20] Karn, J., *Empirical Software Engineering: Developer Behaviour and Preferences*, Department of Computer Science, Phd Thesis, University of Sheffield, UK, 2006.

- [21] André, M., M.G. Baldoquín, S.T. Acuña, and A. Rosete. *A formalized model for the assignment of human resources to software projects*, in: *XIV Latin Ibero-American Congress on Operations Research CLAIO 2008*, J. Amador, C. Paternita, J. Velázquez ed.: 115, Cartagena de Indias, Colombia, 2008.
- [22] Acuña, S.T. and M. Gómez, *Análisis de las capacidades humanas en el desarrollo de software*, in: *Fábricas de Software: Experiencias, tecnologías y organización*, M.G. Piattini and J. Garzás, Eds., Ra-Ma: España, 2007.
- [23] Curtis, B., W.E. Hefley, and S.A. Miller, *Capability Maturity Model (P-CMM), Version 2.0* Technical Report CMU/SEI-2001-MM-01, Software Engineering Institute, 2001.
- [24] Young, S.M., S. McDonald, H.M. Edwards, and J.B. Thompson. *Quality & People in the Development of Situationally Specific Methods*, in: *Second Asia-Pacific Conference on Quality Software (APAQS 01)*, IEEE Computer Society: 199-203, Hong-Kong 2001.
- [25] Chi, Y. and C. Chen, *Project teaming: Knowledge-intensive design for composing team members* Expert Systems with Applications. **36** (5): 9479-9487, 2009.
- [26] Ngo-The, A. and G. Ruhe, *A Systematic Approach for Solving the Wicked Problem of Software Release Planning*, Soft Computing. **12**(1): 95-108, 2008.
- [27] André, M. and M.G. Baldoquín, *Un Sistema de Soporte a la Decisión para la Asignación de Recursos Humanos a Equipos de Proyectos de Software*, Revista Investigación Operacional, (aceptado para publicar) Vol. 31, No. 1, 2010.
- [28] Barreto, A.S., *Apoio à Decisão Gerencial na Alocação de Recursos Humanos em Projetos de Software*, Tese para a obtenção do grau de mestre em ciências em

- engenharia de sistemas e computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2003.
- [29] PMI, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. Third ed., Project Management Institute, Pennsylvania, 2004.
- [30] ISO, ISO 10006:2003: Quality management systems-Guidelines for quality management in projects, [consultado: 09-2008] Disponible en: <http://www.iso.org>
- [31] López, Y., *Disciplina en el desempeño de roles para la industria de software cubana*, Tesis presentada en opción del grado de master en Informática Aplicada, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, 2006.
- [32] Wilford, I., *Proceso de Formación de Roles en la carrera de Ingeniería Informática. Aplicación de la Minería de Datos*, Tesis presentada en opción del grado de master en Informática Aplicada, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, La Habana, 2006.
- [33] Viera, K., *Una propuesta de Proceso de Desarrollo de Software Multimedia*, Tesis presentada en opción del grado de master en Informática Empresarial, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, La Habana, 2007.
- [34] Rodríguez, J.L., *Modelación Formal del problema de asignación de recursos humanos a proyectos de software*, Tesis presentada en opción del grado de master en Informática Empresarial, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, La Habana, 2008.
- [35] Soler, J.M., *Propuesta de un marco de referencia para la gestión de recursos humanos por competencias en proyectos de software*, Tesis presentada en opción

- del grado de master en Informática Empresarial, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, 2009.
- [36] André, M. and Y. López, *Creando un profesional con disciplina en el proceso de desarrollo de software*, Revista de Ingeniería Industrial, XXVII(1): 27-30, 2006.
 - [37] André, M., M.G. Baldoquín, and J. Soler, *Gestión de Recursos Humanos por Competencias en los Proyectos de Software*, Revista de Ciencias Informáticas, 1(4): 82-92, 2007.
 - [38] André, M., *El uso de los tests psicológicos en la formación de equipos de proyectos de software*, in: IV Conferencia Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCIENCIA'08), La Habana: 2008.
 - [39] André, M., M.G. Baldoquín, and S.T. Acuña, *Gestión del conocimiento para la elaboración de un modelo formal de asignación de personal a equipos de proyectos de software*, Revista Ingeniería Industrial (aceptado para publicar), No. 1, 2009.
 - [40] André, M. and M.G. Baldoquín, *La formación de equipos de proyectos de software*, in: 14 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, La Habana: 2008.
 - [41] André, M. and M.G. Baldoquín, *La Gestión del Personal por Competencias en las Organizaciones de Software*, in: XIII Convención y Feria Internacional Informática'09, La Habana: 2009.
 - [42] André, M., et al., *Sistema de Soporte a la Decisión para la asignación de Personal a Proyectos de Software*, in: XIII Convención y Feria Internacional Informática'09, La Habana: 2009.

- [43] André, M., et al., *Gestión de conocimientos para la identificación de patrones útiles en la formación de equipos de proyectos de software*, in: III Congreso Internacional de Gestión de Conocimiento, La Habana: 2009.
- [44] André, M., M.G. Baldoquín, and J.L. Rodríguez, *Un Modelo Formal para la Asignación de Recursos Humanos a Proyectos de Software*, in: 14 Conferencia Científica de Ingeniería y Arquitectura, La Habana: 2008.
- [45] André, M., M.G. Baldoquín, S.T. Acuña, and N. Juristo, *Modelación formal de la asignación de personal a equipos de proyectos de software*, in: Argentine Symposium on Software Engineering, Mar del Plata, Argentina: 2009.
- [46] André, M., M.G. Baldoquín, and S.T. Acuña, *Modeling the assignment process of personal to teams in software projects*, in: Conference on ENTERprise Information Systems (CENTERIS 2009), Ofir, Portugal: 2009.
- [47] André, M., M.G. Baldoquín, and S.T. Acuña. *Un modelo para la formación de equipos de proyecto de software*, in: *Desarrollo de Grandes Aplicaciones de Red, VI Jornadas (JDARE 2009)*, Universidad de Alicante: 381-394, Alicante, España, 2009.
- [48] Febles, A., *Un modelo de referencia para la gestión de configuración en la pequeña y mediana empresa de software*, Tesis presentada en opción del grado de Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto Superior "José Antonio Echeverría", La Habana, 2004.
- [49] Delgado, M.D., *Un modelo para la gestión de Revisiones en proyectos de software utilizando Razonamiento Basado en Casos*, Tesis presentada en opción del grado de Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto Superior "José Antonio Echeverría", 2006.

- [50] Hogan, J.M. and R. Thomas. *Developing the Software Engineering Team*, in: *Proceedings of the 7th Australasian Conference on Computing Education*, 42: 203-210, Newcastle, 2005.
- [51] André, M. and J. Martínez, *Transformaciones en el plan de Estudio de Ingeniería Informática en busca de una mayor calidad en el proceso de formación*, in: XII Convención Internacional Informática, La Habana: 2007.
- [52] Morales, D., I. Wilford, and M. André, *El Proceso de Formación del Ingeniero Informático y la Evaluación del Desempeño de Roles. Estudio Experimental*, in: XIII Congreso de Informática en la Educación, Informática 2009, La Habana: 2009.
- [53] André, M., *El desarrollo de software en equipo: de la disciplina personal a la disciplina organizacional*, in: XI Convención Internacional Informática'2005, La Habana: 2005.
- [54] Alzamil, Z. *Towards an Effective Software Engineering Course Project*, in: *Proceedings of the 27th International Conference on Software Engineering ICSE '05*, ACM Press: 631-632, 2005.
- [55] Tan, J. and J. Phillips, *Real-world project management in the academic environment*, Journal of Computing Sciences in Colleges. **20**(5): 200-213, 2005.
- [56] Coppit, D. and J.M. Haddox-Schatz, *Large Team Projects in Software Engineering Courses*, ACM SIGCSE Bulletin. **37**(1): 137 – 141, 2005.
- [57] Vliet, H.V., *Reflections on Software Engineering Education*, IEEE Software. **23**(3): 55-61, 2006.

- [58] vanderDuim, L., J. Andersson, and M. Sinnema, *Good practices for Educational Software Engineering Projects*, in: 29th International Conference on Software Engineering (ICSE'07), 2007.
- [59] Hernández, A., et al., *Algunas consideraciones sobre el desarrollo de proyectos para el Programa Nacional de Formación de Sistemas e Informática en Venezuela*, in: Pedagogía´09, La Habana: 2009.
- [60] González, V., *La formación de competencias profesionales en la Universidad. Reflexiones y experiencias desde una perspectiva educativa*, Revista XXI Educación, 8: 175-188, 2006.
- [61] Stanleigh, M., *Combining the ISO 10006 and PMBOK to ensure successful projects*, 2005, [consultado: 07-2007] Disponible en: <http://www.bia.ca/articles/pj-combining-iso-10006-pmbok-to-ensure-successful-projects.htm>.
- [62] Varas, M., *Examinando los procesos de la Dirección de proyectos*, in: IX Congreso de Ingeniería de Organización CIO´2005, Gijón. España: 2005.
- [63] Humphrey, W.S., *Introduction to the Team Software ProcessSM*. SEI Series in Software Engineering, Addison-Wesley, Boston, 2000.
- [64] Jacobson, I., G. Bosch, and J. Rumbaugh, *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*, Addison Wesley Iberoamericana, Madrid, 2000.
- [65] Ros, J.A., *Análisis de roles de trabajo en equipo: un enfoque centrado en comportamientos*, Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, 2006.
- [66] Vargas, J.G., *Las reglas cambiantes de la competitividad global en el nuevo milenio. Las competencias en el nuevo paradigma de la globalización*. Revista

- Iberoamericana de Educación. OEI. Biblioteca Digital 2001, [consultado: 08-2008], Disponible en: <http://www.oei.es>
- [67] Boyatzis, R., *The Competent Manager: A Model for Effective Performance*, Wiley and Sons, New York, 1982.
- [68] M.Spencer, L. and S.M. Spencer, *Competence and Work*, John Wiley and Son, New York, 1993.
- [69] Wordruffe, C., *What is meant by a competency?*, Leadership and Organization Development Journal. **14**: 29-36, 1993.
- [70] Ansorena, A., *15 casos para la selección de personal con éxito*, Paidós Empresa, Barcelona, 1996.
- [71] Feliú, P. and N. Rodríguez, *Manual descriptivo y de aplicación de la prueba de estilo gerencial (PEG01)*, PsicoConsult, 1996.
- [72] Levy-Leboyer, C., *Gestión por Competencias*, Ediciones Gestión 2000, 1997.
- [73] Cuesta, A., *Tecnología de Gestión de Recursos Humanos*, Academia, La Habana, 2005.
- [74] Oficina Nacional de Normalización, Norma Cubana NC 3000: 2007: Sistema de gestión integrada de capital humano–Vocabulario, La Habana, 2007, [consultado: 05-2008] Disponible en: www.nc.cubaindustria.cu
- [75] Pagani, R., *Glossary Tuning Educational Structures in Europe*, 2003 [consultado: 12-2008] Disponible en: http://www.mariapinto.es/alfineeess/doc/glosario_tuning.pdf.
- [76] Argüelles, A., *Competencia Laboral y Educación basada en normas de competencia*. Noriega Editores, Limusa, S.A, 2000.

- [77] Urquiza, A., *Aplicación de modelos de competencias a la gestión de sistemas de información*, Revista de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software, 3(1): 23-37, 2007.
- [78] Brandt, C. and R. Lindberg, *Competitive IS/IT strategy – A qualitative study about how IS/IT strategy can influence business strategy in small service enterprises*, Master's thesis in Business Informatics, Jönköping University, 2006.
- [79] Hunter, G.M., *Information Systems & Small Business: Research Issues*, Journal of Global Information Management. **14**(4): 1-5, 2004.
- [80] Yang, H.L. and J.H. Tang, *Team Structure and Team Performance in IS Development: A Social Network Perspective*, Information & Management, (41): 335-349, 2004.
- [81] Oficina Nacional de Normalización, Norma Cubana NC 3001: 2007: Sistema de gestión integrada de capital humano–Requisitos, La Habana, 2007, [consultado: 05-2008] Disponible en: www.nc.cubaindustria.cu
- [82] Oficina Nacional de Normalización, Norma Cubana NC 3002: 2007: Sistema de gestión integrada de capital humano–Implementación, La Habana, 2007, [consultado: 05-2008] Disponible en: www.nc.cubaindustria.cu
- [83] Humphrey, W.S., *A Discipline for Software Engineering*. SEI Series in Software Engineering, Addison-Wesley Longman, Boston, 1995.
- [84] Fuggetta, A. *Software process: A roadmap*, A. Finkelstein ed. in: *The Future of Software Engineering*, ACM Press: 27-34, 2000.
- [85] Grzeda, M.M., *In Competence we trust: addressing conceptual ambiguity*, Journal of Management Development. **24**(6): 530-545, 2005.

- [86] Cuesta, A., *Sistema y tecnologías de gestión de recursos humanos*, Tesis presentada en opción del grado de Doctor en Ciencias, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, La Habana, 2007.
- [87] Alles, M., *Dirección estratégica de recursos humanos. Gestión por competencias: el diccionario*, Granica, Argentina, 2002.
- [88] Turkey, R.T. and J.M. Bieman, *Competencies of exceptional and nonexceptional software engineers*, Journal of Systems and Software. **28**(1): 19–38, 1995.
- [89] Downey, J. *Framework to Elicit the Skills Needed for Software Development*, J.E. Moore and S.E. Yager ed. in: *ACM SIGMIS CPR Conference*, ACM Press: 122-127, Atlanta, 2005.
- [90] Downey, J. *Systems Architect and Systems Analyst: Are These Comparable Roles?*, K. Kaiser and T. Ryan ed. in: *ACM SIGMIS CPR Conference*, ACM Press: 213-220, California, 2006
- [91] Downey, J. and N. Power. *An Artifact-centric Framework for Software Development Skills*, in: *ACM SIGMIS CPR Conference*, ACM Press: 186-195 Missouri, 2007.
- [92] Dingsoyr, T., H.K. Djarraya, and E. Royrvik, *Practical knowledge management tool use in a software consulting company*, Communications of the ACM. **48**(12): 96-100, 2005.
- [93] Infante, A.L., M. André, V. Muñoz, and L. Rampersaud, *Módulo de Gestión de Recursos Humanos del Sistema TeamSoft*, in: XIII Convención y Feria Internacional Informática 2009, La Habana: 2009.

- [94] *Microsoft Project*, [consultado: 01-2008] Disponible en:
<http://www.microsoft.com/es-hn/project/default.aspx/>.
- [95] *Deploying Visual Studio 2005 Team Foundation Server As an Enterprise Wide Service*, [consultado: 01-2008] Disponible en:
http://www.microsoft.com/technet/itshowcase/content/vsft_tcs.msp. .
- [96] *Teamwork. Work Management Software*, [consultado: 01-2008] Disponible en:
<http://www.twproject.com/home.page>.
- [97] *ToDoList Project Tool*, 2007, [consultado: 01-2008] Disponible en:
<http://www.codeproject.com/tools/ToDoList.aspx>.
- [98] *DotProject*, [consultado: 01-2008] Disponible en: <http://www.dotproject.net>.
- [99] Montoni, M., et al. *Enterprise-Oriented Software Development Environments to Support Software Products and Processes Quality Improvement*, in: *International conference on product focused software process improvement Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 3547: 370-384, Oulu, 2005.
- [100] *Gantt Project 2.0.8*, [consultado: 01-2008] Disponible en: <http://ganttproject.biz>.
- [101] *Manual Planner v.1.9.14*, [consultado: 01-2008] Disponible en:
<http://mirror.optus.net/sourceforge/c/ce/celemar-planner/>.
- [102] *Atlassian Jira*, [consultado: 01-2008] Disponible en:
<http://www.atlassian.com/software/jira>
- [103] Humphrey, W.S., *Managing Technical People: Innovation, Teamwork and the Software Process*, Addison-Wesley, Boston, 1998.
- [104] André, M., *Roles propuestos por el Proceso de Software en Equipo*, Reporte de Investigaciones del CEIS-ISBN: 959-261-179-3, 2005.

- [105] André, M., *Roles definidos por el Proceso Unificado de Rational*, Reporte de Investigaciones del CEIS-ISBN: 959-261-179-3, 2005.
- [106] Cockburn, A., *Crystal Clear: A Human-Powered Methodology for Small Teams*, Addison-Wesley, Boston, 2005.
- [107] Beck, K., et al., *Manifesto for Agile Software Development*, 2001, [consultado: 04-2008] Disponible en: <http://agilemanifesto.org>.
- [108] Muñoz, V. and M. André, *Metodologías tradicionales o metodologías ágiles?*, in: Conferencia Internacional FIE08, Santiago de Cuba: 2007.
- [109] Serrano, M.A., *La Calidad del Software: Introducción a PSP y TSP y su relación con CMM_i*, in: XI Convención Informática '05, La Habana: 2005.
- [110] Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR ISO 10006. *Gestão da Qualidade - Diretrizes para a Qualidade no Gerenciamento de Projetos*, Rio de Janeiro, 2003, [consultado: 09-2008] Disponible en: <http://theunderpm.blogspot.com/2008/08/nbr-iso-10006-gesto-da-qualidade.html>
- [111] Acuña, S.T. and N. Juristo, *Chapter 5: Software Process Modeling: Socio-Technical Perspectives*, in: *Software Process Modeling*. The Kluwer International Series in Software Engineering, Springer. 111-139, 2005.
- [112] Amengual, E. and A. Mas, *Software Process Improvement Through Teamwork Management*, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag. **4589**: 108-117, 2007.
- [113] Freitas, S.F. and A. Dias, *The Influence of Motivational Aspects in the Actors of the Process of Software Development*, Interdisciplinary Studies in Computer Science. **18**(1): 7-14, 2007.

- [114] Weinberg, J., *The Psychology of Computer Programming*. Silver ed., Dorset House, 1998.
- [115] McDonald, S. and H.M. Edwards, *Who Should Test Whom? Examining the use and abuse of personality tests in software engineering*, Communications of the ACM. **50** (1): 64-71, 2007.
- [116] Thomson, C. and M. Holcombe. *20 Years of teaching and 7 years of research: research when you teach*, in: *3rd South East European Formal Methods Workshop*: 141-153, 2007.
- [117] Briggs, I., L.K. Kirby, and K.D. Myers, *Introducción al Type (MBTI). Una guía para entender los resultados de su evaluación Myers-Briggs Type Indicador*. Sexta ed., Consulting Psychologists Press, California, 2004.
- [118] Capretz, L.F., *Personality types in software engineering*, International Journal of Human Computer Studies. **58**(2): 207–214, 2003.
- [119] Varvel, T., S.G. Adams, S.J. Pridie, and B.C. Ruiz, *Team Effectiveness and Individual Myers-Briggs Personality Dimensions*, Journal of Management in Engineering. **20**(4): 141-146, 2004
- [120] Devito, A. and D. Greathead, *Code review and personality: is performance linked to MBTI type?*, Technical Report Series CS-TR: 837, Newcastle: School of Computing Science. University of Newcastle upon Tyne, 2004.
- [121] White, K., *MIS Project Teams: An investigation of cognitive style implications*, MIS Quarterly Executive. **8**(2): 85–101, 1984.
- [122] Rutherford, R.H., *Using personality inventories to help form teams for software engineering class projects*, SIGCSE Bull. **33**(3): 76–76, 2001.

- [123] Yellen, R.E., M.A. Winniford, and C.C. Sanford, *Extroversion and introversion in electronically supported meetings*, Information & Management. **28**: 63–74, 1995.
- [124] Karn, J.S. and A.J. Cowling, *An Initial Study of the Effect of Personality on Group Cohesion in Software Engineering Projects*, Research Report CS-04-01, Department of Computer Science, University of Sheffield, 2004.
- [125] Belbin Associates, *Análisis de los roles de Equipo e informes On-Line*, , 2007-2008, [consultado: 09-2008] Disponible en: <http://www.belbin.com/Espanol/>.
- [126] Belbin, M., *Nuevos Desarrollos en Equipos y Organizaciones*. Revista Visión Humana, 2008, [consultado: 12-2008], Disponible en: http://www.vision-humana.com/E2-A2.php?action=results&poll_ident=7
- [127] Belbin, R.M., *Management Teams: Why they Succeed or Fail*. 2nd ed., Butterworth Heinemann, Oxford, 2004.
- [128] Basri, H., *An Evaluation on Belbin's Team Roles Theory*, World Applied Sciences Journal. **4**(3): 460-469, 2008.
- [129] Thomas, R. *Group Dynamics and Software Engineering*, in: *Object Oriented Systems, Languages and Applications Conference '99*, ACM Press: Denver, 1999.
- [130] Henry, S.M. and K.T. Stevens, *Using Belbin's Leadership Role to Improve Team Effectiveness: An Empirical Investigation*, Journal of System and Software. **44**: 241-250, 1999.
- [131] Klaus, P., *Belbin's Company Worker, The Self-Perception Inventory, and Their Application to Software Engineering Teams*, Master of Science degree in Computer Science, Virginia Polytechnic Institute, 2001.

- [132] Stevens, K.T. and S.M. Henry, *Analyzing Software Team using Belbin's Innovative Plant Role*, 2002, [consultado: 09-2008] Disponible en: <http://www.radford.edu/~kstevens2/>.
- [133] Catell, R.B., A.K. Catell, and H.E.P. Catell, *Sixteen Personality Factor Questionnaire*, Institute for Personality and Ability Testing, 1993.
- [134] Aluja, A. and A. Blanch, *Análisis descriptivo y comparativo del 16PF-5 en muestras americanas y española*, Boletín de Psicología, 74: 27-38, 2002.
- [135] Kerth, N.L., J. Coplien, and J. Weinberg, *Call for the rational use of personality indicators*, IEEE Computer. **31**(1): 146–147, 1998.
- [136] Zuser, W. and T. Grechening. *Reflecting Skills and Personality Internally as Means for Team Performance Improvement*, in: *16th Conference on Software Engineering Education and Training*, IEEE Computer Society, 2003.
- [137] Acuña, S.T., M. Gómez, and N. Juristo, *Towards understanding the relationship between team climate and software quality - a quasi-experimental study*, Empirical Software Engineering **13**(4): 401-434, 2008.
- [138] Pinkowska, M., *IT Software Project Management: Impact of Team Cohesiveness on Productivity and Performance*, in: *14th Interdisciplinary Information Management Talks (IDIMT'06)*, Crech Republic: 2006.
- [139] Sawyer, S., *Effects of Conflict on Packaged Software Development Team Performance*, Information Systems Journal. **11**(2): 155-178, 2001.
- [140] Peslak, A.R. *The impact of personality on information technology team projects*, in: *ACM SIGMIS Conference on Computer Personnel Research*: 273-279, California, 2006.

- [141] Luna, P., A. Infante, and F.J. Martínez, *Los Delphi como fundamento metodológico predictivo para la investigación en sistemas de información y tecnologías de la información (IS/IT)*, Pixel-Bit: Revista de medios y educación, (26): 89-112, 2005.
- [142] Campistrous, L. and C. Rizo, *El Criterio de Expertos como Método en la Investigación Educativa*, Instituto Superior de Cultura Física "Manuel Fajardo", 2006.
- [143] *Tuning Educational Structures in Europe*, 2004, [consultado: 03-2008] Disponible en:
http://www.tuning.unideusto.org/tuningeu/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1.
- [144] André, M., M.G. Baldoquín, and S.T. Acuña, *Proceso de gestión del conocimiento para la elaboración de una propuesta de roles invariantes y competencias requeridas en proyectos de software. Parte I: Resultados de la aplicación de método Delphi (Ronda 1)*, Reporte de Investigaciones del CEIS, 2008.
- [145] André, M., et al., *Proceso de gestión del conocimiento para la elaboración de una propuesta de roles invariantes y competencias requeridas en proyectos de software. Parte II: Resultados de la aplicación de método Delphi*, Reporte de Investigación del CEIS, 2009.
- [146] Ravarini, A., M. Tagliavini, and T. Guimaraes, *Exploring the impact of CIO competencies on company performance*, in: Conference on Information Resources Management Association, Toronto: 2004.
- [147] Witten, I.H. and E. Frank, *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*. Second ed., Morgan Kaufmann, 2005.

- [148] WEKA, *Waikato Environment for Knowledge Analysis. Weka 3: Data Mining Software in Java. [Software]. Weka 3.4.7*, 2008, [consultado: 06-2008] Disponible en: <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>.
- [149] *Kettle Pentaho Data Integration*, [consultado: 11-2008] Disponible en: <http://kettle.pentaho.org/>.
- [150] Tabucanon, M., *Multiple Criteria Decision Making in Industry*, Elsevier, 1988.
- [151] Romero, C., *Análisis de las decisiones multicriterio*, Díaz de Santos, Madrid 1997.
- [152] Carmel, E. and P. Tjia, *Offshoring Information Technology*, Cambridge University Press, 2005.
- [153] Laudon, K. and J. Laudon, *Management Information Systems*. 11th ed., MyMISLab Series, 2009.
- [154] Martí, R., *Procedimientos Metaheurísticos en Optimización Combinatoria*, *Matemáticas* **1**(1): 3-62, 2003.
- [155] Soubeiga, E., *Development and Application of Hyperheuristics to Personnel Scheduling*, Computer Science, PhD Thesis, University of Nottingham, UK, 2003.
- [156] Díaz, A., et al., *Optimización Heurística y Redes Neuronales en Dirección de Operaciones e Ingeniería*, Paraninfo, Madrid, 1996.
- [157] Burke, E., et al., *Hyperheuristics: an emerging direction in modern search technology*, in: *Handbook of metaheuristics*, F. Glover and G.A. Kochenberger, Eds., Kluwer Academic Publishers. 457–474, 2003.
- [158] Wolpert, D.H. and W.G. Macready, *No free lunch theorems for optimization*, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. **1**(1): 67–82, 1997.

- [159] Russell, S.J. and P. Norving, *Inteligencia Artificial. Un enfoque moderno*. Segunda ed., Pearson Educación, Madrid, 2004.
- [160] Resende, M.G.C. and J.L. González, *GRASP: Procedimientos de búsqueda miopes aleatorizados y adaptativos*, Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, (19): 61-76, 2003.
- [161] Kirkpatrick, S., C. Gellat, and M. Vecchi, *Optimization by simulated annealing*, Science. **220**: 671–680, 1983.
- [162] Dowsland, K.A. and B.A. Díaz, *Diseño de Heurísticas y Fundamentos del Recocido Simulado*, Revista de Inteligencia Artificial, (19): 93-102, 2003.
- [163] Ólafsson, S., *Metaheuristics*, in: *Handbook on Simulation*, Nelson and Henderson, Eds., Elsevier. 633-654, 2006.
- [164] Glover, F., *Future Paths for Integer Programming and Links to Artificial Intelligence*, Computers and Operations Research. **13**(5): 533-549, 1986.
- [165] Coello, C.A., *Búsqueda Tabú: Evitando lo Prohibido*, Soluciones Avanzadas. Tecnologías de Información y Estrategias de Negocios, 5(49): 72-80, 1997.
- [166] Álvarez-Valdés, R., E. Crespo, and J.M. Tamarit, *Experiencias de utilización del método de Búsqueda Tabú en la resolución de problemas de organización universitaria*. Docencia de Matemáticas en la Economía y la Empresa, 31-41 1999, [consultado: 01-2009], Disponible en: <http://www.uv.es/asepuma/VIII/m06/m6-05.pdf>
- [167] Díaz, J.A. and E.A. Fernández, *A Tabu Search Heuristic for the Generalized Assignment Problem*, European Journal of Operational Research. **132**(1): 22-38, 2001.

- [168] Higgins, A.J., *A dynamic tabu search for large-scale generalised assignment problems*, Computers & Operations Research. **28**: 1039-1048, 2001.
- [169] Yagiura, M., S. Iwasaki, T. Ibaraki, and F. Glover, *A Very Large-Scale Neighborhood Search Algorithm for the Multi-Resource Generalized Assignment Problem*, Discrete Optimization. **1**: 87-98, 2004.
- [170] Coello, C.A., D.A. Van, and G.B. Lamont, *Evolutionary Algorithms for solving Multi-Objective Problems*, Kluwer Academic Publishers, New York, 2002.
- [171] Jaramillo, P., J.A. Álvarez, and R. Smith, *"Ecualizador": un método integral para la decisión con múltiples objetivos*, Ingeniería del agua, 9(2): 143-155, 2002.
- [172] Deb, K., *Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms*, John Wiley and Sons, 2001.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Competencias Laborales: son características subyacentes en las personas, asociadas a la experiencia, que como tendencia están causalmente relacionadas con actuaciones exitosas en un puesto de trabajo contextualizado en una determinada cultura organizacional.

Contructo psicológico: Concepto no observacional que por el contrario de los conceptos observacionales o empíricos, no puede ser directamente manipulable, igual que lo es algo físico, pero sí se puede inferir a través de la conducta. Se sabe que existe pero su definición es difícil o controvertida. Por ejemplo, la inteligencia, la personalidad y la creatividad.

Debilidad permitida: debilidades asociadas a cada rol de equipo, propuesto por Belbin, que se califican como “permitidas” porque constituyen parte del costo que el equipo debe asumir por disponer de un rol que a cambio posee determinados puntos fuertes.

Experto: persona que está preparada necesariamente en un arte o una ciencia que se encuentra en la base de lo que se investiga, y por otra parte es hábil, experimentada o tiene suficiente práctica en ella, de forma tal que le permita dar opiniones válidas sobre el tema que se investiga.

Modelos: son representaciones idealizadas y constituyen parte integral de la vida diaria. Ellos son invaluableles pues extraen la esencia del material de estudio, muestran sus interrelaciones y facilitan el análisis.

Modelos matemáticos: también son representaciones idealizadas, pero están expresados en términos de símbolos y expresiones matemáticas.

Rol de Equipo: concepto creado por Belbin, autor del test que lleva su nombre, y que caracteriza la particular tendencia que tiene cada persona a comportarse, contribuir y relacionarse socialmente.

SIGLARIO

16PF: Test psicológico que mide 16 factores de la personalidad

ARHEPS: Asignación de Recursos Humanos a Equipos de Proyectos de Software

BT: Búsqueda Tabú

CL: Competencias Laborales

CE: Cerebro, rol de equipo de categoría mental en la teoría de Belbin

CH: Cohesionador, rol de equipo de categoría social en la teoría de Belbin

CO: Coordinador, rol de equipo de categoría social en la teoría de Belbin

ECMA: Escalador de Colinas de Mejor Ascenso

ECMAR: Escalador de Colinas de Mejor Ascenso con Reinicio

ES: Especialista, rol de equipo de categoría mental en la teoría de Belbin

FI: Finalizador, rol de equipo de categoría de acción en la teoría de Belbin

GRASP: Procedimiento de Búsqueda Adaptativo, Aleatorizado y Avaricioso, por sus siglas en inglés

GRH: Gestión de Recursos Humanos

ID: Implementador, rol de equipo de categoría de acción en la teoría de Belbin

IS: Impulsor, rol de equipo de categoría de acción en la teoría de Belbin

IR: Investigador de Recursos, rol de equipo de categoría social en la teoría de Belbin

MBTI: Indicador de Tipo de Myers-Briggs, por sus siglas en inglés

ME: Monitor-Evaluador, rol de equipo de categoría mental en la teoría de Belbin

MIC: Ministerio de la Informática y las Comunicaciones

NE: Número de evaluaciones

P-CMM: Modelo de Madurez de Capacidad de Gestión de Personal, por sus siglas en inglés

PMBOK: Guía de Fundamentos para la Gestión de Proyectos, por sus siglas en inglés

PMI: Instituto de Gestión de Proyecto, por sus siglas en inglés

PSP: Proceso de Software Personal, por sus siglas en inglés

RS: Recocido Simulado

RUP: Proceso Unificado de Rational, por sus siglas en inglés

SSD: Sistema de Soporte a la Decisión

TSP: Proceso de Software en Equipo, por sus siglas en inglés

TIC: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

UCI: Universidad de Ciencias Informáticas

UML: Lenguaje Unificado de Modelado, por sus siglas en inglés

XP: Programación Extrema, por sus siglas en inglés

ANEXOS

Anexo 1: Principales problemas que afectan el resultado de los proyectos de software a nivel internacional y nacional.

| Categoría | Nacional (N) / Internacional (I) | Problemas |
|------------------|---|--|
| Personal | N, I | Motivación |
| | N, I | Asignación de personas sin las competencias individuales necesarias |
| | N, I | Problemas con las relaciones de trabajo entre los miembros del equipo |
| | N | Problemas de formación y superación continua del personal |
| | N, I | Problemas de liderazgo / Insuficientes líderes |
| | N, I | Incorporación tardía de personas al proyecto |
| | N, I | Relaciones inadecuadas con los clientes |
| | N, I | Usuario no involucrado |
| Proceso | N, I | Inadecuada comunicación y soporte de la alta dirección |
| | N, I | Problemas de planificación (pobre estimación) |
| | N, I | Abandonar el plan bajo presión |
| | N, I | Inadecuado control de los cambios |
| | N | Inadecuado control de configuración |
| | N, I | Insuficiente manejo de riesgos |
| | N, I | Pobre determinación de los requerimientos |
| | N, I | Insuficientes recursos |
| | N, I | Pobre documentación |
| | N, I | No uso o mal uso de metodologías de trabajo |
| | N, I | Insuficientes prácticas de calidad (uso de métricas) |
| | N, I | Metas no realistas |
| Producto | I | Agregar tamaño y características innecesarias al producto en correspondencia con la nueva tecnología |
| | N, I | Cambios en los requerimientos del producto |
| Tecnologías | N, I | Uso de tecnología inmadura |
| | N, I | Adoptar nuevas tecnologías no adecuadas para el proyecto |
| | I | Introducir nuevas tecnologías en el medio del proyecto |

Anexo 2: Etapa 1 de la aplicación del método Delphi

Enunciado de la encuesta aplicada en la primera ronda

El objetivo de esta investigación es desarrollar un modelo que sirva de apoyo al proceso de asignación de recursos humanos a los proyectos de software y necesitamos que usted defina qué características deben tener los expertos que puedan aportar ideas para la confección de modelos de forma tal que los mismos reflejen en lo posible los factores más importantes a tener en cuenta para lograr una buena asignación.

Enuncie los criterios que, en su opinión, deben tenerse en cuenta para considerar a un empleado como un experto en dirección de proyectos de software para que intervenga en esta investigación.

Resultados de la segunda ronda

| Criterio | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | E11 | E12 | NC |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Años de experiencia participando activa y exitosamente en el desarrollo de software > 10 | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 92 |
| Años de experiencia participando activa y exitosamente en el desarrollo de software > 15 | | | X | | | | | | | | | | 8 |
| Años de experiencia participando activa y exitosamente en el desarrollo de software > 5 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| Conocimientos de Ingeniería de Software | X | X | X | X | X | X | | | | X | X | X | 75 |
| Conocer metodologías de desarrollo de software | X | | X | X | | X | | | | X | | | 42 |
| Haber dirigido exitosamente al menos 2 proyectos de media o alta complejidad | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 100 |
| Conocimientos de técnicas de dirección de proyectos | | X | X | X | X | X | | | | X | X | X | 67 |
| Buenas relaciones personales | | X | X | | | | | | | | | | 17 |
| Visión de negocios | | X | | | X | | | | | X | | | 25 |
| Liderazgo | | X | | | | | | | | | | | 8 |
| Compromiso con la organización | | X | | X | X | X | | | X | | | | 42 |
| Conocimiento mercado | | X | X | | X | | | | | X | | | 33 |
| Visión futuro | | | X | X | | | | | X | X | | | 33 |
| Haber dirigido a jefes de proyectos | | | X | | X | | | | | | | | 17 |
| Haber desarrollado software en distancia | X | X | X | X | | X | | | | | | | 42 |
| Ha dirigido al menos a 3 personas | X | X | | X | | | X | X | X | X | X | X | 75 |

Anexo 3: Plantilla de Resumen Curricular

Por su experiencia en la dirección y el desarrollo de proyectos de software exitosos ha sido valorado para que participe como posible experto en una investigación que tiene como objetivo elaborar un modelo para la asignación eficiente de personal a proyectos de software.

Para lograr ese objetivo se usará un método de consulta a expertos denominado Delphi. El método consiste en organizar un diálogo anónimo entre los expertos seleccionados, los cuales son consultados de forma individual por medio de una serie de cuestionarios. Los cuestionarios se administran en sucesivas rondas. En cada ronda se tabulan y se procesan las respuestas, de forma tal, que antes de la siguiente ronda los expertos tengan la posibilidad de evaluar los resultados de la ronda anterior, familiarizarse con las opiniones de los otros, reanalizar su punto de vista para la próxima ronda, así como valorar las razones dadas para cada respuesta y su dispersión promedio en el grupo. El anonimato resulta vital porque permite que se expongan los criterios libremente, sin confrontarse y eliminando la influencia de cualquiera sobre la opinión del grupo.

Su participación es totalmente anónima. Así mismo debe mantener estricta confidencialidad sobre los aspectos evaluados y sobre los materiales y valoraciones intercambiadas. Los resultados de la consulta serán reflejados en el trabajo de investigación y este será publicado y llevado a la práctica. En ese momento, si está de acuerdo, se dará crédito a su persona por haber participado en el panel, contribuyendo a formalizar una propuesta que intenta mejorar el proceso de planificación de personal en proyectos de software, dándole solución a una problemática que enfrenta la industria de software nacional.

Conociendo sus responsabilidades y valorando que el trabajo representa un esfuerzo y exige profundidad en los criterios emitidos, le solicitamos nos haga saber su interés y posibilidad real de participar en esta investigación. Este aspecto resulta vital en el éxito de los resultados obtenidos en la aplicación del método.

¿Tiene interés en participar en esta investigación? Si ____ No ____

¿Tiene posibilidades reales de participar en esta investigación? Si ____ No ____

Si acepta participar como experto en esta investigación; por favor, llene el siguiente formulario:

RESUMEN CURRICULAR DEL CANDIDATO

1. Nombre(s) y Apellido(s): _____
2. Correo(s) electrónico(s): _____
3. Teléfono(s): _____
4. Especialidad de la cual se graduó: _____
5. Cargo actual: _____
6. Entidad en la que labora: _____
7. Años de experiencia participando activa y exitosamente en el desarrollo de software:
____ años

| Experiencia en | Años | Nombre de las instituciones | Cargos |
|--|------|-----------------------------|--------|
| Empresas desarrolladoras de software | | | |
| Grupos de informática dentro de ministerios, institutos o empresas de otro perfil. | | | |
| Equipos de desarrollo en universidades o centros de investigación. | | | |

8. Años de experiencia impartiendo docencia del perfil informático: ____ años.
9. Categoría Científica: Master: ____ Doctor: ____
10. ¿Cuántos proyectos exitosos¹⁰ de software ha dirigido? ____
 - 10.1 ¿A cuántas personas ha dirigido como promedio por proyecto? ____
11. ¿En cuántos proyectos de software exitosos ha participado? ____

De ellos, clasifíquelos por su tamaño y complejidad en:

Grandes (> 1 año) ____ Medianos (6 meses – 1 año) ____ Pequeños (<6 meses) ____

Complejos ____

Exponga causas de por qué los considera complejos

¹⁰ Considerando como exitosos aquellos proyectos que hayan terminado, hayan cumplido los requerimientos del cliente y se hayan aplicado.

12. ¿Cuáles son los roles que ha desempeñado en los proyectos y la frecuencia? (puede añadir otros roles a la lista planteada)

| Roles | Frecuencia |
|---|------------|
| Jefe de Proyecto | |
| Analista | |
| Diseñador | |
| Arquitecto | |
| Probador | |
| Programador | |
| Especialista de Calidad | |
| Jefe de Gestión de Configuración y Cambio | |
| | |

13. Diga los tipos y categorías de proyectos en los que ha participado y la frecuencia: (puede añadir tipos y categorías a las listas planteadas)

| Tipo | Frecuencia | | Categorías | Frecuencia |
|-----------------------------------|------------|--|-------------------------|------------|
| Implementación | | | Multimedia | |
| Desarrollo (nuevo) | | | Gestión (Negocio) | |
| Desarrollo (ampliación) | | | Empotrados | |
| Desarrollo (cambio de tecnología) | | | Inteligencia Artificial | |
| | | | | |

14. Experiencia en el uso de metodologías de análisis y diseño en el desarrollo de proyectos de software

| Metodologías | # proyectos en que la ha aplicado |
|--------------|-----------------------------------|
| | |
| | |

15. Años de experiencia dirigiendo a jefes de proyectos: ____ años

16. ¿Ha participado en desarrollos a distancia? Si ____ No ____

Anexo 4: Cuestionario aplicado en la primera ronda de la Etapa 2

En la asignación de personal a proyectos de software hay diversos factores que deben tenerse en cuenta, de forma tal que satisfagan determinados requerimientos obligatorios y al mismo tiempo se logre el máximo posible de un conjunto de aspiraciones o metas establecidas (pueden ser una, dos o más).

Cuando la cantidad de personas que pueden considerarse en una empresa para involucrarlas en un proyecto específico son muchas, el proceso de lograr una asignación de personas en el proyecto lo más eficiente posible (o tratando de alcanzar el nivel de metas propuesto más alto) es muy complejo y casi imposible si se hace “manualmente” de manera intuitiva. De forma manual puede lograrse una asignación, pero quizás muy distante de una verdaderamente eficiente. Esto puede redundar después negativamente en la calidad del software, plazos de entrega, aumento de determinados costos, etc.

El objetivo en esta investigación es elaborar un modelo matemático que contenga la mayor cantidad de los factores a tener en cuenta en una asignación de personas a proyectos de software. Estos factores son los criterios que determinarían que una asignación sea mejor que otra, partiendo que todas satisfacen un conjunto de requerimientos obligatorios (un ejemplo de un requerimiento obligatorio elemental es que cada tarea del proyecto debe estar asignada a alguien).

Un factor clave es la competencia de los empleados para desempeñar roles definidos para el proyecto. A los efectos del modelo, los roles y las competencias a contemplar serán el resultado de otra modelación.

Lo que recabamos de usted es información que nos ayude en la construcción de un modelo de asignación de personal a proyectos de desarrollo de software. El objetivo de dicho modelo sería ayudar en la realización de esta tarea de la forma más objetiva y eficiente posible. Trate de responder las siguientes preguntas, que aparecen en letra mayúscula y en “negrita”. Junto con cada pregunta le adicionamos un ejemplo para una mejor comprensión de lo que queremos que nos trasmita.

1. ¿CUÁLES SON LOS FACTORES QUE A SU JUICIO DEBEN TENERSE EN CUENTA PARA UNA ASIGNACIÓN DE PERSONAS EN UN PROYECTO DE SOFTWARE ESPECÍFICO?

Ejemplos: el riesgo, disponibilidad del personal, las competencias, el tamaño del equipo, etc.

2. ASPECTOS A TENER EN CUENTA RELACIONADOS CON CADA FACTOR.

Ejemplo:

Siguiendo el ejemplo relacionado con el factor disponibilidad del personal, pudieran ser algunos de esos aspectos:

Cercanía y condiciones de moverse el empleado al lugar donde se desarrolla el proyecto. Impacto que tiene el rol que desempeñará un empleado si no vive donde se desarrolla el proyecto.

3. DIGA, ASOCIADO CON CADA FACTOR, QUÉ DATOS REGISTRARÍA PARA LOGRAR TOMAR EN CUENTA ESTE FACTOR EN EL MODELO DE ASIGNACIÓN. EXPRESE LO MÁS CLARAMENTE POSIBLE QUE

CORRESPONDENCIA HAY ENTRE LOS DATOS RECOGIDOS Y LOS VALORES QUE PUEDE TOMAR EL FACTOR.

Ejemplo:

Relacionado con el factor disponibilidad del personal, los datos a recoger pueden ser:

- a. Proyectos en los que se encuentra trabajando cada trabajador y fecha de culminación en los mismos
- b. Roles que cumple en los proyectos que desarrolla actualmente
- c. Provincia donde viven los empleados
- d. Provincia donde se desarrolla el proyecto.

Una forma de expresar la correspondencia factor-dato, teniendo en cuenta los aspectos declarados de cercanía e impacto del rol puede ser:

- Para el aspecto cercanía:

Para cada empleado, puede registrarse usando una escala cualitativa como la siguiente:

Total: el empleado vive en la provincia y siempre está en la Empresa

Alta: el empleado vive en la provincia pero en otro municipio con transporte que le permite frecuentar la Empresa

Media: el empleado vive en la provincia pero en otro municipio sin transporte que le permite frecuentar la Empresa

Baja: el empleado vive fuera de la provincia pero puede frecuentar la Empresa ocasionalmente

Nula: el empleado vive fuera de la provincia y es muy costoso que pueda acceder a la Empresa

- Para el aspecto impacto por rol para este factor puede ser (si es diferenciado):

| | | | | |
|----------|-------------|------------|----------|-----------|
| Analista | Programador | Arquitecto | Probador | Diseñador |
| Media | Total | Total | Nula | Nula |

Esta tabla está expresando que para los roles de Programador y Arquitecto el factor provincia tiene una importancia relativa determinante en diferenciar la disponibilidad de los empleados; para el rol de Analista tiene una importancia media y para los roles de Prueba y Diseño no es importante en absoluto ese factor para evaluar la disponibilidad de un empleado.

4. IMPORTANCIA DE LOS FACTORES CONSIDERADOS

La prioridad o importancia de cada factor propuesto frecuentemente depende del proyecto en cuestión. Sin embargo, si para usted resulta claro, sería muy útil que nos indicara si el factor es de cumplimiento obligatorio, y en el caso que no lo sea, el orden de prioridad o importancia de cada factor propuesto, utilizando una escala (por ejemplo: MUY IMPORTANTE, IMPORTANTE, ALGO IMPORTANTE).

Ejemplo 1: El factor tamaño máximo del equipo puede ser de cumplimiento obligatorio. Y el dato asociado a este factor es un número, por ejemplo, 10.

Ejemplo 2: A los factores (de cumplimiento no obligatorio) competencia de los empleados y cercanía del empleado al lugar del proyecto, usando la escala anterior, pudiera asociársele:

Competencia de los empleados: IMPORTANTE

Cercanía al proyecto: MUY IMPORTANTE

Anexo 5: Cuestionario aplicado en la segunda ronda de la Etapa 2

Esta segunda ronda persigue como objetivos que usted:

1. Revise las respuestas emitidas por los expertos en la primera ronda.
2. Complete y responda preguntas que nos permitan esclarecer algunos aspectos expresados por los expertos y obtener nuevos elementos, si fuera necesario.

Objetivo 1: Revisión de las respuestas emitidas por los expertos en la primera ronda.

Para lograr este objetivo se le muestra, de manera resumida, la información de la primera ronda, con vistas a que tenga la posibilidad de evaluar los resultados obtenidos, familiarizarse (de forma anónima) con las opiniones emitidas por los otros expertos.

En una de las planillas adjuntas aparecen todos los factores que los expertos consideran que hay que tener en cuenta para asignar personas a proyectos y por cada factor, el total de expertos que lo propuso (Columna Total). Además, se refleja de manera anónima qué factores propuso cada experto.

Objetivo 2: Completar las hojas FACTORES y PREGUNTAS

En la hoja FACTORES, en la columna Su criterio, marque con una X cada factor que considera que hay que tomar en cuenta en la asignación.

En la hoja PREGUNTAS, responda las preguntas formuladas asociadas a cada factor. Además de responder, usted puede adicionar cualquier información que considere necesaria.

En la hoja FACTORES en la sección PRIORIDAD de los FACTORES, indique en la columna su nivel de prioridad. Utilice una escala de 1 a 5, donde 1 indica mayor nivel de prioridad.

Comentarios generales en relación a la primera encuesta:

Todos los criterios emitidos por los expertos han sido tomados en cuenta. Algunos no aparecen con las mismas palabras porque fueron integrados y/o resumidos.

Algunos expertos plantearon como factores a tomar en cuenta la responsabilidad ante el trabajo y la motivación del personal. Sin embargo, en la hoja resumen no aparecen como factores porque ambos están incluidos como competencias (son considerados competencias genéricas).

Hoja: FACTORES

| FACTORES | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | E11 | E12 | E13 | E14 | E15 | E16 | E17 | E18 | E19 | E20 | Total | Su criterio |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|-------|-------------|
| 1. Características del proyecto | | | | X | X | | X | X | | X | | X | X | X | | X | | X | | X | 11 | |
| 1.1 Complejidad | | | | | | | | | | X | | | X | X | | | | X | | X | 5 | |
| 1.2 Importancia | | | | | X | | | | | X | | X | | | | | | X | | | 4 | |
| 1.3 Riesgo | | | | X | | | X | X | | | | | X | X | | X | | | | | 6 | |
| 1.4 Calendario | | | | | X | | | | | | | | X | X | | | | | | X | 4 | |
| 1.5 Tipo de cliente | | | | | | | | | | X | | | | X | | X | | | | X | 4 | |
| 2. Sinergia del equipo de proyecto. | X | X | X | | X | X | | X | | | X | X | X | X | X | | | | | X | 12 | |
| 3. Competencias de las personas. | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 19 | |
| 3.1 Competencias técnicas | X | X | X | | X | | | | | X | | X | | X | X | X | X | X | X | X | 13 | |
| 3.2 Competencias genéricas | X | X | X | | | | | | | X | X | X | | X | X | X | | X | X | X | 12 | |
| 3.3 Experiencias del personal: | | X | X | | X | | | | | X | X | X | | X | | | | X | X | X | 10 | |
| 3.3.1 En el dominio del proyecto. | X | | X | | X | | | | | | | X | | | | | | | | X | 5 | |
| 3.3.2 En proyectos similares. | | X | X | | X | | X | | | | | | X | X | | | | | | | 6 | |
| 3.3.3 En el o los rol(es) | | | | | | | | | | X | | | | | X | | X | X | X | | 5 | |
| 3.3.4 Con el cliente | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | 1 | |
| 3.4 Formación del personal | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | X | 2 | |
| 3.5 Interés en el desempeño de roles | | | | | | | | | | | | | X | | | | | X | | | 2 | |
| 4. Designación del jefe del proyecto | X | | X | | X | | | | | | | X | | | | X | | | | | 5 | |
| 5. Disponibilidad de la persona según plan | | X | | | X | | X | X | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | 14 | |
| 6. Costos | | | | | | | | | X | | | | X | | | | X | | | | 3 | |
| 6.1 Costo por Salario | | | | | | | | | X | | | | X | | | | X | | | | 3 | |
| 6.2 Costo por Lejanía (en Proy. a distancia) | | | | X | | | | X | | X | X | X | X | | | | X | | | | 7 | |
| 7. Tamaño del equipo | | | | X | | | | X | | | X | X | X | X | | | | | | | 6 | |
| PRIORIDAD de los FACTORES, cualquiera sea el proyecto. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dos factores pueden tener la misma prioridad (deben darle igual número). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | NIVEL de PRIORIDAD | | | | | |
| * Maximizar las competencias de las personas para desempeñar los roles del proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Maximizar la sinergia del equipo de proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Minimizar los costos por lejanía en proyectos a distancia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Minimizar el tamaño del equipo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Balancear la carga del personal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Hoja: PREGUNTAS

1- Características del Proyecto y su influencia en la asignación de personas a roles.

¿Existen algunos roles para los cuales siempre debe buscarse la persona de alta competencia? SI ____ NO ____

En caso positivo, diga qué roles. _____

Si la respuesta es NO

La persona debe tener alta competencia (para al menos un rol) ante determinadas condiciones:

(Riesgo, Complejidad o Importancia altos, Calendario apretado, etc.) SI ____ NO ____

Si la respuesta anterior es SI. Diga si es preciso alta competencia

Para todos los roles SI ____ NO ____

Para algunos roles. Diga cuáles. _____

2- Sinergia del Equipo. PREGUNTAS:

Algunos expertos señalan que la importancia de la afinidad entre dos personas depende de los roles que juegan cada una.

¿Está de acuerdo con la afirmación anterior? SI ____ NO ____

En caso de que la respuesta sea SI:

Diga los roles que requieren un personal con mayor afinidad entre ellos

4- Designación del Jefe de Proyecto. PREGUNTAS:

¿El jefe de proyecto solo debe realizar un proyecto a la vez? SI ____ NO ____

Considera que es aconsejable o imprescindible que al designar el jefe de proyecto, este tenga experiencias (no necesariamente como jefe de proyecto) en:

* Dominio del proyecto. Aconsejable ____ Imprescindible ____

* Tecnologías. Aconsejable ____ Imprescindible ____

* Trabajo con el mismo cliente. Aconsejable ____ Imprescindible ____

5- Disponibilidad de la persona según plan. PREGUNTAS:

¿Estar asignado a otro proyecto puede invalidar a la persona para asignarlo a un nuevo proyecto? SI ____ NO ____

Si la respuesta es NO, la nueva asignación dependerá de:

* el rol que desempeña en el proyecto ya asignado SI ____ NO ____

* el rol que desempeñará en el nuevo proyecto SI ____ NO ____

* la cantidad de proyectos a los que ya está asignado SI ____ NO ____

* la complejidad del proyecto ya asignado SI ____ NO ____

Existen roles que precisan que la persona sólo participe en un proyecto? SI ____ NO ____

Diga qué roles _____

6- Costos. PREGUNTAS:

¿Considera que se deben tomar en cuenta otros elementos de costos? SI ____ NO ____

Diga cuáles: _____

7- Tamaño del Equipo. PREGUNTAS:

¿En el mismo proyecto, una persona puede jugar más de un rol? SI ____ NO ____

Si la respuesta es SI:

¿Siempre es preferible que una persona juegue la mayor cantidad de roles para lograr disminuir tamaño del equipo, manteniendo el nivel de competencias? SI ____ NO ____

¿Existen roles que son incompatibles para que los ejecute una misma persona?

Diga cuáles: _____

Anexo 6: Resumen del procesamiento de la segunda ronda de la Etapa 2

| FACTORES | Votación | NC (%) |
|--|-----------------|---------------|
| 1. Características del proyecto | | |
| 1.1 Complejidad | 34 / 35 | 97,14 |
| 1.2 Importancia | 26 / 35 | 74,29 |
| 1.3 Riesgo | 29 / 35 | 82,86 |
| 1.4 Calendario | 14 / 35 | 40,00 |
| 1.5 Tipo de cliente | 15 / 35 | 42,86 |
| 2. Sinergia del equipo de proyecto. | 32 / 35 | 91,43 |
| 3. Competencias de las personas. | | |
| 3.1 Competencias técnicas | 35 / 35 | 100,00 |
| 3.2 Competencias genéricas | 29 / 35 | 82,86 |
| 3.3 Experiencias del personal: | | |
| 3.3.1 En el dominio del proyecto | 28 / 35 | 48,57 |
| 3.3.2 En proyectos similares | 24 / 35 | 68,57 |
| 3.3.3 En el o los rol(es) | 28 / 35 | 80,00 |
| 3.3.4 Con el cliente | 7 / 35 | 17,14 |
| 3.4 Formación del personal | 17 / 35 | 48,57 |
| 3.5 Interés en el desempeño de roles | 7 / 35 | 20,00 |
| 4. Designación del jefe del proyecto | 17 / 35 | 48,57 |
| 5. Disponibilidad de la persona según plan | 30 / 35 | 85,71 |
| 6. Costos | | |
| 6.1 Costo por Salario | 9 / 35 | 25,71 |
| 6.2 Costo por Lejanía | 19 / 35 | 54,29 |
| 7. Tamaño del equipo | 16 / 35 | 45,71 |

NC: Nivel de Concordancia

| PRIORIDAD de los FACTORES | Media | Desviación Estándar |
|----------------------------------|--------------|----------------------------|
| Maximizar competencias | 0,97 | 0,09 |
| Maximizar sinergia | 0,78 | 0,24 |
| Minimizar costos lejanía | 0,38 | 0,22 |
| Minimizar tamaño | 0,31 | 0,20 |
| Balancear carga | 0,68 | 0,28 |

Anexo 7: Matriz suministrada a los expertos en la primera ronda de la Etapa 3

| Roles Invariantes | Competencias genéricas | | | | | | | | | | | | | | Competencias Técnicas | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|-----------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|--|---|---|------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|---------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|--|--|--------------------|--------------------------------------|---|------------------------------------|---|-------------------------------|----------------------|
| | Trabajo en equipo y cooperación | Capacidad de análisis | Capacidad de planificar y organizar | Capacidad de Controlar | Capacidad de Negociación | Capacidad de Adaptación (Flexibilidad) | Capacidad de Investigar (exploración, búsqueda, indagación) | Capacidad de Estrategia (Busca, analiza y define estrategias) | Pensamiento conceptual | Manejo de riesgos | Toma de decisiones | Tenacidad (Perseverancia) | Independencia | Orientación al cliente | Compromiso con la organización | Proactivo (Iniciativa) | Comunicación oral | Comunicación escrita | Aprendizaje continuo | | | Dominio del idioma | Dominio del lenguaje de programación | Dominio de la herramienta de modelación | Dominio de gestor de base de datos | Dominio de la metodología de desarrollo | Habilidades de Diseño Gráfico | Dominio del Producto |
| Jefe de proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diseñador Gráfico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gestor de Cambios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gestor de Configuración | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Arquitecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Especialista de Seguridad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Analista | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diseñador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diseñador de Base de Datos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Programador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Documentador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Probador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Especialista de Calidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jefe Proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Especialista Operacional | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Especialista Técnico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leyenda | Roles que intervienen en proyectos de desarrollo de software | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Roles que intervienen en proyectos de implantación o implementación de software | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 8: Propuesta de roles invariantes (y sus responsabilidades) para enfrentar proyectos de desarrollo e implantación de software

| Roles invariantes (Proyectos de Desarrollo) |
|--|
| Jefe de proyecto <ul style="list-style-type: none">• Participa en la definición del proyecto.• Aprueba la metodología de desarrollo que se va a usar.• Aprueba las tecnologías de desarrollo de software a usar en el proyecto.• Coordina, organiza y controla todas las tareas que se asignan a los miembros del equipo de desarrollo.• Organiza y dirige las reuniones del proyecto.• Gestiona los recursos humanos, materiales y financieros necesarios para el proyecto. |
| Diseñador Gráfico <ul style="list-style-type: none">• Captura los requerimientos de la interfaz usuario con el usuario, incluyendo requerimientos de usabilidad.• Define el estándar de diseño de interfaz.• Define el diseño gráfico de la aplicación y lo ejecuta.• Participa en la creación de los prototipos de interfaz usuario.• Involucrar a todos los interesados, como los usuarios finales; en las revisiones y sesiones de pruebas.• Revisa y proporciona la retroalimentación adecuada en la implementación final de la interfaz usuario creada por otros desarrolladores ya sean diseñadores y programadores. |
| Gestor de Cambios <ul style="list-style-type: none">• Servirá de mediador entre el equipo de desarrollo y el cliente para los cambios que este proponga a los requisitos que inicialmente fueron capturados.• Se mantendrá en comunicación con el cliente y familiarizado con el negocio.• Participa con los analistas en la valoración de las implicaciones de los cambios surgidos.• Mantiene actualizado la línea base del proyecto.• Instrumenta la política de gestión de cambios. |
| Especialista de Seguridad <ul style="list-style-type: none">• Dicta las políticas de seguridad que deberán ser tomadas en cuenta durante el desarrollo de la aplicación.• Define la estrategia de autenticación en la aplicación.• Define mecanismos de auditoría y monitoreo del sistema.• Define los mecanismos de encriptación de la información y transmisión segura de datos.• Define las políticas de seguridad sobre los sistemas operativos en los que operará la aplicación (antivirus, detección de intrusos). |
| Diseñador <ul style="list-style-type: none">• Cumple con la metodología aprobada por el líder del proyecto.• Diseña la implementación sobre la arquitectura definida.• Integra los componentes de la solución y define las interfaces.• Dirige el trabajo de los programadores.• Definir las responsabilidades, operaciones, atributos y relaciones de una o varias clases y determinar cómo ajustarlas al ambiente de implementación.• Diseñar paquetes o subsistemas. |

Arquitecto

- Guiar y coordinar las actividades técnicas y artefactos a lo largo del proyecto.
- Establecer la estructura general de cada vista arquitectónica: la descomposición de la vista, el agrupamiento de elementos y las interfaces. En contraste con otros roles, su visión es a lo ancho en vez de a profundidad.
- Identifica las tecnologías que serán usadas en el proyecto.
- Recomienda una metodología de desarrollo
- Proporciona la estructura general y diseño de la aplicación.
- Se asegura que el proyecto está adecuadamente definido y el diseño debidamente documentado.
- Establece las guías para la codificación, para el manejo de excepciones y los hace cumplir.
- Proporciona la guía para desarrollar la lógica de negocio.
- Orienta a los desarrolladores en las tareas difíciles.
- Ayuda al administrador del proyecto a estimar los costos.
- Ayuda a ubicar al personal según sus habilidades en las posiciones adecuadas dentro del proyecto
- Chequea que el diseño gráfico propuesto sea factible.
- Se asegura que los requerimientos de negocio determinados por el analista de negocio sean suficientes.
- Proporciona consejos técnicos y guía al administrador del proyecto.
- Se asegura de que los patrones de diseño sean usados, mantenidos y extendidos.

Gestor de Configuración

- Encargado de mantener la configuración estable del producto.
- Participa con los analistas en la valoración de las implicaciones de los cambios surgidos.
- Lleva el control de las versiones estables.

Analista

- Participa en la definición del proyecto.
- Define una estrategia para la captura de requisitos.
- Aprueba los artefactos que se obtienen como resultado del análisis.
- Aprueba las técnicas de recopilación que serán usadas durante la captura de requisitos.
- Supervisa y controla el cumplimiento de la metodología de desarrollo.
- Define los sistemas, subsistemas y módulos en que se organiza la solución de software.
- Interactúa con el cliente en la definición de los requisitos de la aplicación.
- Valora las implicaciones de los cambios surgidos durante el desarrollo y propone soluciones.

Diseñador de Base de Datos

- Define los algoritmos de replica, sincronización, respaldo y recuperación de la base de datos
- Define las políticas de uso de los diferentes objetos de bases de datos ante situaciones particulares.
- Utiliza la información del análisis del negocio para identificar, definir y catalogar todos los datos que la aplicación almacenará en la base de datos.
- Documenta los datos mediante un diagrama entidad-relación.

| |
|--|
| Probador <ul style="list-style-type: none"> • Planifica y diseña las pruebas desde etapas tempranas • Ejecutar las pruebas • Registrar defectos • Evaluar la ejecución de las pruebas |
| Documentador <ul style="list-style-type: none"> • Mantiene actualizada la documentación que se genera en el desarrollo del proyecto • Crea los manuales de usuario y de operación del sistema • Crea los sistemas de ayuda y tutoriales en línea |
| Programador <ul style="list-style-type: none"> • Ejecuta directamente la codificación de la capa de presentación • Ejecuta directamente la codificación de la capa de negocio • Ejecuta directamente la codificación de la capa de acceso a datos • Colabora con el diseñador gráfico para desarrollar un prototipo funcional • Ejecuta directamente la codificación de componentes para la comunicación con sistemas externos • Programa (por ejemplo, en lenguaje SQL) los procedimientos almacenados, funciones, vistas, consultas, triggers y otros objetos de bases de datos que se requieran durante el desarrollo. |
| Especialista de Calidad <ul style="list-style-type: none"> • Generar el plan y el modelo de prueba • Implementar los procedimientos de prueba • Evaluar la envergadura y resultados de las pruebas y su efectividad • Generar un resumen de la evaluación de la prueba • Planificar las inspecciones y revisiones • Ejecutar las revisiones e inspecciones • Registrar defectos • Generar un resumen de las revisiones e inspecciones |
| Roles invariantes (Proyectos de Implantación) |
| Jefe Proyecto <ul style="list-style-type: none"> • Es la cara frontal de la empresa ante el cliente, tiene capacidad para tomar la mayoría de las decisiones que se requerirán durante el desarrollo del proyecto. • Administra, coordina, dirige y da cumplimiento a cada una de las etapas del proyecto. |
| Especialista Operacional <ul style="list-style-type: none"> • Es un especialista con experiencia en el dominio de la aplicación capaz de entender y llevar al sistema las particularidades propias del cliente. |
| Especialista Técnico <ul style="list-style-type: none"> • Es un especialista con experiencia en la actividad informática que domina el trabajo con bases de datos, lenguajes de programación y otras herramientas técnicas. • Se encarga de resolver cualquier problema técnico en el sistema. |

Anexo 9: Propuesta de competencias genéricas para enfrentar proyectos de software

| |
|---|
| Competencias genéricas |
| Trabajo en equipo y cooperación Es la capacidad de participar activamente en la prosecución de una meta común subordinando los intereses personales a los objetivos del equipo. Implica tener expectativas positivas respecto de los demás y comprensión interpersonal. Capacidad de trabajar en colaboración con grupos multidisciplinarios, con otras áreas de la organización u organismos externos con los que deba interactuar. |
| Capacidad de análisis Es la capacidad general que tiene una persona para realizar un análisis lógico. La capacidad de identificar los problemas, reconocer la información significativa, buscar y coordinar los datos relevantes. |
| Capacidad de planificar y organizar Capacidad de desarrollar un plan general, metódicamente organizado y frecuentemente de gran amplitud, para obtener un objetivo determinado, tal como la planificación de un proyecto teniendo en cuenta todas sus partes. Poder establecer o reformar algo para lograr un fin, coordinando las personas y los medios adecuados |
| Capacidad de Controlar Es la capacidad de llevar una regulación, manual o automática, sobre un sistema. Requiere de habilidades evaluadoras que permitan, de la manera más objetiva posible, establecer la revisión y seguimiento de las etapas del proyecto. |
| Capacidad de Negociación Habilidad para crear un ambiente propicio para la colaboración y lograr compromisos duraderos que fortalezcan la relación. Capacidad para dirigir o controlar una discusión utilizando técnicas ganar-ganar planificando alternativas para negociar los mejores acuerdos. Se centra en el problema y no en la persona. |
| Capacidad de Adaptación (Flexibilidad) Capacidad de modificar la conducta personal para alcanzar determinados objetivos cuando surgen dificultades, nuevos datos o cambios en el medio. Se asocia a la versatilidad del comportamiento para adaptarse en distintos contextos, situaciones, medios y personas en forma rápida y adecuada. La flexibilidad está más asociada a la versatilidad cognitiva, a la capacidad para cambiar convicciones y formas de interpretar la realidad. Vinculada estrechamente a la capacidad para la revisión crítica. |
| Capacidad de Investigar (exploración, búsqueda, indagación) Habilidad de hacer diligencias para descubrir algo. Realizar actividades intelectuales y experimentales de modo sistemático con el propósito de aumentar los conocimientos sobre una determinada materia. |
| Capacidad de Estrategia (Busca, analiza y define estrategias) Es el arte de dirigir un asunto. La habilidad en un proceso regulable de establecer el conjunto de las reglas que aseguran una decisión óptima en cada momento. |

Pensamiento conceptual (asociado al pensamiento lógico)

Habilidad para explicar situaciones o resolver problemas.

Desarrollar conceptos nuevos que no resultan obvios para los demás.

Hacer que las situaciones o ideas complejas estén claras, sean simples y comprensibles.

Integra ideas, datos claves y observaciones presentándolos en forma clara y útil.

Analizar situaciones presentes utilizando los conocimientos teóricos o adquiridos con la experiencia.

Utilizar y adaptar adecuadamente los conceptos o principios complejos aprendidos.

Identificar pautas, tendencias o lagunas de la información que maneja. Reconoce e identifica las similitudes entre una nueva situación y algo que ocurrió en el pasado.

Utilizar criterios básicos sentido común y las experiencias vividas para identificar los problemas. Reconoce cuándo una situación presente es igual a una pasada.

Manejo de riesgos

Es la capacidad de prever y adelantarse a una contingencia o proximidad de un daño.

Es valorar soluciones a lo que pudiera afectar el desarrollo y la terminación de un proyecto

Toma de decisiones

Es la capacidad de determinación o resolución que se toma o se da en una situación dudosa. Se representa además en la firmeza de carácter.

Tenacidad (Perseverancia)

Firmeza y constancia en la ejecución de los propósitos. Es la predisposición a mantenerse firme y constante en la prosecución de acciones y emprendimientos de manera estable o continua hasta lograr el objetivo.

No hacer referencia al conformismo; al contrario, alude a la fuerza interior para insistir, repetir una acción, mantener una conducta tendiente a lograr cualquier objetivo propuesto, tanto personal como de la organización.

Independencia

Expresa la habilidad y conducta de las personas a trabajar y resolver los problemas que se les presentan de manera individual. Es la seguridad y firmeza en el carácter para sostener criterios propios incluso coexistiendo con otros divergentes.

Compromiso con la organización

Sentir como propios los objetivos de la organización.

Apoyar e instrumentar decisiones comprometido por completo con el logro de objetivos comunes.

Prevenir y superar obstáculos que interfieren con el logro de los objetivos del negocio.

Controlar la puesta en marcha de las acciones acordadas.

Cumplir con sus compromisos tanto los personales como los profesionales.

Proactivo (Iniciativa)

Actitud permanente de adelantarse a los demás en su accionar. Es la predisposición a actuar de forma proactiva y no sólo pensar en lo que hay que hacer en el futuro.

Implica marcar el rumbo por medio de acciones concretas, no sólo de palabras.

Los niveles de actuación van desde concretar decisiones tomadas en el pasado hasta la búsqueda de nuevas oportunidades o soluciones de problemas.

Comunicación oral

Capacidad de escuchar, hacer preguntas, expresar conceptos e ideas en forma efectiva, y exponer aspectos positivos.

Habilidad de saber cuándo y a quién preguntar para llevar adelante un propósito.

Capacidad de escuchar al otro y comprenderlo.

Comprender la dinámica de grupos y el diseño efectivo de reuniones.

Comunicación escrita

Capacidad de comunicar por escrito con concisión, claridad, lógica, adecuada ortografía, centrado en la esencia, utilizando un lenguaje persuasivo y adecuado al contexto, empleando frases cortas y demostrando que posee un amplio vocabulario.

Aprendizaje continuo

Capacidad y necesidad que posee una persona para mantenerse actualizado en los temas de interés que redundan en una mejor gestión de su trabajo

Orientación al cliente

Implica el deseo de ayudar o servir a los clientes, de comprender y satisfacer sus necesidades, aun aquellas no expresadas.

Implica esforzarse por conocer y resolver los problemas del cliente, tanto del cliente final a quien van dirigidos los esfuerzos de la organización como los clientes de los propios clientes y todos aquellos que cooperen en la relación organización-cliente, como el personal ajeno a la organización.

No se trata tanto de una conducta concreta frente a un cliente real como de una actitud permanente de contar con las necesidades del cliente para incorporar este conocimiento a la forma específica de planificar la actividad.

Anexo 10: Resultado del procedimiento aplicado para el rol Jefe de Proyecto en la primera ronda de la Etapa 3.

Paso 1: En la Figura 1 se muestra el procesamiento inicial del rol Jefe de Proyecto.

Paso 2: Los 22 valores outliers identificados en el procesamiento del rol Jefe de Proyecto se muestran en la Tabla 1.

Paso 3: En la Figura 2 se muestra el procesamiento del rol Jefe de Proyecto una vez eliminado los outliers.

Paso 4: Al evaluar la Figura 2 se pudo concluir que para desempeñar el rol de Jefe de Proyecto resultaban necesarias las siguientes competencias: 1-24 y 26. Para llegar a conclusiones acerca de las competencias 21, 23 y 25, fue preciso analizar los valores de la mediana y la moda. Se decide someter la competencia 25 a una segunda ronda de evaluación debido a la gran dispersión en el criterio emitido por los expertos.

Paso 5: Al analizar la importancia de cada competencia para el desempeño del rol Jefe de Proyecto, una vez aplicada la nueva escala, se concluyó que las competencias 22 y 25 debían someterse a la segunda ronda, la competencia 21 era necesaria en alguna medida y el resto de las competencias resultaban muy importantes para el desempeño del rol.

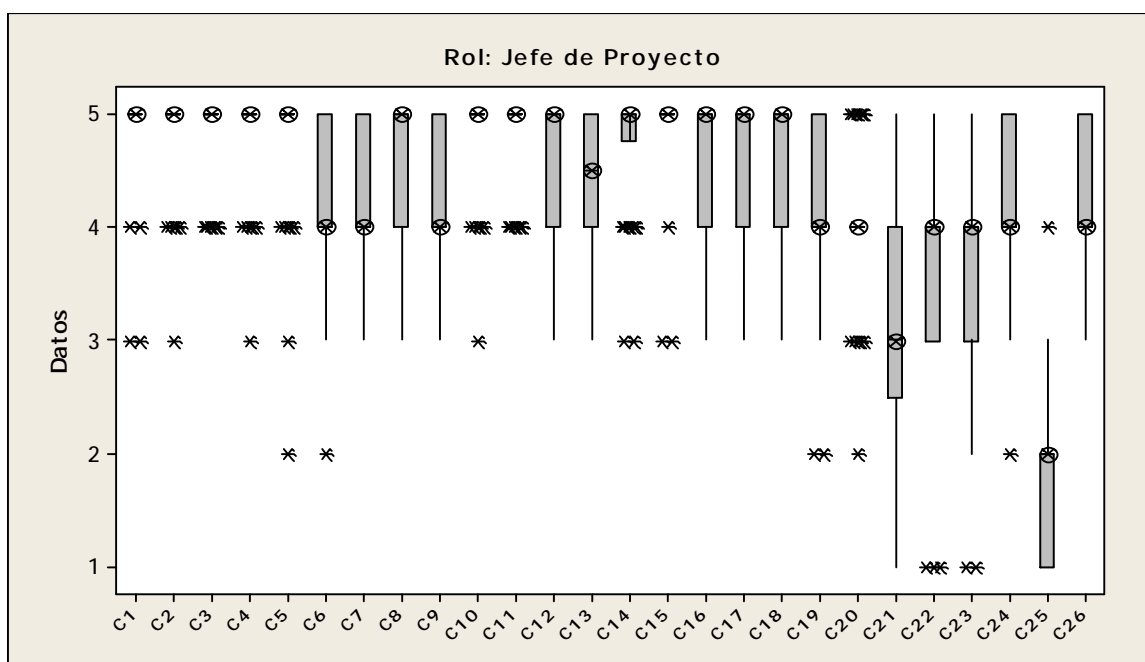


Figura 1: Procesamiento inicial para el rol Jefe de Proyecto

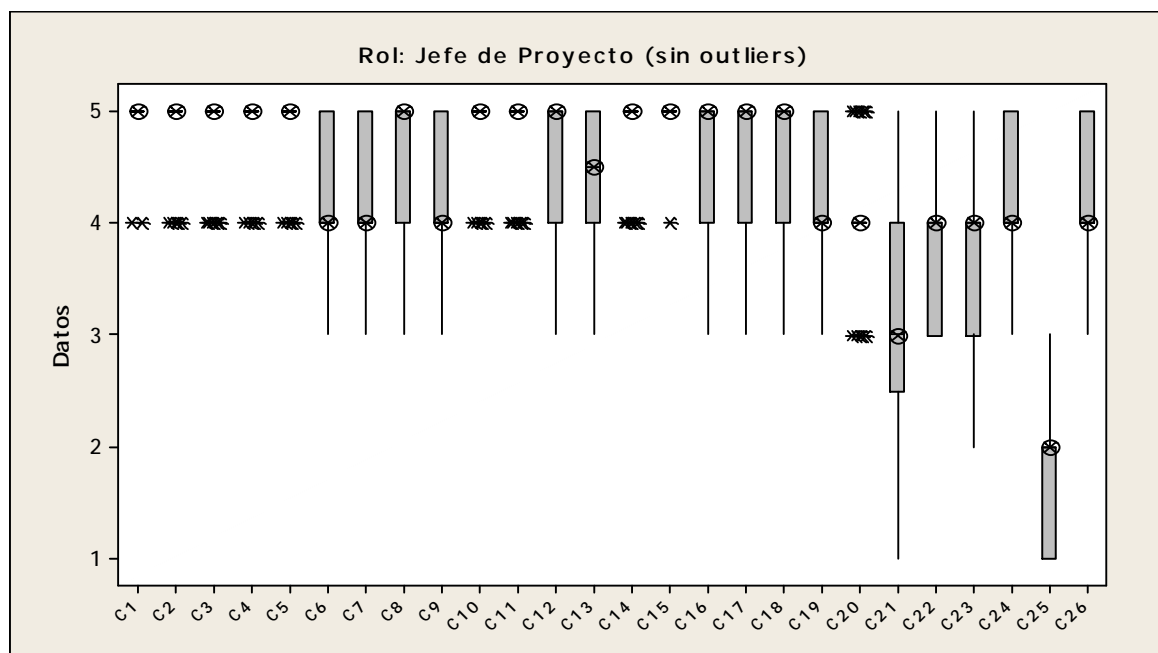


Figura 2: Procesamiento del rol Jefe de Proyecto al eliminar los outliers

Tabla 1: Valores outliers identificados en el rol Jefe de Proyecto

| Competencias | Valores Outliers | Expertos | Competencias | Valores Outliers | Expertos |
|--------------|------------------|----------|--------------|------------------|------------|
| 1 | 3 | 13, 19 | 15 | 3 | 1, 18 |
| 2 | 3 | 19 | 19 | 2 | 19, 21 |
| 4 | 3 | 1 | 20 | 2 | 30 |
| 5 | 2 | 1 | 22 | 1 | 10, 14, 34 |
| 5 | 3 | 21 | 23 | 1 | 10, 11 |
| 6 | 2 | 1 | 24 | 2 | 10 |
| 10 | 3 | 21 | 25 | 4 | 20 |
| 14 | 3 | 1, 6 | | | |

Anexo 11: Encuesta aplicada en la segunda ronda de la Etapa 3

En esta matriz aparecen procesadas las opiniones de todos los expertos encuestados en la ronda 1. Una celda en blanco significa que para esa competencia en ese rol hubo una gran discordancia en sus criterios. En cada celda llena, el valor que aparece se corresponde con el criterio de la mayoría de los expertos.

En esta ronda le solicitamos, en el orden que se plantea:

- Introduzca valores (entre 0 y 2) en las celdas en blanco
 - Revise la información contenida en el resto de las celdas ratificando o no sus valores
- Respecto a la ronda anterior se modificó la escala de valores, haciéndola más simple y reflejando la información esencial de la escala anterior.

La nueva escala contempla tres posibles valores (2, 1 y 0) que reflejan en qué grado se requiere la competencia para desempeñar el rol:

2 - Necesaria en un alto por ciento

1 - Se requiere en alguna medida

0 - NO es necesaria

| | Competencias genéricas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Competencias Técnicas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---|--------------------------------------|---|---|---|------------------------------------|---|---|---|--|---|---|---|---|---|------------------------|---|-------------------|-----------------------|--------------------|---|---------------------------|---|---------------|---|------------------------|---|--------------------------------|---|------------------------|---|-------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|
| | Trabajo en equipo y cooperación | | Capacidad de análisis | | Capacidad de planificar y organizar | | Capacidad de Controlar | | Capacidad de Negociación | | Capacidad de Adaptación (Flexibilidad) | | Capacidad de Investigar (exploración, búsqueda, indagación) | | Capacidad de Estrategia (Busca, analiza y define estrategias) | | Pensamiento conceptual | | Manejo de riesgos | | Toma de decisiones | | Tenacidad (Perseverancia) | | Independencia | | Orientación al cliente | | Compromiso con la organización | | Proactivo (Iniciativa) | | Comunicación oral | | Comunicación escrita | | Aprendizaje continuo | |
| | Dominio del idioma | | Dominio del lenguaje de programación | | Dominio de la herramienta de modelación | | Dominio de gestor de base de datos | | Dominio de la metodología de desarrollo | | Habilidades de Diseño Gráfico | | Dominio del Producto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Roles Invariantes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jefe de proyecto | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| Diseñador Gráfico | 2 | 2 | | 0 | | 2 | 2 | | | | | | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| Gestor de Cambios | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Gestor de Configuración | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Arquitecto | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Especialista de Seguridad | | 2 | | 2 | | 1 | 2 | | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Analista | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Diseñador | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Diseñador de Base de Datos | 2 | 2 | 1 | 1 | | 2 | 2 | 1 | | 2 | 2 | | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Programador | 2 | 2 | | | | 2 | 2 | | 2 | | | 2 | 2 | | 2 | 2 | 1 | | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Documentador | 2 | 1 | 1 | | 0 | 1 | | | 1 | | | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | | 0 | | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Probador | 2 | | 1 | | 0 | | 1 | | | | | 2 | 1 | | 2 | 1 | | | 2 | | | 2 | 1 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| Especialista de Calidad | 2 | 2 | 2 | | | | 2 | 1 | | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Jefe de Proyecto (Implantación) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Especialista Operacional | 2 | 2 | | 1 | 2 | | 2 | 1 | | | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Especialista Técnico | 2 | 2 | 1 | | | 2 | 2 | | 2 | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Anexo 12: Cuestionario LPC 0.2

Nombre(s) y Apellido(s):

Instrucciones:

A continuación se relacionan un grupo de rasgos que pueden caracterizar la personalidad. Le pedimos piense en aquellos compañeros con los cuales, trabajando en equipo, usted se ha sentido muy incómodo, aquellos con los que no desearía tener que trabajar nunca más. A partir de los rasgos que se le ofrecen, identifique las características que rechaza en estas personas.

Marque su respuesta con una cruz en la casilla que aparece a la derecha de cada elemento.

| | | | |
|----|--|----|---|
| 1 | Reservada, alejada, crítica, fría. | 17 | Abierta, afectuosa, reposada, participativa. |
| 2 | Inteligencia baja, pensamiento concreto. | 18 | Inteligencia alta, pensamiento abstracto, brillante |
| 3 | Afectada por los sentimientos, poco estable emocionalmente, turbable. | 19 | Emocionalmente estable, tranquila, madura, afronta la realidad. |
| 4 | Sumisa, débil, acomodadiza, conformista. | 20 | Dominante, independiente, agresiva, competitiva, obstinada. |
| 5 | Sobria, prudente, seria, taciturna. | 21 | Descuidada. Animada e impulsiva, entusiasta. |
| 6 | Despreocupada, evita las normas y acepta pocas obligaciones. | 22 | Escrupulosa (consciente), sensata, perseverante, sujeta a normas. |
| 7 | Cohibida, reprimida, tímida, falta de confianza en sí misma. | 23 | Emprendedora, socialmente atrevida, espontánea, no inhibida. |
| 8 | Sensibilidad dura, confiada en sí misma, realista. | 24 | Sensibilidad blanda, dependiente, superprotegida, impresionable. |
| 9 | Confiable, adaptable, no afectada por los celos o envidia, de trato fácil. | 25 | Suspica, engreída, difícil de engañar. |
| 10 | Práctica, cuidadosa, convencional, regulada por las realidades externas. | 26 | Imaginativa, centrada en sus necesidades íntimas, despreocupada de los asuntos prácticos, abstraída,. |
| 11 | Franca, natural, sencilla, sentimental. | 27 | Astuta, calculadora, mundana, perspicaz. |
| 12 | Apacible, segura de sí, flexible, serena. | 28 | Aprensiva, preocupada, depresiva, turbable. |
| 13 | Conservadora, respetuosa de las ideas establecidas, tolerante de los defectos tradicionales. | 29 | Analítica-crítica, liberal, experimental, de ideas libres y pensamiento abierto. |
| 14 | Dependiente, buena compañera y de fácil unión al grupo. | 30 | Autosuficiente, prefiere sus propias decisiones, llena de recursos. |
| 15 | Autoconflictiva, despreocupada de protocolos, orientada por sus propias necesidades. | 31 | Esforzada por cumplir con exigencias sociales, autodisciplinada, responsable. |
| 16 | Relajada, tranquila, insensible, conformista. | 32 | Impaciente, tensa, extremadamente activa. |

Anexo 13: Cuestionario LPC 0.3

Nombre y Apellidos:

Instrucciones:

Le pedimos piense en una persona con la cual ud. ha tenido que trabajar en algún momento, y precisamente por las características de esa persona le ha sido difícil desarrollar el trabajo. Ha sido una experiencia verdaderamente difícil, incómoda, y puede que hasta conflictiva. Una vez representada esa persona o patrón de persona, seleccione de cada par de enunciados la opción que mejor representa a esa persona identificada.

De no haber tenido esa vivencia, elija aquella característica de cada par que le resulte menos atractiva. Marque su respuesta con una cruz en la casilla que aparece a la izquierda de cada enunciado. Gracias

| | |
|---|--|
| I- En su trato con los otros y formando equipos: | |
| Es sociable y expresivo, prefiere comunicarse verbalmente, elabora mejor las ideas cuando las discute con otros, toma la iniciativa en el trabajo y las relaciones. Le gusta mucho conversar. | Es privado y reservado, prefiere comunicarse por escrito, elabora mejor las ideas reflexionando sobre ellas, sólo toma la iniciativa cuando la situación es muy importante para él o ella. Es de pocas palabras. |
| II- ¿Cómo procesa y maneja la información que recibe? | |
| Le gusta recibir información real y tangible, o sea, de lo que realmente está sucediendo. Presta atención a los detalles de lo que ocurre a su alrededor, actúa con cuidado para llegar a conclusiones, y confía en la experiencia práctica. | A partir de la información que recibe, establece rápidas relaciones y conexiones entre hechos. Le gusta recibir la información lo más completa posible; observando el "todo". Se orienta más a posibilidades futuras, construye hipótesis de los hechos rápidamente, arribando a conclusiones que no siempre están sustentadas en los datos reales. Sigue corazonadas, y confía en la inspiración. |
| III- ¿Cómo toma decisiones? | |
| Resuelve los problemas con lógica, es analítico, usa el razonamiento de causa-efecto, prefieren separarse mentalmente de la situación para observar objetivamente los pro y los contra. Procura encontrar una norma o principio que pueda aplicarse en todas las situaciones similares. | Para resolver problemas gusta considerar lo que es importante para las personas implicadas, se pone en el lugar del otro para de esa manera poder tomar la decisión. Evalúa los impactos que puede traer para los involucrados. Se orienta por valores personales, se esfuerza por lograr armonía entre lo correcto y lo conveniente. |
| IV- ¿Cómo se enfrenta al trabajo y cómo lo organiza? | |
| Gusta seguir un plan, cumplir las fechas límites y los planes. Es sistemático, metódico, intenta evitar tensiones de último minuto. Prefiere concretar las decisiones y vivir de una manera planificada. | Gusta dejar opciones abiertas y dejar que las cosas se desarrollen. Es espontáneo, flexible, informal, adaptable, no está atado a las agendas, no le molesta las tensiones de último minuto, hasta puede que las disfrute. |