

permitió entender en la práctica el uso y la relación de los diferentes conceptos ubicados en el material experimental. Es preciso mencionar que aunque la replicación es en parte una consecuencia de la revisión del material experimental del grupo de investigación, no será detallada en esta etapa, sino en la siguiente, ya que fue producto directo de la necesidad de entender más a detalle el proceso experimental en la práctica.

El primer paso de la actividad de revisión del material experimental fue ubicar la información más relevante existente en el grupo de investigación objeto de estudio, lo cual representó una dificultad, dado que su manejo está a cargo de un único experimentador, cuyas técnicas y métodos de gestión aplicados son ad hoc y no compartidos por el resto del grupo. La información del grupo es mantenida generalmente en formato digital, aunque en parte también está impresa. El material digital corresponde, entre otras cosas a: Planificación de distintas instancias experimentales, descripción de diferentes experimentos, diseños experimentales, material experimental, datos crudos (también referidos con el término raw data del inglés), resultados, reportes experimentales, etc.; lo cual es mantenido generalmente en formato Word, Excel y PDF. La información impresa corresponde esencialmente a instrumentos cumplimentados de distintas instancias experimentales, denominados con el término del inglés “collected items”. Esta información está ordenada en fólder, cuyo manejo es especialmente complejo al momento de ubicar una información específica, sobre todo porque la estructura y ubicación de la información, es un dato de propiedad exclusiva del experimentador que hace las veces de albacea de la información.

Una vez ubicada la información a estudiar, el segundo paso corresponde a la aplicación de la técnica de análisis de la documentación, tal como fue explicada en el estudio de la literatura referente. Es preciso mencionar que, dado que la revisión del material experimental existente se ha realizado en paralelo con la obtención del conocimiento del grupo de investigación, no existe una figura que esquematice este proceso en esta sección, ya que será incluido en la Sección 5.3.3.

El resultado de esta actividad fue aportar al conocimiento del investigador obtenido en la actividad de estudio de la literatura referente, lo que le permitió el modelo conceptual inicial.

5.3.3 Obtención del Conocimiento del Grupo de Investigación y Construcción de Modelos Conceptuales del Proceso Experimental en IS

La obtención del conocimiento del grupo de investigación se constituyó como la actividad que nos permitió obtener la información más valiosa respecto a la temática de investigación. Esto es así porque en este proceso converge la información que aportan todas las fuentes, especialmente la información correspondiente al conocimiento de los investigadores del GrISE, la cual no se había hecho explícita de forma estructurada en ninguna parte, antes de esta investigación. El factor que más contribuyó para alcanzar el nivel de información obtenido, fue la utilización de técnicas e instrumentos adecuados. Esto, unido a una estrategia de almacenamiento y sistematización de los productos intermedios obtenidos (grabaciones, fotografías, mapas conceptuales, etc.) afianzó la rigurosidad de la investigación. El detalle del proceso seguido para obtener el conocimiento del grupo de

investigación que está representado en la Figura 5.6, se describe a continuación.

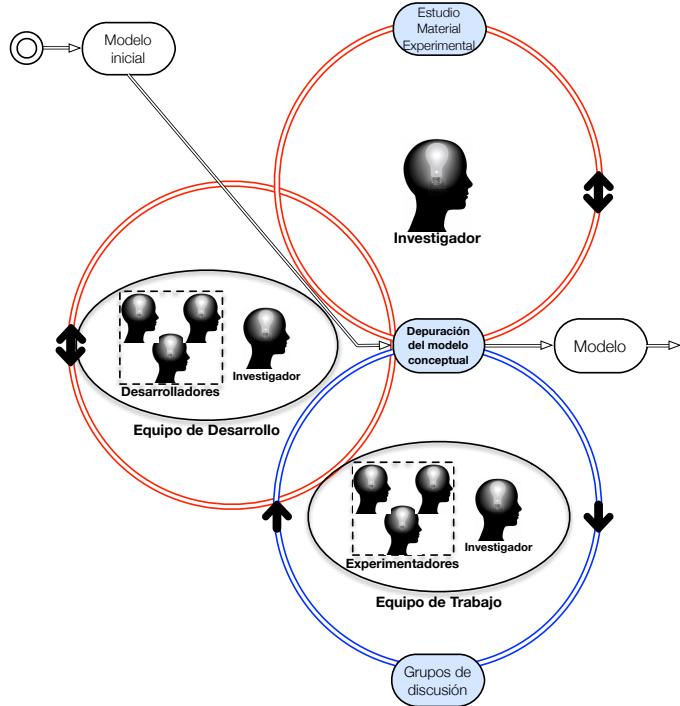


Fig. 5.6: Proceso de Obtención del Conocimiento del Grupo de Investigación

5.3.3.1 Primer Ciclo de Grupos de Discusión

El punto de partida es la elaboración del modelo conceptual inicial del proceso experimental. Esta actividad, como se describió anteriormente, fue llevada a cabo por el investigador, misma que inicia con un profundo estudio del material experimental del grupo de investigación objeto de estudio y de la literatura referente a la temática de investigación. Es preciso mencionar, que las características obtenidas en el estado de la cuestión, también han servido como referencia. Este estudio fue llevado a cabo con la intención de abstraer la mayor cantidad de conceptos, su definición y su relación dentro del proceso experimental en IS.

Grupos de Discusión - Ciclo 1: La técnica de grupos de discusión conjuntamente con la técnica de modelado de conceptos fueron aplicadas con el objeto de obtener la información más relevante del grupo de investigación GrISE, principalmente de los experimentadores con mayor experiencia que son quienes poseen un conocimiento íntimo del ciclo experimental en IS. Esta investigación ha permitido hacer explícita una información tácita e implícita hasta el momento.

Fueron realizadas varias sesiones de grupos de discusión en las que generalmente participó la mayoría de experimentadores del GrISE, conjuntamente con el investigador. Sin embargo, eventualmente en las sesiones se contó con la participación de experimentadores externos tales como Stefan Biffl, Dietmar Winkler y Martín Solari. El proceso de las

sesiones de grupos de discusión inicia con la programación de una cita con los experimentadores, para una fecha y hora determinadas. En este caso, concretar la cita inicial y las demás citas significó una complicación, debido a la dificultad de coordinar la disponibilidad de los experimentadores, tomando en cuenta adicionalmente, que se requirió al menos de la opinión de dos experimentadores por sesión.

Los grupos de discusión contaron incluso en la sesión inicial con un modelo conceptual inicial sobre el cual basaron su operación. Dicho modelo sirvió para que los integrantes del equipo de trabajo realicen su validación y/u observaciones. Todas las sesiones fueron grabadas en video, para registrar todas y cada una de las contribuciones de los integrantes del equipo de trabajo, ya sea en la pizarra, sobre la misma impresión del modelo, a través de explicaciones verbales, por medio de algún gesto o señal, etc. Adicionalmente, para algunos gráficos realizados en la pizarra, fueron tomadas fotografías para no perder ningún detalle de las sugerencias hechas a nivel de esbozos realizados por los experimentadores. Por ejemplo la Figura 5.7 muestra una fotografía en donde se muestra un boceto realizado por los experimentadores. Para acceder a las grabaciones completas y a los productos intermedios del modelo conceptual, consúltese en el sitio web: <http://190.15.140.14/erfonseca/productos-intermedios/resolucion/etapa1/accion1/>.

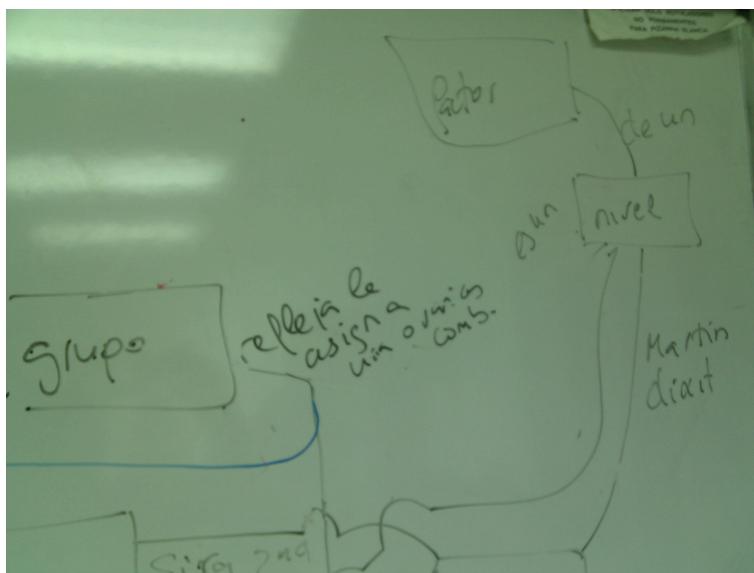


Fig. 5.7: Fotografía de Ejemplo de un Esbozo de los Experimentadores

El uso de instrumentos adecuados fue determinante para obtener la información más valiosa de los grupos de discusión. Por un lado, está la grabación de audio y video que fue fundamental al momento de transcribir el modelo corregido al programa de modelado, ya que fue posible plasmar hasta el último detalle expresado por los experimentadores ya sea en papel, en la pizarra, en gestos o, en base a sus comentarios. Adicionalmente, la grabación permitió recrear las sesiones tantas veces como fue necesario, para no dejar sin efecto a todas y cada una de las sugerencias de los experimentadores. Particularmente, las grabaciones se han constituido en un insumo que está disponible para ser reproducido en cualquier momento y que garantiza la recreación de la investigación.

Las sesiones contaron con otra característica adicional, que fue el hecho de que estuvieran lideradas por uno de los experimentadores de mayor experiencia, el cual guió la reunión en el sentido de que no pierda su propósito, que era definir los conceptos y relaciones que participan en el proceso experimental en IS. A pesar de la presencia del moderador y de su experiencia, las sesiones en general se tornaron caóticas, y la sensación al finalizar las sesiones era de incertidumbre, por un lado aparentemente había acuerdo, pero también se percibía desacuerdo en ciertas decisiones.

Finalmente, es preciso mencionar que se realizaron 9 grupos de discusión en este ciclo, lo cual tomó aproximadamente 4 meses.

Depuración de las Versiones Intermedias del Modelo Conceptual - Ciclo 1: La siguiente acción de la obtención del conocimiento del grupo de investigación es la depuración de los productos intermedios del modelo conceptual obtenidos en cada sesión de grupos de discusión, luego de la validación y/u observaciones hechas por el equipo de trabajo. La depuración del modelo conceptual consistió en realizar los cambios sugeridos textualmente, gráficamente, etc., sobre las versiones intermedias del modelo conceptual. El detalle de la validación y/u observaciones fueron obtenidos de las grabaciones, las impresiones de los modelos y las fotografías.

En esta acción en particular, las tareas de escuchar, ver, analizar y, hacer explícitas las observaciones de los experimentadores en la nueva versión del modelo conceptual, resultaron en extremo complejas. Fue preciso cotejar tanto lo observado en el video, como lo observado en la impresión y, en algunos casos en las fotografías, para luego analizar todo y hacer con certeza las modificaciones en la nueva versión del modelo. Existieron algunas partes de la grabación en las que no se podía apreciar bien las observaciones realizadas al modelo conceptual, por lo que fue necesario acudir a las impresiones del modelo en donde se hicieron algunas observaciones, o en su defecto a las fotografías de la pizarra, con el propósito de cumplimentar todas las observaciones realizadas por parte del equipo de trabajo. Esta complejidad se notó particularmente cuando las observaciones implicaban cambios a nivel del trazado de las líneas de relación entre conceptos. Además, es necesario mencionar que la intensidad de las depuraciones no disminuyó mayormente durante todo el ciclo de acciones de depuración. Por ejemplo, si se observa las versiones intermedias de los modelos, se puede apreciar que varían considerablemente de versión a versión. O en su defecto, si observamos las fotografías respecto a las observaciones realizadas en los modelos por parte de los experimentadores, se puede apreciar que tienen el mismo nivel elevado de correcciones.

En cada cambio sugerido intentamos integrar y armonizar el conocimiento generado por los experimentadores con el del investigador, con el propósito de aclarar dichos cambios. Sin embargo, en algunos casos tuvimos que complementar el modelo de acuerdo al conocimiento exclusivo del investigador, el cual fue obtenido en base a sus vivencias, estudio del material experimental del grupo o, a la revisión de literatura inherente. Los modelos conceptuales resultantes de la primera etapa de la investigación, sirvieron de fundamento para la construcción del prototipo de herramienta de soporte al proceso experimental denominada ISRE, la cual es descrita en el Capítulo 8. El principal propósito de este prototipo de herramienta fue validar la versatilidad de los modelos conceptuales y evidenciar la formalización del proceso experimental. Es preciso mencionar, que para la construcción del prototipo, se contó con la colaboración de un grupo de desarrolladores, quienes utilizaron

los modelo conceptuales como fundamento para del desarrollo del prototipo.

La aplicación de la técnica de grupos de discusión se supone que finaliza cuando el grupo llega a un acuerdo sobre el modelo conceptual, en el sentido de que da por buena su última versión considerando que es lo suficientemente detallada y madura. Sin embargo, en este primer ciclo no se llegó a un acuerdo, por lo que fue necesario tomar acciones para mejorar el protocolo de las sesiones y en un segundo ciclo de grupos de discusión poder llegar a un acuerdo. Tal y como se ha indicado anteriormente, este primer ciclo ha ocurrido luego de 9 grupos de discusión y 4 meses de trabajo.

Productos Obtenidos - Ciclo 1: Como indicamos anteriormente, el proceso de grupos de discusión no terminó en consenso en primera instancia, por lo que no llegamos a obtener un producto final aprobado por todos los experimentadores. Sin embargo, como ya indicamos, se obtuvieron varios productos intermedios cada vez más evolucionados. Para ser precisos, llegamos a generar diez versiones del modelo conceptual, lo que puede dar una idea de la complejidad en lograr que todo el grupo de experimentadores llegue a consensuar sus respectivas visiones del ciclo experimental en un todo.

A modo de evaluación del detalle alcanzado por el modelo conceptual (mostrado en la Figura 5.8) obtenido en el en este primer ciclo a partir del proceso esquematizado en la figura 5.6, y con respecto al modelo conceptual inicial (mostrado en la Figura 5.5), apreciamos sin lugar a dudas que la diferencia es abismal. El modelo alcanzado claramente muestra detalles que denotan un nivel más amplio de conocimiento. El modelo divide su espacio en áreas denominadas con el nombre de las fases del proceso experimental, algunas de las cuales fueron referenciadas de los modelos del proceso de la etapa 2, tales como: planteamiento, diseño, ejecución, adquisición de datos, y análisis.

El **modelo conceptual sin consenso** obtenido hasta esta instancia, tiene una evolución muy marcada comparado con el **modelo inicial**. Las diferentes aproximaciones poco a poco fueron incorporando conceptos hasta ese momento implícitos del conocimiento del grupo de investigación. La evolución del modelo conceptual en esta primera etapa se detalla a continuación:

- La primera versión nace de la necesidad de iniciar un proceso de grupos de discusión para trabajar sobre la estructura del modelo conceptual del ciclo experimental en IS desde una visión global, para lo cual se necesitó de un modelo base del que partir. Como ya se mencionó en el apartado anterior, la versión inicial fue elaborada por el investigador a partir del estudio del material experimental del grupo, del estudio de la literatura referente y, del conocimiento obtenido de su investigación, que en ese entonces era aún inconsistente. El resultado fue un modelo muy general con muchas deficiencias, sin embargo fue suficiente para iniciar el ciclo.
- Desde la segunda versión hasta la quinta versión se caracterizaron por un crecimiento vertiginoso de conceptos específicos en el modelo conceptual. Sin embargo, mantuvimos la simbología pese a tener el inconveniente de no permitir entender claramente el sentido de las relaciones y, los atributos de los conceptos siguieron sin tener mayor sentido, además que daban al modelo conceptual la impresión de ser un modelo para el desarrollo de un sistema software. Mejoramos muy poco en lo que respecta a la simplicidad en la definición de las relaciones entre conceptos. Adicionalmente, la distribución de los conceptos fue indistinta, es decir no correspondía a ningún orden en

particular. A partir de la cuarta versión consideramos el aparecimiento de un actor, en este caso el experimentador, ya que aparte de los conceptos aparecieron procesos implícitos en los que se necesitaba la intervención de un rol para que se lleven a cabo dicho proceso. Por ejemplo, la versión cuatro del modelo conceptual relaciona los conceptos métrica y raw-data con el experimentador, lo que representó un proceso que daba como resultado las medidas.

En resumen, la mejora más representativa que se mostró en este rango de versiones del modelo conceptual, fue en lo referente al detalle de conceptos, el cual mejoró significativamente. Así mismo, mejoró la especificidad de conceptos. Por ejemplo, los conceptos genéricos denominados variable y técnica que aparecía en la primera versión, fueron reemplazados por conceptos más específicos como: nivel, variable respuesta, parámetro, variable de contexto, factor, etc.

- A partir de la sexta versión en adelante se dio un cambio notable en el enfoque del modelo conceptual. En primer lugar, eliminamos los atributos de los conceptos con la intención de dar mayor visibilidad al modelo, ya que desde la perspectiva del propósito del modelo, no tenían mayor utilidad. Esto permitió además, desvirtuar la percepción mal formada que daban al modelo de ser referente a un sistema software. En segundo lugar, tratamos de dar orden a la estructura del modelo conceptual, intentando clasificar los conceptos de acuerdo a un factor común, lo cual fue complejo en un inicio. Sin embargo, en la versión ocho hicimos una primera aproximación de clasificar los procesos de acuerdo a las fases de ciclo experimental de planteamiento, ejecución y análisis, que fueron tomadas del workflow del proceso y del modelo del proceso. Esta clasificación se amplió en la versión nueve con la inclusión de las fases de diseño experimental y adquisición de datos, las cuales son conceptos obtenidos del las sesiones de grupos de discusión. En tercer lugar, el nivel de definición de las relaciones fue mejorado notablemente.
- En las últimas versiones, específicamente a partir de la versión sexta, mantuvimos la tendencia de incorporar actores, dado que la presencia de procesos, según se incrementaba la inclusión de conceptos, era inminente y tuvimos que dar a notar el responsable de llevar a cabo uno u otro proceso.

Analizando la evolución del modelo conceptual en la primera etapa de educación, podemos indicar que fue muy notable, pese a que la última versión alcanzada no tuvo la aprobación unánime del equipo de trabajo. El modelo conceptual fue paulatinamente incrementando conocimiento implícito del grupo de investigación y transformándolo en conocimiento explícito, a modo de conceptos relacionados correspondientes al ciclo experimental en IS. La evolución del modelo conceptual fue tangible tanto, en el detalle de conceptos que obtuvo hasta su última versión, así como, en la especificidad de sus conceptos.

Finalmente, podemos indicar que el modelo conceptual de a poco mejoró sus características de ser amigable y auto explicativo. Los productos intermedios obtenidos en este primer ciclo de AR están disponibles en el sitio web: <http://190.15.140.14/erfonseca/productos-intermedios/resolucion/etapa1/accion1/modelo-conceptual/>.

Independientemente de que el equipo de trabajo no llegó a un acuerdo en una versión final el modelo conceptual durante la última sesión de grupos de discusión, se pudo observar

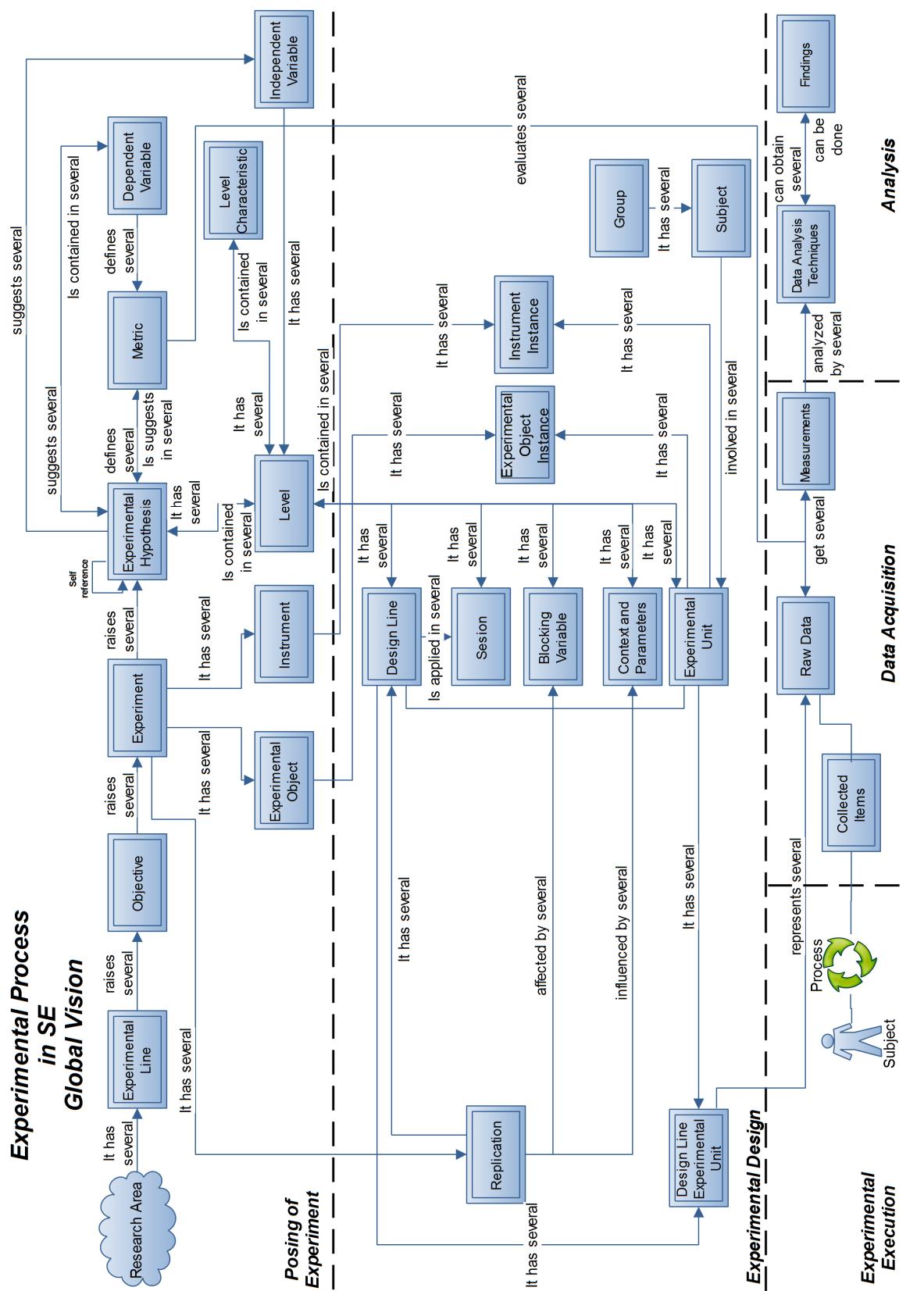


Fig. 5.8: Modelo Conceptual Alcanzado - Primer Ciclo de Grupos de Discusión

que el conocimiento del grupo de investigación expresado en las diferentes versiones tuvo una evolución importante y poco a poco se hizo evidente una convergencia de los conceptos involucrados en el proceso experimental y sus relaciones. Esto es muy evidente comparando la versión inicial mostrada en la Figura 5.5 versus la última versión alcanzada mostrada en la Figura 5.8. Por citar un par de ejemplos: la diferencia a nivel de detalle de conceptos es abismal. En la última versión alcanzada, ya se diferencian etapas a groso modo del proceso experimental, tales como: planteamiento, diseño ejecución, adquisición de datos y análisis. Los resultados preliminares de esta acción evidenciaron la complejidad del proceso experimental en IS.

Ahora bien, tanto la investigación (esto es, formalizar el proceso experimental), como el proyecto de desarrollo (construir una herramienta de soporte a la replicación) en el cual la investigación está enmarcada, exigen obtener un modelo conceptual validado por el equipo de trabajo. Por este motivo, y para evitar que los grupos de discusión devinieran en una discusión estéril fue necesario tomar medidas y cambiar el enfoque de las reuniones para facilitar que los experimentadores lleguen a un acuerdo. Esto no debe considerarse como un defecto del proceso investigativo o una amenaza a la validez. Al contrario, el método AR se fundamenta en la existencia de ciclos de investigación - práctica en donde la investigación informa a la práctica, y esta a su vez informa a la investigación en un ciclo potencialmente infinito, hasta alcanzar el objetivo propuesto. La premisa de AR es llevar a cabo tantos ciclos como sean necesarios con el propósito de estabilizar la aproximación de cada ciclo.

Para este nuevo ciclo de AR, planteamos un proceso ligeramente modificado con relación al proceso del ciclo anterior, con el propósito de obtener el conocimiento del grupo de investigación en el nivel deseado, y contar con la validación del equipo de trabajo. En términos generales, el nuevo ciclo se diferenciará del anterior únicamente en el enfoque que se le da al proceso experimental, es decir, el proceso experimental pasará de ser visto como un todo, a un enfoque desde la perspectiva de las actividades que realizan los experimentadores en el proceso experimental.

5.3.3.2 Segundo Ciclo de Grupos de Discusión

Durante el Ciclo 1 no fue posible obtener un modelo conceptual que cubra las expectativas de todos los miembros del grupo de investigación. Esto dio lugar a un cambio de estrategia en el proceso de adquisición de conocimiento. Uno de los problemas que motivó el cambio de estrategia fue que nos dimos cuenta de que los experimentadores tendían hablar de lo mismo, pero utilizando diferentes términos (diversidad terminológica) y eso provocaba problemas de entendimiento (por ejemplo: factor versus variable independiente). Sin embargo, la gente que desempeñaba roles parecidos en el proceso experimental, parecía hablar de la misma forma, aunque pudiera ser un efecto de investigar únicamente un solo grupo de investigación (el GrISE). No obstante, dado el impasse en el que nos encontrábamos, parecía la mejor idea posible, estudiar los conceptos utilizados en el proceso experimental en IS, desde el punto de vista de las actividades que generalmente llevan a cabo cada uno de los experimentadores. Por lo tanto, utilizamos la misma técnica de grupos de discusión, con la diferencia de que las opiniones tomadas en consideración fueron aquellas de los experimentadores que desempeñaban efectivamente el, o los, roles objeto de discusión. Esto provocó, que los experimentadores con menor experiencia en las actividades referentes a

un rol específico, opinaban menos o se absténian de hacerlo.

De acuerdo al criterio de los experimentadores y según algunos autores tales como Solari (2012), existen varios roles en el proceso experimental, determinados por las actividades que realiza cada experimentador en el proceso. De estos roles, hemos considerado los más representativos y particularmente aquellos con los que se identificaron los experimentadores del GrISE, siendo estos roles: (1) Gestor de la Investigación (GI), (2) Gestor del Experimento (GE) y, (3) Experimentador Senior (ES).

El GI es un rol que participa en el proceso experimental en IS, el cual conoce los objetivos de la investigación, versiones, numero de replicaciones y puede decidir sobre nuevas adaptaciones del experimento. EL GE es un rol, cuya labor es gestionar la información de un experimento en todas sus instancias y ser su albacea. Finalmente el ES, es el rol que se encarga de la operación en si del experimento, desde sus antecedentes, durante la ejecución misma y hasta su post-ejecución. Es la persona que ha ejecutado más de una vez el experimento, y es capaz de realizar modificaciones en el diseño del experimento.

El estudio del proceso experimental desde la perspectiva de tres roles, implica que los grupos de discusión debieron ser organizados para tratar sobre el proceso experimental, desde el punto de vista de las actividades que realizan los roles GI, GE y ES. Como producto de este nuevo ciclo de grupos de discusión, se prevé construir tres mapas conceptuales, uno por cada rol.

Las actividades en este nuevo ciclo, fueron las mismas que en ciclo anterior, es decir, se obtuvo información de la literatura referente, del material experimental y principalmente de los experimentadores a través de los grupos de discusión. El punto de partida de este ciclo, fue la elaboración de los **modelos conceptuales iniciales desde la perspectiva de los roles**, para los grupos de discusión. Estos modelos se obtuvieron a partir de la última versión del modelo conceptual único alcanzada en el ciclo anterior.

Igualmente se realizaron tareas de modelado, con el propósito de expresar las sugerencias y los esbozos realizados por los experimentadores, en las nuevas versiones de los modelos. La Figura 5.9 esquematiza el segundo ciclo de obtención del conocimiento del grupo de investigación, con énfasis en los grupos de discusión.

Elaboración de los Modelos Conceptuales Iniciales desde la Perspectiva de los Roles - Ciclo 2: La construcción de los **modelos conceptuales iniciales desde la perspectiva de los roles**, inicio con el estudio de la última versión del modelo conceptual obtenido en el ciclo anterior (ver Figura 5.8). Este estudio, tuvo la intención de cotejar, en la medida de lo posible, los conceptos contenidos en el modelo, con las actividades que realizan los roles GI, GE y ES. Para lo cual, obtuvimos las actividades que realizan estos roles en el proceso experimental, de la etapa 2 del presente trabajo de tesis (ver Capítulo 6). Dichas actividades, están descritas dentro de un reporte y esquematizadas en mapas conceptuales preliminares. La tarea consistió en intentar ubicar los conceptos del modelo entre en la descripción de las actividades correspondientes a los roles. Por ejemplo, para determinar que los conceptos: objeto experimental, e instrumento experimental le corresponde al rol GE, identificamos en la descripción de las actividades de los roles algo referente a estos conceptos; adicionalmente ubicamos en el mapa del proceso, una actividad de un rol, afín a los conceptos. La Figura 5.10, muestra el mapeo de los conceptos mencionados en el ejemplo, entre el diagrama de proceso y el modelo conceptual.

Una vez identificada la correspondencia concepto-rol entre el mapa conceptual y el

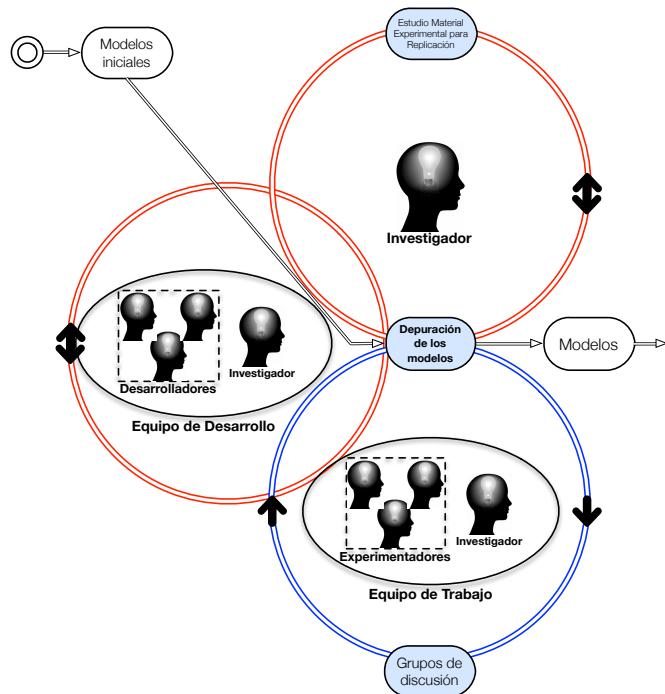


Fig. 5.9: Proceso de Obtención del Conocimiento del Grupo de Investigación - Ciclo 2

modelo del proceso, disgregamos el mapa conceptual en tres mapas distintos, uno por cada rol. Esta labor fue compleja, ya que encontramos distintos tipos de conceptos: conceptos identificados solo con un rol o con varios roles, conceptos que se identificaban con todo un proceso a los cuales los denominamos macro conceptos y conceptos que no correspondían a ningún rol, a los cuales los denominamos conceptos no definidos. En primera instancia, diferenciamos los tipos de conceptos utilizando símbolos diferentes. La Figura 5.11 muestra la simbología utilizada.

Las figuras 5.12, 5.13, y 5.14 muestran los modelos conceptuales que marcaron el inicio del segundo ciclo de la educación del conocimiento del grupo de investigación.

Grupos de Discusión - Ciclo 2: A pesar de que el producto obtenido de la aplicación de la técnica de grupos de discusión en el ciclo anterior, no contó con el acuerdo del equipo de trabajo, en este ciclo la aplicación de esta técnica siguió siendo fundamental, dados los excelentes resultados obtenidos en el ciclo anterior, lo cual se pudo apreciar en la evolución del modelo conceptual expresado en el mapa y los detalles alcanzados en su última versión.

Este nuevo ciclo se caracterizó por la realización de un número elevado de sesiones de grupos de discusión, en las cuales se contó con la participación de la mayoría de experimentadores. Sin embargo, las sesiones se focalizaron en analizar el proceso experimental desde el punto de vista de los roles que participan en el proceso, por lo que los protagonistas fueron los experimentadores que puntualmente realizan las actividades inherentes al rol objeto de la discusión. Los grupos de discusión fueron organizados de la siguiente manera: Respecto al rol GI, la discusión se centró en los experimentadores Natalia Juristo y Oscar Dieste, dado que son los gestores de la investigación de las líneas experimentales de pruebas

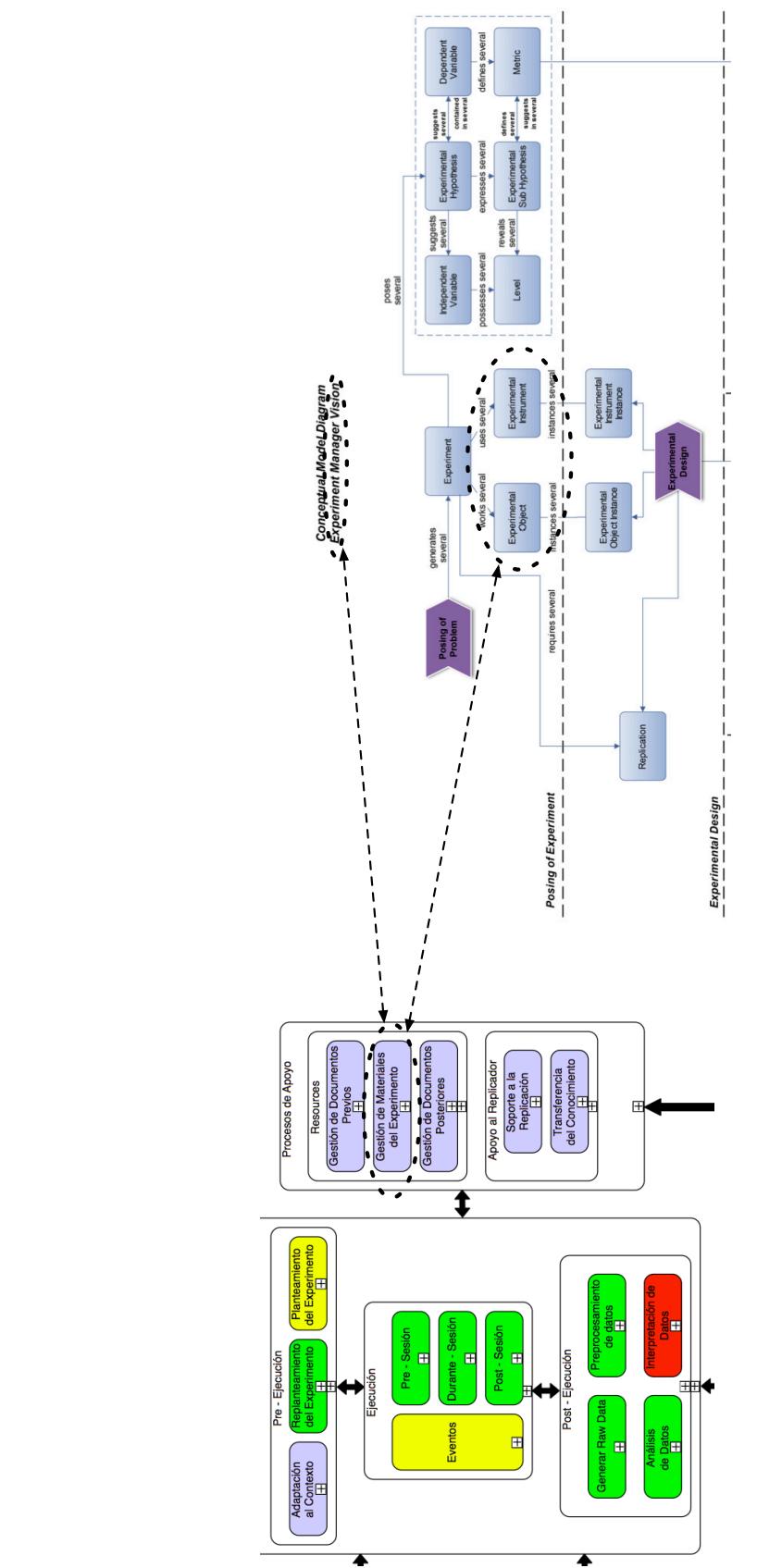


Fig. 5.10: Ejemplo de Ubicación de Conceptos en los Roles Considerados

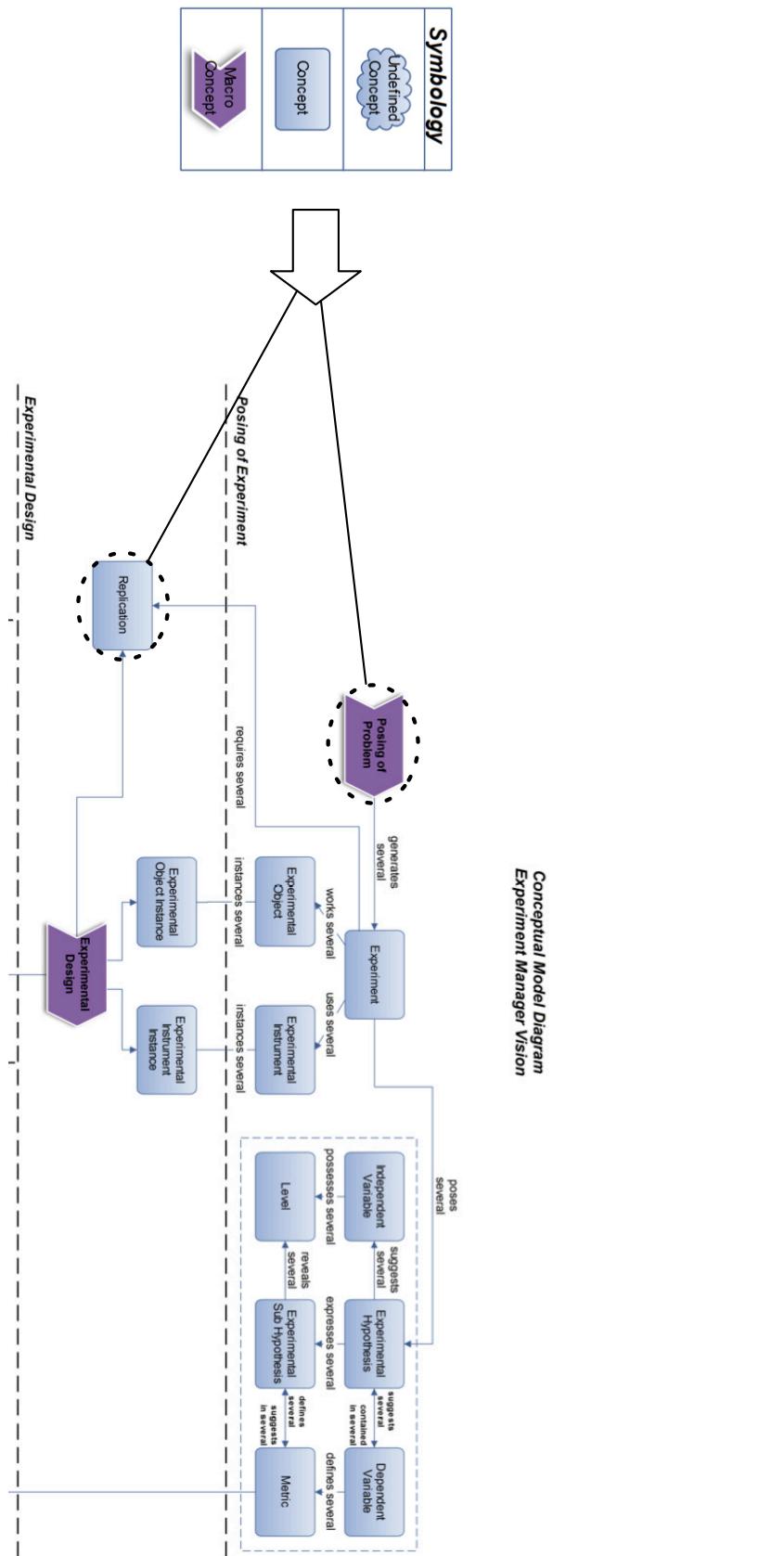


Fig. 5.11: Simbología Utilizada para los Mapas Conceptuales

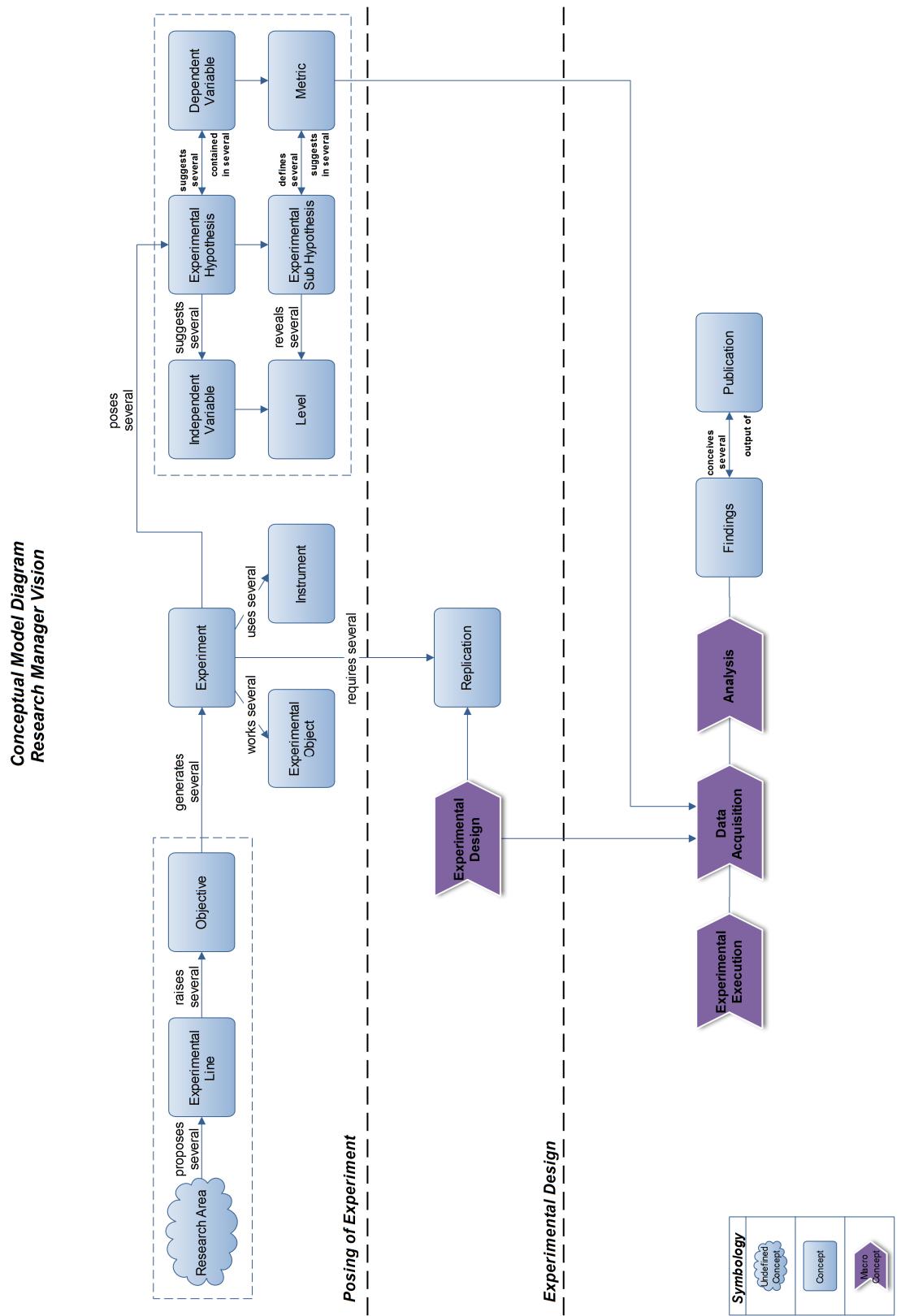


Fig. 5.12: Modelo Conceptual Inicial del Ciclo Experimental desde el Punto de Vista del GI

*Conceptual Model Diagram
Experiment Manager Vision*

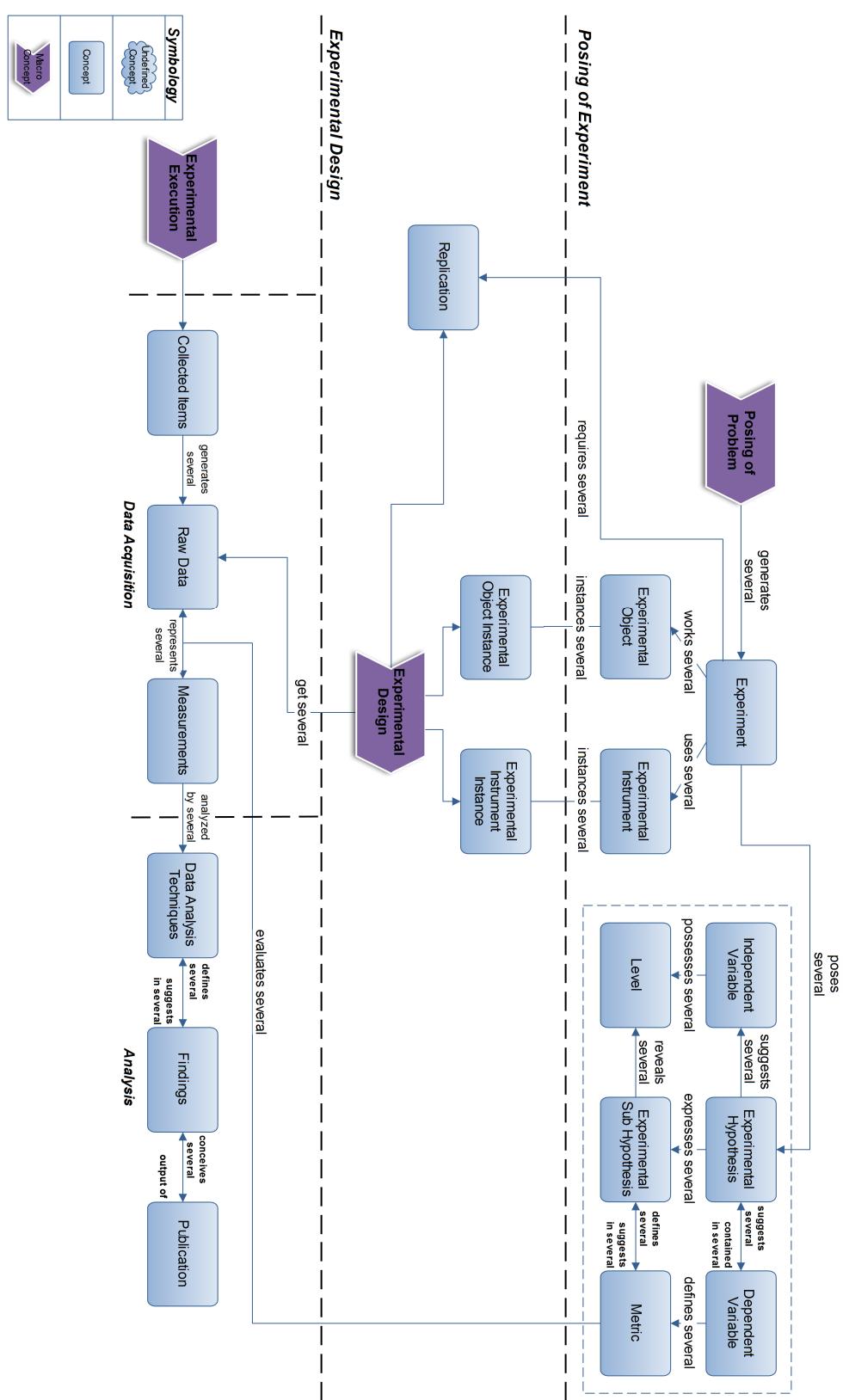


Fig. 5.13: Modelo Conceptual Inicial del Ciclo Experimental desde el Punto de Vista del GE

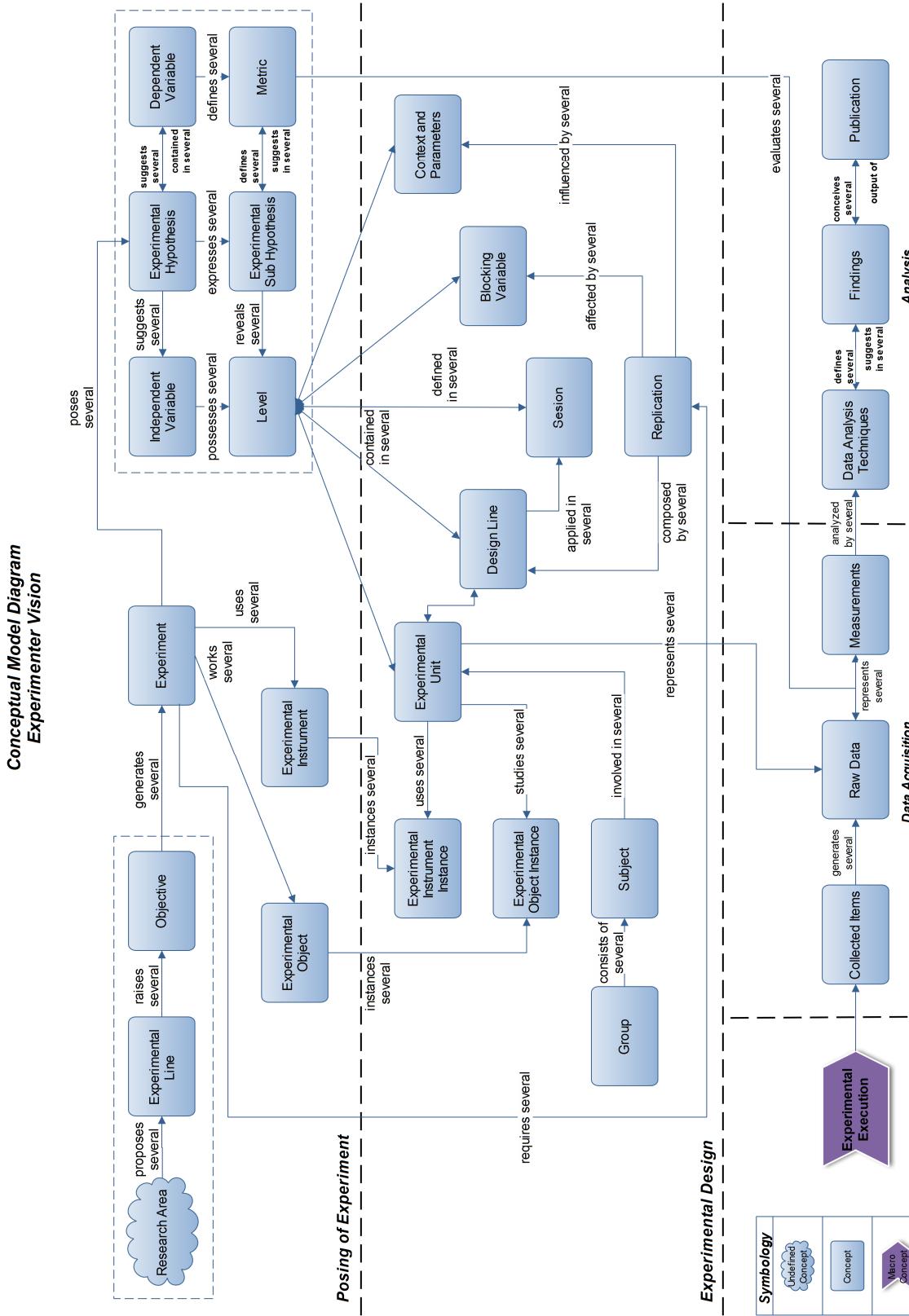


Fig. 5.14: Modelo Conceptual Inicial del Ciclo Experimental desde el Punto de Vista del ES

y requisitos de software, respectivamente. La discusión del rol GE, fue protagonizada por los experimentadores Sira Vegas y Martín Solari, quienes son los gestores y los albaceas de la información de los experimentos de pruebas de software tanto de la UPM, como de la universidad ORT de Uruguay, respectivamente. Finalmente el rol ES, fue discutido por todos los experimentadores, incluido el investigador, ya que todos tenían experiencia en llevar a cabo al menos una instancia experimental.

Al igual que en el ciclo anterior, en cada sesión se discutió sobre un o varios modelos conceptuales, resultantes de las sugerencias y modificaciones realizadas en las sesiones anteriores. Para acceder a las grabaciones y a los productos intermedios del modelo conceptual de este nuevo ciclo, consúltese en el sitio web: <http://190.15.140.14/erfonseca/productos-intermedios/resolucion/etapa1/accion2/>.

Una de las características de las sesiones de grupos de discusión dadas en el ciclo anterior, fue el estar lideradas por los experimentadores de mayor experiencia del grupo en forma alternada, los cuales guiaron las reuniones con el propósito de obtener todos los conceptos (ó en su gran mayoría) que incluye el proceso experimental en IS. El enfoque dado por el líder de cada sesión a los integrantes del equipo de trabajo, respecto al ciclo experimental, fue verlo como un todo. Creemos que esta perspectiva inducida en las reuniones fue el principal inconveniente por el cual no se pudo alcanzar una aproximación de modelo conceptual consensuada por el equipo de trabajo. Creemos que ningún experimentador puede llegar a ser experto en absolutamente todo el procesos experimental, el cual incluye múltiples actividades generalmente complejas. Por lo tanto, pretender que todos los experimentadores opinen con la misma profundidad sobre el proceso experimental completo, para obtener los conceptos, consideramos que fue otra de las causas del problema de falta de acuerdo.

La variante que incluye el nuevo ciclo de educación del conocimiento del grupo de investigación, consiste en modificar el enfoque de las sesiones de educación, para lo cual el experimentador que hace las veces de moderador, induce como premisa de discusión el proceso experimental como un todo, pero desde la perspectiva de cada rol. Hablar de un todo en este caso, nos estamos refiriendo únicamente a los conceptos que incluye el rol en el que participa el experimentador.

Depuración de las Versiones Intermedias del Modelo Conceptual - Ciclo 2: La siguiente acción en el proceso de obtención del conocimiento del grupo de investigación, es la depuración de las versiones intermedias de los modelos conceptuales, gracias a la validación y/u observaciones hechas por el equipo de trabajo, durante las sesión de grupos de discusión. Las tareas de depuración realizadas en este segundo ciclo, fueron las mismas que las realizadas en el ciclo anterior, con la diferencia que en lugar de ser depurado un solo mapa conceptual, en este ciclo fueron depurados tres mapas, correspondientes a los roles GI, GE y ES. Esto significó, que la dificultad del proceso de depuración, se multiplicó por tres.

Adicionalmente, a consecuencia de trabajar sobre tres mapas conceptuales que comparten conceptos, se presentó otra problemática a causa de la necesidad de concordar la correspondencia de conceptos de los mapas entre si. Por ejemplo, considerando que el concepto experimento es común a los 3 roles, determinar cual es el rol encargado de declarar una nueva instancia experimental, fue complejo. Por un lado el GI es un rol del estilo gerencial, que en el caso de este grupo de investigación, no interviene en la operación del

experimento propiamente dicha, sino al contrario su labor es eminentemente de gestión (por ejemplo gestión de: Recursos humanos, publicaciones, conocimiento, etc.). La actividad principal del rol GE, es la gestión de la información experimental. Sin embargo, adicionalmente el GE cumple actividades de soporte a la replicación (por ejemplo: adaptación del experimento al contexto), por tal motivo podría requerir en determinado momento declarar una nueva instancia de experimento por encargo del GI y con conocimiento del ES. Finalmente, la actividad principal del rol ES, es llevar a cabo la operación del experimento, por este motivo en determinado momento el ES podría requerir declarar una nueva instancia experimental, siempre con conocimiento del GI y del GE.

Luego de cada sesión de grupos de discusión, se procedió a realizar la depuración en base a las recomendaciones u opiniones vertidas por los experimentadores, tanto de forma verbal, escrita, así como gestual. Los detalles de tales recomendaciones fueron capturados igualmente en grabaciones de audio y video, y fotografías de los esbozos realizados en la pizarra o en papel. En base a la información contenida en estos instrumentos, procedimos con la depuración de los mapas conceptuales. Las tareas de depuración de las versiones intermedias del modelo conceptual en este ciclo, fueron llevadas a cabo en un lapso de 9 meses, como resultado de 9 sesiones de grupos de discusión.

Este segundo ciclo finalizó cuando el equipo de trabajo llegó a un acuerdo sobre los modelos conceptuales, en el sentido de que validaron una versión de cada mapa de conceptos, por ser considerados lo suficientemente detallados incluidas sus relaciones. No se descarta la posibilidad de que con un mayor número de sesiones, se habría podido obtener un resultado mejor. Sin embargo, en las últimas sesiones de grupos de discusión, se notó que el aporte nuevo expresado en los mapas, ya no fue muy sustancioso.

Productos Obtenidos - Ciclo 2: Como producto del segundo ciclo de educación del conocimiento del grupo de investigación obtuvimos tres **modelos de conceptos consensuados** respecto al proceso experimental, desde la perspectiva de los roles GI, GE y, ES. Las figuras 5.15, 5.16 y, 5.17, muestran los mapas conceptuales obtenidos, respectivamente.

El modelo conceptual del proceso experimental obtenidos desde la perspectiva de los roles GI, GE y ES, que está esquematizado en la versión final del los mapas conceptuales indicados, ha alcanzado un elevado nivel de detalle, una estructura muy definida, y una baja especificidad.

Ha sido evidente que el nivel de detalle alcanzado es proporcional con el número de sesiones de grupos de discusión realizadas. De acuerdo a como se iban incrementando las sesiones, el modelo fue alcanzando mayor detalle. Creemos que esto es el resultado de haber llevado a cabo dos ciclos completos de obtención del conocimiento del grupo de investigación, lo que implica haber extraído en dos ocasiones la información más importante de diferentes fuentes selectas de información (literatura adecuada, material experimental existente y conocimiento de los experimentadores).

La estructura del modelo conceptual alcanzada, que denota una adecuada definición y orden, creemos que obedece a la constante validación de las versiones preliminares de sus mapas, por parte de los experimentadores y el investigador, durante las sesiones de grupos de discusión.

Finalmente, el bajo nivel de especificidad del modelo obtenido responde a que las diferentes fuentes de información, así como a que en la misma comunidad de ISE en general, son utilizados términos genéricos de la experimentación (por ejemplo: Experimento,

RESOLUCIÓN

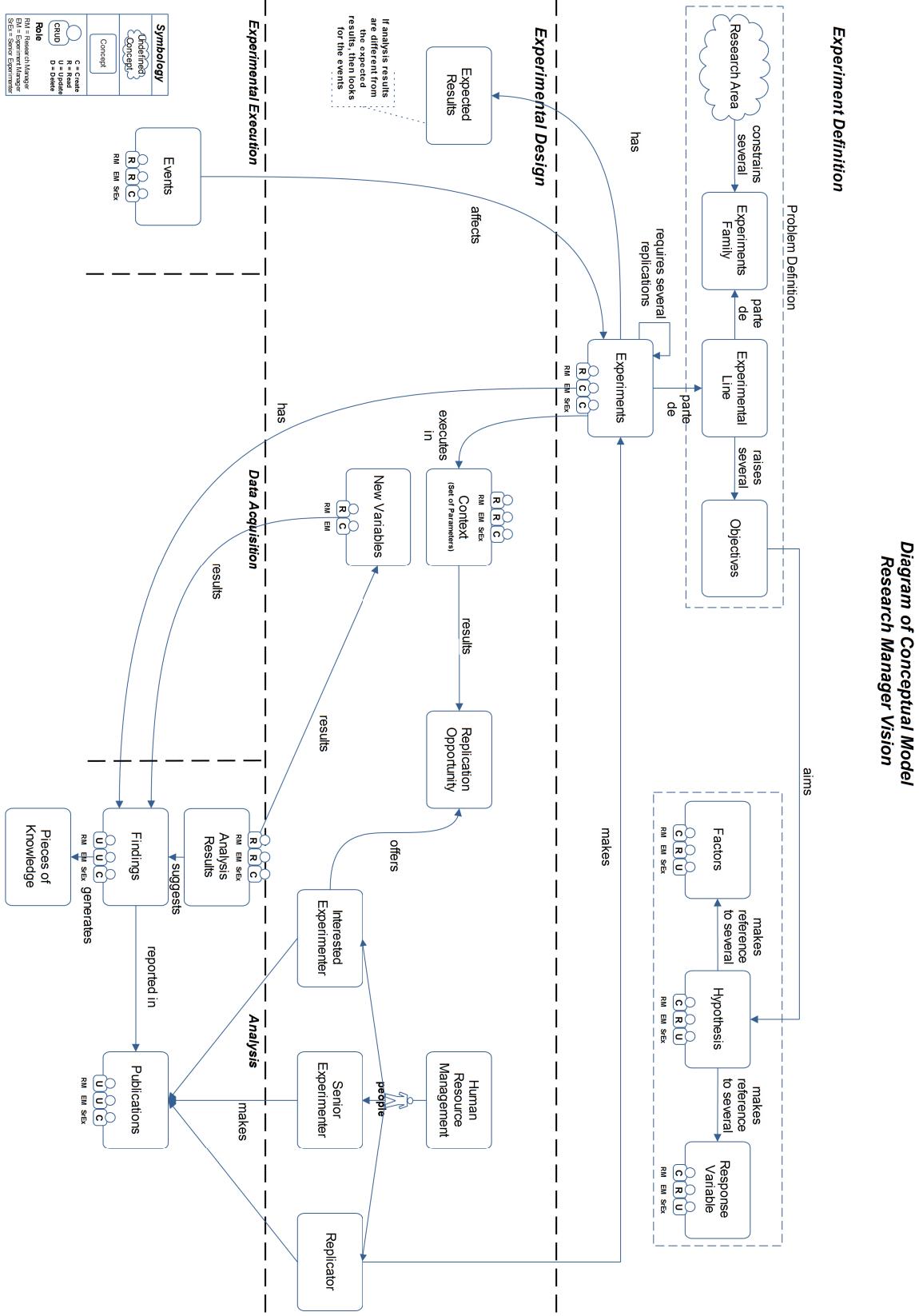


Fig. 5.15: Modelo conceptual del Ciclo Experimental en IS desde el Punto de Vista del GI

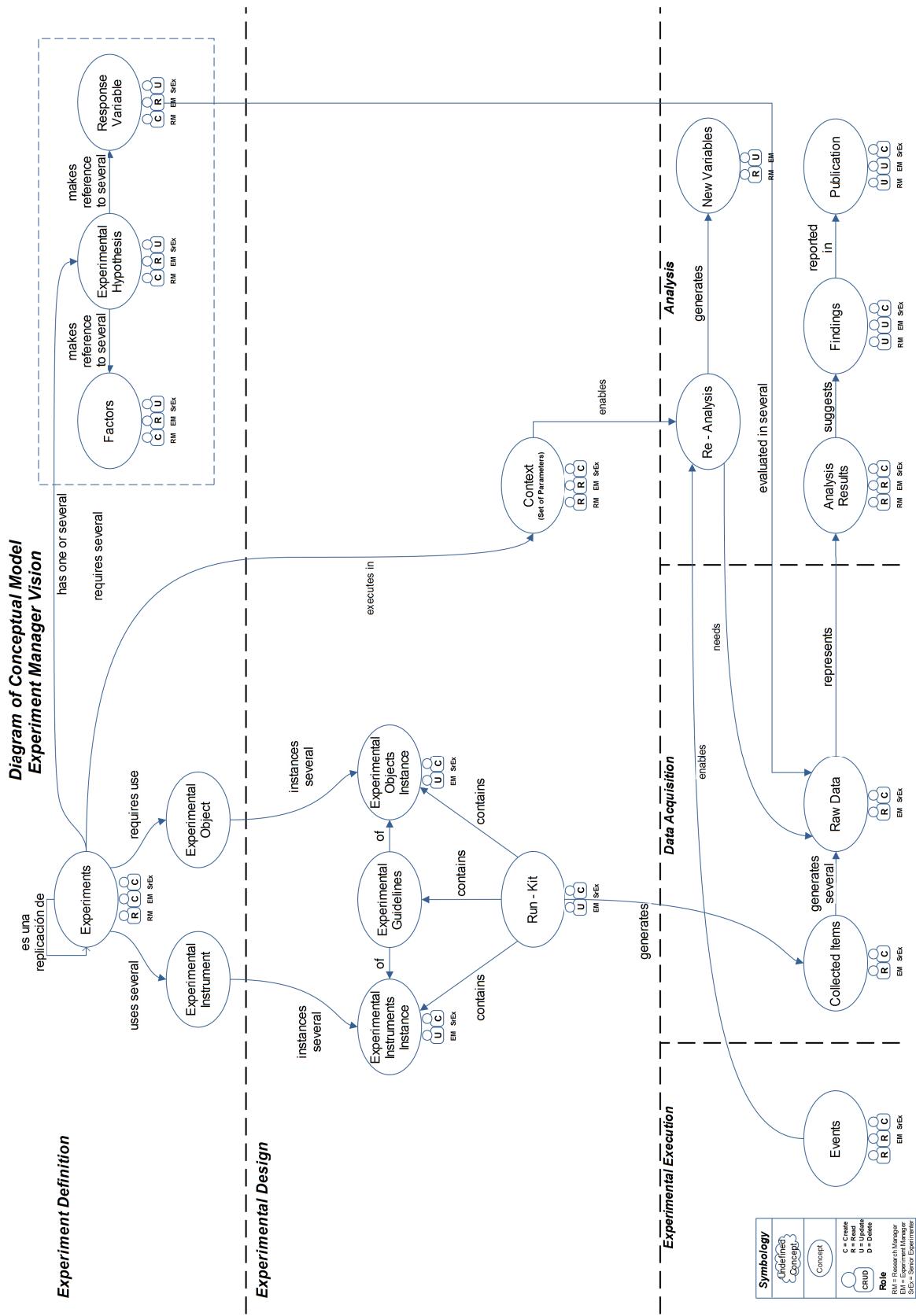


Fig. 5.16: Modelo conceptual del Ciclo Experimental en IS desde el Punto de Vista del GE.

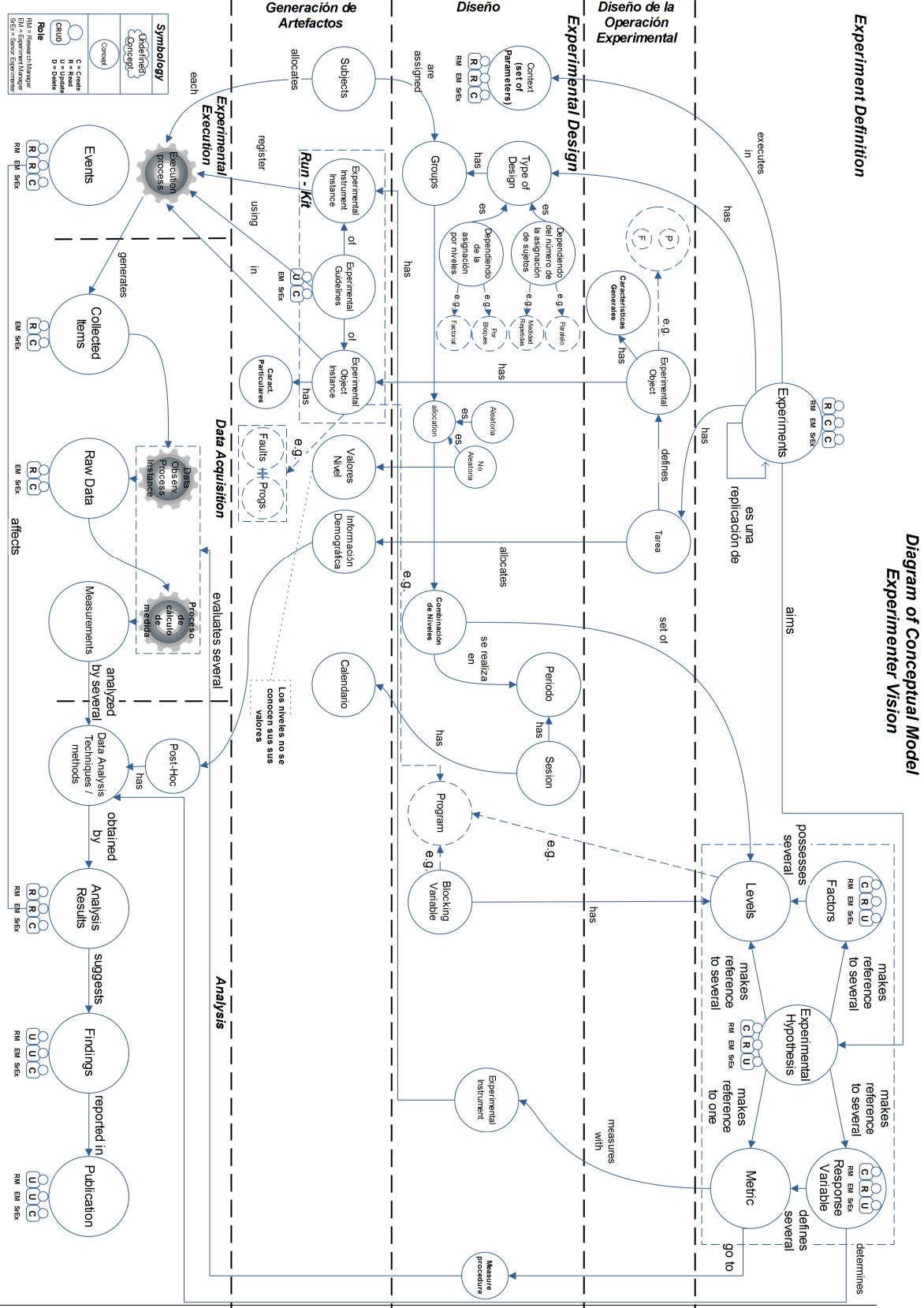


Fig. 5.17: Modelo conceptual del Ciclo Experimental en IS desde el Punto de Vista del ES

hipótesis, factores, niveles de factor, material experimental, instrumentos experimentales, objeto experimental, sujeto experimental, etc.) tomados comúnmente de las disciplinas experimentales tradicionales referenciadas en varias ocasiones en esta tesis. Por otro lado, la necesidad del grupo de investigación objeto de estudio es construir una herramienta genérica, que permita instanciar los experimentos de diferentes líneas de investigación en ISE, tales como: requisitos, pruebas de software, desarrollo, usabilidad, etc.; para lo cual consideramos que es una buena idea que el modelo conceptual no sea específico de la problemática abordada en una instancia experimental.

El proceso llevado a cabo para lograr que el modelo conceptual alcance el nivel descrito, ha sido complejo y ha demandado mucha dedicación del equipo de trabajo. A continuación se describe la evolución del modelo conceptual, desde la perspectiva de cada uno de los roles considerados.

Evolución del Modelo Conceptual del Proceso Experimental desde la Perspectiva del Rol GI: La evolución del modelo conceptual desde la perspectiva del rol GI en el segundo ciclo de sesiones de grupos de discusión, es muy representativa. Sin embargo, se ha observado un comportamiento muy estable a partir de la segunda versión de su mapa conceptual. Particularmente, si comparamos la versión inicial del mapa (mostrada en la Figura 5.12) versus la versión final (mostrada en la Figura 5.15), las diferencias son abismales. Lo cual se podría justificar por un lado, debido el cambio de enfoque que se dio en las sesiones de grupos de discusión. Por otro lado, considerando que la estrategia para la construcción de los mapas iniciales del segundo ciclo, no respondía al conocimiento de los experimentador que llevan a cabo y conocen a profundidad las actividades específicas de los roles considerados, en este caso del GI. Como se indicó antes, el cambio de enfoque consistió en estudiar el modelo conceptual del proceso experimental en IS desde el punto de vista de cada rol, para lo que fue necesario disgregar el modelo y, repartir los conceptos entre los 3 roles, de acuerdo a la afinidad de dichos conceptos, con las actividades que realizan en el proceso experimental. La distribución de los conceptos en los roles fue realizada tomando en cuenta: El modelo del proceso, reportes de la educación de conocimiento de los roles, y el conocimiento del investigador, exclusivamente. Seguramente, esta fue la causa para las diferencias entre el modelo inicial y el final. El detalle de la evolución del modelo conceptual desde la perspectiva del gestor de la investigación (GI) se indica a continuación.

- La primera versión del mapa conceptual nace, como se indicó anteriormente, de la disgregación de la última versión del mapa conceptual obtenida en el ciclo anterior. Esta primera versión del modelo conceptual desde la perspectiva del GI, integró conceptos en base al análisis del modelo del proceso, de donde se obtuvo indicios de la correspondencia de los conceptos con este rol, lo cual fue corroborado haciendo otro análisis del reporte de la educación de conocimientos del rol GI. Tanto el mapa del proceso como el reporte de la educación, corresponden a productos de la etapa 2 del plan de trabajo de la tesis (ver Capítulo 6). Es preciso indicar, que en esta versión consideramos como macro conceptos, a aquellos conceptos que en realidad representan a un grupo de conceptos, en los que el rol GI, para ese entonces, desconocíamos si utilizaba dichos conceptos. Para denotar los distintos tipos de conceptos en el mapa, utilizamos una simbología propia, que fue descrita anteriormente. Además, en esta versión consideramos la distribución de conceptos solo en base a las fases de planteamiento y diseño del proceso experimental, dado que en nuestro primer estudio

asumía que el rol GI no participa en los proceso de ejecución experimental, adquisición de datos y análisis, lo cual desde el punto de vista del proceso en ejecución parece razonable. Sin embargo, desde el punto de vista de la gestión de eventos y gestión de piezas del conocimiento, no encaja mucho con la realidad.

- La segunda versión del modelo conceptual se caracterizó por la inclusión de varios conceptos nuevos y de simbología de conexión entre conceptos. La simbología fue utilizada con el propósito de resaltar aquellos conceptos compartidos por más de un rol, o que daban continuidad a un flujo de información puntual. Esta simbología en primera instancia pareció buena idea. Sin embargo, nos dimos cuenta que no facilitaba la interpretación del modelo, ya que no se visualizaba el concepto foráneo con el que estaba relacionado el concepto local. Por ejemplo, el modelo conceptual de esta versión muestra que el concepto “contexto y parámetros” está relacionado con el GE, lo cual no nos indica nada ni tampoco aporta con la visualización y compresión del modelo conceptual. La tercera versión del modelo conceptual varía con respecto a la presente versión, únicamente porque la tercera versión incluye nuevamente en su distribución de conceptos las fases del proceso experimental de: ejecución, adquisición de datos y análisis.
- La cuarta versión se caracterizó porque el grupo de trabajo realizó un profundo análisis y determinó que varios de los conceptos de la versión anterior, no le correspondían al GI. Por ejemplo, la tercera versión del modelo conceptual contempla los conceptos: objetos experimentales, instrumentos experimentales, hipótesis, etc.; los cuales, dejaron de ser considerados en la versión 4. Por otro lado, se incrementó el concepto eventos en la cuarta versión, ya que el GI gestiona los eventos sucedidos en un proceso experimental. Finalmente, esta versión incluye una nueva simbología que ayuda a identificar la participación de los roles en los conceptos compartidos. Por ejemplo, el concepto factores de acuerdo a la simbología indica que dicho concepto es compartido por los roles GI, GE y, ES. Es preciso mencionar que la simbología de conexión que fue utilizada a partir de la segunda versión y que no funcionó adecuadamente, en esta versión aún no fue eliminada del todo.
- Las últimas versiones del mapa conceptual, puntualmente a partir de la quinta versión, se caracterizan por un bajo índice de inclusión o exclusión de conceptos. Más específicamente, en la octava versión que incluye el concepto hipótesis, el cual fue eliminado en la cuarta versión. En la séptima versión eliminamos el concepto replicación, dado que en una sesión de discusión se consideró que una replicación es en si un experimento, que está relacionado necesariamente con otro experimento (experimento original), u otros experimentos (familia de experimentos); lo cual fue expresado en el concepto experimento, con la agregación de un símbolo conocido en bases de datos que sugiere recursividad. Otra característica de las últimas versiones del modelo conceptual es que ya no contemplan la simbología inicial que indicaba la relación de un concepto con otro concepto de un rol diferente, debido a que como explicamos no era de utilidad. Finalmente, este conjunto de versiones del modelo conceptual incorpora una característica adicional en la simbología referente a la participación de los roles en los conceptos, que es indicar el nivel de participación de los roles. Por ejemplo, el concepto *variable respuesta* indica que está compartido por los roles

GI, GE y, ES. Así mismo, indica que los roles GI y ES puede únicamente leer este concepto, mientras que el rol GE puede actualizarlo.

Analizando la evolución del modelo conceptual desde la perspectiva del GI, podemos indicar que desde el punto de vista del detalle conceptual fue muy notable entre las dos primeras versiones. A partir de la segunda versión, no hubo mayor incremento de conceptos. Al contrario, podríamos afirmar que se depuró concienzudamente los conceptos considerados para este rol, lo cual consideramos que fue la característica más importante de la perspectiva de este rol. La evolución del modelo conceptual desde la perspectiva de este rol, fue tangible a nivel de organización de conceptos y como ya se dijo, de depuración de conceptos. Finalmente, podemos indicar que el modelo conceptual poco a poco fue mejorando principalmente su características de ser amigable, auto explicativo, ordenado y, por ende, fácil de entender e interpretar.

Evolución del Modelo Conceptual del Proceso Experimental Desde la Perspectiva del Rol GE: La evolución del mapa conceptual del rol GE, es muy representativa al igual que en el caso del rol GI. Sin embargo, observamos una tendencia evolutiva muy irregular. En las primeras versiones, la tendencia es estable; mientras que, en las versiones intermedias los cambios entre versión y versión son extremos. En las últimas versiones, la tendencia evolutiva vuelve a estabilizarse.

Haciendo una comparación entre la versión inicial del mapa de conceptos (mostrado en la Figura 5.13), con respecto a la versión final (mostrada en la Figura 5.16), vemos que igual que en el caso anterior, las diferencias son abismales. Consideramos que esto es debido al mismo motivo que en el caso del rol GI. La evaluación de los aspectos más relevantes sobre la evolución del mapa conceptual del gestor del experimento (GE), se detalla a continuación.

- La primera versión del mapa conceptual del GE, como ya se indicó, surgió a raíz del cambio de estrategia en las sesiones de grupos de discusión, de lo que se obtuvo tres mapas conceptuales iniciales, uno de ellos el del GE. Este modelo, permitió iniciar un nuevo ciclo de sesiones de grupos de discusión, sobre los conceptos utilizados en el proceso experimental en IS, en este caso, desde la perspectiva del rol GE. Esta versión, tuvo las mismas características que la versión inicial de los roles GI y ES.
- La segunda y tercera versiones del mapa conceptual del GE no varían mucho respecto a la primera versión; tan solo en el hecho que eliminan los macro conceptos e incrementan simbología para resaltar relaciones de conceptos propios con los conceptos de otros roles, lo cual como ya indicamos anteriormente no fue efectivo. La diferencia entre las versiones dos y tres del modelo conceptual, radica en que en la tercera versión inició el proceso de formalización de las relaciones entre conceptos. Más específicamente, re definimos algunas de las relaciones entre los conceptos. Por ejemplo, la segunda versión del modelo propone que una *hipótesis experimental* “*sugiere varias*” *variables independientes*, mientras que la tercera versión del modelo indica que una *hipótesis experimental* “*hace referencia a varias*” *variables independientes*.
- La cuarta versión del modelo conceptual del GE se caracterizó porque el equipo de trabajo realizó un trabajo exhaustivo de discusión y se acordó incluir varios conceptos. Por ejemplo, fueron incluidos los conceptos: sujetos, grupos, línea de diseño, sesión, tratamiento, etc. Adicionalmente, esta versión incluye, al igual que en el rol GI, una

nueva simbología que ayuda a identificar la participación de los roles en los conceptos compartidos.

- La quinta versión del modelo conceptual del GE tuvo un nuevo cambio radical con respecto a la versión anterior, ya que eliminamos varios conceptos del modelo. Esto se justifica debido a que el equipo de trabajo realizó un estudio minucioso de los conceptos considerados en la versión anterior y determinó que no le correspondían al GE. Por ejemplo, fueron eliminados los conceptos: niveles, métricas, línea de diseño, sujetos, grupos, etc.
- Las últimas versiones del modelo conceptual del GE, puntualmente a partir de la sexta versión, se caracterizan por la no inclusión de conceptos nuevos. Al contrario, como en el caso del GI, en la séptima versión decidimos eliminar el concepto replicación y homologar el concepto experimento al del GI. Otra característica de esta versión de mapa conceptual es que se elimina la simbología que indicaba la relación de un concepto con otro concepto entre roles. Finalmente, este conjunto de versiones del modelo conceptual, al igual que en rol GI, incorpora una característica adicional en la simbología referente al nivel de acceso de los roles a los conceptos.

Analizando la evolución del modelo conceptual del GE, podemos indicar que desde el punto de vista del detalle conceptual no fue muy sustanciosa, dado que en la versión final no hubo mayor incremento de conceptos. El proceso evolutivo del modelo conceptual se caracterizó por la depuración de los conceptos considerados para este rol y sus relaciones, lo cual consideramos que fue la característica más importante. Adicionalmente, otra fortaleza que fue adquiriendo este modelo conceptual más bien fue a nivel de organización y depuración de conceptos. Finalmente, al igual que en el caso del GI, podemos indicar que el modelo conceptual fue mejorando sus características de ser amigable, auto explicativo, ordenado y, por ende, fácil de entender e interpretar.

Evolución del Modelo Conceptual del Proceso Experimental Desde la Perspectiva del Rol ES: El balance de la evolución observada en el modelo conceptual del ES durante el segundo ciclo de sesiones de grupos de discusión, indica claramente depuración y formalización del modelo conceptual, partiendo de su versión inicial (mostrada en la Figura 5.13), hasta llegar a la versión final (mostrada en la Figura 5.16). Lo cual se justifica, dado que pusimos mayor énfasis al proceso de replicación experimental, porque es el tema principal de esta tesis. Considerando que las actividades del ES se identifican más con la operación experimental, cualquier consideración realizada al respecto, ha tenido implicación directa con el criterio del ES. A continuación se detalla la evolución experimentada por el mapa conceptual que representa el modelo, desde el punto de vista del rol ES.

- Al igual que en los otros roles, la primera versión del mapa conceptual del rol ES, surgió de la disagregación de la última versión del mapa conceptual obtenida en el ciclo anterior. En términos generales, esta primera versión del modelo conceptual desde la perspectiva del ES tuvo las mismas características de los modelos conceptuales iniciales de los otros roles. Sin embargo, adicionalmente se caracterizó por incluir un número muy considerable de conceptos, mucho mayor que el de los modelos de los otros dos roles. Esto es debido a que las actividades del rol ES son bien conocidas por los experimentadores, incluido el investigador. Esto provocó que todos los ex-

perimentadores den su opinión sobre el modelo experimental desde el punto de vista del ES, en un nivel equilibrado de conocimientos, lo que permitió que las sesiones dedicadas a este rol fluyan y no se compliquen.

- La segunda versión del modelo conceptual se caracterizó por la depuración de conceptos y la inclusión de simbología en algunos conceptos, para indicar aquellos que eran compartidos por más de un rol, lo cual finalmente no facilitó la interpretación del modelo. La tercera versión del modelo conceptual varía con respecto a la segunda versión, únicamente en que la tercera inicia la formalización del modelo, organizando los conceptos en las correspondientes fases del ciclo experimental. La cuarta versión varía de la tercera, únicamente en que esta versión incluye una nueva simbología que ayuda a identificar la participación de los roles en los conceptos compartidos, por ejemplo, el concepto niveles de acuerdo a la simbología, dicho concepto es compartido por los roles GI y, ES.
- En las últimas versiones del modelo conceptual, específicamente a partir de la quinta versión, se caracterizan por la formalización del modelo, es decir llegar acuerdos en los conceptos, relaciones y definición de las etapas del proceso a las que pertenecen los conceptos.
- La octava versión destaca por la bifurcación de la fase de diseño experimental en *diseño* y *diseño de la operación experimental*, la cual representa una separación de la parte teórica deneríca, de la parte específica de una instancia. Adicionalmente, incluye conocimiento de conceptos nuevos (calendario, valores niveles, etc.).
- La novena versión destaca de las demás ya que incorpora los conceptos: tarea, información demográfica, post-hoc, etc. Por otro lado, incorpora cambios a nivel de las fases del proceso experimental, específicamente mueve la fase de *diseño de la operación experimental* e, incorpora dentro del diseño experimental, la fase *generación de artefactos*.
- La última versión se diferencia de la novena en cambios mínimos de definición de relaciones entre conceptos y de acceso a los conceptos. Específicamente, se cambia la concepción respecto al acceso al concepto hipótesis experimental.
- Las últimas versiones del modelo conceptual incorpora una característica adicional en la simbología referente al nivel de acceso de los roles a los conceptos.

Analizando la evolución del mapa conceptual del ES, podemos indicar que desde el punto de vista del detalle conceptual fue muy notable, ya que por un lado incrementamos conceptos fundamentales del ciclo experimental, sobre todo en el diseño. Por otro lado, depuramos concienzudamente los conceptos considerados para este rol y, sobre todo, se formalizó a detalle lo concerniente a la distribución de los conceptos en las fases del ciclo experimental. Consideramos que estas características fueron las más sobresalientes en la evolución de este modelo conceptual. En conclusión, la evolución de este modelo conceptual fue explícita a nivel de detalle, organización y depuración de conceptos. Al igual que los otros modelos, este modelo conceptual presentó características de ser amigable, auto explicativo, ordenado y, por ende, fácil de entender e interpretar.

En resumen, los modelos conceptuales están divididos en fases generales que son establecidas por el proceso experimental (definición, diseño, ejecución, etc.), en las cuales

están ubicados los conceptos correspondientes a cada rol. Existen varios conceptos que son comunes a más de un rol, lo que es denotado en dichos conceptos, mientras que otros conceptos son exclusivos de cada rol. Los modelos conceptuales contienen una guía de la simbología utilizada, que permite comprender fácilmente el uso de los mapas. Los conceptos tienen relaciones entre si, las cuales están descritas por una expresión que denota su acción y una flecha cuya saeta indica el sentido de la relación, por ejemplo el concepto experimento esta relacionado con el concepto hipótesis tanto en el rol GE como en el rol ES, cuya relación indica que un experimento hace referencia a una o varias hipótesis.

Más específicamente, el modelo conceptual resultante para el GI que se muestra en la Figura 5.15 permite apreciar que dicho rol participa en las etapas de definición del experimento, diseño y ejecución del experimento y en la fase de análisis. Sin embargo, la visión de este rol es diferente a la de los otros roles que posiblemente participen en las mismas fases, dado que este rol tiene una labor de gestión. Por ejemplo, en la fase de análisis se preocupa de la gestión de los hallazgo, piezas de conocimiento y, de su consiguiente publicación, no debemos olvidar que los tres roles tienen acceso a las publicaciones.

El rol GE, fundamentalmente es el albacea de la información ya que es quien se encarga de gestionar el experimento. La visión del modelo conceptual de este rol, justamente responde a las actividades referentes a la gestión de la información, ya que participa activamente en lo que respecta al almacenamiento y gestión de la información experimental. Por ejemplo, gestiona el denominado run-kit (o paquete de ejecución) que es el conjunto de instrumentos, guías, objetos, etc., necesarios para la ejecución del experimento. por otro lado gestiona los eventos, los collected items, raw-data, etc.

Finalmente, el modelo conceptual del rol ES es el modelo más detallado, lo que se justifica dado que este rol preferentemente se centra en gestionar la ejecución del experimento, que es el núcleo del proceso experimental y en particular el de una replicación, que es el proceso en el que se basa esta investigación. Esta situación se evidencia en el hecho que para la elaboración de este modelo conceptual, se dedicaron más sesiones de grupos de discusión, por ende se generaron más productos intermedios en comparación con los otros modelos. Específicamente fueron generadas diez versiones de productos intermedios de este modelo, a diferencia de las ocho versiones que se generaron en los modelos conceptuales de los otros roles. No debemos olvidar, que las actividades referentes al rol ES, resultaron ser muy conocidas para la mayoría de experimentadores, lo que contribuyó adicionalmente a incrementar el volumen de detalle de este modelo.

El propósito inicial de este ciclo fue obtener un modelo conceptual validado por el equipo de trabajo, lo cual finalmente fue conseguido. Posiblemente, las sesiones de grupos de discusión pudieron haber seguido y tal vez se pudo detallar más el modelo conceptual. Sin embargo, el equipo de trabajo consideró que los mapas conceptuales tenían la madurez suficiente. Adicionalmente, las últimas versiones de los mapas conceptuales de los 3 roles, evidenciaron que su contribución fue mucho menor que las versiones anteriores e iba en disminución. Esto justifica también la validación de la última versión de los mapas.

Ahora bien, hemos formalizado los conceptos que participan en el proceso experimental en IS desde el punto de vista de los roles principales que participan en el proceso. Sin embargo, es evidente que ninguno de los experimentadores ni el investigador podría garantizar que los conceptos formalizados y sus relaciones son todos y que no aparecerán más con el tiempo. Estas inquietudes cuestionaron la validez del modelo. Por lo tanto, los

experimentadores se preguntaron si al menos los conceptos formalizados eran suficientes para la operación de los roles considerados. De la mano, apareció también la duda de cómo alimentar más los modelos, en caso de que sus conceptos no sean los suficientes.

La inquietud respecto a la versatilidad y efectividad del modelo, motivó a los experimentadores a plantear requerimientos de información para guiarse en los modelos conceptuales y comprobar su efectividad, lo que se constituyó un nuevo ciclo de AR.

5.3.3.3 Tercer Ciclo - Versatilidad de los Modelos Conceptuales

La problemática del manejo y la comunicación de la información (explícita e implícita) del proceso experimental particularmente en una replicación, dentro del entorno del grupo de investigación GrISE, ha generado la necesidad de contar con una herramienta que les permita gestionar dicha información y brinde soporte al experimentador en el proceso experimental.

La formalización de un modelo conceptual que representa los conceptos del proceso experimental en IS, desde la perspectiva de los roles principales que participan en el proceso, implica que al menos los conceptos comúnmente utilizados en las actividades cotidianas de experimentación de dichos roles deberán estar presentes en los mapas conceptuales que representan el modelo.

En este nuevo ciclo se pretende evaluar el modelo conceptual del proceso experimental en IS, a través de los 3 mapas obtenidos y demostrar que al seguir una traza de conceptos dentro de uno o varios mapas conceptuales permite a los experimentadores crear constructos de información experimental que responden a sus necesidades. Por ejemplo, si el rol GI necesita conocer la variable respuesta planteada en un experimento específico, el modelo conceptual a través de uno o varios mapas debería ser capaz de permitir al GI generar una traza para localizar la información requerida.

Para evaluar el modelo conceptual, obtendremos varias necesidades de información de los experimentadores, las cuales serán analizadas para determinar específicamente la información requerida, identificando los conceptos involucrados en la necesidad. Una vez identificados los conceptos involucrados, elaboraremos la respuesta a la necesidad de información. Previo a formalizar la respuesta, la validaremos en los mapas conceptuales. El proceso seguido para evaluar la versatilidad de los modelos conceptuales del ciclo experimental en IS, se muestra en la figura 5.18, y se describe a continuación más en detalle. Es preciso aclarar que la estrategia descrita en este ciclo, es una contribución del investigador y responde a un arduo trabajo investigativo basado en diversas pruebas y validaciones por los experimentadores del grupo de investigación GrISE.

Determinación de las Necesidades de Información de los Experimentadores: El primer paso para concretar la formalización del modelo conceptual del proceso experimental en IS fue determinar las necesidades de información de los experimentadores. La obtención de necesidades de información de los experimentadores consistió en efectuar una actividad de educación, en la cual el experimentador más afín con cada rol relató sus expectativas de información de los modelos conceptuales desarrollados. Por ejemplo, a continuación se listan algunas necesidades de información de los experimentadores:

(1) Rol: Gestor de la Investigación

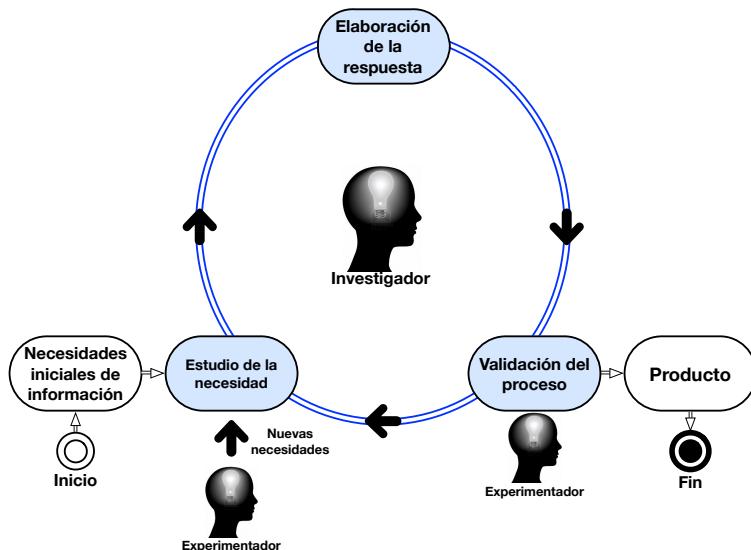


Fig. 5.18: Formalización de los Modelos conceptuales del Ciclo Experimental en IS

- ¿En qué estado está la replicación R?
- ¿Qué técnicas (niveles de factor) ha utilizado la replicación R?
- ¿Qué variable respuesta ha utilizado la replicación R?
- ¿Número de sujetos experimentales en la replicación R?

(2) Rol: Gestor del Experimento

- ¿Qué replicaciones de Experimento E están planificadas?
- ¿Cuántas replicaciones de este experimento existen?

La educación a los experimentadores fue llevada a cabo en dos reuniones, utilizando como herramientas de apoyo la filmación y el resumen. El resultado de la educación fue un reporte (ver Apéndice C) en el que se detallan varias necesidades de información de los roles y una aproximación de respuesta a las necesidades. Este reporte fue validado por los experimentadores. Es preciso acotar, que las aproximaciones de respuesta a las necesidades de información planteadas en el reporte, llegaron a constituir la base para estructurar un mecanismo para dar respuesta a las necesidad de información planteada por los experimentadores, lo cual se describe más adelante.

Estudio de la Necesidad de Información del Experimentador: El siguiente paso en el proceso consistió en un estudio minucioso de las necesidad de información planteadas por los experimentadores. El propósito de estudiar las necesidades de información, consistió en identificar explícitamente su grado de dificultad. El grado de dificultad de las necesidades de información planteadas por los experimentadores en el proceso experimental en IS es diverso y está determinado principalmente por factores como: El perfil desde el que son planteadas, la información requerida, el grado de definición de los conceptos explícitos de la necesidad y la cantidad de conceptos involucrados en la necesidad de información (a mayor número de conceptos, mayor flujo de información). En resumen, necesitamos tener

claro los conceptos que componen las necesidades de información, identificar su definición, y luego identificarlos en los mapas de conceptos para poder estructurar una adecuada respuesta a la necesidad de información.

El estudio de las necesidades de información consistió en determinar varios aspectos, los cuales ayudaron a agilitar su respuesta. Fueron considerados aspectos tales como: (1) Conceptos involucrados en la necesidad, (2) conceptos propietarios o compartidos por varios roles, (3) roles involucrados y, (4) conceptos nuevos.

Conceptos involucrados: Determinar los conceptos involucrados implicó hacer un análisis utilizando la capacidad de abstracción para adquirir, comprender y organizar el conocimiento explícito de la necesidad y poder ubicar los conceptos que incluye. Este análisis consiste en puntualizar las características que definen a los conceptos detallados en la necesidad de información y que están explícitos en los mapas conceptuales creados. Caso contrario, es preciso inferir la definición de los conceptos implícitos recurriendo inclusive a las fuentes de información accesibles al equipo de trabajo, con el propósito de alimentar la base de conocimientos del grupo de investigación, que por el momento mayormente reside en: El conocimiento de los experimentadores, de forma estática en los materiales experimentales y, en un glosario de términos que se está empezando a alimentar (ver el glosario de términos en el sitio web: <https://docs.google.com/spreadsheet/ccc?key=0AgQGXir5310-dHV5NHM4Zk00MDRtdDNqME14bEhoY2c&usp=sharing>)

Por ejemplo, para la necesidad de información: “*variable respuesta de un experimento específico*”, que es planteada por el Gestor de la Investigación (GI), luego del estudio se puede identificar claramente que esta necesidad de información:

*requiere conocer la
variable respuesta de un
experimento específico.*

Paralelamente, identificamos los conceptos objetivo de la necesidad de información para estudiarlos individualmente. En este caso identificamos los conceptos:

*Experimento, y
Variable Respuesta.*

Estos conceptos están explícitos en los tres mapas de conceptos y su definición está disponible en el glosario de términos, de la forma siguiente:

- **Experimento:** Un experimento, en general, se define como un procedimiento científico llevado a cabo normalmente en un ambiente adecuado para tal fin, con el objetivo de hacer un descubrimiento, probar un supuesto o demostrar un hecho conocido; donde los sujetos experimentales, son asignados a los diferentes tratamientos aleatoriamente. El experimento consta al menos de un nombre, una descripción, sitio donde se llevará a cabo, experimentador responsable y fecha de ejecución.
- **Variable Respuesta:** Una variable respuesta, en general, representa el objetivo del estudio, o lo que se pretende estudiar. Es la salida o resultado de la investigación, como respuesta de la interacción entre los tratamientos o niveles de las variables independientes o factores.

Conceptos propietarios o compartidos por varios roles: Una vez determinados explícitamente los conceptos considerados en la necesidad de información, es preciso determinar la correspondencia de los conceptos con los roles. Para determinar si los conceptos son propietarios o compartidos, basta con ubicar uno a unos los conceptos identificados en la necesidad de información en la tarea anterior, en los mapas conceptuales. Cada concepto está auto descrito con la simbología utilizada. Por lo tanto, una vez identificados los conceptos en el mapa, bastará con mirar la simbología. Nos referimos por propietario a cuando un concepto aparece solamente en el mapa de un rol, caso contrario lo denominamos concepto compartido. Por ejemplo, en la necesidad de información “*variable respuesta de un experimento específico*”, encontramos dos conceptos: experimento y variable respuesta. El concepto experimento, de acuerdo a su especificación, es de propiedad del experimentador senior o del gestor del experimento. En el caso de la variable respuesta, su propietario es el gestor de la investigación; por lo tanto, son dos perfiles involucrados en el flujo de información y los mapas de conceptos en los que se desarrollará la necesidad de información, son los referentes a los perfiles identificados.

Roles involucrados: Para determinar los roles involucrados, analizamos el paso anterior e identificamos todos los roles involucrados de acuerdo a los conceptos considerados. Para el ejemplo, los roles involucrados son: GI, GE y ES.

Conceptos nuevos: Existe la posibilidad de que alguna necesidad de información contenga conceptos implícitos, que evidentemente podrían constar o no en la base de conocimientos del grupo de investigación. Así mismo, aún cuando algunos conceptos estén explícitos en la necesidad de información, es posible que estén deficientemente definidos (también denominados como conceptos ambiguos, difusos o con un bajo grado de definición). Es decir, podrían ser utilizados términos conocidos en la base de conocimientos del grupo de investigación, pero que en la necesidad, estén mal utilizados para referirse a otro concepto o definición.

Esto se justifica ya que por un lado, como sabemos existen conceptos que son implícitos, es decir que están incluidos en otros conceptos. Por ejemplo, el estado de un experimento no consta en el modelo conceptual, ya que es un concepto implícito que incluye muchos conceptos más. Por otro lado, no debemos olvidar que el proceso de replicación es muy amplio y nuestro modelo es perfeccionable. Es preciso mencionar que en las primeras iteraciones no se presentó el caso de conceptos nuevos. Sin embargo, al plantear necesidades de información más complejas, llegó a darse el caso de la existencia de conceptos que el modelo conceptual no incluía. Por las razones antes mencionadas, en estos casos será necesario definir o redefinir a estos tipos de conceptos, dependiendo del caso.

Por ejemplo, para el caso de la necesidad de información “*Estado de un experimento específico*”, que es planteada por el Gestor de la Investigación (GI), luego del estudio se puede identificar claramente que esta necesidad de información, plantea conceptos que no han sido definidos de forma explícita; ya que, revisando el glosario de términos, vemos que no ha sido definido el estado de un experimento. Así mismo, el ámbito de la necesidad de información no facilita ningún indicio que permita ubicar la definición de conceptos homólogos. Por lo tanto, dicho concepto debe ser definido. Por una parte, está el concepto *experimento*, que como ya indicamos anteriormente es un concepto conocido. Por otra parte, el concepto *estado*, a pesar de que es un concepto frecuentemente referido por los experimentadores (por citar algunos términos utilizados: experimento diseñado, ex-

perimento concluido ó finalizado, experimento declarado ó planificado, etc.), no ha sido definido. De hecho, los modelos conceptuales construidos no precisan ninguna instancia temporal en la que un experimento puede encontrarse.

A primera vista, es perfectamente posible imaginar que el investigador cuando se plantea esta necesidad de información (estado de un experimento específico), requiere conocer en qué etapa o instancia del proceso experimental se encuentra un experimento en particular. Podemos inducir entonces, que el estado de un experimento corresponde a: *las diferentes situaciones temporales en las que se encuentra un experimento, durante su ciclo de vida, desde cuando es planteado, hasta que el experimentador considera que está totalmente finalizado*. Esta nueva definición es actualizada en la base de conocimientos del grupo de investigación, en este caso en el glosario de términos.

Al examinar la primera aproximación de la definición de estado de un experimento, por un lado, se identifican los siguientes estados temporales que limitan el ciclo de un experimento: “desde cuando se lo plantea” y “hasta ... totalmente finalizado”. Por otro lado, está la frase “diferentes situaciones temporales”, que analizando los mapas de conceptos, vemos que es un concepto no identificado. Por lo tanto, es preciso examinar e inducir su definición.

Estudiando el mapa de conceptos, no hemos encontrado una definición clara de estado de un experimento. Sin embargo, examinando el workflow del proceso experimental (ver Capítulo 6), se pueden inferir instancias temporales o procesos por los que un experimento atraviesa desde cuando se plantea hasta el punto en el que un experimentador posiblemente podría considerarlo totalmente finalizado. A su vez, haciendo un mapeo de estas instancias del workflow en el mapa de conceptos, podemos identificar los siguientes conceptos que limitan esas instancias temporales: experimento, diseño, objetos experimentales, instrumentos experimentales, collectec items, raw data, measurements, análisis de datos, resultados del análisis, hallazgos y publicaciones.

Podemos inferir entonces una nueva aproximación de la definición de Estado de un Experimento: *Se refiere a las diferentes situaciones temporales en las que se encuentra un experimento, durante su ciclo de vida, desde cuando se plantea, hasta que el experimentador lo considera que está totalmente finalizado. Los conceptos que delimitan estas instancias temporales son: experimento, diseño, objetos experimentales, instrumentos experimentales, collectec items, raw data, measurements, análisis de datos, resultados del análisis, hallazgos y publicaciones*. Esta definición modificada es actualizada nuevamente en el glosario de términos.

En resumen, cada necesidad de información tuvo su complejidad particular, la cual se incrementó en función de la cantidad de conceptos involucrados en cada necesidad. El proceso completo fue llevado a cabo para cada necesidad, por lo que en cada iteración fuimos obteniendo nuevos conocimiento en base a las diferentes situaciones o retos que presentaban las necesidades de información. Esto justifica el estudio inicial de la necesidad de información y lo convierte en básico.

Elaboración de la Respuesta a la Necesidad de Información del Experimentador: El grado de validez de la respuesta dada a la necesidad de información, fundamentalmente estará determinado por el nivel de definición de los conceptos considerados para estructurarla. El criterio para la selección de los conceptos que incluirá la respuesta a la necesidad de información, parte de los conceptos identificados (que fueron previamente

RESOLUCIÓN

verificados en el paso anterior) en la necesidad de información, en conjunto con conceptos intermedios que contribuyen al flujo de la información.

La elaboración de las respuestas a las necesidades de información del experimentador, se basan en la traza de conceptos necesarios para ubicar la información requerida dentro de los mapas conceptuales involucrados; así como también, en la descripción del flujo de información que implica la traza de conceptos. Dependiendo de la complejidad de la necesidad de información, será necesario explorar inclusive los tres mapas conceptuales propuestos. Las primeras necesidades de información atendidas fueron sencillas, para lo que un simple trazado sobre los mapas fue suficiente, para ubicar la información requerida. Por ejemplo, para la necesidad de información “*variable respuesta de un experimento específico*”, en la Figura 5.19 se muestra la traza de conceptos, construida a partir de la especificación de la necesidad de información. A paso seguido, se detalla el flujo de información que involucra la traza de conceptos.

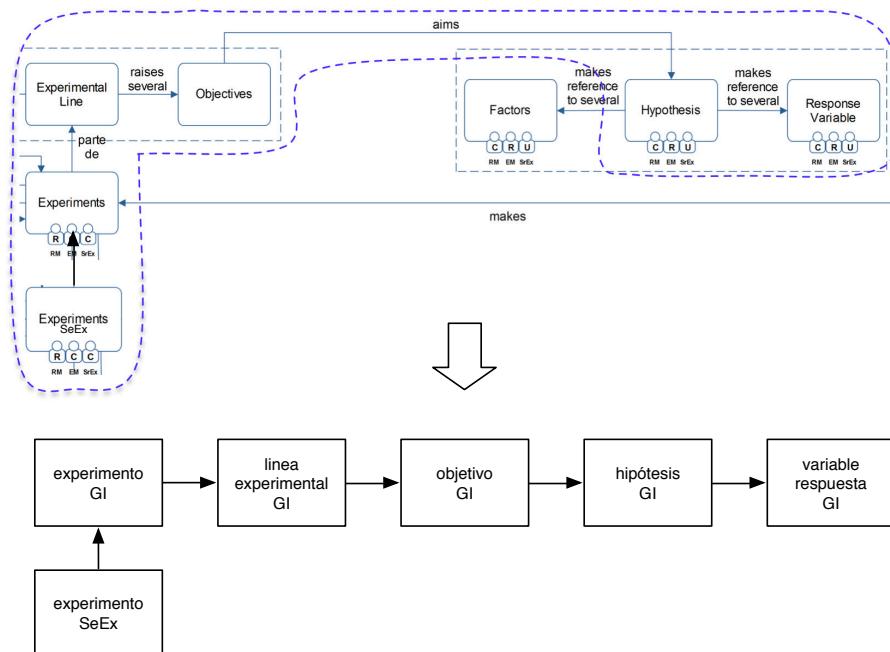


Fig. 5.19: Ejemplo de Traza de Respuesta a las Necesidades de Información de los Experimentadores

La especificación del flujo de información de la traza de respuesta, se muestra a continuación.

Procedimiento:

1. El flujo de información de la traza inicial, parte del concepto experimento, que para este ejemplo, es de propiedad del Experimentador Senior (ES), así: De entre los experimentos del ES, localizamos un experimento específico E.
2. Resultado = Como resultado, es posible que encontremos E; ó, que el experimento E no existe.

3. Una vez localizado E, ubicamos una copia de E donde el GI, que en este caso es quien plantea la necesidad de información.
4. Resultado = Es posible que, ubiquemos la información de E; ó, que el experimento E no existe.
5. Si E existe, buscamos la Línea de Productos L, a la que pertenece E, de entre las líneas de experimentos que maneja el GI.
6. Resultado = Como resultado, E pertenezca a L; ó, lo menos probable es que no corresponde a ninguna línea.
7. Ubicada L, buscamos el correspondiente Objetivo O, planteado para L.
8. Resultado = En este caso es mandatorio que exista un Objetivo O.
9. Con O, Buscar su correspondiente hipótesis H.
10. Resultado = Es mandatorio que se plantee una Hipótesis H para un experimento o para una línea de experimentos.
11. La Hipótesis H, a su vez, hace referencia a una (o varias) Variable Respuesta VR, la cual la buscamos.
12. Resultado = Es mandatorio que una hipótesis haga referencia al menos a una Variable Respuesta VR.

Corolarios:

1. Un experimento corresponde a una única línea experimental.
2. Una línea experimental define un único objetivo.
3. Un Objetivo define al menos a una hipótesis.
4. Una hipótesis hace referencia al menos a una variable respuesta.

Excepciones:

1. * No existe El Experimento E.
2. * No corresponde a ninguna Línea de Experimentos, es nuevo o no se ha relacionado con la línea.
3. * No es posible que no exista un Objetivo, ya que un Experimento obedece a un objetivo.
4. * No es posible que no exista una hipótesis, ya que un objetivo hace referencia a una hipótesis.
5. * No es posible que no exista una variable respuesta, ya que una hipótesis hace referencia a una variable respuesta.

Resultado Esperado:

Para E = UPM-2001, el resultado es: effectiveness, efficacy

Ahora bien, como se mencionó anteriormente, el grado de dificultad en la resolución de las operaciones planteadas en el proceso experimental en IS, es proporcional al número de conceptos involucrados, más aún, si el grado de definición de dichos conceptos, no es el adecuado. Por lo tanto, la construcción de la respuesta a la necesidad de información primordialmente debe prever la definición adecuada de todos los conceptos que incluirá la traza respuesta, garantizando así, un alto grado de validez de la respuesta dada a la necesidad de información. Para necesidades de información complejas, es decir para aquellas necesidades que de inicio incluyen un elevado numero de conceptos en su especificación, no fue suficiente una inspección y trazados simples. Para dar respuesta a las necesidades de información complejas, y dependiendo del sentido de la necesidad (por ejemplo estado, o una información específica, o varias cosas a la vez) fue necesario estudiar nuevamente los conceptos iniciales de la necesidad de información, con el objetivo de identificar conceptos complementarios a los conceptos especificados en la necesidad. En caso de encontrar conceptos complementarios, la traza de respuesta deberá incluir dichos conceptos y por ende la descripción del flujo de información.

Por ejemplo, En el caso de la necesidad de información: "*Estado de un Experimento*", luego de la definición de Estado, se incluyó el concepto diseño experimental. De acuerdo a la estrategia establecida, cada concepto debe ser evaluado nuevamente para que sea determinado su grado de definición. Sin embargo, a pesar de que este concepto pudo haber estado definido, el requerimiento de esta necesidad es acerca del estado de un experimento, el cual en determinado momento puede estar diseñado o no, o a medio diseñar. Por lo tanto, este concepto en esta necesidad de información en particular, precisa de otros conceptos para poder responder con precisión, ya que el glosario de términos no especifica cuando un experimento está diseñado del todo, ó en su defecto, instancias temporales diferentes; únicamente, así: "***El diseño de un experimento describe como está organizada su ejecución y los tratamientos a ser aplicados.***"

En base a los conceptos contiguos al diseño observados en el mapa conceptual del ES y a la revisión de alguna literatura referente, el diseño de un experimento puede ser expresado así: "***El diseño de un experimento describe como está organizada la aplicación de las pruebas por parte de los sujetos experimentales, distribuidos aleatoriamente (o no) en grupos y en períodos de tiempo, dependiendo del número de tratamientos por grupo y por periodo.***"

En esta nueva inferencia, podemos identificar los siguientes conceptos:

- pruebas
- sujetos experimentales
- grupos
- períodos de tiempo
- tratamientos

Realizando la verificación en el glosario de términos, todos estos conceptos son explícitos y bien definidos; por lo tanto, esta nueva definición será actualizada en el glosario de términos del grupo de investigación. Una vez identificados los conceptos de la respuesta a la necesidad de información, es posible construir la traza de conceptos detallada.

Validación del Proceso de Elaboración de Respuesta a la Necesidad de Información: La validación de las respuestas dadas a las necesidades de información, que a la vez constituyó una validación al modelo conceptual obtenido en los ciclos anteriores, fue realizada en dos instancias. La primera instancia de validación de las respuestas dadas a las necesidad de información, fue llevada a cabo por el investigador al momento de comprobar una a una las trazas de respuesta y sus respectivas descripciones del flujo de información sobre los mapas de conceptos.

La segunda instancia de validación fue llevada a cabo por los experimentadores. Esta instancia se caracterizó por la construcción de artefactos a través de los cuales los experimentadores pudieron evidenciar que sus necesidades de información fueron satisfechas. Lo cual posiblemente no habría sido muy ilustrativo, únicamente utilizando las trazas y el detalle del flujo de información de cada respuesta estructurada. Los artefactos indicados, principalmente fueron mecanismos de reporte tales como: bocetos, maquetas, prototipos de software, etc. El uso de estos artefactos más el uso de información real del grupo de investigación, permitieron a los experimentadores validar la respuesta dada a sus necesidades de información, en base a información conocida por ellos, lo que a su vez sirvió para validar el modelo conceptual formalizado en los mapas obtenidos.

La validación por parte del investigador, consistió en realizar la trazada de respuesta sobre los mapas conceptuales involucrados como se aprecia en la Figura 5.19, siguiendo el flujo de información correspondiente. La validación realizada por los experimentadores consistió en evidenciar las respuestas que recibían sus necesidades de información, con información conocida para ellos. Algunos experimentadores fueron escépticos y decidieron constatar que la estructura o mecanismo de los instrumentos construidos para visualizar las respuestas a las necesidades de información, estaba basado en el modelo conceptual formalizado.

Por citar un par de ejemplos:

Utilizando la versión de prueba del software MockupScreens (ver en <http://www.mockupscreens.com>), implementamos la maqueta del proceso de respuesta a la necesidad de información: “*Conocer los experimentos correspondientes a una línea experimental*”, planteada por el rol GI. Esta necesidad de información involucra únicamente a los conceptos *línea experimental* y *experimentos* y el flujo resultante es muy sencillo. Para la demostración de la respuesta dada por la maqueta, fue necesario implementar el proceso desde el registro de un experimento, hasta la consulta de los experimentos referentes a una línea específica.

Para dar respuesta a las necesidades de información más complejas, y especialmente para almacenar un conjunto considerable de información real, desarrollamos prototipos funcionales de software, especialmente utilizando base de datos reales. Evidentemente la estructura de la base de datos de estos prototipos fue basada completamente en el mapa conceptual. El prototipo básico que proporcionó más evidencias de la versatilidad del modelo conceptual, y que además constituyó la base para la implementación del prototipo que se describe a detalle en el Capítulo 8, fue el desarrollado con la herramienta denominada 4D (ver en www.4d.com). 4D es una base de datos relacional que posee su propio lenguaje de programación de fácil implementación, basada en asistentes que facilitan el desarrollo. En el caso de este prototipo, permitió optimizar el tiempo en su construcción. En este prototipo se implementó la respuesta a varias necesidades de información de los 3 roles, tales

RESOLUCIÓN

como: Estado de un experimento, factores y niveles utilizados en un experimento, variable respuesta usada en un experimento, numero de sujetos de cada instancia experimental, etc. La Figura 5.20 muestra la impresión de una secuencia de pantallas del prototipo desarrollado en 4D.

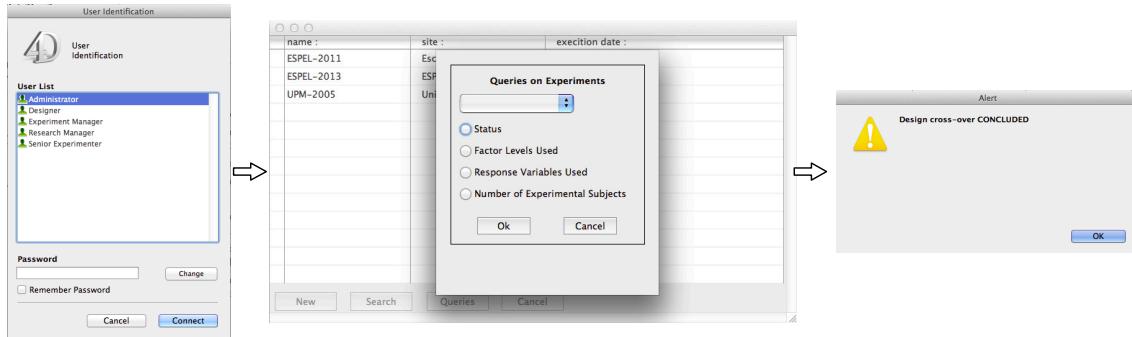


Fig. 5.20: Ejemplo de Prototipo para dar Respuesta a las Necesidades de Información de los Experimentadores

La técnica para dar respuesta a las necesidades de información a los experimentadores fue mejorando paralelamente con el incremento de las instancias de necesidades de información atendidas. En un inicio se dio respuesta a las necesidades de información en papel a través de bocetos. Luego migramos a la utilización de maquetas que dieron una clara idea de la traza entre los conceptos con información ya real. El siguiente hito lo marcó la implementación de pseudo sistemas a través de la utilización de herramientas de desarrollo ágil basadas en asistentes, las cuales permitieron instanciar fácilmente el modelo conceptual respetando sus relaciones y la creación automáticamente la interfaz para el ingreso y despliegue de información. Finalmente, fue desarrollada una prueba de concepto más completa utilizando tecnologías especializadas en el manejo de la información y la comunicación. El detalle completo de dicha prueba de concepto será presentado en el Capítulo 8.

La implementación del proceso de respuesta a las necesidades de información de los experimentador nos permitió obtener una información muy valiosa, especialmente respecto al flujo de información que se produce en el proceso experimental, independiente de si es manual o automatizado. En cada uno de los ciclos que llevamos a cabo para dar respuesta a las necesidades de información de los experimentadores, obtuvimos una enseñanza diferente, dado que cada necesidad de información tiene su particularidad. La diversidad en la complejidad de las necesidades resueltas afianzó poco a poco la técnica que hemos aplicando y venimos contando, en base al conocimiento obtenido en cada iteración. Esta técnica fue evaluada dando respuesta a varias necesidades de información que fueron respondidas. Los resultados obtenidos de la aplicación de la técnica fueron prometedores, por lo que creemos que podría ser considerada para formalizar trazas de respuestas a necesidades de información puntuales en el ciclo experimental. A continuación detallamos algunas características que hemos evidenciado luego de dar respuesta a las necesidades de información.

- Encontramos que algunos conceptos utilizados para el planteamiento de las necesidades de información eran ambiguos, es decir que su definición no era clara, o posí-

blemente eran un caso de la diversidad terminológica, por lo que naturalmente no aparecieron en los modelos conceptuales y, por lo tanto, complicaron la elaboración de la respuesta a las necesidades que tenían este tipo de conceptos.

- Hemos encontrado también conceptos implícitos a los cuales ha sido preciso inferir su definición.
- Hemos encontrado que es fundamental identificar el alcance de la necesidad de información para estimar la complejidad del flujo de información que conlleva, dado que parte de los factores que determinan el grado de dificultad de las necesidades de información llevadas a cabo en el proceso experimental en IS, son los roles desde donde son planteadas y por ende los modelos de conceptos en donde se llevan a cabo.
- Creemos que para formalizar la respuesta a una necesidad de información del experimentador, es necesario tanto construir la traza de conceptos de la respuesta, así como identificar el flujo de información que esta implica.
- Consideramos que la traza de conceptos de la respuesta a una necesidad de información incluye tanto conceptos base (que están en la secuencia de la traza), así como conceptos complementarios (que alimentan a la traza principal).

Resultados Obtenidos del Proceso de Respuesta a las Necesidades de los Experimentadores: Los resultados obtenidos del proceso de respuesta a las necesidades de los experimentadores fueron importantes, ya que permitieron cumplir con el propósito de este ciclo que básicamente era validar y refinar del modelo conceptual formalizado en los ciclos anteriores.

El ciclo de elaboración-validación de las respuestas dadas a las necesidades planteadas por los experimentadores, de la mano con la validación posterior a los mecanismos de respuesta (bocetos, maquetas, prototipos de software, etc.) por parte de los experimentadores, nos permitieron ir refinando la técnica para dar respuesta a las necesidades de información, planteadas por los experimentadores. El proceso refinado que se generó en base a las lecciones aprendidas en cada iteración de respuesta a las necesidades de los experimentadores, generó la definición de una técnica como producto de este ciclo.

La técnica para dar respuesta a las necesidades de información planteadas por los experimentadores en en ciclo experimental, está disponible en el Apéndice D, y un reporte de aplicación de la técnica a varias instancias de necesidades de información planteadas por los experimentadores del GrISE está disponible en la página web <http://190.15.140.14/erfonseca/productos-intermedios/resolucion/etapa1/varios/InstaciasTecnica.pdf>. Una evaluación a detalle de la técnica se lo hace a continuación.

El planteamiento de una técnica para dar respuesta a las necesidades de información de los experimentadores durante el ciclo experimental en IS, obedece a la dificultad que se presenta al momento de elaborar la respuesta a dichas necesidades, debido fundamentalmente a: (1) Nivel de complejidad de la respuesta que precise cada necesidad, (2) diversidad terminológica existente en la comunidad de ISE y, (3) presencia del conocimiento tácito de los experimentadores.

Por citar un ejemplo hipotético, tenemos: El GI de un grupo de investigación está interesado en que se lleve a cabo una síntesis experimental sobre un grupo específico de replicaciones. Sin embargo, una de las replicaciones requeridas aún no ha sido finalizada.

Ante esta situación el GI podría plantear a los otros experimentadores la siguiente interrogante: ¿En qué estado está la replicación R?. Con el planteamiento de esta necesidad, el GI podría estar asumiendo que los demás experimentadores entendieron que necesita saber si ya se ha generado la información necesaria para poder hacer una síntesis. Sin embargo, del otro lado cada uno de los experimentadores pudo haber entendido de distinta manera, posiblemente desde el punto de vista de las actividades que realiza cada uno. Desde esta perspectiva, podrían generarse respuestas del tipo:

1. La replicación aún no está terminada
2. La replicación ha pasado los siguientes estados: A, B, C, y actualmente se encuentra en el estado D
3. La replicación fue ejecutada ayer, etc.

Como se puede apreciar, un planteamiento ambiguo de una necesidad de información puede generar confusión al momento de determinar la respuesta adecuada para la necesidad de información planteada.

Los experimentadores por su parte, demandan que la respuesta a cada una de sus necesidades contenga conceptos explícitos que satisfagan completamente a la necesidad y contribuyan eficientemente con el proceso experimental. Sin embargo, en algunos casos, como en el del ejemplo, el planteamiento de las necesidades es carente de especificidad y por ende puede contener términos ambiguos, implícitos, con un grado de definición inadecuado, etc. La técnica propone formalizar los conceptos de entrada y estructurar una traza adecuada de conceptos de salida como respuesta.

El proceso experimental en IS representa un importante flujo de información que depende del número de experimentadores que participan y de la complejidad de sus necesidad de información dentro del ciclo. Debido a esto, cada grupo de investigación llega a forma una base de conocimientos informal que incluye la información que maneja cada investigador, añadido su propio conocimiento. En este caso, el proceso de resolución de las necesidades de información planteadas por los experimentadores, ha presentado semejanzas y dificultades dependiendo del tipo de necesidad planteada y en especial del flujo de información requerido, lo que nos ha motivado a proponer esta técnica que, utilizando la misma información del grupo de investigación permita dar respuesta a las necesidades de información, siguiendo un procedimiento formal. La técnica plantea los siguientes procesos:

- (1) **Sistematización de la Necesidad de Información:** La sistematización de la necesidad de información es un proceso que permite establecer claramente los *conceptos objetivo* de la necesidad de información, los *perfíles que proveerán la información* y los *modelos de conceptos que intervienen* en la necesidad de información.
- (2) **Caracterización de la traza inicial de conceptos:** La caracterización de la traza inicial de conceptos, es un proceso que permite ubicar los conceptos base de respuesta a la necesidad de información; es decir, aquellos conceptos que estarán incluidos en la que hemos denominado traza inicial de conceptos, al igual que su flujo de información.
- (3) **Construcción de la Traza de Conceptos de Respuesta a la Necesidad:** La construcción de la traza de conceptos de respuesta a la necesidad es un proceso que

prevé la definición adecuada de todos los conceptos que incluirá la traza respuesta, garantizando así, un alto grado de validez de la respuesta dada a la necesidad de información.

- (4) **Construcción de la Respuesta a la Necesidad:** La construcción de la respuesta a la necesidad de información, es un proceso por el cual se garantiza que el nivel de detalle que recibe el experimentador como respuesta a su necesidad de información satisface su expectativa.

La Figura 5.21 muestra un esquema operacional de la técnica propuesta.

5.4 Evaluación y Análisis

Los resultados obtenidos en esta etapa como producto de 6 ciclos de AR, denotan la consecución del objetivo planteado. Los modelos conceptuales obtenidos formalizan los conceptos (así como, su definición y sus relaciones) utilizados en el proceso experimental en IS, lo cual han sido comprobado y validado por los experimentadores, a través de las respuestas dadas a sus necesidades de información.

5.4.1 Evaluación y Análisis de los Modelos Conceptuales del Ciclo Experimental en IS

Como evaluación general de los modelos obtenidos, creemos que alcanzaron un nivel de detalle profundo, ya que responden a ciclos de AR exhaustivos y han sido constantemente validados por los experimentadores del grupo de investigación GrISE. Entre otras, las características que donotan los modelos conceptuales obtenidos corresponden a su alto grado de detalle y granularidad; así como, a su bajo grado de especificidad.

El alto grado de detalle de los modelos obedece fundamentalmente al selecto grupo de fuentes de información que fueron consultadas por el equipo de trabajo, tales como: Literatura referente muy reconocida, experimentadores con reconocida experiencia, material experimental de IS correspondiente a varios años de experimentación, etc. Gracias a la utilización de las herramientas e instrumentos más adecuados, fue posible extraer la información más valiosa de las fuentes antes mencionadas y lograr el detalle que se aprecia en los mapas conceptuales obtenidos.

Las diferentes fuentes antes mencionadas, especialmente los textos consultados y los experimentadores, aparte de proveer el nivel de detalle conceptual antes indicado, también facilitaron la definición terminológica comúnmente utilizada en ISE, lo cual añadió un alto grado de granularidad a los modelos conceptuales obtenidos.

En base a la revisión de literatura referente, hemos encontrado que los conceptos comúnmente utilizados en el proceso experimental en IS, no son términos específicos, al contrario guardan mucha relación con términos generales de experimentación de ciencias tradicionales tales como la biología, física, medicina, etc. Todos los esfuerzos realizados en esta investigación, particularmente en la construcción de los modelos conceptuales, han estado encaminados en coadyuvar esta tendencia, por lo que otra de las características de dichos modelo, es su baja especificidad.

RESOLUCIÓN

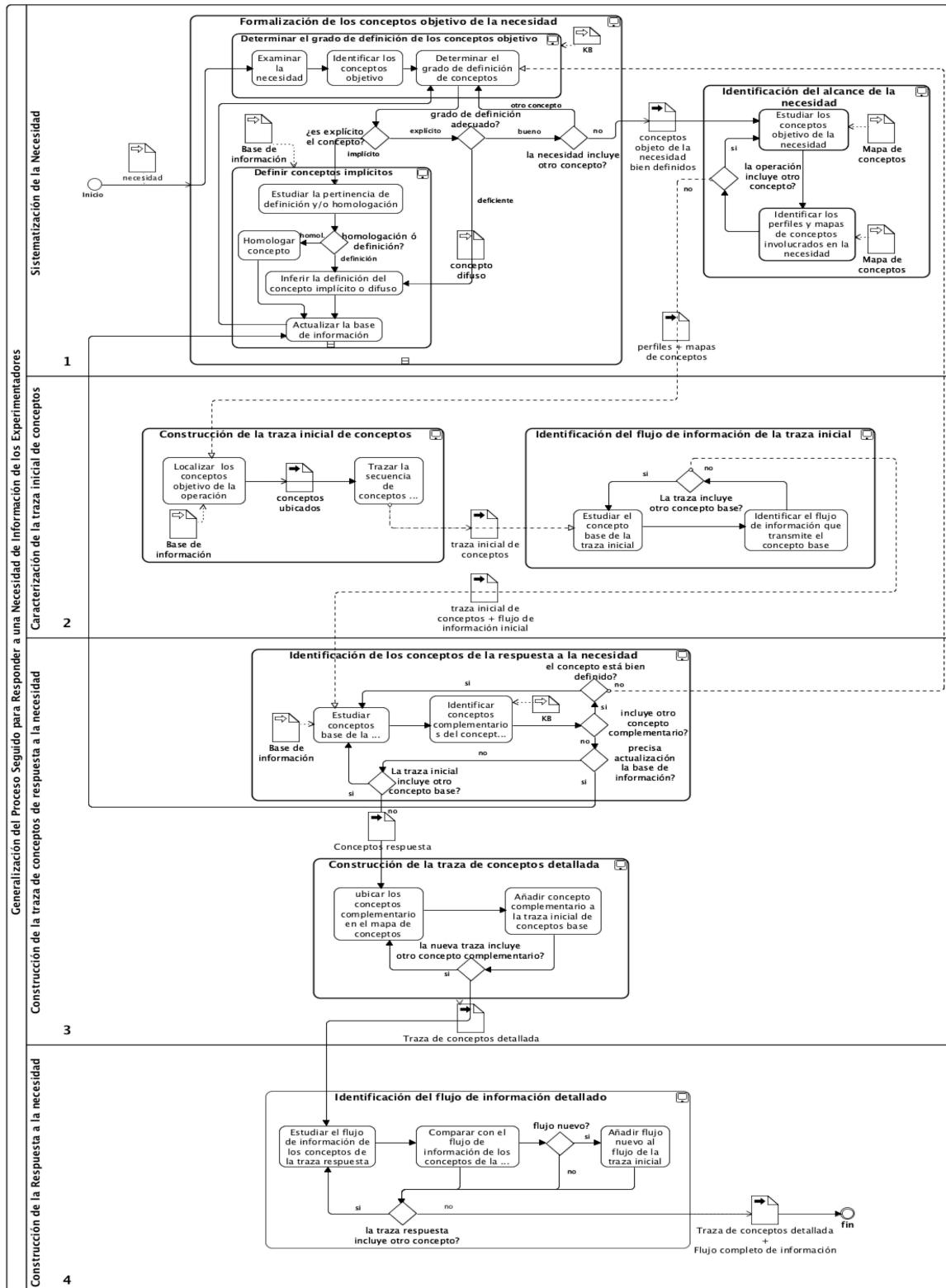


Fig. 5.21: Técnica de Respuesta a las Necesidades de Información de los Experimentadores

5.4.2 Evaluación y Análisis de la Técnica para dar Respuesta a las Necesidades de Información de los Experimentadores en el Ciclo Experimental en IS

Otra característica por la que destacan los modelos conceptuales obtenidos en esta etapa, es la referida a su estabilidad. Esta característica ha podido ser demostrada luego de que cada modelo ha superado varias pruebas realizadas por los experimentadores, de forma estable. Dichas pruebas han consistido en medir la respuesta de los modelos ante las necesidades de información planteadas los experimentadores.

Las características de los modelos conceptuales antes mencionadas (granularidad, detalle, estabilidad y especificidad), han permitido construir una prueba de concepto (ver Capítulo 8) en la que es más tangible tales características, especialmente la estabilidad de los modelos.

Más en detalle, obtuvimos por un lado las necesidades de los experimentadores respecto a información del ciclo experimental en IS desde el punto de vista de los roles, que son diversas y unas más complejas que otras. Las respuestas dadas a estas necesidades de información se constituyeron como la base para proponer una técnica para dar respuesta a las necesidades de los experimentadores, y a su vez, las necesidades y las respuestas, nos permitieron estructurar prototipos automatizados que responden a dichas necesidades. Creemos que este mecanismo necesidad - respuesta - prototipo puede responder para cualquier necesidad de los experimentadores.

Finalmente, la técnica propuesta permite, por un lado, refinar los modelos conceptuales, ya que posibilita examinar la necesidad de información, identificar los conceptos objetivo de la necesidad, y determinar el grado de definición de los conceptos. En caso de que el concepto no sea explícito, la técnica permite mejorar un definición existente, homologar el concepto o, en su defecto, inferir una definición para el concepto. La técnica propone tener guardados todos los conceptos en una base de conocimientos y cualquier modificación a nivel de conceptos deberá ser guardada en la base de conocimientos. Por otro lado, la técnica valida la formalización el modelo conceptual, ya que permite aparte de refinar los conceptos, estructurar la traza de respuesta a la necesidad de información.

5.5 Lecciones Aprendidas y Discusión

Las lecciones aprendidas han consistido principalmente en los modos en que hemos superado las dificultades que se planteaban al principio de la tesis, es decir la problemática de investigación que se puede ver en el Capítulo 3. Concretamente, habíamos observado tres problemas para la parte conceptual: (1) Carencia de una terminología específica para la experimentación en IS, (2) Dificultad de comunicación entre investigadores y, (3) Complejidad en el almacenamiento y compartición de información.

El primer problema consistía en que la existencia de la diversidad terminológica y operativa inherente a las actividades que realizan los experimentadores en el proceso experimental en IS, causa muchas dificultades en la comunicación interna del grupo de investigación. El aporte de nuestra investigación a la solución de este problema ha consistido en la aplicación de técnicas para formalización del proceso experimental. Por ejemplo, ha quedado demostrado que la aplicación de la técnica de grupos de discusión es eficiente para

la educación de información de un equipo de trabajo cuyo conocimiento es afín con un área de conocimiento determinada, en este caso la ISE. Sin embargo, también quedó demostrado que el área es demasiado amplia, por lo que cada experimentador aunque tenga nociones bien cimentadas de toda el área, desarrolla más sus habilidades en un segmento específico de dicha área. No debemos olvidar, que en base al uso de estas herramientas, quedó también demostrado la presencia del conocimiento tácito, ya que se ha hecho explícito un conocimiento existente que antes estaba solo en la mente de los experimentadores y ni siquiera ellos mismos eran conscientes de tenerlo, al menos, de su estructura y contenido. Como producto, hemos obtenido 3 mapas conceptuales inherentes a los roles GI, GE y ES; y, una técnica para dar respuesta a las necesidades de información de los experimentadores, misma que se auto alimenta de cada instancia de necesidad respondida y permite alimentar una base de conocimientos.

El segundo problema consistía en que la inexistencia de un marco terminológico común dificulta la comunicación entre experimentadores. Nuestro aporte en la solución de este problema ha sido nuevamente la formalización del modelo conceptual, el cual ha servido como base para la construcción de un prototipo de herramienta de soporte al proceso experimental en IS, la cual facilita la comunicación entre experimentadores, traduciendo su información a un único contexto de trabajo. Los modelos conceptuales obtenidos desde la perspectiva de los roles que participan en el ciclo experimental en IS, son complementarios y se han constituido como la base para el proceso de respuesta a las necesidades de información de los experimentadores. El proceso de elaboración de respuesta a las necesidades de información, nos permitió estructurar una técnica que logra la formalización del proceso de respuesta y propone un mecanismo para mantener actualizada una base de conocimientos dentro del mismo grupo de trabajo, en base a los conceptos que se manejan en el ciclo experimental, y al material experimental propio del grupo. Por el momento, el mecanismo que propone la técnica como base de conocimientos es el mantenimiento de un glosario de términos que seguramente no cubre las expectativas del grupo de investigación y que además la posibilidad de que sea actualizado por los experimentadores es baja. Sin embargo, la estructura de la técnica puede servir para utilizar otros mecanismos más robustos como sistemas software, bases de datos, ontologías, etc., lo cual también es sugerido en la Capítulo 9 de futuras líneas de investigación.

Finalmente, el tercer problema consistía en que la complejidad en el almacenamiento y compartición de información surgen por la inexistencia de un entendimiento compartido, esto es un modelo conceptual común que permita comunicarse sin ambigüedades entre emisor y receptor. Nuevamente, la formalización de un modelo conceptual para el proceso experimental en IS es nuestro aporte más importante para la solución de esta problemática, ya que la mejora de la comunicación entre experimentadores implica entendimiento entre las partes y el entendimiento a su vez significa hablar un mismo idioma. Por lo tanto, la información formateada por un mismo protocolo es más fácil almacenar y compartir en los medios tradicionales. La técnica para dar respuesta a las necesidades de información de los experimentadores durante el ciclo experimental, incluye un mecanismo para mantener alimentada la base de conocimientos del grupo de investigación, con los conceptos de los modelos y las modificaciones que se pudieran presentar, dependiendo de las necesidades de información que se planteen.

Los resultados obtenidos son satisfactorios, hemos aplicado una técnica para dar re-

spuesta a las necesidades de información de los experimentadores, sobre la base del modelo conceptual formalizado en 3 mapas conceptuales, lo cual lo hemos validado con los experimentadores. Sin embargo, creemos que el modelo obtenido puede ser mejorado más aun. Es posible que sea necesaria una futura investigación, lo cual es referido en el Capítulo 9 de futuras líneas de investigación. No obstante nos fiamos de que el modelo es aceptable porque por un lado, como ya hemos dicho, cuenta con la aprobación de los experimentadores, y por otro lado, este modelo ha sido suficiente para poder crear la base de datos del producto ISRE, el cual se describe en el Capítulo 8 y corresponde a una prueba de concepto; que es precisamente, la herramienta que se perseguía en el proceso de desarrollo en el cual esta investigación de AR está inmerso.

Es preciso recalcar que, contamos con toda la documentación accesible a través de la página web <http://190.15.140.14/erfonseca/productos-intermedios/resolucion/etapa1>. En caso de ser necesario, se podría recrear los resultados obtenidos de esta investigación, lo cual incrementa la validez de la investigación.

Capítulo 6

Modelos de Proceso de la Experimentación en IS

RESUMEN: Este capítulo esta dedicado a detallar el proceso seguido para la construcción de modelos de proceso de la experimentación en IS, cuyo mapeo permita delinear la formalización del proceso experimental, desde el punto de vista de los experimentadores, en el contexto de un grupo de investigación. Se inicia en la Sección 6.1 con el análisis de la problemática de esta etapa, se continúa con la planificación para la construcción de los modelos del ciclo experimental en la Sección 6.2, a paso seguido en la Sección 6.3 se describen las acciones tomadas para la construcción de los modelos del ciclo experimental, a continuación se evalúan y analizan los productos obtenidos de la investigación de esta etapa en la Sección 6.4. Finalmente, en la Sección 6.5 se reflexiona sobre las lecciones aprendidas y se discute sobre el conocimiento obtenido de la consecución del objetivo de esta etapa.

6.1 Análisis de la Problemática

El análisis de la problemática de esta etapa corresponde a lo indicado en la sección equivalente del Capítulo 5. No debemos olvidar que a la investigación la hemos dividido en etapas cuyos logros persiguen un único objetivo que es formalizar el proceso experimental.

6.2 Planificación

En esta sección se describe el plan de trabajo seguido durante la investigación en la presente etapa. De acuerdo a la plantilla establecida, esta Sección se divide en dos sub-secciones: Enfoque de la acción (6.2.1) y definiciones operacionales (6.2.2).

La sección del enfoque de la acción realiza la misma función que en la etapa anterior, es decir, define el objetivo de la investigación; con la diferencia, de que en este caso se enfoca en alcanzar la consecución del sub-objetivo 2.

Las definiciones operacionales igualmente hacen referencia a técnicas, instrumentos, herramientas, etc. o cualquier recurso necesario que serán utilizado para la ejecución de la investigación.

6.2.1 Enfoque de la Acción

6.2.1.1 Objetivo

El objetivo de esta etapa corresponde a:

“Construir modelos de proceso de la experimentación en IS”.

Alcanzar este objetivo permite asegurar que los experimentos o replicaciones se definan de forma completa sin obviar detalles controlables que puedan poner en peligro el esfuerzo del experimentador. Adicionalmente, contribuirá a reducir la presencia de la diversidad terminológica en el proceso experimental, a solventar la dificultad del almacenamiento y en la distribución de la información concerniente a un experimento.

6.2.1.2 Plan de Trabajo

Las acciones realizadas en esta etapa están encaminadas en la construcción de modelos de proceso, que formalizan las actividades del ciclo experimental en IS. Adicionalmente a los conceptos que se manejan en una instancia experimental (experimento ó replicación), es preciso especificar las actividades que comprende el proceso experimental y su distribución entre los diferentes experimentadores que participan en el proceso. Al igual que en la etapa anterior, es necesario que el investigador utilice las fuentes accesibles al grupo de investigación objeto de estudio, donde dicha información puede ser obtenida, en este caso son las mismas fuentes, es decir: literatura referente, materiales experimental existente y los propios experimentadores del GrISE. El plan de trabajo de esta etapa, mostrado en la Figura 6.1, está alineado con las anteriores consideraciones. En concreto, para la realización de esta etapa se realizarán 3 actividades, indicadas a continuación (una descripción más detallada de esta etapa se encuentra en la Sección 4.7 de esta tesis, correspondiente al capítulo de método de investigación).

- Estudio de la literatura referente
- Estudio del material experimental existente
- Obtención de conocimiento del grupo de investigación y construcción de modelos de proceso del proceso experimental

Dado que en buena parte de cada actividad especificada en el plan de trabajo esta compuesta por acciones que se ejecutan en ciclos, no se especifica ninguna relación entre actividades. Esto se verá más claro en la Sección 6.3.

6.2.1.3 Resultados Esperados

Los resultados esperados para esta etapa de investigación corresponden a la especificación de modelos de proceso de la experimentación en IS. En este punto de la investigación, desconocemos aún la complejidad y alcance del conocimiento a adquirir. Por lo tanto, no podemos prever la tipología de modelos de proceso a utilizar. Por lo tanto, usaremos

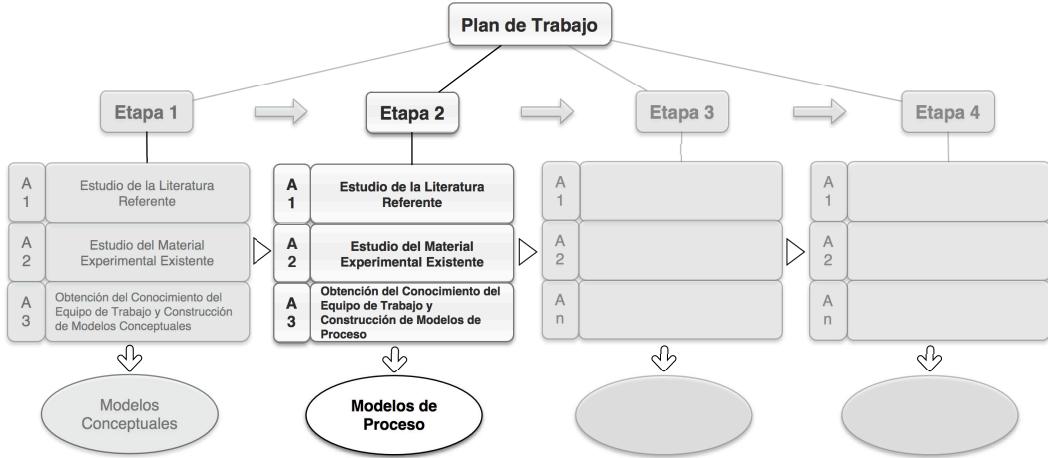


Fig. 6.1: Plan de Trabajo de la Etapa 2

técnicas para modelado de procesos de negocio (BPM de las siglas del inglés Business Process Modeling), tales como diagramas de flujo, diagramas de flujo de control, etc. (Janssens et al., 2000), que permitan expresar con un formato simple una diversidad de composiciones de procesos. Un ejemplo de tales diagramas se muestra en la Figura 6.2.

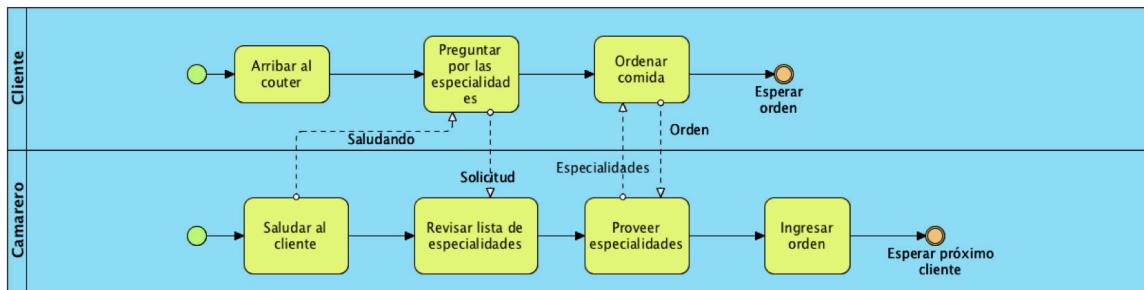


Fig. 6.2: Ejemplo de Modelo de Procesos

6.2.2 Definiciones Operacionales

La realización de las actividades planteadas implica la ejecución de acciones en un proceso iterativo de investigación que va generando conocimiento, el cual es expresado en modelos de proceso validados por los experimentadores. Por ejemplo, para extraer información del grupo de investigación es necesario entrevistar a experimentadores, transcribir la conversación, etc. Para la realización de cada acción, es necesario emplear una serie de técnicas (por ejemplo: modelado de actividades) e instrumentos (por ejemplo: video cámara). Finalmente, toda la información obtenida se utiliza en la confección de un modelo de proceso. Las técnicas e instrumentos permiten por consiguiente, llevar a cabo las distintas acciones de la investigación, las cuales a su vez permiten completar las actividades del plan de trabajo (ver Figura 6.3). En lo que sigue proveemos las definiciones operacionales de la

investigación para esta etapa.

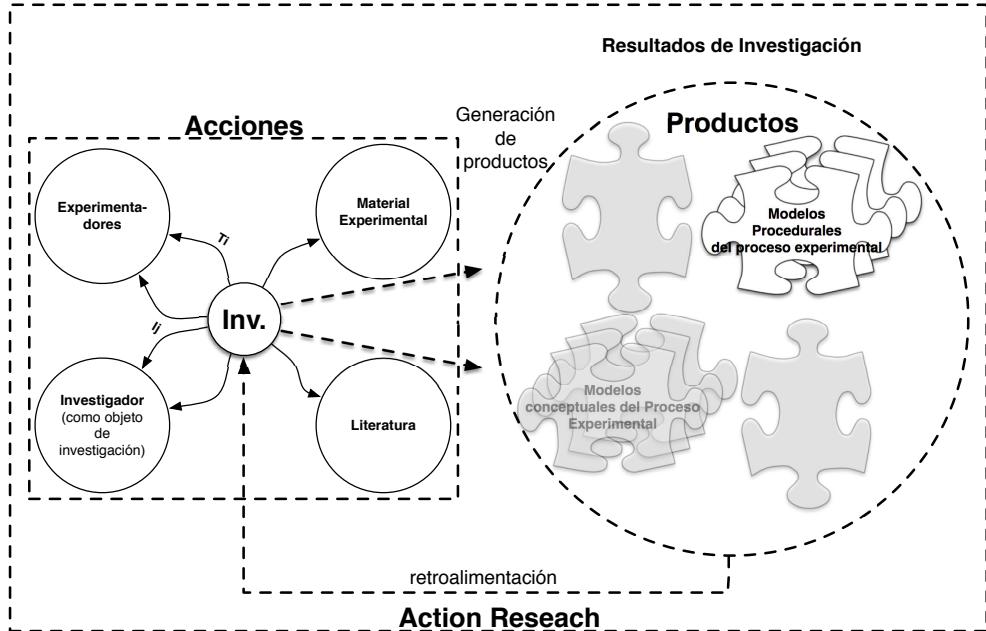


Fig. 6.3: Esquema Operacional para La Construcción de Modelos de Proceso de la Experimentación en IS

6.2.2.1 Técnicas

La presente etapa de investigación, al igual que la primera etapa, se caracterizó por la recolección y estudio de la información obtenida de diferentes fuentes de información, destacándose particularmente en este caso la información obtenida de los experimentadores. Para la recolección de información utilizamos la misma taxonomía de técnicas definida en la etapa anterior. El procedimiento que llevamos a cabo para la recolección de información en esta etapa, corresponde al de la etapa anterior. Las técnicas utilizadas para cada fuente de información son descritas a continuación.

Las fuentes de información consideradas para esta etapa fueron las mismas que para la etapa anterior, es decir: Conocimiento del grupo de investigación, literatura referente a la temática de investigación y material experimental existente en el grupo de investigación objeto de estudio. Sin embargo, fue preciso acceder a otra fuente de información, lo que significó un nuevo ciclo de AR. Esta fuente corresponde a la práctica, es decir obtener conocimiento de una vivencia en un entorno real, lo que se conoce como “aprender-haciendo”. El procedimiento que llevamos a cabo para la recolección de información de estas fuentes, consistió en aplicar las técnicas más adecuadas dependiendo del tipo de fuente. Por ejemplo, para extraer información del conocimiento de los experimentadores utilizamos la técnica de entrevistas y cuestionarios (primer nivel) y, en caso de tener dificultades para complementar la información, en nuevas interacciones se utilizó como en la primera etapa el correo electrónico o video conferencias (técnicas de segundo nivel). A continuación son descritas las técnicas utilizadas para obtener la información de cada una de las fuentes.

Conocimiento del Grupo de Investigación: Para obtener información del conocimiento del grupo de investigación, hemos considerado técnicas de primero y segundo nivel. Las técnicas de primer nivel consideradas son: (1) Entrevistas y cuestionarios, (2) Modelado de actividades y, (3) Observación participativa. En lo que respecta a las técnicas de segundo nivel, hemos considerado únicamente utilizar la técnica de sistemas instrumentales. Es preciso mencionar que fue utilizada una técnica mixta alternativa denominada Aprender Haciendo, que a la vez es de primero y tercer nivel. Por poner algún orden, hemos descrito esta técnica dentro de las técnicas de primer nivel, como se indica a continuación:

Entrevistas y Cuestionarios: Consideramos como métodos de recolección de información del conocimiento de los experimentadores a las entrevistas y cuestionarios, dado que son técnicas que permiten obtener abundante información basada principalmente en preguntas. En nuestro caso particular utilizamos preguntas abiertas en el cuestionario de la entrevista, dado que las respuestas a este tipo de preguntas generalmente son del tipo conversacional. Es decir, tienen la ventaja de propiciar el diálogo con el entrevistado, lo cual nos permitió obtener información adicional muy valiosa, por encima del alcance de la pregunta planteada.

La desventaja más importante de las entrevistas se centra en la dificultad de programar reuniones con los experimentadores, dada la apretada agenda que manejan. La entrevista es eminentemente presencial, ya que es fundamental que el entrevistador capte hasta el último detalle del entrevistado. Por ejemplo: La conversación, los gestos, bosquejos, etc. Para lo cual es preciso que el investigador se desplace físicamente hasta el lugar donde está el experimentador, lo cual puede significar dificultades posiblemente debido a los costes que esto implica, en el caso de estar físicamente distantes de los experimentadores. En el caso de esta investigación, las entrevistas no tuvieron tal desventaja ya que el investigador contó con financiamiento para estar en la misma localidad que los experimentadores del grupo de investigación objeto de estudio, los que además siempre dieron las facilidades y disponibilidad para las sesiones de entrevista.

Otra desventaja que podría incidir sobre los resultados obtenidos en la entrevista, es la presencia del conocimiento tácito, lo que posiblemente le impida al entrevistado (experimentador) expresar en primera instancia la mayoría de su conocimiento en la entrevista. Para mermar la influencia del conocimiento tácito, hemos realizado lo siguiente:

- Hemos realizado varios ciclos de entrevista.
- Hemos utilizado técnicas de apoyo para que el entrevistado exprese sus modelos mentales respecto al tema de la entrevista. Por ejemplo, técnica de modelado de actividades.
- Hemos transscrito las entrevistas y creado reportes de resumen para que el experimentador valide el conocimiento obtenido de cada entrevista. Como resultado hemos obtenido diferentes versiones de reporte, cada vez mejorado y más detallado, lo que demuestra que el conocimiento se ha incrementado.

Modelado de Actividades: En paralelo a las entrevistas basadas en cuestionarios, aplicamos la técnica de modelado de actividades, la cual permite al entrevistado expresar los modelos mentales de algunos aspectos de su labor en el proceso experimental. La idea fue, sacar a la luz modelos mentales del experimentador. Estos modelos mentales luego fueron re dibujados utilizando un programa de ordenador y a su vez mejorados en base a

la información obtenida en la entrevista y al conocimiento del investigador. Los resultados intermedios y finales de la aplicación de la técnica de modelado de actividades fueron validados por el entrevistado (el experimentador), en sesiones posteriores.

Observación Participativa: Complementando las técnicas anteriores, también aplicamos la técnica de observación participativa, mediante la cual el investigador llega a ser parte del equipo de trabajo y a participar en actividades principales, en correspondencia con la ideología propuesta por AR. En base al conocimiento adquirido por el investigador en la etapa anterior, y en el proceso de aprendizaje continuo llevado en paralelo a partir de las demás fuentes de información en esta etapa, le permitió al investigador ser un ente activo en las entrevistas realizadas a los experimentadores. Dentro de las entrevistas, el investigador fue capaz de intercambiar criterios, proponer mejoras, complementar los resúmenes de entrevistas anteriores y contribuir a los bosquejos del proceso experimental propuestos por el experimentador.

Aprender Haciendo: La técnica aprender haciendo permite al investigador obtener un conocimiento complementario muy significativo de una fuente de información alternativa, que es vivir la experiencia de aplicar en la práctica un conocimiento teórico, dentro un entorno real. La mayor dificultad que se puede presentar cuando se precisa utilizar esta técnica, es la baja probabilidad de encontrar un entorno real donde vivir la experiencia. Sin embargo, en esta investigación tuvimos la suerte de poder aplicar esta técnica, con el propósito de reforzar el conocimiento obtenido al aplicar las técnicas anteriores, para lo cual llevamos a cabo una instancia de replicación experimental en un entorno diferente al del experimento original. Esta experiencia constituyó sin lugar a dudas una fuente fundamental de información para enriquecer el conocimiento del experimentador. Esta actividad, como ya se mencionó anteriormente significó un nuevo ciclo de AR, lo cual es detallado en secciones posteriores.

Sistemas Instrumentales: Los sistemas instrumentales son una técnica utilizada para adquirir información del experimentador, sin que sea necesario el contacto personal. En nuestro caso utilizamos esta técnica para cubrir ciertas inquietudes presentadas durante las entrevistas y que no merecían la pena programar nuevas reuniones presenciales, para solventarlas. En este etapa, al igual que en la anterior, usamos como alternativa principalmente: el correo electrónico, la videoconferencia, mensajes de texto, etc., para contactar a los experimentadores.

Material Experimental: La información concerniente al proceso experimental obtenida del material experimental del grupo de investigación GrISE, fue obtenida con la técnica de Análisis de documentación. Esta técnica fue descrita y utilizada en la etapa anterior. El material considerado, fue seleccionado gracias a la guía de los experimentadores, poniendo énfasis en los protocolos experimentales.

Literatura Referente: Para obtener información de la literatura referente al tema de investigación, utilizamos la técnica de análisis de documentación (tercer nivel). Las fuentes de información consultadas para esta etapa, corresponden con la tipología de las indicadas en la etapa anterior. La temática de estudio varía, dado que en este caso el enfoque son las actividades llevadas a cabo en el proceso experimental y los roles que las realizan. Esta información, fue ubicada prácticamente en las mismas secciones estudiadas para ubicar los conceptos utilizados en el proceso experimental en IS, dado que dichos conceptos fueron ubicados en torno al proceso experimental.

Conocimiento de Experimentadores Externos: Como complemento al conocimiento obtenido del grupo de investigación, se contó con el conocimiento de experimentadores externos al equipo de trabajo, los cuales fueron: Cecilia Apa, Alejandrina Aranda, Martín Solari y Omar Gómez. Para obtener información del conocimiento de los experimentadores externos utilizamos las técnicas de entrevista y sistemas instrumentales.

6.2.2.2 Instrumentos

La adecuada aplicación de las técnicas utilizadas para la recolección de información de las diferentes fuentes consultadas, fue posible gracias a la utilización de diferentes instrumentos, algunos de los cuales se constituyeron como piezas fundamentales para recrear la información obtenida de los experimentadores.

El detalle de la utilización de los instrumentos seleccionados será relatado más adelante en la Sección 6.3, donde se describen las acciones tomadas en esta etapa. Los instrumentos utilizados se describen a continuación, más en detalle.

Instrumentos Utilizados en las Entrevistas: Como apoyo a la técnica de entrevistas, hemos utilizado fundamentalmente instrumentos tales como: Plantilla para la entrevista, Grabaciones, papel y bolígrafos.

Para llevar a cabo las entrevistas elaboramos una plantilla en base a un formato utilizado para la educación de requisitos en el desarrollo de sistemas software. Dicho formato fue adaptado tal que permita estructurar un resumen adecuado, en base a las preguntas abiertas planteadas en el cuestionario, y que denote el conocimiento adquirido como resultado de la entrevista.

Instrumentos Utilizados para el Modelado de Actividades: La utilización de workflows de procesos y modelos de procesos del ciclo de vida experimental en IS, fueron fundamentales para permitir al equipo de trabajo realizar bosquejos de sus modelos mentales respecto a las actividades que realizan en el proceso experimental en IS, durante las sesiones de las entrevistas.

Los principales instrumentos utilizado para el modelado de actividades son: Papel, bolígrafos, grabaciones. En base a la información contenida en los instrumentos utilizados, incluido su propio conocimiento, el investigador dibuja los modelos en el ordenador utilizando software para modelado de procesos, lo cual es analizado y validado por los mismos experimentadores en reuniones posteriores.

Instrumentos Utilizados para los Sistemas Instrumentales: Los instrumentos utilizados como apoyo a la técnica de sistemas instrumentales fueron: Ordenador, conexión a internet, correo electrónico, software para chat, software y hardware para hacer video conferencia, software para grabaciones de audio, etc. A través de estos instrumentos, hemos mantenido contacto indirecto con los experimentadores.

Instrumentos Utilizados para el Análisis de Documentación: Los instrumentos utilizados como apoyo a la técnica de análisis de documentación son los mismos que en la etapa anterior.

Los instrumentos utilizados han permitido recolectar de forma eficiente la información más relevante del material experimental, así como, de la literatura referente, en base al resaltado de información relevante, creación de resúmenes y anotaciones.

6.3 Acciones

Las actividades propuestas para alcanzar la consecución del objetivo planteado para esta etapa, requieren realizar una o varias acciones según la filosofía de AR. Las acciones, al igual que en la etapa anterior, se apoyan en las técnicas e instrumentos descritos anteriormente, los cuales permiten obtener la información de diferentes fuentes accesibles al equipo de trabajo. Las categorías de fuentes de información consideradas en esta etapa, básicamente son las mismas que las de la etapa anterior, con la adición de una fuente primaria correspondiente al aprendizaje en la práctica. El proceso de extracción de información genera conocimiento, el cual es expresado en modelos de proceso de la experimentación, como resultado de la interacción con las fuentes de información. Cada acción nueva persigue el mejoramiento de los modelos, hasta que finalmente se obtenga un producto validado por los experimentadores y afinado a tal punto que represente la formalización del ciclo experimental en IS a nivel de proceso. A continuación pasamos a describir a detalle cada una de las actividades planificadas, así como las acciones que las componen.

6.3.1 Estudio de la Literatura Referente

El estudio de la literatura referente en esta etapa, tiene mucha similitud con lo realizado en la etapa anterior, dado que, fueron definidos dos ciclos de estudio de la literatura referente. En el primer ciclo revisamos la literatura referente a la IS, para lo cual se utilizó el mismo conjunto selecto de estudios y textos sugeridos inicialmente por los experimentadores y descrito en la etapa anterior. En el segundo ciclo, fue revisada la parte de la literatura del estudio del estado de la cuestión y sus resultados, correspondiente al proceso experimental. El estudio del estado de la cuestión integra dos revisiones sistemáticas de literatura (SLR de las siglas del inglés Systematic Literature Review), de las cuales, una está dedicada a estudiar herramientas de soporte al proceso experimental. Más específicamente, en dicha SLR se puso énfasis en identificar las actividades llevadas a cabo en el proceso experimental en otras disciplinas, con lo que se llevó a cabo una síntesis de resultados para elaborar un mapa de flujo de trabajo (conocido como workflow de su traducción al inglés).

El estudio de la literatura referente significó el primer paso en la obtención de conocimiento respecto a las actividades o fases del proceso experimental, su definición y prelación; tanto a nivel de otras disciplinas, así como en la IS. El estudio de literatura referente se constituyó, igualmente en esta fase, como una actividad complementaria a las demás, ya que ha coadyuvado en la toma de decisiones para la construcción de los modelos de proceso de la experimentación en IS.

6.3.1.1 Estudio de la Literatura Referente - Ciclo 1

El estudio de la literatura referente llevado a cabo en el primer ciclo de la etapa anterior, permitió indagar tanto por los conceptos, así como, por las actividades llevadas a cabo en el proceso experimental en IS. Esto se debió, a que dicho estudio en su totalidad fue focalizado en el proceso experimental, que es lo que frecuentemente se encuentra descrito, especialmente en los textos. Los artículos que reportan instancias experimentales, básicamente centran su discurso en los resultados obtenidos en cada fase del proceso experimental. Lo

propio sucede con las guías para reportar instancias experimentales, cuyo protocolo se basa en el proceso experimental.

El estudio de literatura referente en IS fue llevado a cabo, como se indicó en la etapa anterior, utilizando la técnica de análisis de documentación, de la mano con el uso de los distintos instrumentos descritos anteriormente, que por cierto su uso fue fundamental. El uso de las herramientas de software especializadas para trabajar sobre los textos de la literatura en formato digital, que fueron indicadas en la etapa anterior, fue fundamental para resaltar el texto referido a las fases del proceso experimental. Igualmente, en menor grado fue necesario imprimir los textos de las fuentes de información.

La lectura minuciosa de la literatura consultada, de la mano del uso de herramientas informáticas para el caso de texto en formato digital, o de material de oficina para el caso del texto impreso; permitieron extraer la información más relevante y posteriormente hacer memorias de lo estudiado. Este ejercicio sirvió para que el investigador obtenga el conocimiento del proceso experimental y sus fases. Como ya se indicó en la etapa anterior, la mayor dificultad encontrada fue constatar la presencia de la diversidad terminológica entre las distintas fuentes de información consultadas, pero para el caso del proceso incluso existe desacuerdo en cuales son las actividades que conforman el proceso experimental. Por ejemplo, en referencia a las fases del proceso experimental en IS: en la página 49 del libro de Juristo y Moreno (2001), se indica que las fases generales son: Definición del objetivo, diseño, ejecución y análisis. Mientras que, en la página 77 del libro de Wohlin et al. (2012) se indica que las fases son: Definición del alcance del experimento, planeación del experimento, operación del experimento, análisis e interpretación y presentación y empaquetamiento. Esto, evidentemente ralentiza y crea confusión en el aprendizaje del investigador.

6.3.1.2 Estudio de la Literatura Referente - Ciclo 2

El estudio del resultado del estado de la cuestión, en lo que respecta a las actividades del proceso experimental, se desarrolló como un ciclo adicional denominado estudio de literatura general. Este estudio, constituyó un aporte significativo en el proceso de aprendizaje del investigador, respecto al proceso experimental en IS. El workflow resultante del estado de la cuestión, sirvió como referencia para contrastar el conocimiento obtenido del ciclo anterior, dado que en el estado de la cuestión se indagó exclusivamente por las actividades del proceso experimental, al igual que en el estudio de la literatura referente en IS.

Independientemente de que el workflow del proceso experimental estructurado en base a la síntesis de resultados del estado de la cuestión, resultó ser más detallado que el mapa mental abstraído en base a la revisión de literatura referente a IS, terminó sirviendo solo como referencia, por las siguientes razones:

- La presencia de la diversidad terminológica y operativa fue evidente inclusive en otras disciplinas, especialmente en lo que respecta a la descripción de las fases del proceso experimental
- Uno de los propósitos del estudio del estado de la cuestión fue ubicar y seguir un modelo general de proceso de la experimentación, en una disciplina donde el paradigma experimental esté bien asentado. Sin embargo, tampoco lo encontramos, sino al contrario inducimos un modelo de los resultados parciales de varios estudios.

El resultado del estudio de la literatura referente en esta etapa es intangible, pero no por ello menos valioso, ya que el investigador fue capaz de interiorizar el proceso experimental en IS, incluida la perspectiva generalista de otras disciplinas que tienen más asentada la experimentación. Este conocimiento constituyó el fundamento para poder participar activamente en las encuestas realizadas a los experimentadores; así como, en la confección de los reportes y los mapas de proceso resultantes de esta etapa.

6.3.2 Estudio del Material Experimental Existente

Una parte muy importante del conocimiento del grupo de investigación GrISE, se encuentra embebido en su material experimental (planteamientos, diseños, reportes, instrumentos, objetos, raw data, material de entrenamiento, etc.), dado que representa varios años de investigación llevados a cabo por sus experimentadores. Esto le convierte al material experimental existente en una fuente valiosa de información. El estudio del material experimental existente a su vez, es una actividad derivada o complementaria de la revisión de literatura referente, como se indicó en la etapa anterior. En resumen, la intención es obtener la mayor cantidad de información para construir los modelos de proceso de la experimentación en IS, en base a una fuente rica de información.

El estudio del material experimental existente fue realizado fundamentalmente con la técnica de análisis de documentación, previo a la selección del material más afín con la presente investigación. La selección del material experimental fue realizada con la guía de los experimentadores, dado que obviamente no toda la información era pertinente. Los instrumentos utilizados para extraer la información más importante del material experimental fueron los mismos que los utilizados para el estudio de la literatura referente. El material experimental seleccionado, de preferencia fueron planteamientos de experimentos y reportes experimentales dado que en dicho material están explícitas varias de las actividades llevadas a cabo en el proceso experimental y se describe en el orden en que son realizadas. Por ejemplo, el documento de planteamiento del experimento sobre efectividad de técnicas de evaluación en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) del curso 2004-2005, se describe paso a paso la operación del experimento, precedida del planteamiento del objetivo y diseño experimental.

Más específicamente, realizamos, entre otras, las siguientes labores de estudio del material experimental existente:

- Lectura comprensiva del material literario propio del grupo recomendado por los experimentadores, por ejemplo: Juristo et al. (2013), Juristo et al. (2006), Juristo y Vegas (2003), etc.
- Ejercitación con los datos experimentales del grupos para familiarizarse con su formato y uso, y especialmente con por ejemplo: Cálculo de medidas con raw-data contenida en hojas de excel, reproducción de resultados estadísticos a partir de las medidas, recreación de gráficos y tablas estadísticas a partir de datos estadísticos, etc.
- Prácticas de planteamiento y diseño de experimentos en asignaturas afines, por ejemplo: En la asignatura de Experimentación en Ingeniería de Software como parte de la formación académica en el Doctorado en Software y Sistemas de la ETSIINF de

la UPM.

Al igual que en la etapa anterior, la lectura del material experimental se dividió en dos ciclos:

- El primer ciclo se caracterizó por la lectura y revisión del material experimental, con el único propósito de ubicar las actividades llevadas a cabo en el proceso experimental y los responsables de realizarlas.
- En el segundo ciclo se estudió el material experimental para llevar a cabo en la práctica una instancia experimental. Más específicamente, para realizar una replicación experimental correspondiente a un experimento de técnicas de pruebas software del GrISE. La replicación fue realizada en diciembre de 2011 en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de Ecuador, lo que corresponde a un entorno totalmente diferente al del experimento original. Esta replicación nos permitirá entender y llevar a cabo en la práctica el proceso completo de una replicación experimental, partiendo de las tareas de la pre-ejecución, a continuación las de durante-ejecución, y finalmente las de post-ejecución.

El primer paso de la actividad de revisión del material experimental, al igual que en la etapa anterior, fue ubicar la información más relevante existente en el grupo de investigación objeto de estudio. Como es lógico pensar, se tuvo la misma dificultad de acceso a la información, debido al tipo de gestión de dicha información.

Una vez ubicada la información a estudiar, el segundo paso corresponde a la aplicación de la técnica de análisis de la documentación, tal como fue explicada en la etapa anterior. Es preciso mencionar que, tampoco se esquematiza esta actividad, debido a que fue llevada a cabo con la obtención del conocimiento del grupo de investigación y será incluida en dicha narración.

El aporte del estudio del material experimental existente fue muy significativo para el investigador; ya que complementó su conocimiento obtenido en la actividad de estudio de la literatura referente.

6.3.3 Obtención de Conocimiento del Grupo de Investigación y Construcción de Modelos de Proceso de la Experimentación en IS

El conocimiento obtenido del grupo de investigación GrISE sin duda alguna se constituyó como el más valioso insumo para alcanzar el objetivo de investigación de esta etapa. Esto se justifica debido a que este proceso recepta el aporte de la mayoría de fuentes de información. El proceso para la obtención de conocimiento del grupo de investigación fue llevado a cabo gracias a la sinergia en la aplicación de las técnicas e instrumentos más adecuados en la obtención y manejo de información. Adicionalmente, como se mencionó en la etapa anterior, hemos integrado una estrategia de almacenamiento y sistematización de los productos intermedios obtenidos, lo cual afianzó la rigurosidad de la investigación. La Figura 6.4 esquematiza los detalles del proceso seguido por esta acción, el cual se describe a continuación, más en detalle.

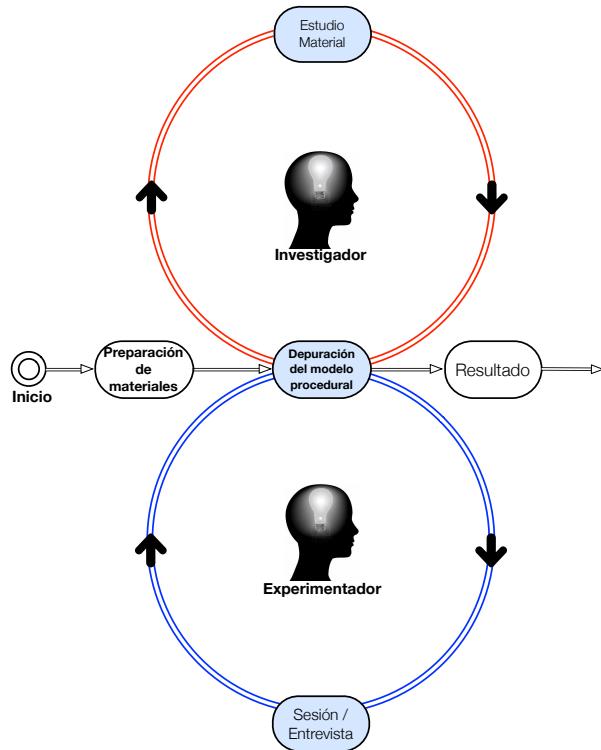


Fig. 6.4: Proceso de Obtención del Conocimiento del Grupo de Investigación

6.3.3.1 Primer Ciclo de Entrevistas a los Experimentadores

Este primer ciclo de entrevistas inició con la elaboración de una plantilla que representó el instrumento donde se fue refinando el resultado principal de las entrevistas, en este caso el detalle del proceso experimental, desde el punto de vista de los roles GI, GE y ES. La plantilla se conforma principalmente por: el protocolo seguido en la entrevista y un formato para elaborar el reporte de la entrevista, posterior a su ejecución. En las siguientes sesiones, el entrevistado (experimentador) realizó sus observaciones sobre el reporte impreso. El ciclo se repitió hasta que el experimentador consideró que el reporte refleja en detalle las actividades que realiza en el proceso experimental, actuando como un rol específico, con el apoyo de instrumentos tales como una video cámara. La intención de las entrevistas fue abstraer en su mayoría, el modelo de proceso de la experimentación en IS.

Entrevistas - Ciclo 1: Como se indicó anteriormente, el proceso inicia con la preparación del material para realizar las entrevistas. El material utilizado consistió de una plantilla y un instrumento para grabar la entrevista el cual se alternó entre un ordenador ó una video cámara. De preferencia fueron realizadas filmaciones, dado que los experimentadores durante la entrevista construían esquemas en papel o hacían correcciones en los resúmenes de las entrevistas, adicionando a las observaciones, gestos o expresiones para explicar mejor ciertas situaciones referentes a áreas específicas de esquemas o del texto, lo cual fue posible interpretar y por ende recrear en el resumen, únicamente gracias a la ayuda del video. Posiblemente varios resúmenes habrían perdido detalles clave si solo hubiésemos

contado con grabaciones de audio.

El formato utilizado para reportar los resúmenes de las entrevistas fue creado a partir de una plantilla usada para la educación de requisitos en la construcción de sistemas software (ver Apéndice E). El propósito del formato de plantilla adaptada, fue estandarizar y formalizar todos los aspectos relacionados a una entrevista dirigida hacia un profesional en la disciplina de ISE. Como resultado, obtuvimos un documento formal de la entrevista y validado por el profesional entrevistado.

La plantilla contó con un cuestionario de tres preguntas abiertas estándar y cada sesión de entrevista generó un fichero. Los ficheros fueron archivados (en formato word tipo mac 2011 .docx) y su nombre siguió la nomenclatura: ent-rep-[número entrevista]-[tema entrevista]-[iniciales entrevistado]-[rol].docx, por ejemplo: ent-rep-004-ISE-sv-ge.docx. El resultado de esta nomenclatura fue un índice conformado por el nombre de los ficheros, lo cual facilitó su seguimiento.

La nomenclatura utilizada indica:

- **ent-rep:** Se refiere a que el documento corresponde al reporte de una entrevista
- **[número entrevista]:** Específica el número de entrevista, en caso de que hayan sido necesarias varias sesiones por entrevistado
- **[tema entrevista]:** Especifica el tema de la entrevista
- **[iniciales entrevistado]:** Es preciso especificar las iniciales del entrevistado (primer nombre y primer apellido), para tener un indicio de quien fue el entrevistado y además poder clasificar los archivos
- **[rol]:** Especifica el rol del entrevistado.

El Apéndice F muestra el formato de la plantilla que fue utilizado para realizar las entrevistas a los experimentadores. Es preciso mencionar que fue aplicado el mismo cuestionario de la entrevista a todos los experimentadores, cuyas preguntas fueron las siguientes:

- ¿Indique y describa las tareas habituales que realiza en un proceso de experimentación? ¿Qué documentos maneja en el proceso? y ¿Qué productos obtiene?
- ¿Cuáles son los problemas con los que se encuentra al momento de gestionar la información de sus tareas habituales en un proceso de experimentación?
- ¿Qué soporte le gustaría que una solución tecnológica le de al momento de realizar sus tareas habituales en un proceso de experimentación?

El propósito fundamental del planteamiento de estas preguntas fue:

- Propiciar un dialogo abierto respecto al proceso experimental, intentando que el entrevistado cuente las actividades que hace, los resultados que obtiene, la información que maneja
- Conocer los problemas que enfrenta el experimentador durante el proceso experimental
- Conocer cuales son las necesidades que tiene el experimentador para mejorar el proceso.

Las entrevistas estuvieron destinadas a indagar a los experimentadores según el cuestionario planteado, lo que propició muchas horas de trabajo y permitió obtener información

valiosa y abundante de todas y cada una de las fuentes. Esto se justifica, como se mencionó antes, debido a que el conocimiento de los experimentadores ha sido adquirido en base a muchos años de experiencia. La educación de este conocimiento que ciertamente no estaba explícito en ningún lugar, sino hasta la realización de esta investigación, ha permitido evidenciar la presencia de la dimensión tácita del conocimiento de los experimentadores y que ahora en parte se ha hecho explícita gracias a esta investigación. Es preciso acotar que se ventilaron varias preguntas adicionales en las sesiones posteriores a la entrevista inicial, las cuales fueron causadas por distintos motivos, tales como: palabras o frases que no se entendían en el video, conceptos que no se entendían de las aclaraciones realizadas en sesiones anteriores, o preguntas planteadas para dar continuidad a la educación del conocimiento, sin perder el foco de las preguntas originales.

La estructura propuesta en la entrevista es listada a continuación:

- Generalidades de la Entrevista
 - Objetivo
 - Persona a Entrevistar
 - Fecha
 - Fuente
 - Lugar
- Protocolo de la Entrevista
- Cuestionario de la Entrevista
- Conocimientos Adquiridos en la Entrevista
- Varios.
- Carta de Aprobación

Fueron realizadas varias entrevistas a distintos perfiles de profesionales, tales como: profesionales con mucha experiencia, profesionales con mediana experiencia y, profesionales novatos en el área de la experimentación en IS. Cada uno de los cuales han interpretado uno o varios roles en el proceso experimental. Es preciso mencionar, que con cada uno de los experimentadores del GrISE se mantuvo un ciclo completo entrevistas por cada rol que representan. Es decir, cada entrevista constó de varias sesiones (iteraciones) hasta la validación final. Esto fue debido a que los experimentadores del GrISE nos brindaron todas las facilidades del caso, para la investigación. El resultado de las entrevistas realizadas a los experimentadores externos coadyuvaron a la elaboración del reporte del rol correspondiente.

Obtener información de experimentadores externos al equipo de trabajo constituyó un aporte importante al que tuvimos oportunidad de acceder. Lograr obtener información de experimentadores externos al grupo de investigación, permitió corroborar a modo de validación gran parte de la información obtenida de las fuentes de información antes descritas. Sin embargo, consideramos a esta fuente de información como secundaria, debido a la dificultad de acceder a investigadores que están fuera del entorno donde se ha desarrollado esta investigación, es decir literalmente fuera de la ETSIINF de la UPM.

Como hemos mencionado antes, el GrISE tiene varios profesionales colaboradores de experiencia en ISE en España y en otros países. Sin embargo, es muy complejo acceder a

ellos debido a muchos factores. Por ejemplo: Su tiempo muy limitado, la distancia física, el nivel de comprometimiento con esta investigación, su interés por esta investigación, etc. Por este motivo no pudimos acceder a experimentadores externos con mucha experiencia. Dadas las circunstancias, acudimos a colegas estudiantes de doctorado cuyo tema de investigación era afín al presente tema, algunos de ellos estaban iniciando sus estudios, a los cuales los hemos denominado novatos, mientras que otros ya tenían muy avanzada su investigación y estaban a punto de salir, a los que hemos denominado experimentadores de mediana experiencia. A pesar de que estos experimentadores estaban a menudo cerca del entorno de nuestra investigación, tuvimos dificultades con la validación de las entrevistas, dada su poca disponibilidad de tiempo.

Para obtener la información más relevante del conocimiento de los experimentadores externos, utilizamos al igual que con las otras fuentes medios adecuados, es decir entrevistas grabadas. Los resultados de las entrevistas realizadas a los experimentadores novatos y de mediana experiencia, contribuyeron con la elaboración de los reportes de las entrevistas de los experimentadores del GrISE, debido a que coincidieron en el rol que realizan en el proceso experimental. La contribución de estos experimentadores fue menor, dado que por un lado que no fue posible realizar un proceso tan estricto, es decir por ejemplo, no se pudo tener más que un ciclo de entrevista y no fue posible validar los resultados preliminares de la entrevista. Por otro lado, debido a su menor experiencia se pudo notar un menor nivel de profundidad y estructura de la información obtenida.

Dada la afinidad de las actividades descritas en las entrevista y de acuerdo a la experiencia de los experimentadores del GrISE, se definieron tres roles o perfiles, los cuales se han denominado cómo: *Gestor de la Investigación GI*, *Gestor del Experimento GE* y, *Experimentador Senior ES*. Por lo tanto, las entrevistas se han encaminado a obtener la descripción detallada de las actividades que llevan a cabo estos roles, los procesos en los que intervienen, materiales e instrumentos que utilizan y resultados que obtienen.

El proceso de la entrevista inició con la programación de una cita con los experimentadores, a una fecha y hora determinadas. Lo que en principio generó un inconveniente dado las apretadas agendas que manejan los experimentadores. La entrevista realizada a cada experimentador, fue llevadas a cabo en tres o cuatro sesiones de trabajo; cada una de las cuales tuvo una duración de alrededor de dos horas, con un intervalo entre sesión de al rededor de 2 semanas. En la primera sesión se dio a conocer el protocolo que siguió la entrevista, así como las preguntas generales elaboradas para el efecto, en torno a las cuales se generó toda la información. La entrevista fue grabada en audio o preferentemente en video con el propósito de obtener información. Para acceder a las grabaciones completas y a los productos intermedios del modelo de proceso, consúltese el sitio web: <http://190.15.140.14/erfonseca/productos-intermedios/resolucion/etapa2/accion-obtencion-conocimiento/>.

Las sesiones se caracterizaron por iniciar con la validación del reporte de la sesión previa. El investigador elaboró un reporte estructurado que contenía el detalle de la sesión anterior, el cual fue presentado al experimentador entrevistado para su revisión, corrección, y/o validación. Dicho reporte fue producto de la transcripción de la entrevista, del repaso del video correspondiente y del aporte del conocimiento del investigador. Para llevar a cabo el reporte fueron utilizados varios instrumentos, entre los que destacan: Video cámara, ordenador, microsoft word para digitar el texto, impresora, etc. La segunda parte de las

sesiones se caracterizaron por la continuación de la entrevista.

La entrevista finaliza cuando el experimentador considera que el reporte refleja coherencia y particularmente el conocimiento del proceso experimental de acuerdo al rol entrevistado, luego de lo cual valida la última aproximación del reporte. Es importante señalar que el éxito de la entrevista se debe también a la observación participativa del investigador, ya que extendió las preguntas ante cualquier inquietud y generó debate ante inconsistencias del discurso del experimentador versus lo que indagó en la literatura inherente y en el mismo material del grupo. El proceso completo de entrevistas a los experimentadores tomó al rededor de 19 sesiones distribuidas en un lapso de 12 meses.

El siguiente paso del proceso es la transcripción de la entrevista, misma que consiste en digitar textualmente el diálogo mantenido entre los experimentadores y el investigador, el cual fue obtenido de la grabación. La transcripción tuvo como propósito, no descuidar ningún detalle de la entrevista, especialmente en lo que respecta a las observaciones realizadas por los experimentadores acerca del reporte de la sesión previa. Sin embargo, existieron algunas partes de la grabación en las que no se entendía del audio, por lo que fue necesario que el investigador complementara el reporte con su criterio y sus conocimientos obtenidos del estudio de otras fuentes. Las transcripciones también fueron útiles al momento de revisar y/o ubicar más ágilmente secciones específicas de la entrevista.

El proceso de escuchar y transcribir la entrevista resultó muy tedioso dado que la agilidad en la escritura es mucho menor a la agilidad del diálogo, por lo que transcribir una sesión de entrevista de dos horas tomó al rededor de 6 horas. En general, la transcripción de la primera sesión de cada entrevista fue la más compleja, ya que en las reuniones posteriores la entrevista continuaba o era complementada luego de que el experimentador validaba y/o hacía observaciones sobre el reporte de la sesión anterior. Por lo tanto, la intensidad de las transcripciones disminuyó a medida que las sesiones de la entrevista se incrementaban, hasta llegar al punto de realizarse correcciones directas sobre el reporte, sin la necesidad de generarse nuevas versiones de transcripción.

Una vez transcrita la entrevista, el siguiente paso en el proceso fue elaborar un reporte estructurado de la entrevista, para lo cual fue utilizada la plantilla de reporte elaborada para el efecto. La información utilizada para elaborar el reporte de la entrevista la obtuvimos de varias fuentes, siendo la principal la transcripción de la entrevista e inclusive su misma grabación. Adicionalmente, utilizamos otras fuentes de información que contribuyeron con la elaboración del reporte, las cuales corresponden a la obtención del conocimiento de la práctica, estudio del material experimental del GrISE y, estudio de literatura referente.

Depuración de las Versiones Intermedias de la Descripción del Proceso Experimental: La validación del conocimiento obtenido por parte del experimentador y que fue expresado en el reporte de la entrevista, consistió en una lectura a detalle, dado que el reporte incluía su propia descripción de las actividades que realiza el experimentador en el proceso experimental. La validación del experimentador fue fundamental, ya que por un lado confrontó su conocimiento versus lo que transmitió en la entrevistas y, por otro lado, validó y/o hizo observaciones sobre el aporte del investigador. Es preciso mencionar que la labor de validación de los experimentadores ha estado presente todo el tiempo durante esta investigación.

La revisión y/o validación del reporte es el hito que pone fin a una iteración de entre-

vista. Un nuevo ciclo inicia con la reanudación de la entrevista en una sesión posterior, o en la misma sesión. Sin embargo, el inicio de cada sesión se caracterizó, como se indicó antes, por la validación del reporte de la sesión anterior, por parte del experimentador. En otras palabras, las actividades de entrevista, transcripción, reporte y validación conforman una iteración, tal que de cada una obtuvimos un producto intermedio validado y/o observado por el experimentador, así como una grabación y en el mejor de los casos una transcripción de audio de la entrevista. La validación de la versión final del reporte por parte del experimentador marcó el final del ciclo.

Productos Obtenido - Ciclo 1: El producto alcanzado en base al proceso de obtención del conocimiento del grupo de investigación, lo constituyen los 3 reportes obtenidos de las entrevistas correspondientes a los roles entrevistados (GI, GE y, ES) y validados por los experimentadores del grupo de investigación objeto de estudio. Es preciso aclarar que para las entrevistas llevadas a cabo a los experimentadores externos al equipo de trabajo, utilizamos la misma plantilla de entrevista, cuyos resultados coadyuvaron a la elaboración del reporte de los respectivos roles que representaron. La diferencia fundamental con las entrevistas realizadas a los experimentadores del GrISE, es que no tuvieron varias iteraciones y no pudo ser validado su reporte. Como hemos mencionado, la obtención del conocimiento del grupo de investigación fue el proceso al cual contribuyeron el resto de fuentes de información, por lo que los reportes representan en si la consecución del sub-objetivo propuesto para esta etapa. Sin embargo, los productos obtenidos serán descritos por separado, para dar una idea clara de la complejidad que representó alcanzar cada uno.

Los reportes obtenidos incluyen: Las actividades que realiza un experimentador en el proceso experimental desde el punto de vista del rol que desempeña, la problemática identificada en el desarrollo de las actividades de los experimentadores en el proceso experimental y, las necesidades inherentes a la problemática. Los reportes resultantes de la educación de conocimientos del grupo de investigación están disponibles en el Apéndice G.

A modo de resumen de los 3 reportes obtenidos podemos indicar que:

La educación del rol GI obtuvo información más allá de lo que realmente son sus actividades, dado que como ya se mencionó antes, quien representa este rol es la profesional con mayor experiencia en el grupo, lo que permitió obtener un conocimiento muy valioso de los procesos que integran el ciclo experimental. Es importante mencionar, que la educación de este rol también obtuvimos como resultado el workflow del proceso, lo que implica que el reporte de este rol cubre en su mayoría la especificación del modelo obtenido.

Como características de este rol, se puede destacar que participa en la mayoría de procesos de gestión del ciclo experimental, lo cual también se puede apreciar en el diagrama del proceso que es otro producto obtenido de las entrevistas a los experimentadores y se describe más adelante. La educación al GI, como gestor del recurso humano en el proceso experimental, permitió obtener un organigrama de roles con su respectiva descripción. La problemática que mantiene el GI al momento de gestionar la información en sus tareas habituales se resume en:

- Dificultad en gestión del estado de un experimento.
- Dificultad en la gestión del estado de los datos de un experimento.
- Dificultades en la gestión de los aspectos concretos de la información del contexto del experimento.

- Dificultad en la gestión de los resultados del experimento.
- Dificultad en la gestión de los elementos del experimento.
- Dificultad en la gestión de la trazabilidad de las piezas de conocimiento.
- Dificultad en la gestión del recurso humano.
- Dificultad en la gestión de las publicaciones.

La educación del rol GE describe los procesos en los que está inmerso este rol, los cuales en términos generales son: procesos de apoyo (grupo de procesos exclusivo de este rol), síntesis (grupo de procesos exclusivos de este rol), publicaciones (a nivel de agregación), básicos (a nivel de adaptación del contexto) y organizativos (a nivel de gestión del experimento).

Como características relevantes que son descritas de este rol podríamos indicar que el GE se encarga de gestionar toda la información relevante al experimento (previa, durante y posterior). La problemática que reporta el GE durante la realización de sus labores es:

- Dificultad en la gestión de los materiales de un experimento.
- Dificultad en la ubicación del material experimental del experimento.
- Dificultad en la gestión de la experimentación.
- Dificultad en el manejo de la diversidad terminológica.

La educación del rol ES describe los procesos en los que está inmerso este rol, los cuales en términos generales son: procesos básicos preferentemente y, publicaciones (a nivel de experimento).

Como características relevantes que son descritas de este rol podríamos indicar que el ES preferentemente realiza procesos básicos previos, durante y posteriores a la ejecución de un experimento. La problemática que enfrenta el ES durante la realización de sus labores es:

- Dificultad en el replanteamiento del experimento.
- Dificultad en el intercambio de información con otros experimentadores.
- Dificultad en el almacenamiento de información.

Los reportes alcanzados en base a la entrevista han demostrado que el proceso experimental es complejo. Luego de un arduo trabajo de alrededor de 2 años, hemos formalizado el proceso correspondiente al punto de vista de los 3 roles más importantes del proceso experimental en IS, los cuales cubren la mayor parte del proceso experimental. Por otro lado, las mismas entrevistas evidenciaron que existen más roles y por ende más actividades específicas y complementarias, las cuales representan una porción importante del proceso experimental. Sin embargo, creemos que desde el punto de vista del enfoque de la investigación, el resultado obtenido es representativo para alcanzar los objetivos planteados, ya que hemos formalizado la parte más neurálgica del proceso, siguiendo un riguroso proceso de investigación.

Los resultados obtenidos de las entrevistas, evidenciaron que al parecer algunos roles participan en los mismos sub procesos e inclusive hacen las mismas actividades. Por ejemplo: hay indicios de la existencia de tareas iguales con el mismo nombre, tareas iguales con diferente nombre, tareas diferentes con el mismo nombre y tareas diferentes con diferente

nombre. Esto confirma la existencia de diversidad terminológica. Esta situación, motivó la realización de una síntesis de resultados para establecer con precisión la operación de cada rol en el proceso experimental, la terminología, y la definición unificada de los conceptos; en definitiva, depurar la formalización del proceso experimental, dentro de los límites de nuestra investigación.

6.3.3.2 Segundo Ciclo de Entrevistas a los Experimentadores

Se plantea una síntesis de resultados de la educación del proceso experimental, con el objetivo de solventar ciertas inconsistencias observadas en la definición de los procesos de los roles que fueron entrevistados. Esta acción corresponde a un siguiente nivel de validación. La presunta detección de procesos y sub procesos compartidos o solapados entre los roles dentro del proceso experimental motivaron a ejecutar esta acción.

El proceso de síntesis se consolidó mediante aproximaciones sucesivas, en donde en cada aproximación se realizó comparaciones entre roles de dos en dos, a nivel de procesos y sub procesos. En cada iteración fueron generados productos intermedios de las comparaciones. El proceso seguido para la síntesis de los resultados de la obtención del conocimiento del grupo de investigación, se describe a continuación.

Entrevistas - Ciclo 2: El inicio del proceso de síntesis de los resultados de la educación a raíz de las inconsistencias observadas, lo constituyó una reunión inicial con los experimentadores. Esta reunión se realizó con el propósito de ubicar una estrategia para determinar todas las inconsistencias entre las actividades de los 3 roles y poder solventarlas. Dada la profundidad encontrada en los resultados obtenidos en los reportes de las entrevistas, optamos por realizar una síntesis de resultados mediante el cotejamiento de la información de la educación de los rol, comparando sus procesos y sub procesos de dos en dos roles. El fruto de la reunión fue establecer los lineamientos que permitieron llevar a cabo el proceso de síntesis, el cual contó con la validación de los experimentadores en cada iteración.

El proceso en sí de síntesis de resultados de la obtención del conocimiento del grupo de investigación inició con el estudio del reporte obtenido de la entrevista de cada rol. Este estudio consistió fundamentalmente en: (1) determinar los procesos y sub procesos en los que participa cada uno de los roles y, (2) confrontar el diagrama del proceso, versus el texto del报告.

Por un lado, la lectura detallada del texto de los reportes permitió determinar los procesos y sub procesos en los que participa cada rol. Por otro lado, la confrontación del diagrama del proceso permitió ubicar en el diagrama, los procesos y sub procesos determinados en la lectura del reporte y además otros que no estaban considerados en el diagrama. Adicionalmente, la lectura y confrontación ayudaron a esclarecer la percepción de la diversidad terminológica que posteriormente fue confirmada en el cotejamiento entre roles.

El cotejamiento de procesos actuales entre roles representados por los experimentadores en el ciclo experimental en IS, se refiere a la comparación entre dos roles con respecto a los procesos en los que participan, de acuerdo a la situación actual expresada en el reporte de su entrevista. La comparativa fue realizada entre los 3 roles que fueron definidos (GI, GE, y ES) en grupos de dos roles, por lo que se generaron las siguientes comparaciones: (1) GI-GE, (2) GI-ES y, (3) ES-GE. Cada una de los procesos fue analizado a nivel de

su correspondencia con uno u otro rol. En caso de haber alguna incongruencia entre lo descrito en cada rol respecto a un proceso, se generó una observación.

Para llevar a cabo la comparativa de procesos actuales se diseñó una plantilla que facilitó la comparación de los roles en cuanto a su intervención en los procesos, la cual se adaptó fácilmente a los tres roles y a los procesos en los que intervienen. Esta plantilla es accesible en el Apéndice H. La plantilla permitió listar en columnas los procesos de cada rol, tomados de la lectura de los reportes de la educación y de la confrontación con el modelo del proceso. A paso seguido, se pudo evidenciar algunas inconsistencias en los procesos definidos por cada rol.

La síntesis de resultados de la educación a nivel de procesos de los roles es una actividad consecuente a la comparativa de procesos actuales de los roles, dado que sobre la base de las observaciones indicadas, fue posible determinar si un proceso está o no compartido por dos roles, o inclusive, si un proceso le corresponde o no a un determinando rol. El sustento para esta toma de decisiones, es el conocimiento del grupo de investigación obtenido en la educación del proceso experimental. Esta aproximación a nivel del proceso experimental, permitió definir la participación de los roles en la instancia del ciclo es disputa, lo que hizo tangible la importancia de la formalización del proceso.

La síntesis de resultados de la educación de procesos requirió del diseño de una plantilla que facilitó el proceso de formalización de la participación de los roles en el proceso experimental y se adaptó fácilmente a los tres roles y a los procesos en los que intervienen. El Apéndice H Sección H.2 muestra la plantilla indicada.

Una vez formalizada la participación de los roles a nivel de procesos, el siguiente paso necesario fue hacerlo a nivel de sub procesos (y niveles menores en caso de existir). El proceso y criterios seguidos para la síntesis a nivel de sub procesos son similares a los seguidos en la síntesis a nivel de procesos. Igualmente para facilitar esta actividad se precisó del diseño de una plantilla, misma que se muestra en el Apéndice H.

Depuración de las Versiones Intermedias de la Descripción del Proceso Experimental - Ciclo 2: El proceso de validación de síntesis de resultado fue llevado a cabo por los experimentadores, lo que dio rigurosidad a la investigación. Cada iteración finaliza con la validación de los experimentadores. Todos los productos intermedios y finales resultado de la síntesis de la educación de conocimientos del grupo de investigación fueron revisados por los experimentadores para su validación y/o observación. Cada observación u observaciones nuevas por parte de los experimentadores, respecto a los resultados de la síntesis, provocó un nuevo ciclo. El proceso terminó cuando los experimentadores validaron el proceso.

Al finalizar cada ciclo, fueron generadas nuevas versiones de tablas de comparativas y de síntesis. Adicionalmente, se generó un reporte consolidado de resultados en el que se incluyó los reportes de todos los roles entrevistados, así como los modelos del proceso experimental, incluyendo las modificaciones determinadas en la síntesis de resultados. Así mismo fueron generadas matrices de trazabilidad que resumen el precedente y consecuente de cada ciclo. Para acceder al detalle completo de los productos intermedios de la síntesis de resultados de la educación consúltese el sitio web: <http://190.15.140.14/erfonseca/productos-intermedios/resolucion/etapa2/accion-consolidado/>.

Productos Obtenidos - Ciclo 2: La validación final de las tablas de la síntesis y el reporte consolidado, significó la obtención de varios productos, los cuales en su conjunto

denotan la formalización del proceso experimental hasta el alcance de nuestro ámbito de investigación. Para facilitar la elaboración de los productos de la síntesis de la educación del proceso experimental utilizamos básicamente dos instrumentos: (1) observaciones realizadas en papel por parte de los experimentadores y, (2) grabaciones de las sesiones de validación. Las observaciones realizadas en papel por los experimentadores ayudaron a la corrección de las tablas y por ende del reporte consolidado. Sin embargo, en situaciones en las que no era clara la corrección en papel, fueron las grabaciones las que ayudaron con su interpretación. Las grabaciones han sido fundamentales ya que nos permitieron capturar los detalles más granulares de las observaciones realizadas por los experimentadores respecto a los productos.

Los productos correspondientes a las tres duplas de comparación de roles y su síntesis son: tres tablas comparativas de síntesis de resultados, tres tablas de síntesis de resultados a nivel de procesos, tres tablas de síntesis de resultados a nivel de sub procesos, un reporte consolidado de la educación del proceso experimental, matrices de trazabilidad del consolidado de educciones y, tabla de validación de la síntesis.

Los productos de la síntesis de resultados de la obtención del conocimiento del grupo de investigación están disponibles en el Apéndice I.

Las tablas comparativas de resultados de síntesis corresponden a la comparación de los 3 roles identificados, en las que se da a notar los procesos en los que participa cada rol y las observaciones de los procesos cuya definición es cuestiona por diversos motivos como se explicó anteriormente, por ejemplo: el nombre del proceso de un rol usa un término similar al del proceso de otro rol, pero su definición no es la misma. Estas tablas están disponibles en la Sección I.1.

Las tablas de síntesis de resultados de la educación de procesos son a su vez el resultado de solventar las observaciones a los procesos de las tablas comparativas. Las tablas de síntesis muestran la participación de los roles en los procesos de la investigación experimental en IS. Igualmente las tablas muestran si uno u otro proceso es compartido entre dos roles. Estas tablas están disponibles en la Sección I.2.

Las tablas de síntesis de resultados de la educación a nivel de sub procesos son un alcance de las tablas de síntesis de resultados de la educación a nivel de procesos. Es decir, muestran lo mismo que las tablas de los procesos, incrementando una columna de sub procesos, sobre la cual se indica la participación de los roles en los sub procesos que existan. Estas tablas están disponibles en la Sección I.3.

El reporte consolidado es simplemente el resultado de la unión de los reportes individuales de la educación del conocimiento de los roles, los modelos del proceso, los productos de la síntesis de resultados y, obviamente los cambios que obligó la síntesis en los reportes y en los modelos. Este reporte está disponible en la Sección I.4.

Las matrices de trazabilidad corresponden, como su nombre lo indica, a la traza de la variación que ha tenido el reporte consolidado. Más en detalle estas matrices muestran la fecha de la sesión, duración, participantes, resultados resumidos, hitos, etc. Estas matrices están disponibles en la Sección I.5.

Finalmente, la tabla de validación de resultados es una tabla donde se consolida la participación de los 3 roles en los procesos y sub procesos inherentes al ciclo experimental en IS. Esta tabla está disponibles en la Sección I.6.

Ahora bien, la acción considerada fundamental para alcanzar el sub-objetivo planteado para esta etapa, fue la educación del conocimiento de los investigadores. Sin embargo, la confianza del investigador en el conocimiento adquirido a nivel personal, independientemente de los resultados explícitos conseguidos hasta el momento, necesitaba ser afianzada. Por lo tanto, tomamos la decisión de llevar a cabo una instancia experimental en la práctica, con el propósito de que la vivencia en la realidad robustezca el conocimiento adquirido por el investigador respecto al proceso experimental en IS. Esta acción tomada significó un nuevo ciclo de AR.

6.3.3.3 Tercer Ciclo de Entrevistas a los Experimentadores

La confianza del conocimiento adquirido por el investigador a nivel personal en base a las distintas fuentes de información consultadas, es fundamental para motivar su participación dentro de equipo de trabajo, independientemente del resultado obtenido de las distintas acciones realizadas hasta el momento, el cual por cierto es muy alentador. Con el propósito de obtener un nuevo punto de vista del proceso experimental, optamos por recurrir a otra de las fuentes de información considerada como primaria, la cual corresponde al aprendizaje en base a la experiencia. Por lo tanto, planeamos vivir la experiencia *in situ* de un proceso experimental completo (planeación, ejecución y análisis). Consideramos que esta acción facilitaría la confianza al investigador, respecto al conocimiento obtenido de las otras fuentes de información consultadas, lo cual fue efectivamente así.

La motivación que nos impulsó a “aprender - haciendo” de inicio a fin una instancia experimental, fue vivir en carne propia todas las dificultades que esto representa, hacer el seguimiento del proceso experimental y, porqué no, validar la educación de conocimientos que se estaba llevando a cabo paralelamente. La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE del Ecuador, que es una de las instituciones que auspicia al investigador, prestó todas las facilidades para poder realizar el proceso experimental propuesto, considerando su condición de institución académica. Dada la apertura y colaboración de los experimentadores del GrISE, llevamos a cabo una replicación experimental de uno de los experimentos que mantiene dentro de su familia de experimentos, ante lo que recibimos su total apoyo. El proceso seguido para la realización de la replicación, se muestra en la figura 6.5, el cual es descrito a continuación.

Entrevistas - Ciclo 3: El primer paso para realizar la replicación experimental fue adquirir el conocimiento necesario para llevar a cabo la replicación experimental. El proceso de educación del conocimiento necesario para realizar la replicación consistió en efectuar una educación especial a los experimentadores, en la cual el experimentador más calificado en esta actividad nos relató los pasos a seguir. Esta actividad fue cíclica de la que obtuvimos como resultado un reporte en el que se describe a detalle los pasos a seguir para efectuar la replicación de un experimento en IS, ya adaptado a nuestra replicación. Dicho reporte contó con la validación de los experimentadores. Por cada sesión de obtención de conocimiento de la ejecución de una replicación, se obtuvo un producto intermedio, el cual fue validado por los experimentadores.

Para acceder al detalle completo de los reportes intermedios del proceso de la replicación, consúltese el sitio web: <http://190.15.140.14/erfonseca/productos-intermedios/resolucion/etapa2/accion-replicacion/>.

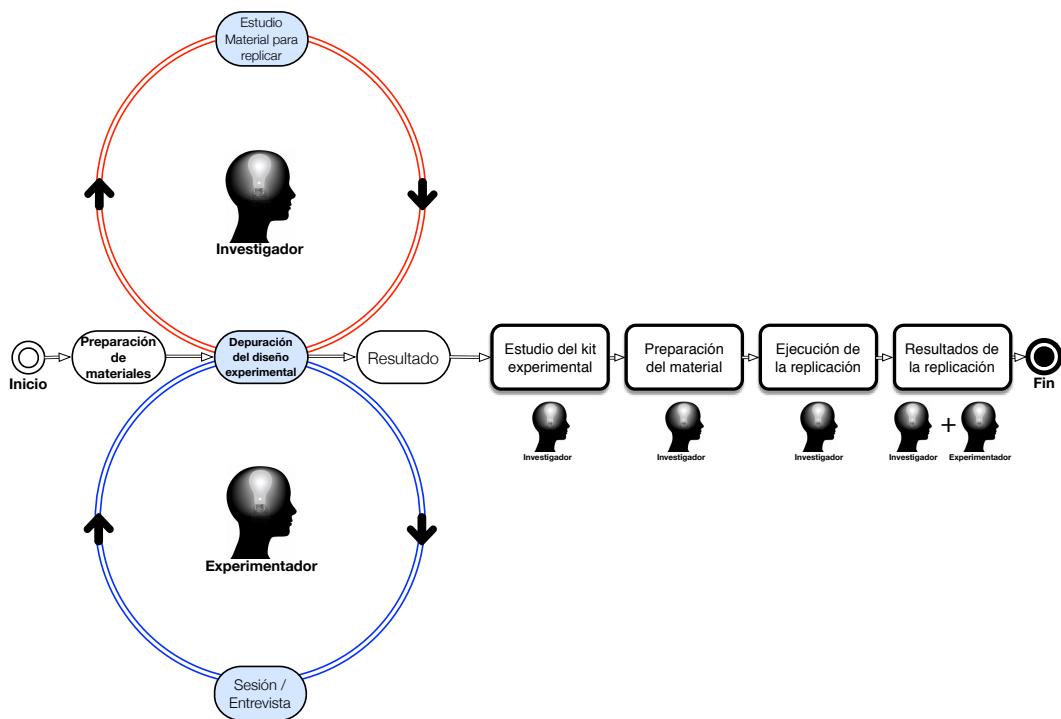


Fig. 6.5: Proceso Seguido para Llevar a Cabo una Replicación

Depuración de las Versiones Intermedias del Diseño Experimental - Ciclo 3: Para la educación del conocimiento del proceso de replicación, fue realizada una entrevista al experimentador más familiarizado con este proceso, para lo cual se contó con instrumentos de apoyo similares a los de otras entrevistas. Se realizaron grabaciones de las sesiones y los experimentadores hicieron observaciones en la impresión de los reportes preliminares.

Entre varios lineamientos obtenidos de las sesiones de educación, se estableció el propósito de la replicación. Desde el punto de vista de esta investigación, obviamente el propósito fue cimentar los conocimientos de la educación a través de la realización en la práctica de una replicación completa, así como también evaluar los productos intermedios obtenidos hasta al momento, respecto al modelo de proceso de la experimentación en IS. Independientemente de este propósito, la replicación tuvo también la intención, por parte del investigador, de instituir el experimento del GrISE en la universidad auspiciante donde presta sus servicios como docente. Por este motivo, la replicación fue configurada para ser lo más semejante posible al experimento original, intentando obtener resultados muy similares y poder constituirse como el experimento raíz de la investigación experimental en IS en dicha institución de educación superior. Otro de los resultados de la educación de conocimiento, fue el diseño experimental, en base del cual fue planificada la operación experimental.

Productos Obtenidos - Ciclo 3: Dentro de los pasos previos a la ejecución de la replicación, se considera fundamental el diseño de la misma, en el cual se especifica el orden de aplicación de los tratamientos a los objetos, tomando en cuenta el grupo que los aplica y la sesión en que son aplicados. La intención de la replicación como se indicó anteriormente,

fue tratar de recrear en lo posible los resultados del experimento original, para ello, entre otras cosas, se intentó realizar el diseño idéntico al del experimento original. Sin embargo, el entorno donde se llevó a cabo la replicación no permitió un diseño similar y tuvimos que adaptarlo al nuevo entorno, siempre con la guía de los experimentadores del GrISE.

Estudio del Kit Experimental: Otro de los hitos fundamentales previos a la ejecución de una replicación es el estudio del kit experimental, el cual es un conjunto de materiales, instrumentos y objetos experimentales, provistos por los experimentadores originales, que serán utilizados para la ejecución como tal de la replicación. Por lo tanto, el estudio del kit es fundamental para comprender a detalle su uso y su adecuada aplicación.

Al igual que en el diseño experimental, fue preciso hacer modificaciones en los elementos del kit, para adaptarlo al nuevo contexto de ejecución de la replicación. Por ejemplo, algunos términos del español de España utilizados en los materiales guía, debieron ser modificados al español de Ecuador. Es preciso aclarar que la actividad de estudio del kit, preparación del material y ejecución de la replicación fueron realizadas exclusivamente por el investigador, sin intervención de los experimentadores originales, dado que fueron actividades propias del entorno en donde se realizó la replicación.

Preparación del Material Experimental: Una vez estudiado el kit experimental, se procedió a preparar el material para la replicación. Esta preparación consiste en, realizar todas las adaptaciones que demanda el nuevo contexto, imprimir los materiales y preparar los grupos de material de acuerdo al número de sujetos experimentales.

Para esta replicación se preparó el material experimental de forma personalizada para cada sujeto experimental. Para esto, se debió realizar algunas acciones que permitieron clasificar los sujetos en grupos, tomando en cuenta ciertas características de cada sujeto, sin descuidar el principio de aleatorización de muestras que demanda una instancia experimental. Por ejemplo, los grupos de sujetos experimentales fueron formados utilizando aleatorización estratificada, en base al nivel de conocimiento de programación de los sujetos experimentales, el cual se lo obtuvo a través de una encuesta aplicada a los sujetos.

Ejecución de la Replicación: Esta instancia experimental realizada fue una replicación del experimento controlado de Juristo et al. (2013), el cual se realizó en Diciembre de 2005 en la Universidad Politécnica de Madrid (denominado UPM-2005). De acuerdo a Gómez et al. (2010), en comparación con el experimento original, nuestra replicación puede caracterizarse como: literal (esto es, la replicación es lo más exacta posible al experimento original), conjunta (parte de los experimentadores originales participaron en la replicación) y externa (la replicación se ha llevado a cabo en un sitio distinto).

La replicación fue llevada a cabo en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de Ecuador, en la sede Latacunga en diciembre de 2011 (denominada ESPEL-2011), con estudiantes de la tercera promoción del Master de Ingeniería en Software que cursaban la asignatura de Evaluación de Sistemas Software. Esta asignatura, tiene una duración de 80 horas lectivas divididas en 7 sesiones presenciales (de 10 horas cada una) y un periodo no presencial (de 10 horas), dedicado para tareas extras y temas administrativos académicos. Las sesiones presenciales se dividieron en 3 etapas: Una primera etapa de 3 sesiones consecutivas, donde se impartió la primera parte del marco teórico del entrenamiento. A continuación se tuvo 3 días de descanso. Seguidamente, la segunda etapa (de dos sesiones consecutivas) cubrió la segunda parte teórica y el desarrollo de los ejercicios de entrenamiento. A día seguido, se ejecutó la replicación en dos sesiones consecutivas, corres-

pondientes a la tercera etapa. La replicación constituyó una de las pruebas de evaluación de mayor ponderación del curso, lo cual permitió asegurar la motivación de los sujetos.

El experimento original y la replicación buscaban comparar la efectividad de las pruebas estructurales y funcionales de los sistemas software, siguiendo los lineamientos de una familia de experimentos iniciada por Basili y Selby (1985) y continuada por otros experimentadores.

En general, la ejecución de la replicación se realizó sin inconvenientes de acuerdo a lo planificado, por lo que se pudo garantizar la validez de la misma, en el sentido de diseño y ejecución. En lo que respecta a factores externos que pudieron alterar los resultados, será preciso realizar nuevas replicaciones para desvirtuar esa posibilidad.

Resultados de la Replicación: Desde el punto de vista de esta investigación, la replicación tuvo resultados que contribuyeron significativamente al conocimiento obtenido de la educación inicial, los cuales fueron: (1) Reporte del proceso de una replicación experimental, (2) nuevos conocimientos en la ejecución de replicaciones externas, (3) evaluación de los resultados intermedios de la formalización del proceso experimental y, (4) validación de los productos preliminares de la formalización del proceso experimental.

El reporte de la educación de conocimientos del proceso de una replicación fue un resultado muy importante dado que se hizo explícito un conocimiento adicional, que antes no lo estaba. La formalización de un proceso tan importante dentro del ciclo experimental constituye sin duda un aporte importante al objetivo de esta etapa.

Cada contexto diferente en donde se realiza una nueva replicación, saca a la luz nuevas enseñanzas que ayudan a mejorar o enriquecen los procesos existentes. En este caso por ejemplo, creemos que un contacto cercano con los experimentadores originales fue fundamental para haber podido recrear el experimento original, pese a las diferencias que obligó el medio, para haber conseguido los resultados tan cercanos como los que se obtuvo.

Aunque aún estaba inconclusa la formalización del proceso experimental, fue posible evaluar algunas de las relaciones rol - actividades propuestas en los reportes intermedios y finales. Por ejemplo, fue posible evaluar justamente el diagrama de actividades de la replicación experimental propuesta para esta replicación.

Sin lugar a dudas la oportunidad de llevar a cabo una replicación de principio a fin permitió validar varios de los productos preliminares de la presente investigación, que aún estaba en curso. Por ejemplo, pudimos observar que en la parte tocante a la replicación en el modelo del workflow del proceso, siguió los procesos y sub procesos tal cual estaban propuestos y descritos en el modelo.

Esta replicación produjo otros resultados muy importantes. Por un lado está la publicación de Fonseca C. et al. (2013) realizada en la revista EMSE, en una edición especial de replicaciones de experimentos en ingeniería de software. Por otro lado, está la tesis de master de Fonseca C. (2013) de una carrera que el investigador la retomó planteando como tema de tesis esta replicación.

Hasta este punto ha sido descrita la obtención del conocimiento de todas las fuentes accesibles al grupo de investigación, incluido el conocimiento de los experimentadores, lo cual está formalizado tanto en los reportes de las entrevistas, como en la síntesis de resultados de las mismas. Dichos resultados representan el modelo de proceso de la experimentación. Sin embargo, típicamente los modelos son representados en mapas de procesos, los cuales

fueron elaborados en un proceso paralelo a las entrevistas, lo que constituyó otro ciclo de AR.

6.3.3.4 Cuarto Ciclo de Entrevistas a los Experimentadores

Paralelamente a las entrevistas realizadas a los roles, se mantuvieron entrevistas exclusivas con la experimentadora que representa el rol GI, quien es la profesional con mayor experiencia del grupo. El objetivo de estas entrevistas fue representar su modelo mental del proceso experimental en IS completo correspondiente al experimentador con mayor experiencia, en un work flow de procesos y en un modelo de procesos. La construcción de estos mapas complementarios del proceso experimental fue una actividad fundamental, la cual fue posible gracias a la aplicación de la técnica de modelado de actividades y a la utilización de los instrumentos adecuados. El resultado de esta acción fue la construcción de modelos de proceso de la experimentación, los cuales aportan a la formalización del proceso experimental, conjuntamente con el soporte escrito que representan los reportes de la educación.

Entrevistas - Ciclo 4: La construcción de los modelos inició a modo de bosquejos, los cuales fueron realizados a mano por los experimentadores para responder a ciertas interrogantes planteadas por el investigador o para profundizar en ciertos tópicos de la entrevista. La idea era hacer explícito el modelo mental del experimentador respecto a su labor en el ciclo experimental. Una vez conseguidos los bocetos, utilizamos software y un ordenador para formalizar el modelo expresado por los experimentadores, con detalles añadidos por el investigador, lo cual fue revisado, validado y/o observado por los experimentadores en sesiones posteriores.

El uso de la video cámara fue fundamental para captar todos los detalles dados por el experimentador al momento de hacer los bosquejos o las observaciones a las versiones impresas, ya que mientras son realizadas, el experimentador hace comentarios cruciales que luego ayudan a interpretar los trazos sobre el papel o a tomar alguna decisión de diseño.

El carácter cíclico de las entrevistas provocó que los modelos vayan transformándose y creciendo en el tiempo hasta que finalmente llegaron a representar la formalización del proceso experimental. Al igual que en los reportes, existen productos intermedios de los modelos. Para acceder al detalle completo de estos reportes intermedios del proceso experimental, consúltese el sitio web: <http://190.15.140.14/erfonseca/productos-intermedios/resolucion/etapa2/accion-modelos/>.

Depuración de Versiones Intermedias de los Modelos de Proceso de la Experimentación - Ciclo 4: Es preciso mencionar que determinadas sesiones de educación fueron dedicadas exclusivamente a la revisión y mejoramiento de los modelos, y en el caso particular del denominado modelo del proceso, no solo participó un experimentador, sino también se contó con la colaboración de otros experimentadores. Esto posiblemente provocó que en determinado momento se divorcie la educación normal en texto, de la elaboración de los modelos, lo que se evidenció en la síntesis de los resultados de la educación.

Al inicio de cada sesión, los modelos fueron evaluados, corregidos, validos y/o vueltos a corregir. A paso seguido la educación continuó y el proceso de depuración se repitió, hasta que el experimentador consideró que los modelos resultantes eran lo suficientemente maduros.

Productos Obtenidos - Ciclo 4: Puntualmente fueron elaborados dos modelos: (1) el denominado *modelo del workflow del proceso* y, (2) el denominado *modelo del proceso*. Los modelos mencionados, se explican a continuación, más en detalle.

El modelo denominado workflow del proceso, fue producto de la educación que realizamos a la coordinadora del GrISE representando el rol GI, quien es la experimentadora con mayor experiencia. El workflow permite apreciar la magnitud del proceso experimental, de la cual se distinguen los procesos de experimentación, replicación y síntesis. Al ser el miembro de mayor experiencia del grupo, su conocimiento nos permitió perfectamente ir modificando el modelo, hasta llegar a conseguir una versión muy estable del mismo, lo que constituyó otro conocimiento que pasó a ser explícito. La educación de este rol generó la definición de la mayoría de procesos que se muestran en el modelo. Sin embargo, como se puede apreciar, se puso especial énfasis en el proceso de replicación, ya que se llegó a detallar a nivel de sub procesos e incluso de actividades. La Figura 6.6 muestra el modelo del workflow.

El workflow del ciclo experimental obtenido, permite apreciar la complejidad del ciclo. Si bien es cierto que no se llegó a cubrir al mismo nivel de profundidad a todos los proceso principales del ciclo de investigación experimental (por ejemplo la síntesis fue muy general), el nivel alcanzado fue considerable, especialmente la parte de la replicación experimental, los que constituyó la contribución para con la consecución del objetivo trazado para esta etapa. Igualmente, consideramos que un modelo que represente las áreas no cubiertas del ciclo experimental, perfectamente podría seguirse el mismo proceso de investigación para elaborarlo.

El workflow se fue ajustando sesión a sesión, como se pudo verificar en los productos intermedios del mismo, en donde en cada sesión se fue haciendo explícito el conocimiento del GI e incorporando al workflow. Por ejemplo, en la primera aproximación, lo que corresponde a la síntesis el modelo tiene poco detalle. En lo que respecta a un experimento, el diagrama representa un conjunto de procesos secuenciales al azar puestos en orden cronológico de realización. Finalmente, en lo tocante a la replicación, se puede apreciar que solo se plantea el proceso de negociación y comprensión del contexto, el cual desde el inicio tuvo bien definidos sus sub procesos. En esta primera versión, los 3 procesos principales tienen inicio y fin y no están muy relacionados, sino solo a nivel de la publicación, lo cual obviamente no corresponde a la realidad, ya que en una familia de experimentos como es la del GrISE, se tienen n experimentos, n+1 replicaciones y n-1 síntesis, todas relacionadas a nivel de hipótesis, datos, resultados, etc. Es por esto que el modelo fue evolucionado y madurando en el transcurso de las sesiones, hasta llegar a un modelo que responda a la realidad.

La segunda versión del workflow, denota ya la idea de un ciclo, es decir que ya no existe un fin, sino solo inicio, uno para cada proceso principal. En esta versión, la síntesis ya tiene procesos definidos, el experimento denota orden y la replicación sigue creciendo. La tercera versión sigue la línea de la segunda y poco a poco se va notando la interrelación entre procesos y se nota además que varios términos han sido cambiados, lo que denota claramente diversidad terminológica, es decir, que la terminología utilizada es dependiente del grupo de trabajo, e inclusive de cada experimentador. Las versiones 4 y 5 siguen la línea de la versión 3 del workflow, con la diferencia que la versión 5 unifica el inicio del ciclo, donde se aprecia claramente su alcance.

Analizando cada uno de los procesos principales hemos encontrado algunos detalles

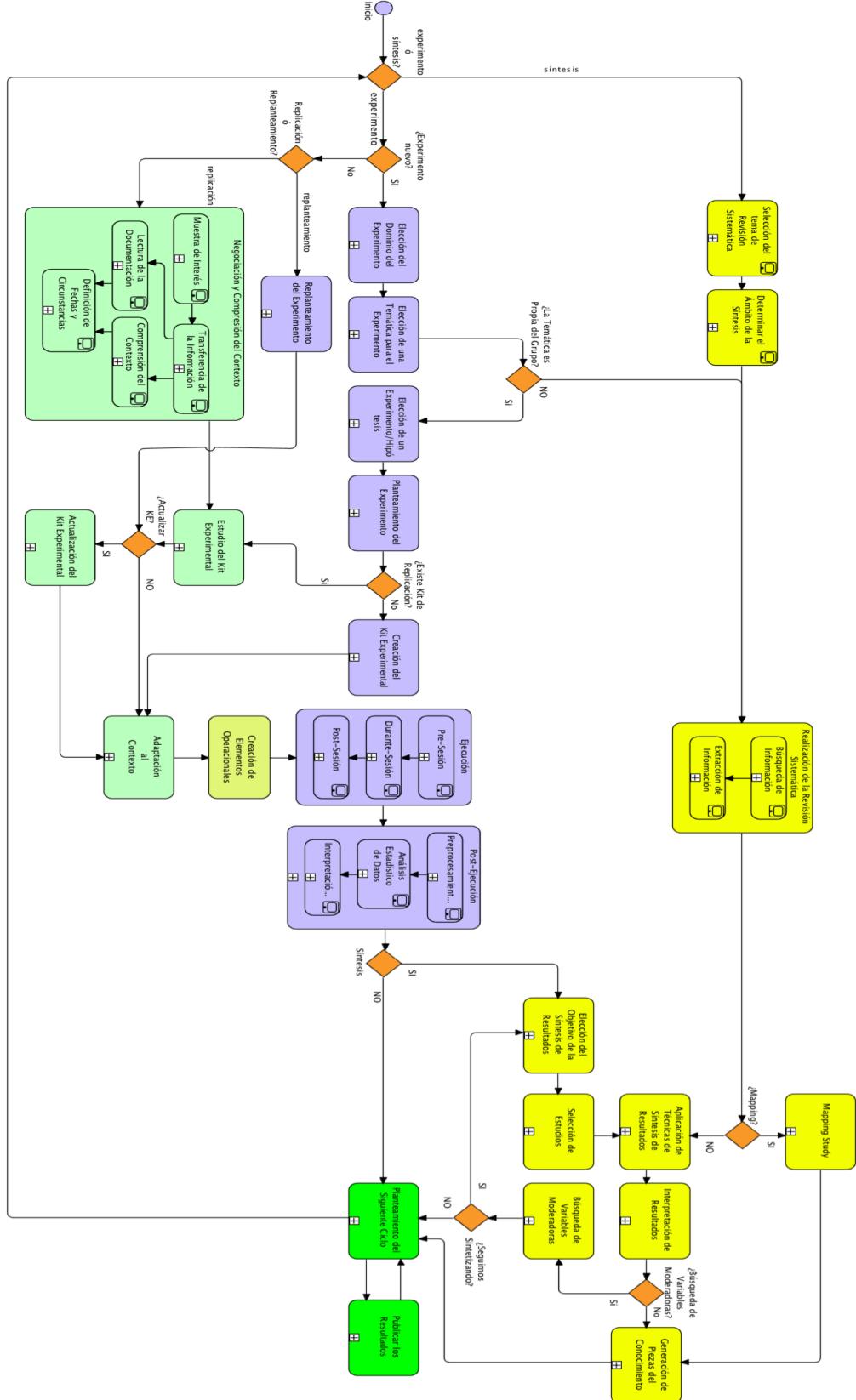


Fig. 6.6: Modelo del Workflow del Proceso

interesantes que comentar. Por ejemplo: El proceso de síntesis fue descrito de forma muy general, el modelo muestra únicamente procesos generales, tan solo el proceso de realización de una revisión sistemática muestra dos sub procesos. Ninguno de los procesos ni sub procesos fueron descritos en el reporte. Sin embargo, todos los procesos y sub procesos indicados dentro del proceso de síntesis son muy conocidos en la comunidad y particularmente en el GrISE, por lo tanto podrían ser perfectamente educidos de experimentadores que se perfilen por ese campo y corroborados por abundante literatura existente en la comunidad y material experimental también existente dentro del grupo. Procesos como revisión sistemática, mapping study, etc., son muy utilizados y conocidos.

En lo referente al proceso de un experimento, se avanzó más que en la síntesis, ya que llegamos a la descripción de los procesos generales. Por ejemplo, están descritos los procesos de: Elección del dominio del experimento, elección de una temática para el experimento, elección de una hipótesis, planteamiento del experimento, etc. Consideramos que las fases de ejecución y post-ejecución de un experimento son fundamentales en el ciclo experimental, ya que al no haber ejecución experimental, no se podría contar con datos, sin los datos no podría existir análisis y, sin análisis no habrían resultados. Para poder hacer la replicación de un experimento y poder comparar sus resultados, es necesaria la ejecución y post ejecución del experimento original. Finalmente, para poder hacer síntesis son necesarios los datos de varios experimentos, los cuales son consecuencia de la ejecución experimental. Es por esto, que estos dos procesos fueron ampliamente cubiertos, llegando al nivel de describir las actividades que son realizadas en ellos. Sin embargo, no son detallados sub procesos dentro de los otros procesos indicados.

Finalmente, en lo que respecta a la replicación, fue el proceso en el que pusimos mayor énfasis en la educación de su conocimiento, por lo que fue cubierto en un alto porcentaje. Lo cual, se justifica dada la importancia de replicar, mientras más replicaciones se lleven a cabo, un mayor número de síntesis de resultados podrán ser realizadas, lo cual a su vez aumenta la posibilidad de obtener conocimiento nuevo para compartir a la comunidad de ISE. La mayoría de procesos de la replicación han sido detallados a nivel de actividades, por ejemplo, la negociación y comprensión del contexto denota claramente los sub procesos e inclusive se cuenta con un diagrama de actividades. Igual es el caso de la adaptación al contexto y la ejecución como proceso fundamental. El proceso de replicación en nuestro caso tiene una característica peculiar, ya que el investigador ha pasado de ser sujeto experimental, cuando tomó la asignatura de verificación y validación de software como parte de su formación académica de doctorando, a ser experimentador. Como se explicó anteriormente, llevamos a cabo una replicación, lo que significó llegar a conocer el proceso de replicación a profundidad.

El modelo del proceso experimental, fue también un producto obtenido principalmente de la educación de rol GI. Sin embargo, tomando en consideración que el modelo del proceso incluye actividades inherentes a otros roles, se contó adicionalmente con la validación por parte de los experimentadores más afines con los roles GE y ES, que en el caso del GrISE, recaen en una misma persona.

Hemos tomado como referencia la norma IEEE 12207, que considera que el proceso de ingeniería de software (IS) esta formado por procesos: (1) Principales, (2) de gestión, y (3) de organización. De estos procesos, los principales son aquellos que contienen las actividades medulares del proceso y los otros dos prestan soporte para que el ciclo se lleve

a cabo. Por ejemplo, los procesos de gestión proporcionan soporte a todos los procesos a través de documentación técnica y administrativa, la cual se crea en las etapas iniciales del proceso de desarrollo software y se utilizan para el control y seguimiento en la ejecución de las diferentes fases por las que atraviesa un proyecto software.

Creemos, que introducir a la experimentación en un contexto de gestión entre procesos, permitirá dar soporte al proceso experimental en lo tocante al control de integridad, trazabilidad y accesibilidad de los productos y resultados experimentales. En este sentido, se justifica la elaboración del modelo del proceso, organizado de la forma como se indica en la Figura 6.7. Donde hemos organizado los procesos en: procesos básicos (que en IS corresponden a los procesos principales), procesos de apoyo (que en IS corresponden a los procesos de gestión), procesos organizativos (que en IS corresponden a los procesos de organización), proceso de generación de piezas de conocimiento y, procesos de publicaciones. Estos dos últimos procesos son propios de la experimentación en IS.

El modelo del proceso fue elaborado con el propósito de definir la composición de procesos del ciclo experimental, haciendo analogía con el proceso de desarrollo software. Esta forma de ver el ciclo experimental, fue fundamental para categorizar los procesos dentro del ciclo, a modo de una organización, así como también para definir la participación de los roles en los diferentes procesos.

Al igual que el workflow, el modelo del proceso tuvo una evolución muy marcada, en la que poco a poco se fue adaptando a la visión del conocimiento de varios experimentadores, cuya labor era afín a los roles GI, GE y, ES. La evolución del modelo del proceso se detalla a continuación:

- La primera versión nace de la necesidad de representar fases, procesos principales y procesos que daban soporte a los procesos principales. Esta versión, fue muy general, sin embargo da la idea de interacción entre procesos. En primer lugar aparecen las categorías denominadas: Procesos principales de la investigación experimental, procesos de apoyo y, procesos de gestión. Los procesos básicos, como su nombre lo indica, son aquellos procesos fundamentales a los que el resto de categorías de procesos dan soporte. En este caso, esta todo lo referente a la pre-ejecución experimental ya sea de un experimento o de una replicación, a la ejecución misma y a la post-ejecución.
- La segunda versión mantiene el número de categorías iniciales, con la modificación del nombre de una categoría. Más específicamente cambia: categoría de proceso de gestión por: procesos organizativos. Adicionalmente esta versión del modelo de proceso empieza a ordenar los procesos de acuerdo a su labor en el ciclo experimental.
- La tercera versión incorpora una nueva categoría denominada proceso de investigación, cuyos procesos en general se encargan de la gestión del conocimiento obtenido de la experimentación, replicación y síntesis. Adicionalmente esta versión del modelo del proceso sustituye los procesos generales de experimentación, replicación y síntesis por procesos más específicos que los conforman.
- La cuarta versión hace algunos cambios, mismos que se resumen a continuación:
 - (1) La categoría denominada procesos principales de la investigación experimental, es cambiada de nombre a procesos básicos debido a que procesos principales no corresponde al significado que pretendíamos dar a los procesos que son so-

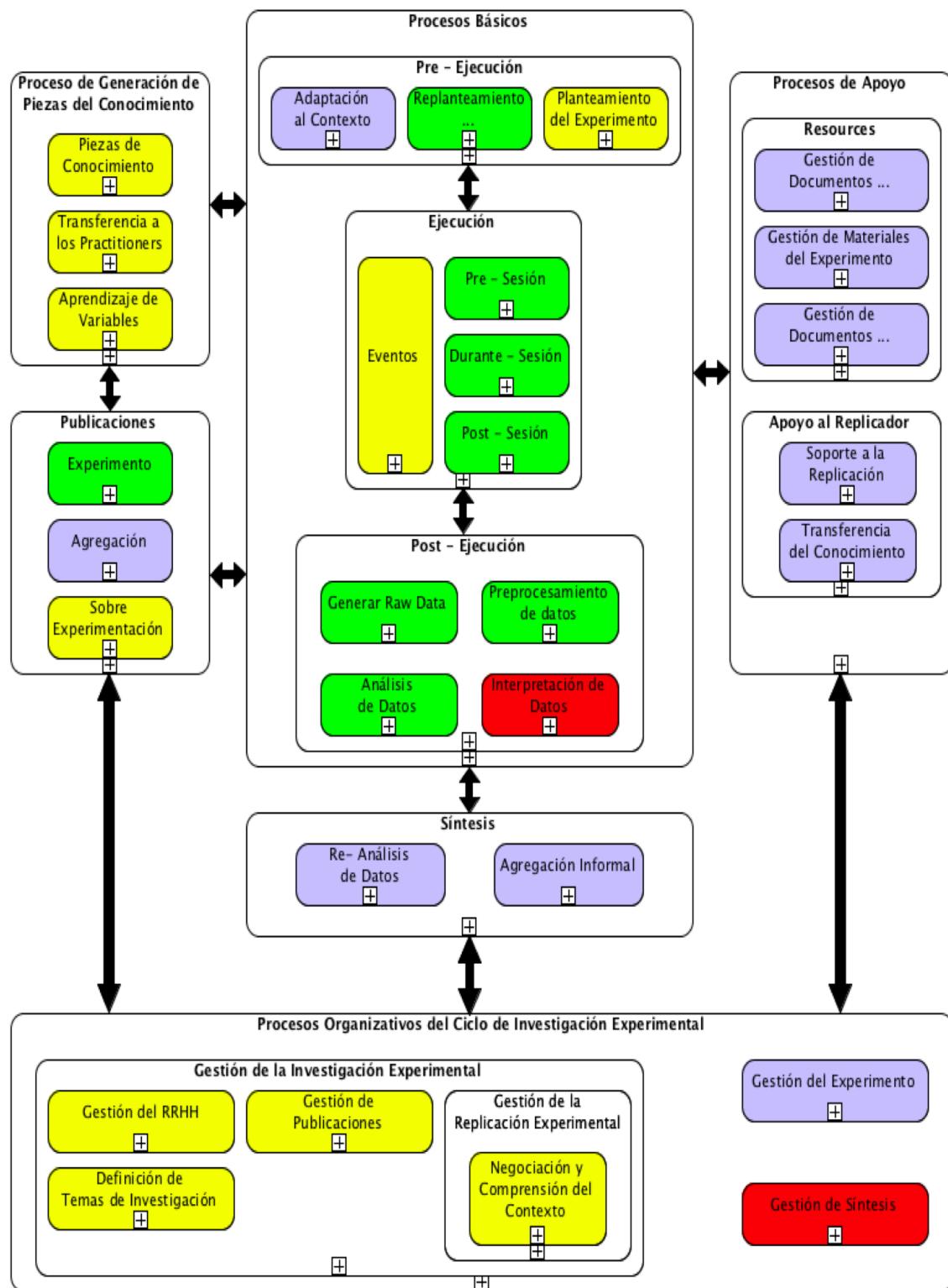


Fig. 6.7: Modelo del Proceso Experimental

portados por los otros procesos. El nombre básicos significa aquellos procesos mínimos que deben ser realizados en la experimentación.

- (2) La categoría denominada proceso de investigación es cambiada de nombre a procesos de gestión de las piezas del conocimiento. Este cambio responde simplemente a mantener una terminología más común en el grupo de investigación.
 - (3) Se añaden un nueva categoría denominadas publicaciones, cuya labor principal será con respecto a la coordinación de replicaciones a nivel de rol.
 - (4) Aparece nuevamente el proceso de síntesis pero como categoría independiente, cuyos procesos se encarga de la labores de agregación y re-análisis de datos.
 - (5) Finalmente, se percibe una mayor organización y granularidad en los procesos en esta versión. Es decir, se nota claramente la interacción entre procesos, algunos sub procesos se han agrupado dentro de un solo proceso y han aparecido nuevos sub-procesos que complementan a un proceso. Por ejemplo, aparece el sub-procesos de interpretación, el cual es agrupado con el sub-proceso de análisis de datos dentro del procesos denominado post-ejecución.
- La quinta versión se diferencia de la anterior, únicamente porque incrementa la granularidad a nivel de sub procesos. Por ejemplo, en el proceso de post-ejecución se incrementan los sub procesos de: generar raw-data y procesamiento de datos.
 - Finalmente, la sexta versión únicamente incluye un mejoramiento estético del modelo.

En resumen, dentro del modelo del proceso, fueron definidas las categorías de procesos: básicos, de apoyo, de generación de piezas del conocimiento, de publicaciones de síntesis y organizativos. Cada una de estas categorías de procesos tiene su función y en conjunto dan lugar al ciclo experimental en IS.

Realizando un análisis del modelo del proceso, podemos indicar que las categorías de procesos se caracterizan por una mayor o menor participación de los roles. Por ejemplo, La categoría de procesos básicos se caracteriza por una participación mayoritaria del ES, mientras que las categorías de procesos de apoyo y de síntesis, son de exclusividad del GE. Así mismo, la categoría de procesos de generación de piezas del conocimiento, es de exclusividad del GI. Por otro lado, la categoría de procesos de publicaciones, esta compartida por los tres roles.

Ambos modelos elaborados (workflow y proceso) son complementarios, ya que por un lado el modelo del workflow muestra la secuencia de actividades a ser llevadas a cabo de principio a fin, en cada uno de los procesos principales del ciclo experimental. Mientras que por otro lado, el modelo del proceso, muestra la interacción de los procesos necesarios para complementar el ciclo experimental, e indica los roles que ejecutan cada uno de los procesos.

Adicionalmente a los modelos complementarios del proceso experimental antes mencionados, la educación realizada a los roles GE y ES, produjo otros resultados importantes, dado que en lo que respecta a procesos considerados neurálgicos por los experimentadores, llegó al nivel de descripción de actividades. Los resultados obtenidos corresponden a diagramas de actividades de varios procesos: (1) Adaptación al contexto, (2) análisis, (3) ejecución del experimento, (4) replanteamiento del experimento y, (5) transferencia del conocimiento. Estos diagramas están accesibles en el Apéndice J.

Los diagramas de actividades complementan a su vez a los modelos complementarios del proceso, ya que llegan al detalle de las actividades que se realizan en un proceso específico. Los diagramas de actividades obtenidos son explicados a continuación, más en detalle.

- (1) **Diagrama de Adaptación al Contexto:** El diagrama de actividades de adaptación al contexto, especifica las actividades que se llevan a cabo con el propósito de adaptar el diseño de un experimento ejecutado o planteado, al contexto donde se correrá el nuevo experimento o la replicación de un experimento ejecutado. Este diagrama está disponible en el Apéndice J.1.
- (2) **Diagrama de Análisis:** El diagrama de actividades del análisis experimental, detalla las actividades llevadas a cabo para realizar el análisis de los datos de un experimento, a partir de sus medidas básicas y llegar a determinar si el experimento realizado produjo o no hallazgos. Este diagrama está disponible en el Apéndice J.2.
- (3) **Diagrama de Ejecución del Experimento:** El diagrama de actividades de ejecución del experimento, pormenoriza las actividades que se llevan a cabo en una instancia experimental, desde sus antecedentes, pasando por la ejecución, hasta las actividades posteriores a la ejecución. Este diagrama está disponible en el Apéndice J.3.
- (4) **Diagrama de Replanteamiento del Experimento:** El diagrama de actividades del replanteamiento experimental, especifica las actividades necesarias para realizar el planteamiento de un experimento por segunda o más veces, debido a que su planteamiento anterior tuvo defectos que pudieron provocar amenazas a la validez de sus resultados o debido que se decide hacer alguna innovación a un experimento. Este diagrama está disponible en el Apéndice J.4.
- (5) **Diagrama de Transferencia del Conocimiento:** El diagrama de actividades de la transferencia del conocimiento, detalla las actividades necesarias llevadas a cabo con el propósito de que un experimentador que posee un experimento, transmita los conocimientos necesarios para llevar a cabo una replicación de su experimento, a un experimentador interesado en replicar. Este diagrama está disponible en el Apéndice J.5.

La validación de los modelos complementarios del proceso experimental ha sido una actividad que ha estado presente por defecto en todas las acciones del equipo de trabajo.

Iniciando por la obtención del conocimiento del grupo de investigación, la validación estuvo presente en todos y cada uno de los productos intermedios obtenidos de las entrevistas. El papel de ente validador fue representado por los experimentadores. La validación de los experimentadores se facilitó, dado que los reportes fueron elaborados a partir de las transcripciones y grabaciones de las entrevistas. Es importante denotar que la validación de los experimentadores, constituyó una validación del conocimiento que ellos mismo intentaron transmitir con la inclusión del conocimiento del investigador.

La síntesis de resultados en sí constituyó una validación de los modelos complementarios del proceso y de los reportes de la educación de conocimientos. La estrategia de cotejamiento utilizada fue fundamental para lograr la sinergía de los roles determinados, con los procesos y sub procesos del ciclo experimental.

Otra validación, la constituyó la realización de la replicación experimental. Como ya se indicó anteriormente, a pesar de que no estaba terminada la investigación, gracias a la ejecución de la replicación, fue posible validar parte del proceso formalizado, comprobando el flujo de los procesos de la replicación y su relación, con respecto a los productos intermedios o finalizados de la educación del conocimiento de los experimentadores realizada hasta ese entonces.

En lo que respecta a la validación de la información obtenida del estudio del material experimental existente, estudio de literatura inherente y la información del conocimiento de experimentadores externos, fue realizada intrínsecamente en cada una de dichas acciones. El estudio del material experimental se caracterizó por tener la guía de los experimentadores, es decir solamente se estudió el material cuya información era valiosa. El estudio de la literatura referente al tema de investigación se caracterizó, por que fue estudiada únicamente literatura importante, e decir publicaciones en revistas y congresos muy representativos en la comunidad de ingeniería de software empírica, al igual que los textos. Finalmente, la información obtenida de los experimentadores externos, aunque no tuvimos oportunidad de validarla, únicamente fue utilizada como aporte a la elaboración de los reportes de la educación realizada a los experimentadores del GrISE.

6.4 Evaluación y Análisis

Los resultado obtenidos como producto de los 7 ciclos de AR generados en esta etapa, matizan la formalización del proceso experimental y por ende la consecución del objetivo planteado para la presente etapa. La formalización esta expresada en el reporte consolidado de las entrevistas, conjuntamente con las correcciones provocadas por la síntesis de resultados de las entrevistas y complementadas por los diagramas de actividades, workflow del proceso y el modelo del proceso. A continuación se realiza una evaluación y análisis en resumen de todos los resultado.

6.4.1 Evaluación y Análisis de los Reportes de la Educación a los Experimentadores

Haciendo una evaluación detallada de los reportes de la educación de conocimiento del grupo de investigación, podemos indicar que la aplicación de una misma plantilla, permitió consolidar, comparar los resultados obtenidos de la educación de los tres roles y facilitó las labores de síntesis de resultados.

Los reportes fueron validados por los experimentadores, hasta el punto que consideraron que el reporte expresaba todo el conocimiento del experimentador respecto a las actividades inherentes al rol que representó en la educación, lo cual significa que se formalizó el conocimiento de los experimentadores en un reporte, el cual posiblemente hasta ese entonces no estaba más que en la mente de cada experimentador.

En resumen, los reportes describen las actividades que realizan los roles y adicionalmente registran la problemática que experimenta cada rol al realizar sus labores. En general, la problemática descrita en los reportes, confirma la problemática identificada en el estudio del estado de la cuestión.

6.4.2 Evaluación y Análisis de la Síntesis de Resultados de la Educación del Proceso Experimental

Haciendo una evaluación de la síntesis de resultados, podemos indicar que esta acción fue fundamental para identificar algunas inconsistencias en la definición de la participación de uno o más roles, en los procesos del ciclo experimental. En consecuencia, se depuró la formalización del ciclo experimental, desde el punto de vista de los roles que fueron educidos. Para el efecto fue utilizada la técnica de cotejamiento por pares. La confrontación de los reportes de educación y de los modelos fue crucial para realizar la síntesis y a su vez para su depuración. En definitiva, podemos indicar que la realización de esta acción significó otro nivel de validación del conocimiento obtenido del grupo de investigación.

Realizando un análisis minucioso de los resultados, encontramos que la comparativa de síntesis obtuvo un feedback determinante, ya que se ubicó procesos con inconsistencias en su definición que no permitían establecer su ubicación en el la categorización de procesos definida para el ciclo experimental. Adicionalmente, se encontró procesos en los reportes que no estaban considerados en el modelo. Por ejemplo, la gestión de eventos de la investigación experimental se mencionó en el rol GI, pero no aparecía en el modelo del proceso.

Una vez realizada la comparativa, fue posible volver a categorizar los procesos en conflicto, ubicarlos en el modelo del proceso y en el workflow de ser el caso y, hacer correcciones de definición y terminológicas en los reportes afectados, de ser el caso; adoptando las sugerencias de las observaciones de las comparativas. El mismo tratamiento fue aplicado a nivel de sub procesos. Por citar un par de ejemplos, En la síntesis de resultados de la educación a nivel de procesos del GI versus el GE, comparten los procesos de gestión de la replicación experimental y publicaciones de experimentación.

Finalmente la validación de resultados permitió juntar los tres roles con sus procesos y sub procesos y se pudo apreciar aquellos que son compartidos entre los roles. Es preciso mencionar que se contó nuevamente con la validación y/u observación de los experimentadores, lo cual permitió dirimir algunas dudas con respecto a si un proceso o sub proceso es compartido o no por dos o más roles.

6.4.3 Evaluación y Análisis del Modelo de Proceso de la Experimentación en IS

En general de los modelos obtenidos, creemos que alcanzaron un nivel de detalle profundo, ya que responden a 7 ciclos de AR exhaustivos y han sido constantemente validados por los experimentadores del grupo de investigación GrISE. Así mismo fueron evaluados en forma temprana en la replicación llevada a cabo en Ecuador en diciembre de 2011. Por otro lado, los modelos que representan el proceso experimental, conjuntamente con los modelos conceptuales, llegaron ha significar la fuente de conocimientos que orquesta la solución a la problemática identificada; es decir, representan la formalización del proceso experimental en IS.

El grado de detalle alcanzado en los modelos elaborados, obedece fundamentalmente al selecto grupo de fuentes de información que fueron consultadas por el equipo de trabajo, especialmente el conocimiento de los experimentadores. Adicionalmente, gracias a la

utilización de las herramientas e instrumentos más adecuados, fue posible extraer la información más valiosa de las fuentes de información consultadas, lo que coadyuvó a lograr el detalle que se aprecia en los modelos de proceso obtenidos.

Como resultado de un análisis general de los modelos obtenidos, creemos que cubren una parte importante del ciclo experimental y sobre todo modular, como lo es la replicación experimental. Sin embargo, consideramos importante que investigaciones futuras podrían complementar el trabajo realizado.

6.4.4 Evaluación y Análisis de los Diagramas de Actividades de Procesos Neurálgicos

Los diagramas de actividades han permitido apreciar los proceso a un nivel muy detallado, es decir, conocer la operación de un proceso a nivel de actividades significa un conocimiento profundo del proceso. Por ejemplo, para llevar a cabo la replicación ESPEL-2011, fue fundamental el diagrama de actividades de ejecución del experimento, ya que claramente nos guió para llevar a cabo la replicación. Creemos que trabajos complementarios futuros que se lleven a cabo en esta área de investigación, el detalle de los procesos investigados debería llegar a este nivel de definición.

Analizando los diagramas de actividades que obtuvimos, hemos podido apreciar que hay diagramas de actividades que al parecer la complejidad del proceso que representan ha influenciado en los ciclos que han sido necesarios para su validación. Por ejemplo, el diagrama de actividades de la ejecución del experimento tiene cuatro versiones, mientras que el diagrama de transferencia del conocimiento tiene tan solo dos versiones.

A pesar que la educación de conocimientos fue referente exclusivamente a los 3 roles más representativos que participan en el ciclo experimental, varios diagramas de actividades sugieren la participación de otros roles, cuya educación lógicamente no ha sido realizada. Esto es debido a que una división de actividades tan detalladas en la práctica no es posible debido por ejemplo a costos o a la dificultad de ubicar experimentadores especializados en áreas específicas. Es por esto que generalmente un experimentador cumple las actividades de más de un rol a la vez.

6.5 Lecciones Aprendidas y Discusión

Luego de haber llevado a cabo el proceso de investigación para esta etapa, nos quedan algunas lecciones aprendidas, las cuales corresponden al modo en que hemos superado las dificultades que planteamos al principio de la tesis en el Capítulo 3.

Concretamente, habíamos observado un problema que era referente a la imposibilidad de ubicar los elementos de un experimento, que junto con la ausencia de modelos conceptuales y de proceso, hacen imposible saber si hemos definido correctamente y completamente una replicación. El aporte de nuestra investigación a la solución de este problema corresponde a la formalización del ciclo experimental. Concretamente en esta fase a lo concerniente a la formalización del modelo de proceso, que de la mano con la formalización conceptual detallada en la etapa anterior, permitirán definir de forma correcta y completa una replicación, ya que los paso a seguir están formalizados en el workflow del proceso y la terminología necesaria para expresar la replicación, esta formalizada en el modelo

conceptual. Los procesos relacionados constan en el modelo del proceso y la descripción del proceso figura en el reporte correspondiente.

Para la elaboración de los modelos del proceso experimental se contó con varias fuentes de información, siendo la más importante el conocimiento de los experimentadores. Posiblemente la obtención de los modelos del proceso no hubiera sido posible o, los modelos hubieran sido de menor valía, si los experimentadores no contaran con todos sus años de experiencia. Otra fuente muy importante de información fue la experiencia de la ejecución de una replicación experimental, dado que la vivencia en la práctica de un proceso experimental marcó la diferencia en el conocimiento especialmente del experimentador. Otro factor que incidió directamente en la consecución del objetivo de esta etapa fue la utilización de técnicas e instrumentos adecuados para la educación del conocimiento del grupo de investigación.

El tipo de validación ensayado respecto a los resultados obtenidos en esta investigación constituye sin lugar a dudas un mecanismo muy adecuado para minimizar las amenazas la validez, dado que: (1) Los experimentadores validan y/o hacen observaciones sobre su mismo conocimiento, pero hecho explícito en un resumen o reporte impreso en papel, (2) el conocimiento hecho explícito en el reporte, incluye adicionalmente conocimiento del investigador, el cual es obtenido de la información de varias fuentes válidas tales como: literatura referente, material experimental del grupo, conocimiento obtenido de la práctica, etc. Todo este conocimiento es validado por los experimentadores, sobre la base de muchos años de experiencia.

El proceso de depuración de la educación de información que fue posible gracias a la síntesis de resultados, permitió formalizar los procesos por roles y determinar los procesos propietarios (es decir, que le corresponden a un rol) y los procesos compartidos (es decir, que le corresponden a más de un rol). La actividad más notable en el proceso de síntesis fue la confrontación por pares de roles entre los resultados de la educación y los modelos. Esta actividad permitió descubrir inconsistencias de definición y diversidad terminológica lo que fue superado gracias a la síntesis de procesos y sub procesos y la validación final.

La operación de las técnicas e instrumentos estuvo orquestada por diferentes acciones, todas las cuales contribuyeron para alcanzar el objetivo planteado. Dicho objetivo fue justamente construir modelos de proceso de la experimentación en IS. Hemos alcanzado y superado dicho objetivo por así decirlo, ya que por un lado construimos un workflow del proceso experimental que representa justamente el flujo de los procesos principales del ciclo experimental y permite entender la magnitud del ciclo de investigación experimental. Adicionalmente hemos elaborado un segundo modelo denominado modelo del proceso experimental, el cual representa una categorización de procesos que se interrelacionan, con la característica que todas las categorías de procesos dan soporte a la denominada categoría de procesos básicos. Finalmente, hemos elaborado diagramas de actividades de los principales procesos de una replicación, lo que da a notar el nivel de detalle que hemos alcanzado en lo que respecta a una replicación experimental.

Parte III

Evaluación

En este apartado se presenta la evaluación de los resultados de la formalización del proceso experimental en IS, lo cual se detalla en los capítulos 7 y 8.

Capítulo 7

Guías para el Desarrollo de Entornos de Soporte a la Experimentación en IS

RESUMEN: El aporte de esta tesis doctoral al proyecto en el que se enmarca, corresponde a la formalización del proceso experimental en IS, y la construcción de un prototipo de herramienta de soporte al proceso experimental. La construcción de la herramienta supone desafíos desde una perspectiva investigativa. Superar estos desafíos implica en primer lugar identificar los lineamientos que regirán su construcción (Sección 7.1). Para identificar los lineamientos estudiaremos en primer lugar tanto las características de los repositorios experimentales (Sección 7.2), como las características de las herramientas de soporte al proceso experimental (Sección 7.3) de diferentes disciplinas, estudiadas en el estado de la cuestión, y que den solución a la problemática que más se asemeja a la identificada en esta investigación. Evidentemente, las particularidades de la experimentación en IS, tanto desde el punto de vista conceptual (Sección 7.4), como desde el punto de vista de proceso (Sección 7.5), permitirán relacionar las características de las herramientas experimentales de otras disciplinas con la IS. Finalmente, estudiaremos los fundamentos tecnológicos (Sección 7.6) en los cuales se sustentan las características seleccionadas, para estructurar los lineamientos para la construcción de herramientas de soporte al proceso experimental en IS (Sección 7.7).

7.1 Introducción

El proyecto TIN2011-23216 iniciado en el año 2011 por el grupo de investigación GrISE de la UPM, en el cual se circunscribe esta tesis, consiste en proponer tecnologías para la replicación y la síntesis de experimentos en IS. El aporte de esta tesis para con el proyecto, corresponde a la formalización de los conceptos y proceso experimentales y la construcción de un prototipo de herramienta de soporte al proceso experimental. La construcción de esta herramienta implica superar ciertos desafíos desde una perspectiva puramente investigativa, los cuales consisten (de forma simplificada) en: identificar los conceptos del proceso

experimental, relaciones, roles, etc., y desentrañar las actividades realizadas por los experimentadores cuando planifican, ejecutan y analizan replicaciones experimentales. Ambos aspectos han sido reportados en los Capítulos 5 y 6.

Para superar los desafíos subyacentes en torno a la construcción de dicha herramienta, en las dos primeras etapas de esta investigación hemos formalizado el ciclo experimental en IS. El producto de la formalización corresponde con: Tres mapas conceptuales construidos desde la perspectiva de los roles principales (GI, GE y ES) en los que participan los experimentadores en el proceso experimental, un workflow del proceso experimental, un modelo del proceso y, la descripción del proceso experimental, tanto a nivel de conceptos, como a nivel de procesos. La versatilidad de estos productos, considerando el alto flujo de información que maneja el proceso experimental en IS, evidentemente se evidenciará en el uso de la herramienta de software especializada (Saupe et al., 2005) construida para el efecto.

En esta etapa abordaremos la construcción efectiva de la herramienta. Existen algunas herramientas de soporte al proceso experimental y de repositorios de información experimental que han sido descritos en el estado de la cuestión, correspondientes tanto a la IS (como por ejemplo: eSEE (Lopes y Travassos, 2009), Ginger2 (Torii et al., 1999), VISEK (Hofmann y Wulf, 2003), etc.), como a otras disciplinas (como por ejemplo: Exp-WF (Gabor y Kemme, 2006), iLAP (Stocker et al., 2009), PRODIS (Faria-Campos et al., 2011), etc.). Sin embargo, como ya se ha justificado con amplitud anteriormente, estas herramientas no cumplen a cabalidad con las necesidades de los experimentadores en IS. Ello implica que ninguna de dichas herramientas puede ser directamente incorporada al proceso experimental en IS. Una nueva herramienta debe ser construida.

Nótese que, en circunstancias habituales, la construcción de un artefacto no se consideraría investigación y, por lo tanto, no se reportaría en una tesis doctoral. No obstante, en este caso las circunstancias son diferentes. El método de investigación que estamos utilizando (ver Capítulo 4) tiene dos fases: Una primera fase de identificación de modelos conceptuales y procedurales mediante AR, y una segunda de construcción y evaluación de prototipos elaborados a partir de la información anterior mediante Design Science.

El desarrollo de estos prototipos, se basó de una manera no estricta en algunos de los lineamientos de la guías de design science propuestas por Hevner et al. (2004). Por ejemplo, la cuarta guía indica que una investigación desde el enfoque de design science debe proveer contribuciones claras e interesantes en las áreas de diseño del artefacto, diseño y construcción del conocimiento (por ejemplo modelos), y/o diseño y evaluación del conocimiento (por ejemplo técnicas). No pretendemos entrar en discursos acerca de cuál es el marco metodológico que más se ajuste porque eso queda completamente fuera de nuestro alcance.

En este Capítulo 7 abordaremos la fase previa a la construcción de la herramienta propiamente dicha. Nuestro objetivo (ver Capítulo 3) consiste en la identificación de los lineamientos tecnológicos a partir de los cuales la Herramienta de Soporte al Proceso Experimental en IS debe ser construida. Para la identificación de dichos lineamientos, hemos partido de un análisis de las características de las herramientas identificadas en el estado de la cuestión. Dicho análisis, al estar basado en herramientas que, en sus propias disciplinas, pretenden resolver los mismos problemas a los que nosotros nos enfrentamos, evitará que tengamos que “redescubrir la rueda” en las vertientes obvias del proceso constructivo y,

por lo tanto, nos permitirá centrarnos en los aspectos más controvertidos; ello ocurrirá en el Capítulo 8.

7.2 Características Comunes de Repositorios de Información en Disciplinas Experimentales

En el estudio del estado de la cuestión determinamos que los repositorios de manejo de información experimental tienen una finalidad específica dependiendo de la disciplina a la que pertenecen. Sin embargo, es fácilmente apreciable que muchas de las características de estos repositorios son comunes entre ellos. Un examen detallado de los reportes de los estudios primarios evidenció ciertas características comunes, algunas de las cuales son descritas explícitamente en los reportes, mientras que otras fueron identificadas estudiando sus modelos.

Más específicamente, las características comunes que son explícitamente indicadas en este tipo de herramientas son: Volumen de información manejada (C1), grado de accesibilidad (C2), grado de integración de datos heterogéneos (C3), grado de operatividad (C4), grado de importancia dada a la relación entre elementos experimentales (C5). El criterio aplicado para determinar que estas características son comunes en los estudios primarios de los repositorios de información experimental, consistió en ubicar las características que los autores textualmente atribuyen al estudio, por ejemplo, afirmar que el repositorio está diseñado para manejar un elevado volumen de información.

Las características comunes identificadas en base al análisis de los modelos de los estudios primarios son: Especificidad del modelo (C6), nivel de detalle del modelo (C7), y nivel de granularidad del modelo (C8). Considerando que la primera SLR realizada en el estado de la cuestión tuvo como uno de sus propósitos ubicar estudios que presenten modelos de conceptos en que basarse para estructurar el modelo conceptual de la experimentación en IS, la estrategia aplicada para identificar características comunes entre los modelos de los estudios primarios, fue estudiarlos desde la perspectiva de: Modelos generales, detallados y que presenten una definición clara de sus conceptos.

En líneas generales, cada una de estas características puede darse en grado alto (A) ó bajo (B) para cada repositorio. La estrategia para determinar el grado de cada una de las características en los diferentes estudios, fue el análisis a detalle del reporte de cada estudio. Para el caso de las características C1-C5 generalmente los reportes expresan explícitamente el grado de cada una de las características, o en su defecto hacen referencia a la característica pero no definen su grado. En estos casos, hemos asumido que el grado de la característica es bajo. En lo que respecta a las características C6-C8, la definición del grado de cada característica consistió en el análisis de los modelos de los de cada estudio, desde el punto de vista de cada característica. Por ejemplo, la propuesta de Raymond et al. (2004) presenta un modelo de datos muy detallado, el nivel de definición de cada concepto es muy granular, y los conceptos son muy específico de la disciplina. La Tabla 7.2 muestra el listado de estudios primarios reportados en el estado de la cuestión, relacionados con las características antes indicadas y el grado de cada una de ellas.

En el Capítulo 2 (Sección 2.3.2.4.3) fueron realizadas varias consideraciones respecto a las características C1-C5, en base a las que determinamos dichas características en su nivel

Tabla 7.1: Características Identificadas en los Repositorios de Información Experimental

Est. P.	Caract.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
EP1		A	A	A	B	B	A	A	A
EP2		A	B	A	A	B	B	B	A
EP3		A	B	A	A	B	A	B	B
EP4		A	A	A	B	B	B	B	B
EP5		A	B	A	A	B	B	B	A
EP6		A	B	A	A	B	B	B	B
EP7		A	A	A	B	B	B	B	B
EP8		A	A	A	B	B	B	B	B
EP9		B	B	B	B	B	A	B	B
EP10		A	B	A	B	B	A	A	A
EP11		A	A	A	A	A	A	B	B
EP12		A	B	A	A	B	A	A	B
EP13		A	A	A	A	A	A	A	B
EP14		A	A	A	B	A	A	A	A
EP15		A	A	A	A	A	B	A	B
EP16		A	A	A	B	A	B	B	B
EP17		A	A	A	B	A	A	B	B

alto, podrían ser consideradas básicas en toda propuesta dedicada al manejo de información experimental. La Tabla 7.2 resume las consideraciones realizadas.

Tabla 7.2: Consideraciones Realizadas para Definir Características Básicas - Repositorios

Característica	Grado	Consideración
Volumen de información	Alto	La mayoría de estudios son diseñados para el manejo de altos volúmenes de información
Accesibilidad	Alto	Consideramos que una propuesta diseñada para manejar altos volúmenes de información e integrar datos heterogéneos necesita presentar un alto grado de accesibilidad
Integración	Alto	La mayoría de estudios son diseñados para la integración de datos heterogéneos
Operatividad	Alto	Consideramos necesaria esta característica en un alto grado, ya que depende mucho del acceso y la operación con los datos experimentales para los hallazgos de una investigación
Importancia relación entre elementos experimentales	Alto	Consideramos fundamental esta característica dado que es justamente parte del objetivo de nuestra investigación.

Igualmente, en el estado de la cuestión se determinó que todo repositorio de información debe tener como características básicas un modelo conceptual de baja especificidad (C6), elevado nivel de detalle (C7), y una alta granularidad (C8), dado que:

- Consideramos que la especificidad debe ser baja, con el propósito de que la conceptualización sea en lo posible independiente de la disciplina o línea experimental
- El detalle debe ser alto, ya que mientras mayor sea la cobertura de la formalización del proceso experimental en IS a nivel conceptual, se acortará las distancias con la diversidad terminológica
- La granularidad debe ser alta, dado que la definición correcta y completa del modelo conceptual, acortará aún más las distancias con la diversidad terminológica.

7.3 Características Comunes de Herramientas de Soporte al Proceso Experimental en Disciplinas Experimentales

Los estudios primarios sobre herramientas de soporte al proceso experimental considerados en el estado de la cuestión, al igual que los repositorios experimentales, han sido construidos con una finalidad específica en las diferentes disciplinas estudiadas. Sin embargo, hemos identificado que parte de las características de dichas herramientas son comunes entre la gran mayoría.

Adicionalmente, estas características comunes corresponden en un alto grado con las características de los repositorios experimentales descritos en la sección anterior, tal como se indica a continuación: Volumen de información manejada (C1), grado de Accesibilidad (C2), grado de Integración de datos heterogéneos (C3), nivel de especificidad del modelo (C6), nivel de detalle del modelo (C7), nivel de granularidad del modelo (C8), grado de soporte al trabajo colaborativo (C9), grado de orientación del modelo hacia la formalización del proceso experimental (C10), y grado de soporte a la integración con otros sistemas (C11). Las características comunes y el grado en que se presentan en los estudios primarios, fueron determinados con un estudio detallado del reporte de cada estudio primario.

Las características comunes C1-C3 y C9-C11 y el grado en que se presentan en los estudios primarios, son especificados de forma explícita en la mayoría de reportes. En los reportes que no lo son, al menos son referidas las características, aunque no su grado. En estos casos, se les asignó el grado de bajo, al igual que sucedía en los repositorios de información experimental.

Las características comunes C6-C7 y el grado en el que se presentan, fueron determinadas en base al análisis de los modelos de proceso encontrados, o al estudios de la descripción del proceso experimental. Igualmente en este caso, los modelos fueron estudiados desde la perspectiva de la especificidad de las actividades del proceso experimental descritas, respecto a la disciplina de aplicación; desde el nivel de detalle de las actividades descritas y respecto al nivel de definición o descripción de las actividades consideradas.

La Tabla 7.3, muestra la correspondencia de los estudios primarios de herramientas de soporte al proceso experimental con las características comunes y el grado en el que se representan.

En lo que respecta a las herramientas de soporte al proceso experimental, en adición

Tabla 7.3: Características Identificadas en las Herramientas de Soporte al Proceso Experimental

Est. P.	Caract.	C1	C2	C3	C6	C7	C8	C9	C10	C11
EP1		A	A	A	A	A	A	A	B	B
EP2		A	A	B	A	B	B	B	A	B
EP3		A	A	A	A	B	B	B	B	A
EP4		A	A	A	A	A	A	B	B	B
EP5		A	A	A	A	A	A	B	B	B
EP6		A	A	A	B	B	B	B	A	B
EP7		A	A	A	B	A	A	A	B	B
EP8		A	A	A	B	A	A	B	B	B

a las características consideradas cómo básicas en los repositorios de información experimental, consideramos como básicas las características que se muestran en la Tabla 7.4. Adicionalmente, se muestra en resumen las consideraciones realizadas, para definir a estas características como básicas en toda herramienta de soporte al proceso experimental.

Tabla 7.4: Consideraciones Realizadas para Definir Características Básicas - Herramientas de Soporte

Característica	Grado	Consideración
Trabajo colaborativo	Alto	Alta afinidad con la integración de datos heterogéneos e integración con otros sistemas
Integración con otros sistemas	Alto	Intercambio de información con otros grupos de investigación
Formalización del proceso	Alto	Objetivo de la presente investigación.

En resumen, hemos identificado varias características comunes en los repositorios de información experimental, y en las herramientas de soporte al proceso experimental. Estas características, sirven para solventar necesidades específicas de los grupos de investigación e investigadores de distintas disciplinas experimentales, las cuales podrían ser aplicables en experimentación en IS.

7.4 Evaluación de las Características Relacionadas con los Modelos Conceptuales en el Caso de la Experimentación en IS

En base a la descripción de las características identificadas en los repositorios de información experimental de las diferentes disciplinas estudiadas en el estado de la cuestión, evaluaremos que valores (Por ejemplo: C1:Alto, C2:Bajo, etc.) son más útiles para solventar la problemática identificada en el proceso experimental en IS, la cual se describe a

continuación, desde una perspectiva del modelo conceptual.

La carencia de una terminología específica para la experimentación en IS, dificulta la comunicación entre experimentadores. En este escenario, cada experimentador genera su información en un formato ad hoc y su manejo es individualizado, utilizando para ello diversas herramientas, de acuerdo a la comodidad de cada experimentador. En consecuencia, el almacenamiento y compartición de dicha información es complejo. Adicionalmente, la gestión ad hoc de los experimentadores provoca la disagregación de los elementos de un experimento y su consiguiente complicación de identificación posterior.

Para solventar esta problemática, hemos construido modelos conceptuales del proceso experimental en IS, que formalizan la terminología utilizada en el proceso experimental. Es decir, se unifica la terminología utilizada, su definición, y se abre la posibilidad de que se siga incrementando la base terminológica del grupo de investigación. Sin embargo, como ya se mencionó antes, La versatilidad de estos modelos solo puede ser evidenciada a través de la construcción de una herramienta software especializada.

Los modelos construidos, dada la modalidad de investigación intensiva aplicada, han llegado a ser: Muy *detallados*, poco *específicos*, muy *granulares*, y mantienen como premisa la *relación entre los elementos experimentales*. Sin embargo, para la construcción de una herramienta, es preciso realizar varias consideraciones adicionales, tomando en consideración las particularidades propias de la experimentación en IS, las cuales se detallan a continuación:

- El *volumen de información* en el caso de ingeniería de software experimental no es muy elevado como en el caso de otras disciplinas experimentales como la Genómica, Proteómica, etc.
- La *accesibilidad* a la información de forma unificada es requerida para permitir la compartición de la información
- La información generada por distintas fuentes de información, en este caso las constituidas por los mismos experimentadores, debería poderse integrar de forma ágil y transparente. Esto se relaciona con la característica de *integración de datos heterogéneos*.
- La interacción con la información es básica, para obtener datos y llevar a cabo análisis, de forma que se evidencie los resultados de la experimentación. Esto se relaciona con la característica de *operatividad*.

Consideramos que las características útiles seleccionadas para solventar la problemática identificada en la experimentación en IS que aborda esta investigación, desde la perspectiva conceptual, se resume en la Tabla 7.5.

7.5 Evaluación de las Características Relacionadas con los Modelos de Proceso Experimental en IS

En base a la descripción de las características identificadas en las herramientas de soporte al proceso experimental de las diferentes disciplinas estudiadas en el estado de la cuestión, evaluaremos que valores son más útiles para solventar la problemática identificada en el proceso experimental en IS, la cual se describe a continuación.

Tabla 7.5: Características Útiles de los Repositorios Experimentales en Experimentación en IS

Característica	Grado
Volumen de información manejada	Medio
Accesibilidad	Alto
Integración de datos heterogéneos	Alto
Operatividad	Alto
Relación entre elementos	Alto
Especificidad	Bajo
Detalle	Alto
Granularidad	Alto

La carencia de una terminología específica para la experimentación en IS, dificulta la comunicación entre experimentadores. En este escenario, como consecuencia de la falta de formalización del proceso experimental, está la imposibilidad de verificar la definición completa y detallada de las instancias experimentales, caracterizadas comúnmente por las replicaciones. Para solventar esta problemática, hemos construido modelos procedurales del proceso experimental en IS, que formalizan las actividades que llevan a cabo los experimentadores en el proceso experimental. Es decir, se unifica la terminología utilizada, su definición, se abre la posibilidad de que se siga incrementando la base terminológica del grupo de investigación, se definen las actividades realizadas por los roles principales que participan en el proceso experimental y su relación dentro del ciclo experimental. Sin embargo, como ya se mencionó antes, La versatilidad de estos modelos solo puede ser evidenciada a través de la construcción de una herramienta software especializada.

Los modelos construidos, dada la modalidad de investigación intensiva aplicada, han llegado a ser: Muy *detallados*, poco *específicos*, muy *granulares* y, mantienen como premisa la *formalización del proceso experimental*. Sin embargo, para la construcción de una herramienta, es preciso realizar varias consideraciones adicionales, tomando en consideración las particularidades propias de la IS experimental, las cuales se detallan a continuación:

- (1) La posibilidad de compartir información fuera del seno de grupo de investigación, es otra característica a ser considerada. Lo que se relaciona con la característica de *integración con otros sistemas*.
- (2) En el mismo ámbito de compartir información con otros grupos de información o investigadores, podría ser importante poder trabajar en conjunto. Esto se relaciona con la característica de *trabajo colaborativo*.

Consideramos que las características útiles seleccionadas para solventar la problemática identificada en la experimentación en IS que aborda esta investigación, desde el punto de vista del proceso, se resume en la Tabla 7.6.

Tabla 7.6: Características Útiles de las Herramientas Experimentales de Otras disciplinas en Experimentación en IS

Característica	Grado
Integración con otros Sistemas	Alto
Trabajo colaborativo	Alto

7.6 Fundamentos Tecnológicos que dan Soporte a las Características de los Entornos Experimentales

Una vez seleccionadas las características que debe presentar una herramienta para dar soporte al proceso experimental en IS, en esta sección estudiamos los fundamentos tecnológicos utilizados en las diferentes propuestas estudiadas en el estado de la cuestión, en los cuales se basan cada una de dichas características.

7.6.1 Volumen de Información Manejada

Para soportar volúmenes altos y bajos de información la mayoría de herramientas utilizan esencialmente la misma estrategia que es almacenar los datos en bases de datos especializadas por ejemplo MySQL o cualquier otra, que son capaces por si mismas de manejar el volumen de información. La mayoría de las bases de datos son relacionales con algunas excepciones, como por ejemplo, el estudio EP5 (Shah et al., 2008) de los repositorios de información, que en concreto propone una base de datos transaccional. Hemos encontrado herramientas o repositorios que proponen un manejo de información complementario, particularmente para material experimental acumulado en el tiempo, que corresponde a sistemas de archivos distribuidos para almacenamiento de altos volúmenes de información. Por citar un par de ejemplos, la propuesta de Ozyurt et al. (2010) y la de (Zhang y Di, 2010).

Para el caso del proceso experimental en IS, el volumen de información manejado es medio, comparado con el volumen manejado en otras disciplinas experimentales, pero su tendencia es creciente. Por lo tanto, una herramienta de soporte al proceso experimental en IS podría utilizar un motor de base de datos relacional para el manejo de la información experimental y a su vez sistemas de archivos complementarios donde se guarde información experimental de los experimentadores, con el objeto de no incidir mayormente en su modus operandi.

7.6.2 Accesibilidad de la Información

La accesibilidad de la información tanto en los repositorios de información experimental, como en las herramientas de soporte al proceso experimental, es referida a la forma en la que un usuario accede a la información experimental a través de las funcionalidades de cada herramienta. La accesibilidad de la mayoría de propuestas estudiadas en el estado de la cuestión, es a través de: diseños web generalmente multi capa, dispositivos especializados que incluyen elementos de captura de información y análisis, y aplicaciones móviles. Por ejemplo, Rautenberg et al. (2011) proponen una aplicación con varias interfaces o capaci-

dades de acceso: Web, conectores para aplicaciones de escritorio OpenOffice, conectores para intercambio de meta datos odML, etc.

Para obtener a un alto grado de accesibilidad en el caso de una herramienta de soporte al proceso experimental en IS, consideramos adecuado implementar una accesibilidad múltiple, considerando las diferentes necesidades de información de los roles que participan en el proceso experimental. Por ejemplo el GI, precisa información específica de alto nivel lo cual podría ser visualizada a través de una interfaz para dispositivos móviles. Por otro lado, el ES precisa consultar, extraer, o incluir datos crudos producto de la experimentación; lo cual podría ser gestionado a través de un traductor de formato embebido en una interfaz web. En conclusión, consideramos que la accesibilidad para esta herramienta podría ser a través de una interfaz: Web, para dispositivos móviles, e intercambio de datos.

7.6.3 Integración de Datos Heterogéneos

La heterogeneidad de fuentes de información en las diferentes disciplinas experimentales, incluida la IS, ha sido muy evidente y por lo tanto la necesidad de formalizar un formato unificado que permita el intercambio de datos experimentales entre diferentes fuentes de información, es generalizada. Las soluciones propuestas para tratar la heterogeneidad de fuentes de información son muy variadas y van desde esquemas de transcripción de datos, hasta modelos canónicos de datos. Sin embargo, la tendencia es hacia la estandarización de la nomenclatura a través de ontologías. Por citar un par de ejemplos: La propuesta de Gancheva et al. (2011) se basa en una arquitectura orientada en servicios combinada con servicios web, cuya característica es la interoperabilidad entre diferentes aplicaciones y fuentes a través de interfaces basadas en estándares, lo que permite la distribución de servicios sobre sistemas heterogéneos, entornos informáticos, e integración de aplicaciones. Un elemento importante de esta propuesta es un compilador-convertidor, el cual se basa en módulos para convertir una disposición de datos crudos (raw-data layout de su traducción al inglés) en una forma canónica y de base de datos relacional, basado únicamente en la semántica de los datos.

La propuesta de Jones et al. (2007) se basa en un modelo de datos de experimentos de Genómica funcional denominado FuGE, el cual ha sido desarrollado para facilitar la convergencia de los estándares de datos de alto rendimiento en la biología. FuGE proporciona una ontología para describir la totalidad de los flujos de trabajo de laboratorio y para el desarrollo de nuevos formatos de datos.

Para la herramienta de soporte al proceso experimental en IS consideramos que es procedente la utilización de una ontología que permita traducir a un formato unificado la información procedente de las distintas fuentes de información internas del grupo de investigación, e incluso externas y crear una representación de datos multidimensional.

7.6.4 Operatividad de la Información

La operación con los datos es una necesidad básica en todas las disciplinas experimentales, principalmente para evidenciar los hallazgos de las instancias experimentales. Consecuentemente un considerable número de las herramientas experimentales estudiadas en el estado de la cuestión proponen como una de sus características básicas, la operación con los datos,

especialmente en lo que respecta al análisis, meta-análisis y la minería de datos. Por ejemplo, la propuesta de Shah et al. (2008) tiene una arquitectura que integra una aplicación J2EE de tres capas con un sistema de gestión de datos experimentales que incluye una herramienta de análisis. La estructura del sistema de gestión de datos contempla operaciones de minería de datos.

Para la herramienta de soporte al proceso experimental en IS, consideramos que la operatividad mínima a nivel de datos debe ser en lo que respecta a la gestión y al análisis.

7.6.5 Relación Entre Elementos Experimentales

El estudio de los repositorios de información experimental realizado en el estado de la cuestión, se enfocó principalmente en analizar el modelo conceptual de cada propuesta. El poseer un modelo conceptual implica que dichas propuestas intrínsecamente han considerado la relación entre los elementos experimentales. Sin embargo, explícitamente varias de dichas propuestas hacen énfasis en la importancia de conservar la relación de los elementos experimentales, para labores de ubicación de información estructurada y por ende para evitar la disgregación experimental. Más específicamente, los estudios primarios: EP11, EP13, EP14, EP15, EP16 y EP17 de los repositorios de información experimental, hacen referencia a esta característica como importante. Por ejemplo, el estudio EP11 propuesto por Faria-Campos et al. (2011) se fundamenta en la problemática de la falta de integración entre la experimentación, el análisis y la comparación con los datos existentes, en la disciplina de la proteómica. El aporte de este estudio es un sistema de gestión de datos denominado PRODIS, para el seguimiento experimental.

En tal virtud, hemos considerado como básica la característica de la importancia dada a la relación entre los elementos experimentales para la herramienta de soporte al proceso experimental en IS, ya que adicionalmente corresponde con uno de los objetivos de esta tesis, lo cual se refleja en los mapas conceptuales obtenidos en la primera etapa de la investigación.

7.6.6 Formalización del Proceso Experimental

La orientación con la formalización del proceso experimental de cierta manera está presente en todas las propuestas analizadas en el estado de la cuestión, ya sea por medio de su modelo conceptual, o en otros casos a través de su modelo procedural. Sin embargo, particularmente los estudios primarios EP2 y EP6 de las herramientas de soporte al proceso experimental, hacen énfasis en la importancia de la formalización. Kaletas et al. (2003) consideran que no solo el adecuado manejo de los resultados es importante en los experimentos científicos, sino también en manejo de la información relativa a los procedimientos experimentales seguidos y a las herramientas e instrumentos utilizados. Mientras que Maccagnan et al. (2010), consideran que los protocolos de los laboratorios en las ciencias de la vida tienden a ser escritos de una manera informal, lo que provoca consecuencias negativas en lo que respecta a la repetibilidad, distribución y automatización de experimentos científicos.

Al igual que el apartado anterior, la formalización del proceso experimental, corresponde a uno de los objetivos de investigación, por lo que en la construcción de la herramienta de soporte al proceso experimental, la consideramos fundamental. Justamente el

producto de la segunda etapa de investigación ha sido la formalización del proceso experimental a nivel procedural, lo que se puede apreciar en los modelos de proceso obtenidos.

7.6.7 Especificidad, Detalle y Granularidad de los Modelos

Las características de especificidad, detalle y granularidad de los modelos correspondiente a las propuestas analizadas en el estado de la cuestión, como ya se mencionó anteriormente, son características identificadas en base al análisis de los modelos de cada propuesta, lo cual evidentemente no es discutido explícitamente en sus reportes. Sin embargo, estas características nos han ayudado a comprender varios detalles prominentes en otras disciplinas. Por ejemplo, a través de estas características hemos podido determinar el nivel de especialización de las herramientas, el límite de los modelos posiblemente por temas de confidencialidad, etc.

Los modelos conceptuales y de proceso obtenidos en las etapas 1 y 2 de esta tesis, como parte de la formalización del proceso experimental en IS, responden en las características de especificidad, detalle y granularidad, a la problemática determinada en esta investigación, es decir: Los modelos son genéricos dado su bajo grado de especificidad, tienen un alto grado de detalle, lo que expresa el nivel de cobertura de la formalización, y su alto grado de granularidad es una muestra más explícita de la formalización.

7.7 Determinación de las Guías Para la Construcción de Entornos de Soporte al Proceso Experimental en IS

Una vez identificadas las características más adecuadas para definir una herramienta de soporte al proceso experimental y basadas en las tecnologías más comúnmente utilizadas, consideraremos que los lineamientos para la construcción de herramientas de soporte al proceso experimental en IS, son los siguientes:

- La herramienta estará sustentada fundamentalmente en la formalización del proceso experimental en IS, lo que significa que seguirá estrictamente los lineamientos trazados por sus modelos conceptual y procedural, lo cual dará a la herramientas características de: Alto nivel de detalle, bajo grado de especificidad, y alto grado de granularidad.
- La herramienta debe tener un sistema distribuido de repositorios de información, entre los cuales pueden considerarse: Bases de datos relacionales y sistemas de archivos de información no estructurada.
- La herramienta debe tener una plataforma para la integración de datos heterogéneos tanto internos como externos, basados en una ontología que permita la traducción a un estándar que estará determinado por la formalización del proceso experimental, complementado con la tecnología de servicios web y una arquitectura orientada a servicios.
- La herramienta debe dar acceso a la información de forma estructurada, para lo cual debe ser construida como un sistema multi-capas. En conjunto con la tecnología de servicios web el sistema debe dar acceso a los distintos roles en los que participan

los experimentadores, de modo que sus necesidades de información sean satisfechas adecuadamente, utilizando para ello una interfaz web y de dispositivos móviles.

- La herramienta debe permitir hacer operaciones con su información, para lo que debe integrar servicios de procesamiento de información como: Análisis de datos, meta-análisis, minería de datos, etc.
- La herramienta debe permitir la interoperabilidad con otros sistemas para lo cual puede integrar paradigmas tales como ecosistemas software
- La herramienta debe permitir la participación en tiempo real de los experimentadores en una instancia experimental, para lo cual podría integrar por ejemplo entornos virtuales inteligentes.

La tabla 7.7 resume los lineamientos tecnológicos para la construcción de herramientas de soporte al proceso experimental en IS.

Tabla 7.7: Lineamientos Tecnológicos para la Construcción de Herramientas de Soporte al Proceso Experimental

Característica	Grado	Tecnología
Volumen de información manejada	Medio	Repositorios de información distribuidos: Base de datos relacional y/o sistemas de archivos
Accesibilidad	Alto	Sistema multi-capas de la mano con servicios web
Integración de datos heterogéneos	Alto	Plataforma para la integración de datos heterogéneos basada en ontologías
Operatividad	Alto	Plataforma de integración de servicios y publicación
Relación entre elementos	Alto	Modelo de los repositorios de información y lógica de la plataforma de integración basados en la formalización de proceso experimental en IS
Especificidad	Bajo	Modelos basados en la formalización de proceso experimental en IS
Detalle	Alto	Modelos basados en la formalización de proceso experimental en IS
Granularidad	Alto	Modelos basados en la formalización de proceso experimental en IS
Integración con otros Sistemas	Alto	Integración de paradigmas de integración de sistemas
Trabajo colaborativo	Alto	Integración de entornos virtuales

Capítulo 8

Entorno de Gestión y Soporte a la Experimentación en IS

RESUMEN: El proyecto en el que se enmarca esta tesis doctoral tiene como uno de sus objetivos la construcción de una herramienta tecnológica de soporte a la replicación experimental en IS. Sin embargo, desde el punto de vista de la tesis en si misma, la herramienta se ha constituido en el medio por el cual hemos podido aplicar un nuevo nivel de evaluación a los productos obtenidos de la formalización del proceso experimental en IS (Sección 8.1). Las actividades establecidas en el plan de trabajo planteado para la construcción de la herramienta se han llevado a cabo de forma iterativa, siguiendo los lineamientos de un método de desarrollo ágil, adaptado a las particularidades de la investigación en curso (Sección 8.2). Esto definió varios ciclos generativos que dieron lugar a la construcción de la herramienta ISRE (Sección 8.3). Los lineamientos para la construcción de herramientas de soporte al proceso experimental en IS, constituyeron una guía fundamental para la construcción de ISRE, dado que corresponden a características básicas de la mayoría de herramientas de soporte al proceso experimental de distintas disciplinas (Sección 8.4). ISRE más que una herramienta, es una plataforma cuya operación es independiente de otros sistemas. Esta plataforma presenta dos componentes principales que están enfocados en dar respuesta a las necesidades de los experimentadores de un grupo de investigación. Para lo cual, la plataforma se basa en una arquitectura modular y escalable, tal que cubra dichas demandas (Sección 8.5). La arquitectura de la plataforma incluye varios módulos, cada uno de los cuales demanda una distinta tecnología para su construcción, lo cual implica diversidad de características, compatibilidad y comportamientos (Sección 8.6). La implementación de la plataforma se caracteriza por la complejidad y la diversidad de la tecnología seleccionada para los distintos componentes, y su integración (Sección 8.7). Durante la construcción y sobre el prototipo funcional de la plataforma, ha procedido una evaluación exhaustiva, por parte del grupo de desarrollo, así como de los experimentadores, especialmente para validar las respuestas dadas a las necesidades de los experimentadores (Sección 8.8).

8.1 Introducción

El proyecto en el que se enmarca esta tesis doctoral tiene como uno de sus objetivos la construcción de una herramienta tecnológica de soporte a la replicación experimental en IS. Sin embargo, desde el punto de vista de la tesis en si misma, la herramienta se ha constituido en el medio por el cual hemos podido aplicar un nuevo nivel de evaluación a los productos obtenidos de la formalización del proceso experimental en IS. Esto es, la herramienta hace explícita, u operacionaliza, los modelos conceptuales y de proceso del ciclo experimental, obtenidos como resultado de la investigación. Posiblemente la construcción de una herramienta podría entenderse como un aspecto puramente tecnológico, cuya presencia no amerita en una tesis doctoral de este estilo, ya que se trata esencialmente de la construcción de un sistema software. Por este motivo, es preciso hacer notar dos cuestiones principales.

- En primer lugar, es preciso recalcar que la investigación realizada ha dado como resultado una serie de modelos y lineamientos tecnológicos, que si bien cuentan con la evaluación y validación del grupo de investigación objeto de estudio, también deberán ser útiles en la práctica. La construcción de la herramienta, independientemente de que se considere como un aspecto tecnológico y no de investigación científica, es relevante en tanto en cuanto representa una evidencia adicional de que la investigación realizada ha dado lugar no solo a modelos rigurosamente construido y basados en la mejor evidencia científica disponible, sino que además pueden dar lugar a productos útiles.
- En segundo lugar, aunque en muchas ocasiones la construcción de herramientas puede considerarse puramente rutinaria, opinamos que en este caso no lo es. Dadas las características tecnológicas que necesita la herramienta, exigen unas pericias que van más allá de lo que es puramente el estado del arte. Pongamos un ejemplo, donde se observará este aspecto más claramente: El carácter distribuido y heterogéneo de las fuentes de información experimental nos exige de algún modo que seamos capaces de transformar la información de dichas fuentes a un único formato que permita su integración. Estas transformaciones hoy en día aún significan una complicación muy elevada, con lo cual estamos hablando de que nuestro desarrollo está llevándose a cabo en los límites del estado de la cuestión. Hay básicamente dos aproximaciones para poder hacerlo: Unas son las bases de datos heterogéneas (Fonseca C. et al., 2014) y, otras son los repositorios de información basados en ontologías (Fonseca C. et al., 2014). En ambos casos, el desarrollo de soluciones basados en estas tecnologías es todavía un tema que no está bien comprendido. Por consiguiente, la construcción de la herramienta parece claramente un caso de innovación tecnológica.

Intentar usar para más adelante

8.2 Proceso de Desarrollo

De acuerdo al plan de trabajo descrito en el Capítulo 4, para la construcción de la herramienta se establecieron las actividades de: Selección de tecnologías para la construcción, definición de la arquitectura y construcción del prototipo. Estas actividades se han lle-

vado a cabo de forma iterativa, siguiendo los lineamientos de un método de desarrollo ágil, adaptado a las particularidades de la investigación en curso; esto es, la mayor incertidumbre asociada a la definición de los requisitos software al tratarse ISRE de un proyecto de innovación tecnológica.

El método “*ágil*” utilizado, no necesariamente debe corresponder a un método ágil tradicional (Por ejemplo: Extreme Programming XP, Scrum, TDD, etc.). El requisito es que cumpla con las características generales de un desarrollo ágil, es decir: Ser incremental e iterativo, poseer retroalimentación basada en revisiones periódicas, generar artefactos y documentación y cumplir con varios de los *12 principios del Manifesto ágil* (Beck et al., 2013).

La construcción de la herramienta ha dependido fundamentalmente de: Las necesidades de información que se presentan cotidianamente a los experimentadores que participan en el proceso experimental en IS desempeñando un rol específico, de las necesidades de soporte durante el proceso, y de los lineamientos para la construcción de herramientas de soporte al proceso experimental en IS, definidos en el capítulo anterior. El método ágil nos permitió adaptarnos a la incertidumbre en la determinación de las necesidades de información, muchas de las cuales incluso no fueron especificadas explícitamente por los experimentadores del GrISE, mediante la realización de ciclos generativo (iteraciones), que daban lugar a un prototipo funcional. El desarrollo en si mismo está constituido por tareas de: Educación, análisis, construcción y pruebas. En conjunto con estas actividades se realizaron algunas tareas y se consideraron algunos de los principios mencionados anteriormente. Finalmente la salida representa un prototipo cambiante en el tiempo dependiente de los ciclos generativos. La Figura 8.1, muestra los ciclos generativos aplicados en cada iteración.

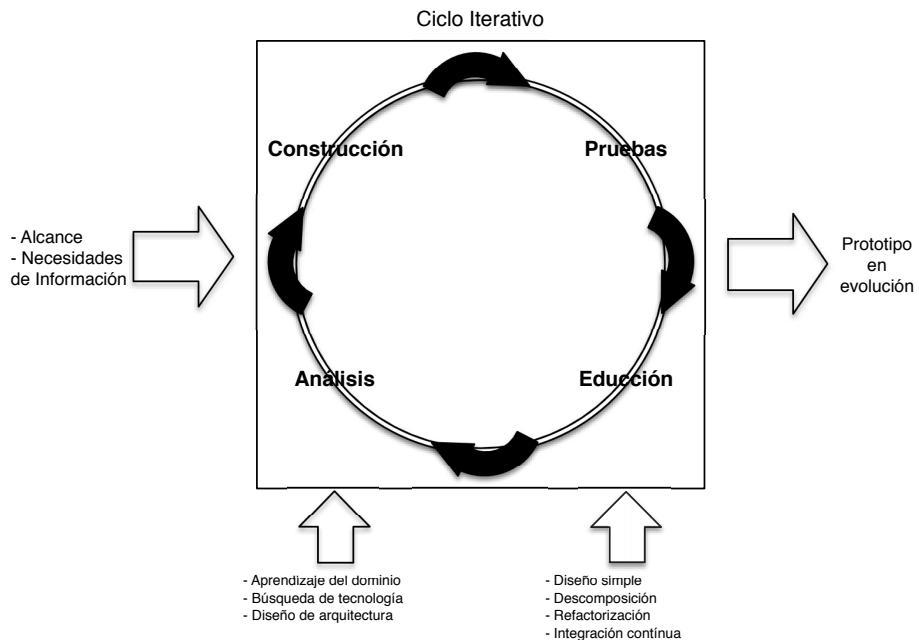


Fig. 8.1: Plan Temporal de Desarrollo

Otra parte importante, aunque no esencial, dentro del desarrollo *ágil* son las prácticas que comúnmente se aplican a este tipo de aproximaciones. Para el desarrollo de ISRE se consideraron algunas prácticas propuestas por varios autores. Evidentemente esto no implica un cumplimiento estricto, pero de alguna manera regula el cumplimiento del paradigma ágil (M. Poppendieck, 2003). Algunas de las prácticas consideradas, se indican a continuación:

- **Pequeñas entregas:** Para generar pequeños prototipos por cada ciclo generativo.
- **Diseño Simple:** Utilizar la arquitectura más simple que pudiera generar la funcionalidad deseada.
- **Descomposición:** Abordar la complejidad de los requisitos mediante la definición de tareas de programación más sencillas, lo cual a su vez conlleva un mejor aprendizaje del dominio de la aplicación.
- **Refactorización:** Reescribir el código, reduciendo la complejidad y aumentando su mantenibilidad.
- **Integración Continua:** Integración del código actual con el código que se generó en ciclos generativos anteriores.

En lo que sigue, se describirán los ciclos generativos que dieron lugar a la construcción de la herramienta ISRE.

8.3 Ciclos de Desarrollo

8.3.1 Primer Ciclo de Desarrollo

El primer ciclo de desarrollo se caracterizó por la exploración de distintas necesidades de información de diferentes niveles de complejidad, para abstraer los requisitos correspondientes e iniciar la construcción de la herramienta sobre esa base. Los requisitos obtenidos y los lineamientos para la construcción de herramientas de soporte al proceso experimental, constituyeron el inicio de la construcción de la herramienta. Es preciso mencionar que previo a la construcción de la herramienta, la mayoría de necesidades de información de los experimentadores fueron hechas explícitas, dado que inicialmente la evaluación de la formalización del proceso experimental fue llevada a cabo utilizando maquetas, boletos y prototipos de software básicos, con los que evidenciaron los investigadores en forma temprana las respuestas a sus necesidades.

Los primeros intentos de prototipos para evaluar la versatilidad de los modelos, tuvieron varios inconvenientes debido fundamentalmente a la dificultad del manejo de información de los experimentadores de forma centralizada. Por lo tanto, el primer objetivo planteado para esta fase, fue construir repositorios para ordenar la información. El criterio para ordenar la información estuvo determinado por el origen de las necesidades de información, el cual fue a partir de los roles en los que participan los experimentadores en el proceso experimental. Por lo tanto, fueron creados 3 repositorios, uno por cada uno de los roles principales identificados (GI, GE y ES). La Figura 8.2 esquematiza la primera fase de desarrollo.

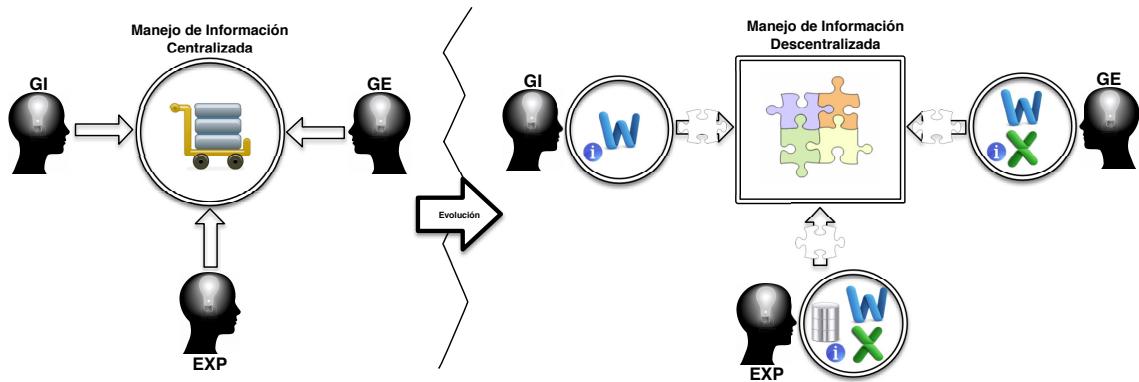


Fig. 8.2: Primer Ciclo de Desarrollo

El inconveniente de los repositorios individuales fue que cualquier operación realizada en cada repositorio, era independiente de los otros. Este inconveniente provocó la necesidad de enfocar la herramienta desde una nueva perspectiva, lo cual se resume en la unificación de todos los repositorios sin llegar a su integración, lo cual es factible desde el punto de vista lógico, dado que el flujo de la información sería guiado por el modelo conceptual desde el punto de vista de cada rol. En otras palabras, se pretende simular un modelo conceptual único, sin embargo, en la realidad ciertos componentes de este modelo se encuentran disgregados en los repositorio independiente. Ahora el reto que se presenta es mantener la información experimental independiente y separada, pero a la vez que sea común entre repositorios.

8.3.2 Segundo Ciclo de Desarrollo

La necesidad de la unificación “virtual”, por así decirlo, de los repositorios independientes implica la definición de un nivel de conceptos más abstracto, es decir, un nivel que permita una integración verdaderamente cohesionada. Es aquí donde hace su aparición la plataforma JADE, la cual permitió dicha integración, mediante ontologías. Tecnológicamente hablando, las ontologías son representadas mediante el lenguaje RDF/XML, el cual permite crear ontologías de cada repositorio, permitiendo de esta manera, la creación de una herramienta tecnológica que oculta a los repositorios, proporcionando a los investigadores la sensación de estar trabajando independientemente, pero la realidad es que su trabajo se desempeña sobre un único almacén virtual. En la Figura 8.3 se esquematiza el resultado del segundo ciclo de desarrollo.

La transición del modelo conceptual a un modelo ontológico conllevó muchos inconvenientes, de los cuales los especialmente complejos fueron los concernientes a la heterogeneidad de las fuentes de información. Evidentemente, desde el punto de vista tecnológico una solución muy adecuada es una plataforma de ontologías, aunque en general el criterio de selección corresponde únicamente a dar agilidad a la implementación de un prototipo de herramienta. Sin embargo, el desafío se presentó al momento de formalizar la información a ser compartida para luego ser traducida a una ontología. A su vez, la construcción de sistemas para visualizar la información constituye un nuevo desafío para un siguiente ciclo

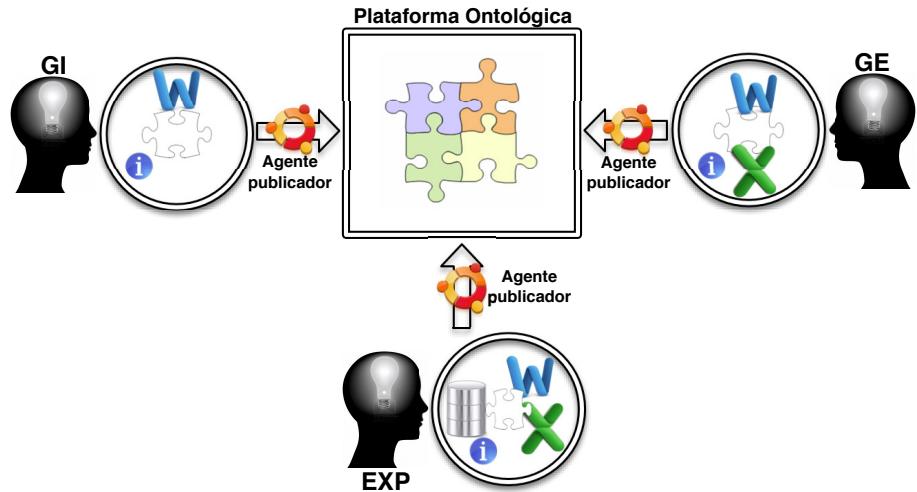


Fig. 8.3: Segundo Ciclo de Desarrollo

de desarrollo.

8.3.3 Tercer Ciclo de Desarrollo

El tercer ciclo de desarrollo se caracterizó por la construcción de piezas de código para publicar ya sea fuentes de información (por ejemplo una base de datos, un sistema de ficheros, etc.) o un sistema proveedor de servicios (por ejemplo, herramientas de análisis estadístico como R o SPSS), a través de los agentes propios de la plataforma JADE. Otra característica de este ciclo de desarrollo fue la construcción de casos de prueba de sistemas de terceros para la visualización de la información, los cuales abrieron nuevas fronteras para la herramienta ISRE, en ciclos futuros de desarrollo, lo cual será descrito en el capítulo de futuras líneas de investigación. La Figura 8.4 esquematiza el tercer ciclo de desarrollo.

En paralelo a la construcción del componente de la herramienta encargado de dar respuesta a las necesidades de información de los experimentadores, surgió la necesidad de implementar un segundo componente encargado de dar soporte al proceso de una replicación, por ejemplo para instanciar una nueva replicación, lo que constituyó un cuarto ciclo de desarrollo.

8.3.4 Cuarto Ciclo de Desarrollo

La solución a la necesidad de soporte al proceso de una replicación, fue implementada en el cuarto ciclo de desarrollo. Esta solución fue desarrollada fundamentalmente en base al flujo de trabajo establecido para una replicación. Es aquí donde fue utilizada la herramienta BPNM Bonita BPM. Es preciso mencionar que únicamente fue implementada una pequeña parte del flujo de trabajo de una replicación, debido principalmente a la densidad de desarrollo que esto significaba y también a que se trataba de implementar un prototipo con la intención de probar la versatilidad del modelo del proceso experimental obtenido tras su formalización. La utilización de Bonita BPM, dada su característica ágil para la

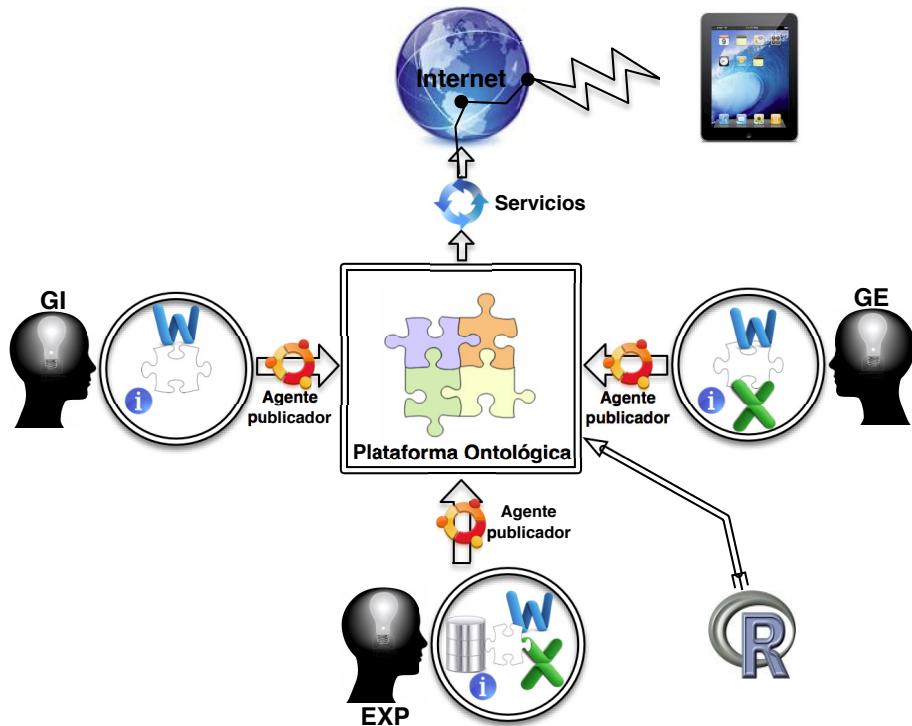


Fig. 8.4: Tercer Ciclo de Desarrollo

integración de servicios al flujo del negocio, permitió evidenciar la posibilidad de integrar los dos componentes de la herramienta, a través justamente del paradigma de orientación a servicios.

Como es lógico pensar, dada la complejidad del flujo del proceso experimental formalizado, la investigación para una implementación más funcional a este nivel corresponde a otra línea de investigación futura, lo cual será detallado más adelante en el capítulo dedicado a ese respecto.

8.4 Mapeo de los Lineamientos Tecnológicos en la Herramienta ISRE

Los lineamientos para la construcción de herramientas de soporte al proceso experimental en IS definidos en el capítulo anterior, constituyeron una guía fundamental para la construcción de la herramienta ISRE, dado que corresponden a las características básicas de la mayoría de herramientas de soporte al proceso experimental en otras disciplinas, estudiadas en el estado de la cuestión. En esta sección discutimos la manera en que estos lineamientos fueron reflejados en la herramienta. La Tabla 8.1 muestra la forma en que se implementaron en la herramienta cada uno de los lineamientos, lo cual es detallado a continuación.

Tabla 8.1: Mapeo de los Lineamientos Tecnológicos en la Herramienta ISRE

Lineamiento	Grado / Nivel	Implementación
Volumen de información manejada	Alto	Implementación de repositorios de información estructurados por cada fuente de información
Accesibilidad	Alto	Construcción de aplicaciones especializadas de distintas tecnologías
Integración de datos heterogéneos	Alto	Construcción de herramienta común orientada al intercambio de información
Operatividad	Alto	Publicación de sistemas especializados para la operación con datos experimentales
Relación entre elementos	Alto	herramienta tecnológica basada en el modelo conceptual
Formalización del proceso	Alto	herramienta tecnológica basada en la formalización del proceso experimental
Especificidad	Bajo	herramienta tecnológica basada en la formalización del proceso experimental
Detalle	Alto	herramienta tecnológica basada en la formalización del proceso experimental
Granularidad	Alto	herramienta tecnológica basada en la formalización del proceso experimental
Integración con otros Sistemas	Alto	herramienta tecnológica abierta a la integración con sistemas de terceros
Trabajo colaborativo	Alto	herramienta tecnológica abierta a la integración con sistemas de terceros

8.4.1 Volumen de Información Manejado

El volumen de información manejado en la experimentación en IS es mediano pero está creciendo, lo cual será abordado con la implementación de bases de datos relacionales y sistemas de ficheros locales o en la nube, tal como lo hacen en otras disciplinas donde la experimentación esta bien asentada y el volumen de información que manejan es muy elevado.

En el caso de los sistemas de archivos, es una tendencia actual y se fundamenta básicamente en asuntos de seguridad, recuperación y accesibilidad. Para el caso de esta investigación, los sistemas de archivos son fundamentales dado que los experimentadores mantienen la mayoría de su información en ficheros almacenados en sistemas de archivos de ordenador. La plataforma ofrecerá la posibilidad de que los experimentadores mantengan su modo de operar, pero permitirá el intercambio de información entre experimentadores, de la información que sea necesaria.

8.4.2 Accesibilidad a la Plataforma

Muchos estudios se ven coartados por la dificultad de acceder a la información de otros estudios, por ejemplo hacer replicaciones o síntesis por no contar con los datos o con los materiales de experimentos previamente realizados. ISRE es una herramienta que ha sido construida para responder a las necesidades de información de los experimentadores y para darles soporte en el proceso de una replicación, para lo cual se precisa un grado de accesibilidad alta a la información. Para brindar el grado de accesibilidad requerido,

la herramienta se ha estructurado de forma que sea abierta, es decir independiente de la aplicación que acceda a sus prestaciones.

El prototipo desarrollado hasta ahora incluye interfaces en las que los experimentadores del grupo GrISE pueden obtener respuesta a varias necesidades de información, por ejemplo: los experimentos existentes, hipótesis de cada experimento, los resultados estadísticos de los experimentos, etc. Así como son también son guiados en las etapas de una replificación, por ejemplo durante el proceso de comprensión del contexto de la replicación, la instanciación de una nueva replicación, etc.

La implementación de aplicaciones u opciones en las aplicaciones ya implementadas, para seguir ampliando la accesibilidad a la herramienta es muy factible, lo que justifica por el momento el tipo de tecnología base con la que se implementó la herramienta. Posiblemente nuevas necesidades de información de los experimentadores obligue a que nos replanteemos la base tecnológica de la arquitectura.

Sin embargo, lo más notable es que la herramienta podrá permitir el acceso a los datos para su operación, integración, etc., incluso fuera de los límites del grupo de investigación, lo cual también corresponde a una línea de investigación futura.

8.4.3 Integración de Datos Heterogéneos

La integración de datos heterogéneos considera en su escenario que cada uno de los repositorios o fuentes de información está distribuida geográficamente en varios nodos y que tienen una estructura que ni puede ni debe ser constreñida por nuestra aplicación y no debemos suponer en absoluto ni modos de acceso ni tipos de información que contenga ni nada, solo podemos suponer que esa fuente de información contiene conceptos que se pueden mapear a nuestro mapa de conceptos y ni siquiera los tiene porque tener en su totalidad. Aquí es donde vamos a conseguir darle a la herramienta el carácter de integradora de datos heterogéneos que hemos planteado en el Capítulo 8 y que es típico del conjunto de herramientas tecnológicas que manejan repositorios de experimentos en las disciplinas experimentales estudiadas en el estado de la cuestión.

El prototipo de la herramienta basada en agentes comunicados a través de ontologías, ha permitido la integración de datos heterogéneos locales. Creemos que con la integración de servicios, se podría extender dicha integración a sitios distribuidos geográficamente a través de la nube de internet. Esta es tema de otra futura línea de investigación que será tratada en el Capítulo 9.

8.4.4 Operatividad de la Información

El escenario de la operatividad de la información, considera contar con herramientas especializadas en la operación de los datos, tal que permitan la realización de tareas tales como: integración de datos, análisis, meta análisis, minería de datos, etc. Aún contando con los datos, muchos estudios han sido frustrados justamente por desconocimiento de herramientas o procedimientos para operar con datos experimentales.

El requerimiento de alta operatividad en parte ha sido solventado con la implementación de un agente publicador de servicios de análisis con distintas herramientas estadísticas, dentro de la herramienta. El cual puede ser accedido para utilizar sus servicios. Igualmente

esta característica puede ser mejorada implementando servicios adicionales principalmente con los datos, por ejemplo implementando con las mismas herramientas y con las diferentes fuentes de información, operaciones de meta análisis, minería de datos, etc., lo cual es otra mejora a futuro de los siguientes prototipos de la herramienta.

8.4.5 Relación entre Elementos Experimentales y Formalización del Proceso Experimental

La relación entre elementos experimentales y la formalización del proceso experimental considera en su escenario que cada una de las instancias experimentales almacenada en la herramienta pueda ser recuperada en cualquier momento, incluyendo todos sus elementos, como clara muestra de que siguen un modelo conceptual base. Igualmente al momento de crear una nueva instancia experimental, la herramienta guía paso a paso durante todo el proceso, igualmente como clara muestra que sigue el proceso definido en un modelo del proceso experimental.

La herramienta construida se fundamenta en el producto de la consecución de los dos primeros sub objetivos de esta investigación, lo cual justamente corresponden a la resolución, es decir corresponde a la formalización del proceso experimental. Por una parte, tenemos el modelo conceptual visto desde la perspectiva de los roles que participan en el proceso experimental. El modelo ha formalizado un conjunto de conceptos, que aunque no podemos asegurar que son todos los que incluye el proceso experimental, si podemos afirmar que es sustancioso y que cubre las actividades principales del proceso. El modelo incluye las relaciones entre los conceptos e incluso su definición. La herramienta esta construida en base a la formalización conceptual.

Por otra parte, está el modelo de procesos en los que participan los roles en el proceso experimental. Este modelo formaliza las actividades llevadas en el proceso experimental diferenciándolas de acuerdo a las que realiza cada rol principal que participa en el proceso experimental. La herramienta incluye un componente para dar soporte al experimentador durante la replicación, el cual trabaja sobre la base del modelo de procesos.

Al haber sido estructurada la herramienta sobre la base de la formalización del proceso experimental, las relaciones entre los conceptos, la terminología y las actividades especificadas están garantizadas y se mantendrán en todas las instancias experimentales presentes y futuras de la herramienta.

8.4.6 Especificidad, Detalle y Granularidad del Modelo

El escenario de una herramienta que esté estructurada sobre un modelo de baja especificidad, elevado nivel de detalle y una granularidad muy fina, implica por un lado poder albergar un espectro más amplio de instancias experimentales en IS de distintos grupos de investigación. Por otro lado la herramienta podrá cubrir un mayor número de necesidades de información y motivar la instanciación de nuevas replicaciones experimentales basada en el soporte a dicho proceso.

Las características de especificidad, detalle y granularidad de los modelos, son características que evidenciamos en base al análisis de los modelos de otras disciplinas durante el estudio del estado de la cuestión. Igualmente en base a este análisis, determinamos el

valor ideal de dichas características, para los modelos del proceso experimental en IS.

En lo que respecta a la especificidad, el lineamiento indica que debe ser baja, es decir que la conceptualización y la operación del proceso experimental en IS deben ser referidos en términos generalistas, con la intención de que puedan ser mapeadas e integradas más fácilmente instancias experimentales de diversos orígenes. Los modelos obtenidos en base a la formalización, obedecen exactamente a esta característica, ya que se han estructurado en base a los términos más utilizados tanto en el seno del GrISE, de la comunidad de ISE, así como de los términos comunes y generales utilizados en otras disciplinas experimentales.

En referencia al detalle y a la granularidad, consideramos que los modelos obtenidos en esta investigación son únicos dada su riqueza en dichas características, ya que no hemos encontrado ningún modelo tan detallado y granular en las propuestas encontradas dentro de la ISE ni en otras disciplinas experimentales.

8.4.7 Integración con Otros Sistemas

El escenario para la integración de la herramienta con otros sistemas es aquel en el cual cada sistema de terceros, es decir aquellos sistemas que son independientes, acceden a la herramienta y comparten datos y servicios.

Este lineamiento actualmente es cubierto en parte, dado que se ha llevado a cabo desarrollos de terceros, en primera instancia con el propósito de visualizar la respuestas dadas a las necesidades de información de los experimentadores. Sin embargo, esta implementación produjo resultados inesperados, ya que al contener la misma servicios web, nos dio visos de nuevas posibilidades de integración con sistemas de terceros. Evidentemente en las siguientes versiones del prototipo, serán cubiertas completamente estos lineamientos.

8.4.8 Trabajo Colaborativo

El trabajo colaborativo considera en su escenario que cada uno de los experimentadores puede acceder de forma local o remota a una instancia de replicación experimental en curso y ofrecer su contingente, ya sea en línea con otros experimentadores (utilizando por ejemplo, medios audiovisuales) o de forma particular, en las distintas fases del proceso experimental.

La herramienta en su prototipo actual cumple en parte con esta característica, dado que permite que los experimentadores accedan y ejecuten las actividades inherentes a su rol, sobre una misma instancia experimental en particular. Sin embargo, las características añadidas de mantener reuniones en línea para realizar trabajo colaborativo en tiempo real sobre una instancia de replicación, corresponden a futuras líneas de investigación.

8.5 Arquitectura de la Plataforma

ISRE más que una herramienta, es una plataforma que ha sido desarrollada con el propósito de permitir la comunicación e integración de información experimental entre distintas fuentes. Al tratarse de una plataforma, evidentemente no presenta características de cara al usuario final. Por lo tanto, el medio para acceder al flujo de información de la plataforma, es a través de aplicaciones especializadas para gestionar dicha información y

posiblemente explotar otros servicios que presente la plataforma. A continuación se describirá la plataforma como tal y más adelante contaremos los detalles de una instancia de aplicación de terceros implementada como visor de información de la plataforma. Pensemos en la plataforma como si se tratase de un sistema operativo, por ejemplo UNIX, en el cual para poder acceder a sus bondades es necesario contar al menos de un interprete de comandos para que el usuario pueda comunicarse con el sistema operativo, y este a su vez con el hardware. Contar con una interfaz gráfica que permita gestionar y mostrar la información en un formato amigable al experimentador, es un ejemplo de aplicaciones de terceros. La Figura 8.5, muestra la arquitectura propuesta para la plataforma, la cual se sustenta en la adaptación de los lineamientos para la construcción de herramientas de soporte al proceso experimental.

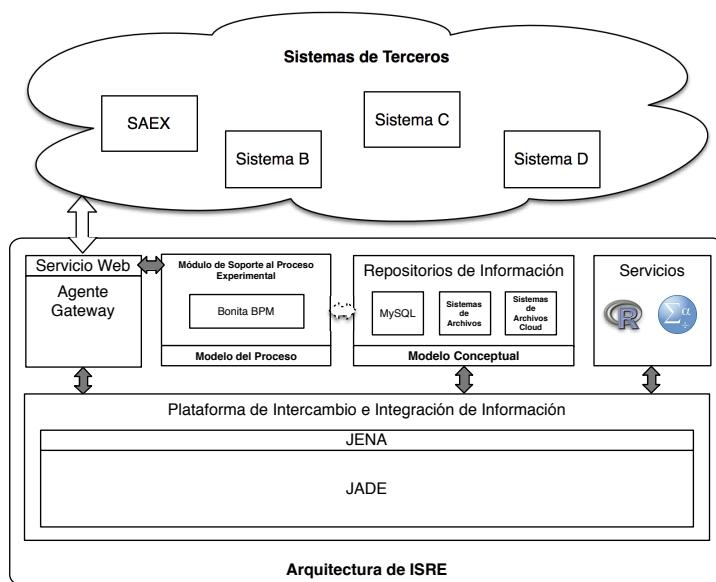


Fig. 8.5: Arquitectura de la Plataforma ISRE

8.5.1 Plataforma de Intercambio e Integración de Información Experimental

El elemento fundamental sobre el que se basa la arquitectura de ISRE, es su plataforma de intercambio e integración de información experimental. Esta plataforma permite dar respuesta a las necesidades de información de los experimentadores, cumpliendo con los lineamientos principalmente de integración de datos heterogéneos, y contribuyendo con la relación entre elementos, especificidad, detalle, granularidad, e integración con otros sistemas, que proporcionan otros elementos de la arquitectura. Esto es posible dado que en esta plataforma de intercambio e integración se define la lógica de gestión de la información, basada en las características de comunicación de la plataforma JADE, de la mano con JENA para manejo de ontologías y de la formalización del proceso experimental, que rige a los repositorios de información.

Como se mencionó anteriormente existen algunas alternativas para el manejo de datos

heterogéneos, sin embargo hemos elegido trabajar con ontologías como la solución más obvia por razones de escalabilidad y por razones de independencia de las fuentes, lo cual no implica que cuando esta plataforma crezca y englobe varios grupos de investigación no debamos reconsiderar, pero eso se hablará en el capítulo de futuras líneas de investigación.

La plataforma JADE opera independientemente de las tecnologías externas o sistemas de terceros. Sin embargo, de cara al usuario final, los sistemas de terceros son necesarios para permitir acceder a las funcionalidades de la plataforma JADE y en general de ISRE. Por ejemplo, la prueba de concepto implementada corresponde a un visor de información experimental para tabletas táctiles, en donde se aprecia de forma legible la información experimental del grupo de investigación GrISE de acuerdo a las necesidades de información requeridas.

8.5.2 Agente de Intercambio de Información

Para la comunicación entre la plataforma y los sistemas de terceros, ha sido necesaria la implementación de un mecanismo de conversión, que permita cambiar el formato de la información manejado dentro de la plataforma, en este caso RDF/XML, a un formato entendible por los experimentadores. A este mecanismo lo hemos denominado agente gateway, dado que a la vez es parte de la plataforma y ofrece un flujo de información alternativo hacia la aplicación de terceros, por medio de un servicio web. Esta característica responde al lineamiento de accesibilidad.

La prueba de concepto implementada tuvo la necesidad de desarrollar este mecanismo para poder acceder a la plataforma, obtener la información requerida para satisfacer las necesidades de información de los experimentadores, traducirla a un formato entendible por los usuarios y mostrarla en el aplicativo desarrollado. Es aquí donde se concibió la idea del agente gateway.

8.5.3 Repositorios de Información

El componente de repositorios de información de la plataforma ISRE, está compuesto de distintos contenedores de información, que fueron estructurados en base a los modelos conceptuales producto de la formalización del proceso experimental. Por lo tanto, fue estructurado un repositorio de información por cada rol. Es decir, que para cada experimentador se estructuraron uno o más repositorios.

Los repositorios de información corresponden a: Bases de datos relacionales (en este caso fue utilizado el motor de base de datos MySQL), sistemas de archivos y sistemas de archivos a nivel de la nube de información. Estos repositorios son accesibles únicamente a través de la plataforma JADE. Este módulo de repositorios de información obedece intrínsecamente a los lineamientos de: Volumen de información, especificidad, detalle y granularidad.

8.5.4 Módulo de Soporte al Proceso Experimental

El segundo componente fundamental de la plataforma ISRE, como se mencionó anteriormente, corresponde al módulo de soporte al proceso experimental. Este módulo fue con-

struido para responder a las necesidades de soporte de los experimentadores durante el proceso experimental.

Este módulo naturalmente ha sido estructurado en base al modelo del proceso, resultante de la formalización del proceso experimental. La construcción de este módulo, tiene como núcleo las bondades de la herramienta Bonita BPM, con la cual se implementado un prototipo funcional que guía al experimentador en el proceso de transferencia de conocimientos al replicador, previo a una replicación.

Una de las características de Bonita BPM es la facilidad que presenta a la integración con servicios web. En primera instancia fueron desarrollados servicios web independientes a la plataforma, para probar la versatilidad del modelo de proceso a través de Bonita BPM y acceder a los repositorios de información. A partir de las pruebas exitosas del visor de información experimental utilizando el agente gateway, se utilizó dicho servicio web para acceder a los repositorio, también a través de la plataforma de agentes.

8.5.5 Servicios Añadidos de la Plataforma

En base al planteamiento de nuevas necesidades de información de los experimentadores, la plataforma ISRE ha debido ser modificada de forma iterativa, para responder a todas las demandas de información. El grado de actualización de la plataforma, ha dependido directamente de la complejidad que ha representado dar respuesta a una u otra de dichas necesidad de información; llegando incluso a ser preciso la publicación de servicios añadidos a la plataforma.

Estos servicios particularmente tienen que ver con los lineamientos de operatividad con la información experimental. Por ejemplo hemos añadido como servicios de la plataforma, herramientas de análisis de datos estadísticas y de gráficos como R y SPSS.

8.6 Tecnología Utilizada para la Construcción de la Plataforma ISRE

Como se indicó anteriormente la plataforma ISRE consta de dos componentes principales, los cuales se sustentan en los modelos obtenidos de la formalización del proceso experimental en IS. Por una parte está el componente que se fundamenta en el modelo conceptual, y por otra parte, está el componente que se basa es el modelo del proceso. La construcción de estos componentes tiene el propósito de dar respuesta a las necesidades de información de los experimentadores, a las necesidades de soporte en el proceso experimental y responder a los lineamientos para la construcción de herramientas de soporte al proceso experimental. Sobre la base de estas premisas, ha sido seleccionada la tecnología para la construcción de la plataforma ISRE, lo cual es descrito a continuación, más en detalle.

8.6.1 Tecnología Utilizada para la Construcción del Componente Conceptual de ISRE

La necesidad de construir una plataforma en la que la información de distintas fuentes y formatos pueda integrarse e interactuar de forma estable, representaba todo un reto tecnológico. Por lo cual, en su lugar optamos por ubicar una plataforma ya implementada,

cuyas características y prestaciones se asemejen mucho a lo que estábamos pensando implementar, para evitar perder demasiado tiempo realizando desarrollos muy costosos y al contrario ganar tiempo para terminar lo antes posible el prototipo y poder evaluar los productos de la formalización del proceso experimental. Posiblemente este criterio de selección de la tecnología, no haya sido el más adecuado y a futuro tengamos que pensar en sustituir la tecnología seleccionada, ya que más adelante pasará de ser un producto resultado de una investigación de innovación tecnológica, a un desarrollo de software tradicional, en donde sea mandatorio realizar un profundo análisis de requisitos formales funcionales y no funcionales, para seleccionar la tecnología a utilizar. Por lo tanto, para construir el componente de ISRE que da respuesta a las necesidades de información de los experimentadores, utilizamos la plataforma JADE, que es la que más se parecía a lo que necesitábamos implementar.

JADE es una plataforma software para el desarrollo de sistemas multi agentes, que ha sido totalmente implementada en el lenguaje Java. Esta plataforma soporta la coordinación de múltiples agentes FIPA (de las siglas del inglés Foundation for Intelligent Physical Agents) y permite la implementación estándar del lenguaje FIPA-ACL, que facilita la comunicación entre agentes y permite la detección de servicios que se proporcionan en la plataforma. JADE es software libre y se distribuye por Telecom Italia (titular del derecho de autor), bajo los términos de la LGPL (de las siglas del inglés Lesser General Public License Version 2). Desde mayo de 2003 fue creada la comisión JADE, con el propósito de supervisar la gestión del proyecto JADE. Actualmente la comisión JADE incluye a 5 miembros: Telecom Italia, Motorola, Whitestein Technologies AG, Profactor GmbH, y France Telecom R&D. La Figura 8.6 muestra un panorama en esquema de la arquitectura de JADE (Bellifemine et al., 2007).

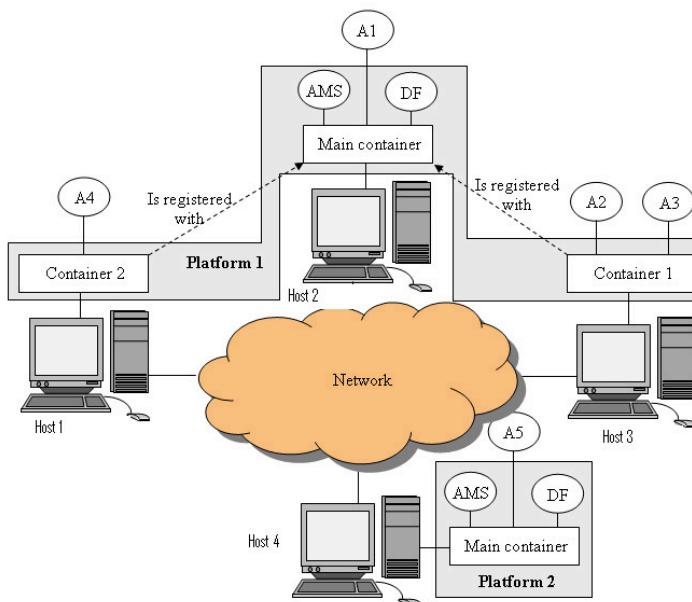


Fig. 8.6: Esquema de la Arquitectura JADE

La plataforma de agentes puede ser distribuida a través de los ordenadores de la red (los

cuales no necesitan tener el mismo sistema operativo) y la configuración se puede controlar a través de una interfaz gráfica de usuario remoto. La configuración puede ser cambiada incluso en tiempo de ejecución, únicamente moviendo agentes de una máquina a otra, dependiendo de la necesidad. Como se mencionó anteriormente, JADE está implementado completamente en Java, por lo que es necesaria la presencia de java en los ordenadores, al menos en su versión 1.4 del entorno de ejecución JDK (de las siglas del inglés Java Development Kit).

JADE es una plataforma de agentes distribuida que crea múltiples contenedores destinados a los agentes, uno por cada host, en donde el conjunto de contenedores constituye la plataforma. Adicionalmente JADE proporciona un entorno de ejecución para los agentes, bibliotecas de clases para la creación de agentes mediante la herencia y la redefinición de comportamientos, y un conjunto de herramientas gráficas para la monitorización y administración de la plataforma de agentes. Adicionalmente, la plataforma posee diferentes herramientas de depuración, movilidad de los agentes de código y contenido, la posibilidad de la ejecución paralela del comportamiento de los agentes, así como el soporte para la definición de lenguajes y ontologías. Cada plataforma debe tener un contenedor principal, el cual incluye dos agentes especiales denominados AMS y DF. El DF (de las siglas del inglés Directory Facilitator) proporciona un directorio que anuncia qué agentes hay disponibles en la plataforma. Para acceder al agente DF se usa la clase "jade.domain.DFService" y sus métodos estáticos: register, deregister, modify y Search.

Mientras que el AMS (de las siglas del inglés Agent Management System) controla la plataforma. AMS es el único que puede crear y destruir a otros agentes, destruir contenedores y parar la plataforma. Para acceder a la información del AMS Service se crea un agente, el cual ejecuta automáticamente el método register del AMS por defecto antes de ejecutar el método setup del nuevo agente. Cuando se destruye un agente se ejecuta su método takedown() y automáticamente se llama a deregister del AMS por defecto.

un agente JADE tiene un ciclo de vida que es propuesto por la FIPA, el cual incluye diferentes estados:

- Iniciado: El agente se ha creado pero no se ha registrado todavía el AMS
- Activo: El agente ya ha sido registrado, posee nombre, y puede comunicar con otros agentes (solo en este estado)
- Suspendido: El agente se encuentra parado porque su hilo de ejecución se encuentra suspendido
- Esperando: El agente se encuentra bloqueado a la espera de un suceso
- Eliminado: El agente ha terminado el hilo, terminó su ejecución y por lo tanto ya no estará más en el AMS.
- Transito: El agente se está migrando a una nueva ubicación.

Un aspecto fundamental de una plataforma de agentes es el paso de mensajes ACL (de las siglas del inglés Agent Communication Language). El envío de mensajes se realiza mediante el método send de la clase Agent. A dicho método le es pasado un objeto de tipo ACLMessage que contiene la información de los destinatarios, lenguaje, codificación y el contenido del mensaje. Estos mensajes se envían de modo asíncrono, mientras que los mensajes que se van recibiendo se van almacenando en una cola de mensajes. Existen dos

tipos de recepción de los mensajes ACL, bloqueante y no bloqueante, para lo cual se surten los métodos `blockingReceive()` y `receive()`, respectivamente. En ambos métodos se puede hacer filtrado de los mensajes que se quieren recuperar de la cola, estableciendo diferentes plantillas.

El contenedor del mensaje ACL incluye la información real que el emisor envía a los receptores. Según las especificaciones de la FIPA el valor de este contenedor o bien es una cadena de caracteres o bien es una secuencia de bytes sin formato. En los mensajes sencillos por ejemplo, puede tratarse del título de un libro o un entero que representa el precio del libro. En casos más realistas, los agentes a menudo necesitan intercambiar información más compleja. Por ejemplo podría presentarse el caso de que dos libros son titulados de la misma manera. Con el propósito de identificar de forma inequívoca a un libro, podría ser necesario especificar el título, los autores, e incluso el editor si se precisa de ese dato. Cuando se presenta información compleja, como en este caso un libro con información adicional a modo de cadena de caracteres, es preciso adoptar una sintaxis bien definida, de modo que el contenido de un mensaje pueda ser analizado por el receptor para extraer cada pieza específica de información (el título, los autores y el editor para el ejemplo). De acuerdo a la terminología de la FIPA esta sintaxis es conocida como un lenguaje de contenido, la cual no exige un lenguaje de contenido específico pero define y recomienda el lenguaje SL que es usado en la comunicación entre un AMS y un DF (Bellifemine et al., 2007). Por ejemplo: Book :title "Programming Multi Agent Systems with JADE" :authors (sequence "F. Bellifemine" "G. Caire" "D. Greenwood") :editor Wiley.

Cuando se recibe una cadena compleja, un agente debe ser capaz de analizar la sintaxis SL con el fin de comprender en realidad la información que representa. Además, debe tener un poco de conocimiento compartido con el remitente del concepto de libros y los símbolos ('libro', 'title', 'autores' y 'editor') utilizados para expresar esta estructura. Este conjunto de conceptos y los símbolos empleados para expresarlas se conoce como una ontología. El soporte para ontologías proporcionado por JADE está disponible como una opción para aliviar la carga del programador en el trato con contenido complejo. Dentro de la estructura de cada mensaje en sí, FIPA-ACL no exige el uso de cualquier lenguaje particular para expresar el contenido, aunque existen especificaciones para varias representaciones incluyendo FIPA-SL, FIPA-KIF y FIPA-RDF. Sólo FIPA-SL ha sido promovido a la condición estándar. Por ejemplo, la notación del mensaje de respuesta a la necesidad de información "Hipótesis de un experimento específico", se muestra en la Figura 8.7.

Las características descritas de JADE proporcionaron la confianza y la certeza necesarias para su utilización y su subsiguiente selección.

8.6.2 Tecnología Utilizada para la Construcción del Componente Procedural de ISRE

La guía para una definición adecuada e íntegra de una replicación experimental en IS, es una necesidad de los experimentadores del IS. Para solventar esta necesidad hemos construido el segundo componente de ISRE, el cual justamente se fundamenta en el modelo de proceso de una replicación experimental. El panorama que perfila esta necesidad corresponde a una plataforma en la que distintos experimentadores representando un rol

```
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:agent="agent://localhost-Publisher@GRISE#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:exp="http://main.grise.upm.es/empiricalStudies#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#">
  <rdf:Description rdf:about="http://main.grise.upm.es/empiricalStudies#Experiment">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Class"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="agent://localhost-Publisher@GRISE#ESPEL-2011">
    <exp:namehypothesis>No hay diferencia en la efectividad de las técnicas de pruebas de software: particiones de equivalencia y cobertura de decisión con respecto a la detección de faltas fuera de su alcance.</exp:namehypothesis>
    <exp:idHypothesis>5</exp:idHypothesis>
    <exp:namehypothesis>No hay diferencia en la efectividad de las técnicas de pruebas de software: particiones de equivalencia y cobertura de decisión con respecto a la detección de faltas dentro de su alcance.</exp:namehypothesis>
    <exp:idHypothesis>3</exp:idHypothesis>
    <rdf:type rdf:resource="http://main.grise.upm.es/empiricalStudies#Experiment"/>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Fig. 8.7: Esquema de los Componentes de la Arquitectura

específico puedan acceder a realizar las actividades inherentes a su rol, sobre una o diferentes instancias experimentales ya sea de forma colaborativa en línea o de forma individual. Este panorama evidentemente implica también una construcción muy compleja, por lo que también optamos por buscar un producto ya implementado en el mercado que nos ofrezca las prestaciones que necesitamos. La herramienta que hemos elegido, de acuerdo a los criterios indicados es Bonita BPM.

Bonita BPM (ver en <http://www.bonitasoft.com>) es una suite ofimática de código abierto creada en el año 2001, que puede ser descargada bajo la licencia GPL v2. Esta suite está enfocada en la gestión y mejora de la operación de los negocios, con el propósito de integrar personas, procesos y sistemas de información, dentro de una aplicación fácilmente administrable. Bonita BPM tiene dos componentes principales: (1) Bonita BPM Studio y (2) Bonita BPM Platform, los cuales se describen a continuación, más en detalle.

8.6.2.1 Bonita BPM Studio

Bonita BPM Studio es un entorno gráfico que permite crear procesos de negocio siguiendo el estándar BPMN (de las siglas del inglés Business Process Modeling Notation), lo cual es factible gracias a que contiene dos herramientas principales de diseño. Por un lado, está la pizarra que permite dibujar el diagrama de flujo del proceso y definir el detalle de los pasos, transiciones, puntos de decisión y otros elementos del proceso. Por otro lado, está el constructor de formas usado para crear las formas utilizadas en aplicaciones web de procesos. Bonita BPM Studio es la herramienta de desarrollo de procesos, para analistas y desarrolladores de aplicaciones de negocios. Por ejemplo, la Figura 8.8 muestra un extracto del diagrama del proceso de una replicación experimental, diseñado en Bonita BPM Studio para la construcción de ISRE.

Bonita BPM Studio puede ser instalada en ordenadores con cualquier sistema operativo, dado que es multi-plataforma, a partir de lo cual se puede crear y probar procesos. Bonita BPM Studio contiene a su vez una Bonita BPM Platform que integra a: Tomcat,

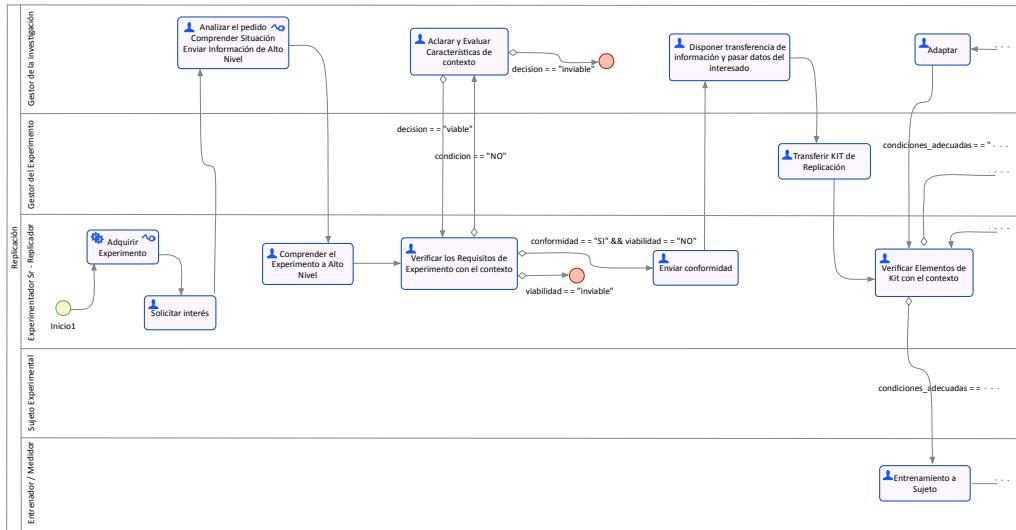


Fig. 8.8: Extracto del Diagrama de Procesos de una Replicación Experimental en IS

Bonita BPM Portal, Motor de Bonita BPM, y una base de datos h2, lo cual es descrito a continuación. Una vez que el proceso está listo en Bonita BPM Studio, entonces se lo puede construir y desplegar en la plataforma de producción de Bonita.

8.6.2.2 Bonita BPM Platform

Bonita BPM Platform como su nombre lo indica es una plataforma que integra los componentes necesarios para desplegar y poner en producción los procesos diseñados y definidos en Bonita BPM Studio. Como se puede ver en la Figura 8.9, los elementos de Bonita BPM Platform son: (1) Motor de Bonita, (2) aplicación web portal de Bonita, (3) servidor de aplicaciones JEE y, (4) Base de Datos. Estos elementos se describen a continuación, más en detalle.

- **Motor de Bonita:** El motor de bonita, es una API (de las siglas del inglés Application Programming Interface) de JAVA que se constituye como el proceso de ejecución vital de Bonita BPM, el cual es invisible al proceso de los usuarios, sin embargo, permite al usuario por medio de programación interactuar con uno o varios procesos. El motor se basa en la tecnología Hibernate.
- **Aplicación Web Portal de Bonita:** Es un portal web que permite a los usuarios gestionar a través de una interfaz todas las tareas inherentes al proceso en el cual está involucrado. El portal también permite al propietario de un proceso administrarlo y obtener informes respecto al proceso. El portal se basa en GWT (de las siglas del inglés Google Web Toolkit).
- **Servidor de Aplicaciones JEE:** El servidor de aplicaciones es otro elemento fundamental de la plataforma de Bonita, dado que permite albergar y presentar las aplicaciones de procesos diseñadas y definidas en Bonita Studio.
- **Base de Datos:** La base de datos h2 embebida en la plataforma Bonita, permite almacenar el flujo de información del proceso implementado.

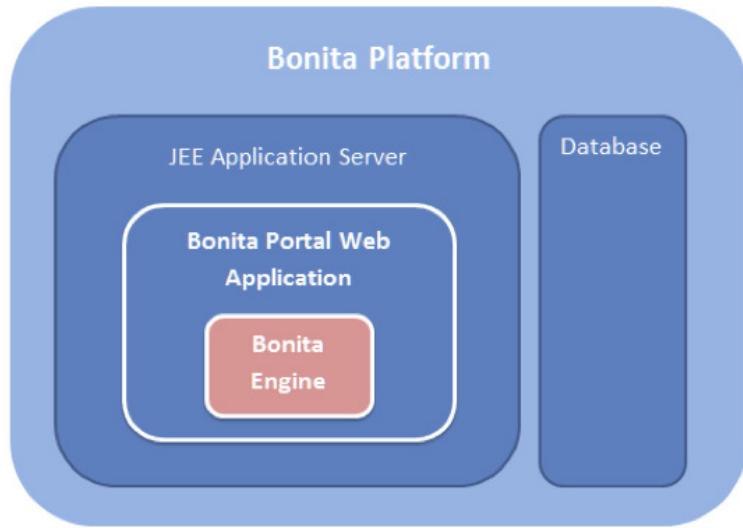


Fig. 8.9: Arquitectura de Tecnológica de Bonita BPM

Dadas las características descritas, Bonita BPM fue seleccionada. Sin embargo, como fue en el caso de JADE, posiblemente el criterio de selección de tecnologías para la construcción de la plataforma ISRE utilizado, esto es dar agilidad a la implementación de la plataforma, posiblemente más adelante sea preciso replantear las herramientas utilizadas.

Como una nueva línea de investigación, en algún momento será preciso integrar JADE con Bonita, lo cual lo vemos muy factible dada la característica de Bonita para integrar fácilmente servicios, lo cual permitiría independizar aún más la plataforma de las tecnologías utilizadas.

8.6.3 Tecnologías complementarias Utilizadas Para la Construcción de ISRE

En adición a las herramientas tecnológicas principales descritas en los apartados anteriores, ha sido necesario utilizar tecnología adicional para complementar la construcción de la plataforma ISRE. Mas específicamente, las herramientas complementarias utilizadas fueron: JAVA, Apache JENA, Apache CXF, R Statistical Tool, Adobe Flex Mobile, etc.

Hemos considerado a *JAVA* como lenguaje de programación para la construcción del plataforma, fundamentalmente por su compatibilidad con la plataforma JENA. Adicionalmente hemos considerado que *JAVA* permite a los desarrolladores construir software mediante una sintaxis parcialmente similar a C y C++ (por ejemplo en: comentarios, palabras reservadas, tipos primitivos, operadores, etc.). Su valor agregado en contraparte a sus predecesores es su seguridad (por ejemplo, punteros, bucles controlados, etc) y la añadiduras de nuevas características (por ejemplo, manejo de excepciones). Asimismo, *JAVA* es considerada como una plataforma para ejecutar programas en base a un interprete denominado máquina virtual que interactúa e independiza la ejecución de sus programas dentro del sistema operativo. Como plataforma, *JAVA* incluye una gran cantidad de bibliotecas (por ejemplo de: matemáticas, comunicación red, etc.), protocolos (Corba, RMI,

etc), compilación e interpretes (JIT), seguridad, etc. Lo que le ha permitido catalogarse como una plataforma estándar (JDK), empresarial (JEE) y móvil (J2ME) (Schildt, 2005).

Apache JENA es un framework basado en JAVA que permite crear aplicaciones Web orientadas a la semántica. JENA proporciona un conjunto de herramientas y bibliotecas para ayudar a desarrollar la web semántica y su enlace a datos de aplicaciones, herramientas y servidores (Seaborne et al., 2000).

Apache CXF es un marco de servicios de código abierto que permite construir y desarrollar servicios utilizando las API de programación de interfaz de servicios, como JAX-WS y JAX-RS. Estos servicios pueden trabajar con una variedad de protocolos como SOAP, XML / HTTP, REST HTTP o CORBA y sobre una variedad de transportes como HTTP, JMS o JBI (Beryozkin et al., 2008).

R Statistical Tool (Gentleman y Ihaka, 2013) es un lenguaje de programación y a la vez un ambiente para cálculos estadísticos y gráficas, el cual provee de una amplia variedad de técnicas estadísticas y gráficas y es altamente extensible. Esta herramienta fue seleccionada por su afinidad con java y por sus prestaciones estadísticas, para ser publicado como un servicio de análisis estadístico en la plataforma.

Adobe Flex Mobile (Jaramillo, 2014) es un entorno de desarrollo de aplicaciones móviles basada en ECLIPSE, creada por ADOBEy está basada en ActionScript. Esta herramienta permite a los desarrolladores construir rápida y fácilmente Aplicaciones de Internet Enriquecidas (RIAs). El uso de esta herramienta tiene la ventaja de poseer un framework que contiene un conjunto de librerías y componentes (MXML, Spark Library, Data Binding, etc) que permiten crear aplicaciones para ejecutarse dentro de distintos ambientes móviles (ANDROID o IOS).

Esta herramienta tiene como principal propósito proporcionar una forma altamente productiva para crear aplicaciones móviles a través de múltiples plataformas para smartphones con pantalla táctil y tablets. Con ella, el desarrollador tiene la capacidad de generar con gran facilidad y calidad aplicaciones muy similares a las aplicaciones basadas en las plataformas de escritorio. Su versatilidad y compatibilidad se debe a que se aprovecha el tiempo de ejecución de Adobe AIR, ActionScript y Flex para Google Android, Apple iOS y BlackBerry Tablet OS. La Figura 8.10 muestra el entorno de desarrollo de Adobe Flex Mobile.

Entre las características que fueron utilizadas durante el proyecto ISRE fueron:

- Componentes del núcleo móvil listos
- Consumo de web service mediante WSDL
- Adobe Flex Framework (Flex, MXML, Spark Library, Componentes, Data Binding, Estructura de Aplicaciones en Flex Mobile)
- Touch, Multitouch, y gestos (Touch para Soporte de entrada, Control de eventosTouch, Registro Touch Eventos en objetos interactivos, Touch compatibles)
- Las solicitudes de depuración (Puntos de interrupción, Manejo de errores globales,Control de errores no capturados)
- Trabajar con el sistema de archivos (Lectura/Modificación desde el sistema de archivos, Diálogos)

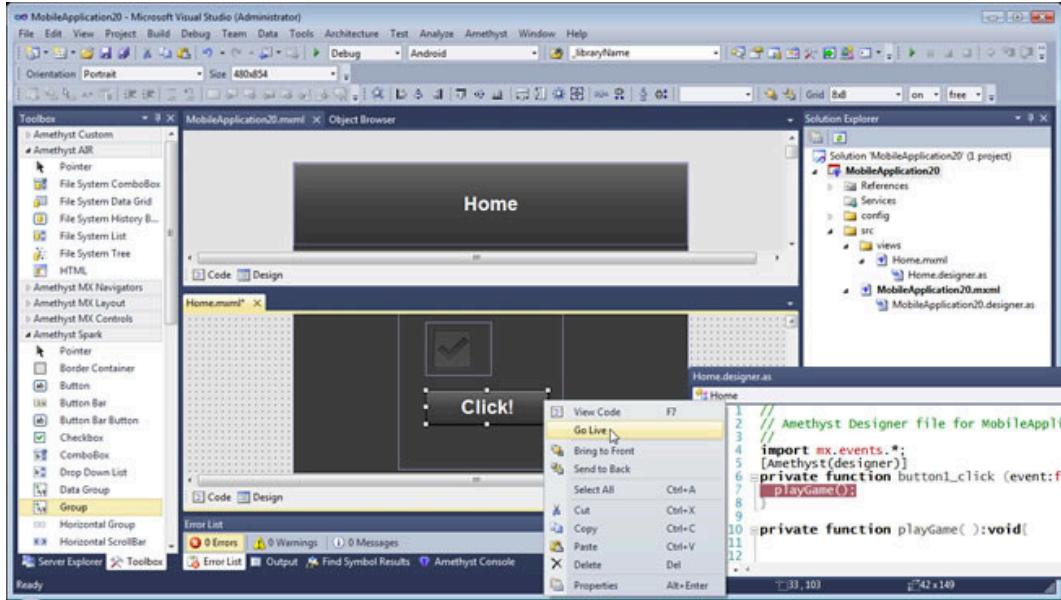


Fig. 8.10: Entorno de Desarrollo Adobe Flex

- Trabajo con data y datastream (Recuperando datos con URLRequest, supervisión del objeto URLRequest)
- Empaquetado de aplicaciones para el despliegue.

Por todas estas prestaciones, fue elegida esta tecnología, para implementar una prueba de concepto de visor de las respuestas dadas a las necesidades de información de los experimentadores.

8.7 Implementación de ISRE

La Figura 8.11 esquematiza la estructura tecnológica de ISRE, la cual como ya hemos indicado esta conformada de dos componentes principales, cada uno de los cuales aporta a la solución de la problemática identificada en los grupos de investigación en IS y que es abordada en esta tesis.

8.7.1 Implementación del Componente Conceptual

Para solucionar la problemática del intercambio y la comunicación de información entre experimentadores, se llevó a cabo fundamentalmente la formalización del proceso experimental en IS, a nivel conceptual. La evaluación de los modelos conceptuales obtenidos fue a través de las respuestas dadas a las necesidades de información de los experimentadores, obtenidas de dichos modelos. Inicialmente la evaluación se la realizó utilizando maquetas y prototipos básicos de software, los cuales fueron implementados en base a los modelos conceptual, con información real. Sin embargo, estos prototipos iniciales no fueron lo suficientemente operativos ni funcionales, ni tampoco pudieron ser probados con un volumen considerable de información. Por lo tanto, fue necesario implementar un prototipo más

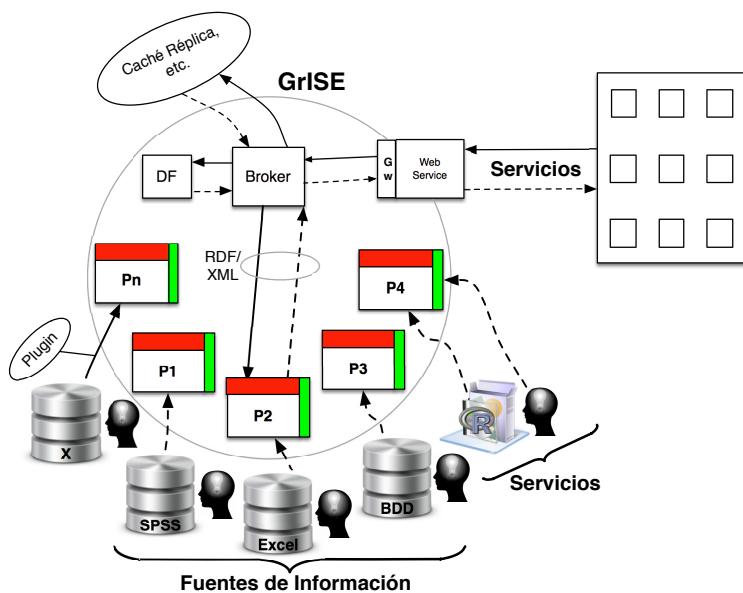


Fig. 8.11: Esquema de los Elementos de la Plataforma

funcional, en el que los experimentadores puedan evaluar las respuestas dadas a sus necesidades de información sobre un volumen real de información. El Componente implementado en la plataforma que da respuesta a esta necesidad consta de los siguientes elementos: (1) Plataforma JADE y (2) repositorios de información.

8.7.1.1 Implementación de la Plataforma JADE

La plataforma JADE como se indicó anteriormente es el elemento principal del componente que gestiona la parte conceptual de ISRE. Para su implementación utilizamos como base una pequeña red de ordenadores genéricos, donde cada ordenador tenía una dirección ip asignada, un sistema operativo distinto para efectos de pruebas de desempeño entre diferentes entornos, el ambiente de ejecución de JAVA (JRE) y el aplicativo para integrar una varias instancias de información de cada ordenador en la plataforma JADE. La intención fue simular los ordenadores de los experimentadores, considerando que cada uno contiene la información correspondiente a los roles que representan los experimentadores en el proceso experimental. Para la puesta en marcha y manejo (inicio, reinicio y apagado) de la plataforma JADE, se adecuó y configuró un ordenador específico. Es preciso mencionar, que la comunicación de JADE funciona utilizando los nombres de máquinas (host name del término en inglés) o sus direcciones ip, por lo que la configuración de red fue también necesaria.

En lo que respecta al desarrollo de los módulos o piezas de software de las prestaciones de la plataforma JADE, las tareas fueron distribuidas en el grupo de desarrollo. Cada desarrollador implementó un módulo o pieza de software, para lo cual contó con un ordenador y el software necesario. El software para desarrollo consistió en un sistema operativo base, el entorno de desarrollo integrado IDE (de las siglas del inglés Integrated

Development Environment), que este caso fue Eclipse (Eclipse, 2001), JADE y JENA integrados en Eclipse como liberías, para poder emular la plataforma y crear mensajes de tipo ontología en formato RDF/XML, y JAVA como lenguaje de programación. Una vez desarrolladas y probadas las diferentes versiones del prototipo, fueron puestos en producción en la plataforma. Las pruebas iniciales consistieron en: Poner en marcha la plataforma en un ordenador central, probar el registro de agentes en la plataforma, y probar el intercambio de mensajes entre agentes. A continuación se realizaron las pruebas funcionales de acuerdo a como se iban dando respuesta a las necesidades de información de los experimentadores.

8.7.1.2 Construcción de Repositorios de Información

Una vez levantada la plataforma JADE, se procedió a la implementación de los repositorios de información. Como mencionamos anteriormente, implementamos una pequeña red de ordenadores, para simular las máquinas de los experimentadores, en los cuales creamos distintos repositorios de información. Entiéndase por repositorios a aquellos contenedores de información en distintos formatos, por ejemplo bases de datos, sistemas de ficheros, ficheros, etc.

La construcción de repositorios de información consistió en estructurar bases de datos relacionales con MySQL, cuyos modelos Entidad-Relación (ER) fueron construidos en base a los modelos conceptuales producto de la formalización del proceso experimental en IS, de forma irrestricta. Por lo tanto obtuvimos una BDD para cada uno de los roles GI, GE y XLS. Toda información que pudo ser almacenada de forma estructurada, paso a ser parte de la BDD, por ejemplo datos crudos, sujetos experimentales, variables respuesta, etc. Otro grupo de información fue almacenada en el sistema de ficheros propio del sistema operativo de los ordenadores. Esta información se basó fundamentalmente en ficheros de herramientas de oficina, como word , Excel y Power Point y Material experimental escaneado, como por ejemplo formularios cumplimentados por los sujetos experimentales. Para hacer accesible dicha información a través de la plataforma JADE, debió ser publicada en la plataforma, a través de agentes, según los requerimientos formulados por las necesidades de información. Lo cual fue desarrollado de forma incremental de acuerdo a las necesidades de información que se fueron dando respuesta.

En preciso aclarar que la JADE es una plataforma cuya fortaleza radica en la comunicación entre agentes, por lo tanto hasta esta instancia de desarrollo, todo el flujo de información entre agentes a través del intercambio de mensajes, podía ser visualizado únicamente por medio de las herramientas propias de JADE y en un formato que no podrían entender fácilmente los experimentadores. Por lo tanto, surgió la necesidad de implementar herramientas independientes de la plataforma (de terceros), para visualizar la información en un formato amigable y fácil de entender.

8.7.1.3 Implementación de Visor Experimental Como Prueba de Concepto

La implementación de la prueba de concepto tuvo el propósito de crear una interfaz para visualizar la información con la que provee la plataforma JADE a las necesidades de información, en un formato amigable para los experimentadores y con la perspectiva de un ambiente experimental real. Sin embargo, la prueba de concepto obtuvo hallazgos inesperados que nos indicaron el camino para integrar las dos tecnologías principales utilizadas

para la construcción de ISRE, es decir JADE y Bonita, lo cual se explica a detalle, más adelante.

El panorama del GrISE que encontramos previo a la construcción de ISRE, respecto al manejo de su información experimental fue: experimentos desregados y experimentadores trabajando independientemente con la información inherente a los roles que desempeña en el proceso experimental. En estas circunstancias, ubicar cualquier dato de un experimento específico, no era sencillo ni peor aún inmediato. ISRE soluciona esta problemática, sin embargo es una plataforma abierta cuya información está en un formato que debe ser transformado a uno conocido por los experimentadores.

Para facilitar la problemática de la visualización de la información provista por la plataforma diseñamos e implementamos un browser de información experimental denominado SAEX (Reyes, 2013) que nos permitió visualizar de forma sencilla qué información hay disponible de cada uno de los experimentos que se han realizado dentro del GrISE, sin necesidad de indagar sobre la información, su organización (por ejemplo, bases de datos electrónicas, hojas de cálculo, etc.) o los componentes tecnológicos involucrados. La información que es visualizada en el browser se encuentra en diferentes repositorios conforme a la estructura indicada por las ontologías. La SAEX nos ha permitido mostrar en un formato familiar para el experimentador, las respuestas dadas a sus necesidades de información de los experimentadores.

Para la definición de las características de la prueba de concepto fueron considerados algunos factores, principalmente en miras a satisfacer las necesidades de información del experimentador y no recaer en el tradicional sistema web, y demostrar que la plataforma es independiente de la tecnología utilizada. Por lo tanto, se consideró adecuada la construcción de una aplicación móvil para tableta como interfaz para esta prueba de concepto, debido a que la mayoría de experimentadores están familiarizados con estos medios tecnológicos.

SAEX tiene dos utilidades: Mostrar que es posible la construcción de sistemas de terceros que visualicen de una forma totalmente arbitraria la información de la plataforma. Por otro lado, tiene la utilidad de demostrar la posibilidad de construir un gateway desde lo que es la plataforma de agentes al mundo de servicios, con lo cual también nos dio visos para saber como implementar la conexión entre los módulos de Bonita BPM y la plataforma JADE, con el propósito de hacer la plataforma lo más independiente de la tecnología concreta (no de la arquitectura), de forma que pudieran convivir: agentes, servicios, RMI, y otros tipos de MIDDLEWARE.

SAEX fue desarrollada con el fin de brindar una interfaz intuitiva que permita, de una forma sencilla, interactuar con la plataforma ISRE. En primera instancia, la aplicación está encaminada a trabajar con una familia de experimentos del grupo de investigación GrISE. La interacción entre el investigador y la aplicación móvil tiene como punto de partida la familia de experimentos. La aplicación móvil permite al investigador visualizar la información más importante de cada experimento (por ejemplo: Hipótesis, métricas del experimento, etc); mientras que la plataforma, procesa todas las necesidades de información de forma conceptual (ontológica). El diagrama de secuencias de la Figura 8.12, esquematiza el intercambio de mensajes entre la aplicación móvil y los diferentes componentes de la plataforma: Servicio web, agente gateway, directorio de páginas amarillas (DF) y publicadores.

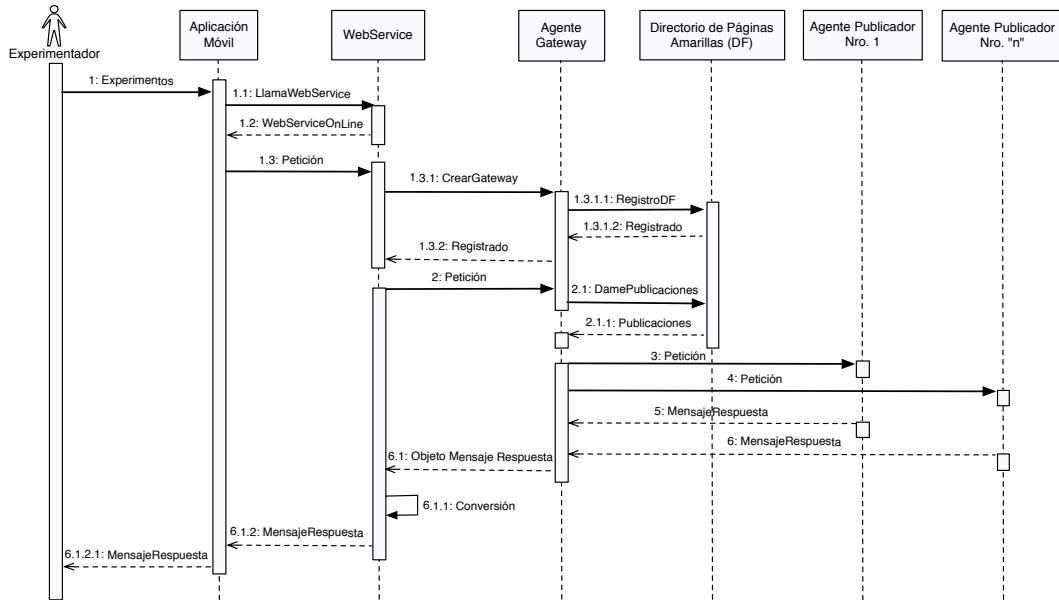


Fig. 8.12: Diagrama de Secuencias del Flujo de Información Aplicación - Plataforma

El usuario inicia la interacción con la plataforma ISRE mediante un evento. En el ejemplo, el experimentador pulsa la pantalla sobre el ícono de experimentos. A paso seguido, la aplicación móvil se enlaza con el servicio web a través de un método del servicio web, y la petición es pasada. El servicio web a su vez realiza una interacción con la plataforma, a través de agente gateway, el cual se registra en el directorio DF y la petición es enviada al DF consultando por publicadores de experimentos. El DF responde con las direcciones de los publicadores de experimentos; estos agentes previamente han sido registrados en el directorio DF. Posteriormente los Agentes Publicadores responden con mensajes en formato RDF/XML a la petición. Este mensaje regresa por la misma ruta a quienes realizaron las peticiones hasta alcanzar a la aplicación móvil, misma que presentará los resultados al experimentador. La transformación de RDF/XML a la información que el experimentador busca, es realizada en el servicio web. La Figura 8.13 muestra un esquema con ejemplos de salidas de vista al usuario, a través de la aplicación móvil.

Como se puede apreciar, la función del agente gateway fue fundamental para permitir la interacción de la aplicación móvil (servicios) con la plataforma (JADE). Justamente esto nos ayudó a intuir la interacción de la parte dinámica del proceso, con la parte estática que representa la parte conceptual. La interfaz servicio-agente es muy importante, dado que esto ayuda a independizar la plataforma de otras tecnologías. Por un lado el agente gateway es el nexo de unión del servicio web y el servicio web es una puerta de entrada para otras aplicaciones, entre ellas podría ser el componente procedural.

8.7.2 Implementación del Componente de Proceso

Como hemos podido apreciar en la construcción del visor experimental, la capacidad de operación de ISRE con otros sistemas es amplia. Sin embargo, en paralelo construimos

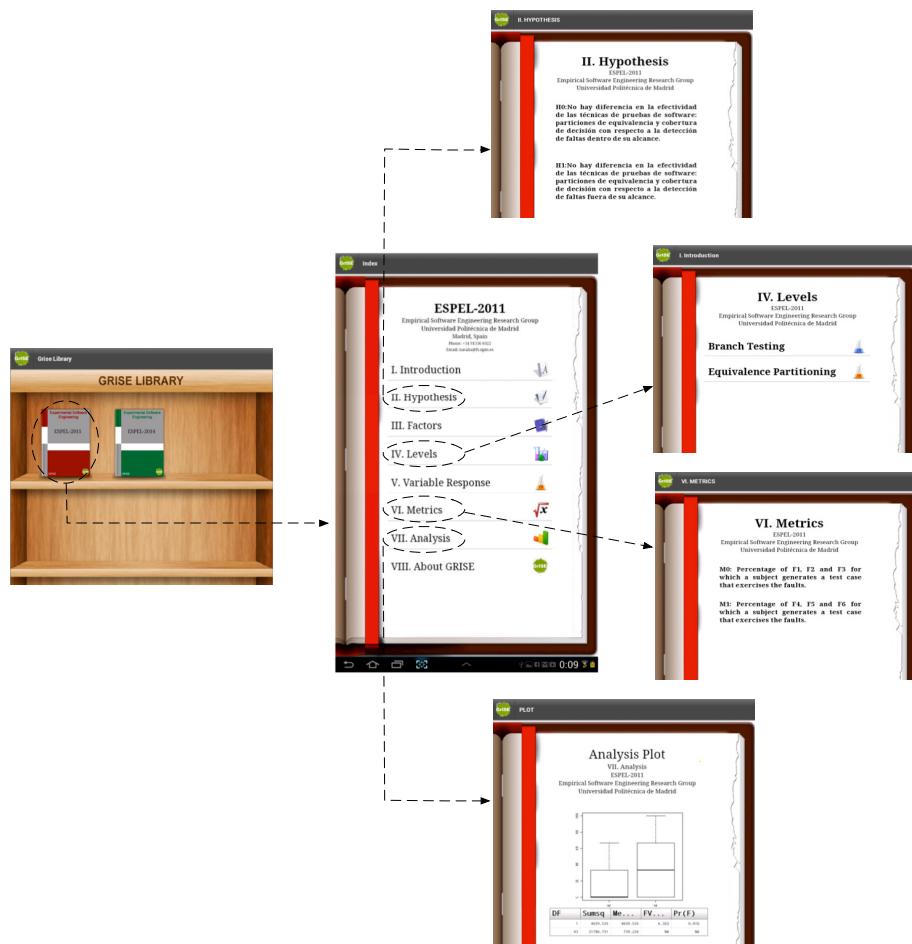


Fig. 8.13: Esquema de Ejemplos de Salida del Visor Experimental

un segundo componente para la plataforma que responde a las necesidades de soporte de los experimentadores de un grupo de investigación, en el proceso de una replicación experimental en IS. La Figura 8.14 esquematiza el proceso seguido para llevar a cabo una replicación. De este proceso fue implementada una pequeña parte, a modo de prototipo de herramienta de soporte, para comprobar la versatilidad del modelo de procesos. Más específicamente fue implementado el proceso de transferencia de conocimiento al replicador previo la ejecución de la replicación, para lo cual utilizamos la herramienta Bonita BPM.



Fig. 8.14: Esquema del Proceso de una Replicación

La Figura 8.14 ilustra los pasos que componen el proceso de replicación experimental. El primer paso para realizar una replicación experimental consiste en obtener de los experimentadores el conocimiento necesario para llevar a cabo la misma. Dentro de los pasos previos a la ejecución de la replicación, se considera fundamental el diseño de la misma, en el cual se especifica el orden de aplicación de los tratamientos a los objetos experimentales, tomando en cuenta el grupo que los aplica y la sesión en que son aplicados. Otro de los hitos fundamentales previos a la ejecución de una replicación es el estudio del kit experimental, que consiste de un conjunto de materiales, instrumentos y objetos experimentales, provistos por los experimentadores originales, que serán utilizados para la ejecución como tal de la replicación. Una vez estudiado el kit experimental, es necesario preparar el material para la replicación. Esta preparación consiste en, realizar todas las adaptaciones que demanda el nuevo contexto (por ejemplo, la traducción de los materiales), imprimir los materiales y preparar los grupos de material de acuerdo al número de sujetos experimentales. Posteriormente se realiza la ejecución de la replicación y finalmente se obtienen los resultados de la replicación (e.g. nuevos conocimientos en la ejecución de replicaciones externas).

El proceso de replicación experimental es un proceso extenso donde están involucrados varios actores (por ejemplo: Experimentador senior, replicador, gestor del experimento, etc.) y donde se deben considerar diferentes aspectos (por ejemplo: Diseño del experimento, kit experimental) para su ejecución. Para ayudar a los experimentadores en la ejecución de un proceso de replicación, hemos construido inicialmente un prototipo de herramienta que considera diferentes pasos involucrados en la etapa inicial de la replicación. La construcción de esta herramienta se ha realizado partiendo de un diagrama BPM que modela el proceso de transferencia del conocimiento al replicador. Las Figuras 8.15 y 8.16 esquematizan el proceso de transferencia del conocimiento al replicador, previo al inicio de una replicación.

El diagrama BPM fue implementado en Bonita BPM, con la cual modelamos, ejecutamos y controlamos los procesos iniciales de una replicación experimental. Guiados por el ayudante de Bonita Studio y a partir del BPM del proceso de transferencia del conocimiento al replicador, creamos un prototipo de aplicación web que da soporte a los experimentadores y a un replicador interesado, en el proceso en mención.

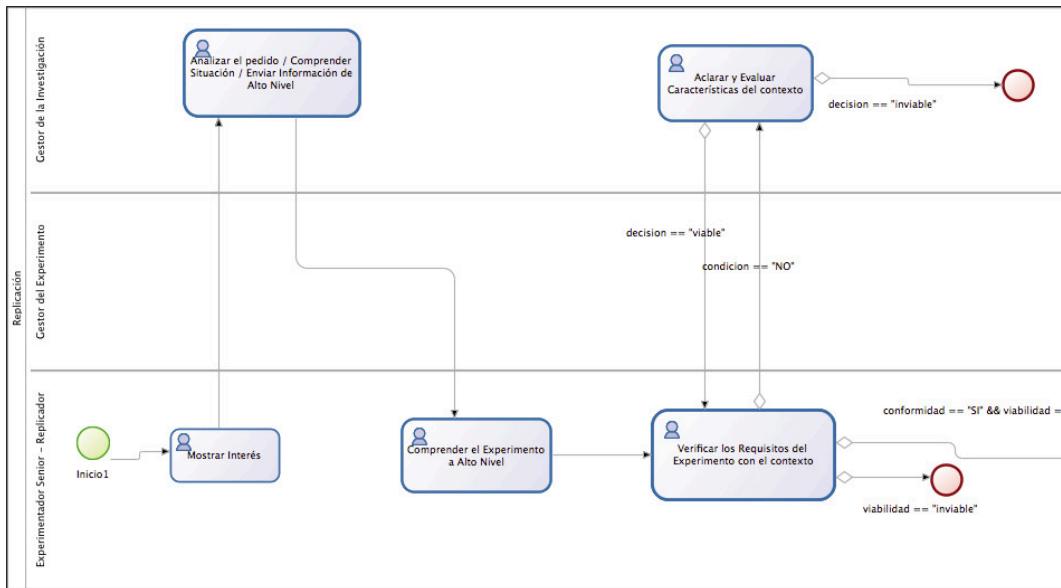


Fig. 8.15: Proceso de Transferencia de Conocimiento al Replicador Parte 1

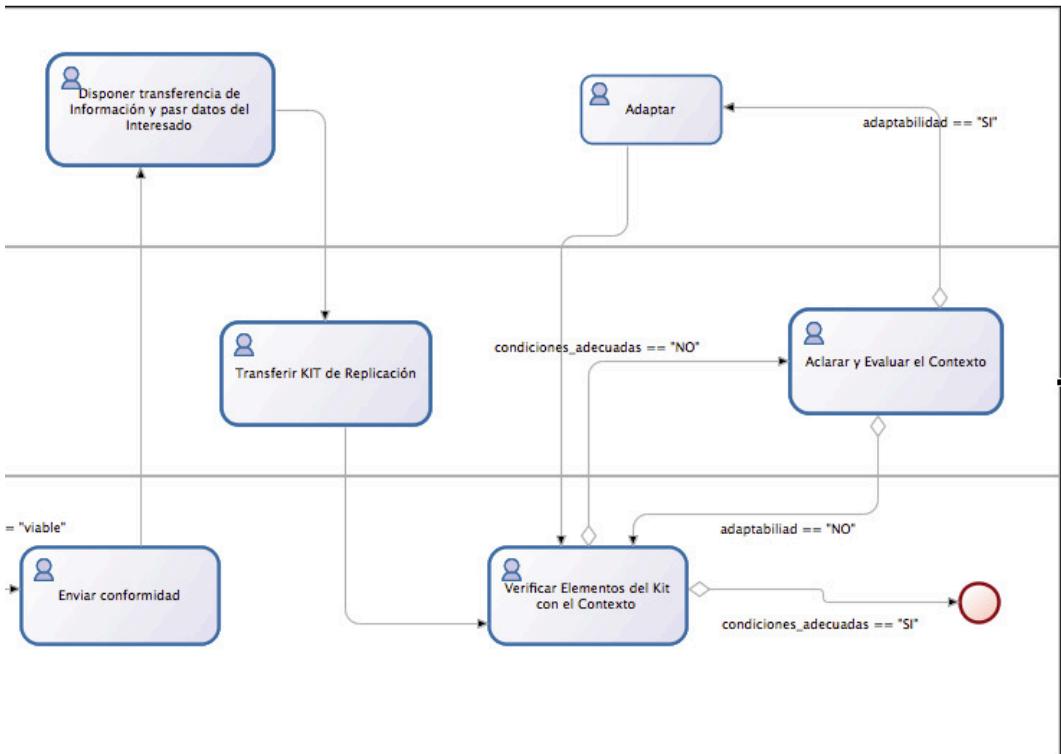


Fig. 8.16: Proceso de Transferencia de Conocimiento al Replicador Parte 2

8.8 Evaluación de la Plataforma

El desarrollo de ISRE como se indicó anteriormente, no corresponde a la aplicación del método de AR, sino a un método de desarrollo ad hoc del tipo ágil adaptado a nuestra investigación de innovación tecnológica. Sin embargo, también fue considerada la evaluación exhaustiva de la plataforma. Las actividades de evaluación de la plataforma estuvieron organizadas en dos instancias o niveles: (1) Evaluación cíclica incremental y, (2) evaluación operacional. Estos niveles de evaluación son descritos a continuación, más en detalle.

8.8.1 Evaluación Cíclica Incremental

La evaluación cíclica incremental corresponde a la realizada tanto por el equipo de desarrollo, como por los experimentadores, en cada una de las fases de desarrollo. Es decir, ambos grupos (desarrolladores y experimentadores) verificaron y validaron la implementación realizada en cada fase de desarrollo, tanto a nivel de respuesta a necesidades de información, como a nivel de soporte al proceso experimental.

A nivel del grupo de desarrollo, la evaluación consistió básicamente en pruebas unitarias funcionales de tipo informal. Es decir, en cuanto culminamos un incremento era verificada y validada su funcionalidad en función únicamente, ya sea de las necesidades de información de los experimentadores o, de acuerdo a necesidades de soporte al proceso experimental, dependiendo a cual correspondía el incremento.

A nivel de los experimentadores, esta evaluación consistió en pruebas funcionales de alto nivel, es decir básicamente del tipo respuesta a las necesidades de información planteadas por los mismos experimentadores, o en su defecto, pruebas de funcionamiento de algún módulo que representaba un sub proceso de la replicación experimental. Esta evaluación fue realizada por el GI, GE y EXP, los cuales manifestaron su validación, aceptación, el avance que esto significa para el proceso experimental.

Evidentemente los experimentadores coincidieron en que al tratarse de un prototipo, la plataforma aún no es muy madura y que es necesario trabajar más, lo cual se discutirá en el capítulo de futuras líneas de investigación.

8.8.2 Evaluación Operacional

La evaluación operacional hace referencia a la capacidad de operación del prototipo de la plataforma. La característica de esta evaluación que la diferencia de la evaluación incremental, es que la plataforma fue evaluada en base a un volumen real y considerable de información generada tanto por el grupo de investigación GrISE dentro de su entorno, es decir dentro de la UPM, así como por replicadores externos al grupo, en entornos diferentes.

La información del GrISE corresponde a instancias experimentales de diferentes líneas de investigación, entre ellas están los experimentos en la línea de técnicas de pruebas de software y en la línea de requerimientos de software. Con las cuales se evaluó la plataforma, puntualmente dando respuesta a las necesidades de información a los experimentadores, por ejemplo en conocer los análisis estadísticos de distintas instancias experimentales utilizando para ellos varias herramientas especializadas en análisis tales como R y SPSS instanciadas en la plataforma como agentes publicadores de servicios. En base a esta información instan-

ciada, construimos la funcionalidad necesaria para dar respuesta a necesidades puntuales de información del GI, GE y ES. La evaluación la realizaron los experimentadores ejercen estos roles en el GrISE, lo cuales validaron el prototipo y expresaron su satisfacción por el avance que esto significa para la investigación experimental en IS.

La información generada por replicadores externos, corresponde a la de instancias experimentales llevadas a cabo fuera del seno del GrISE por experimentadores diferentes, en entornos totalmente diferentes. Por citar algunos ejemplos: Replicación llevada a cabo en la Universidad ORT de Uruguay (2005), replicación llevada a cabo en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de Ecuador (2011), replicación llevada a cabo en la Universidad Politécnica de Valencia (2005), etc. Estos resultados han sido instanciados en la plataforma para evaluar su versatilidad obteniéndose resultados prometedores. La evaluación de la versatilidad de la plataforma con esta información la realizaron solamente un par de los replicadores que generaron la información, debido fundamentalmente a dificultades asociadas con temas de agendas muy apretadas y tecnológicos que imposibilitaron la evaluación en línea. La experiencia de estos experimentadores, fue satisfactoria al igual que los del GrISE.

Tenemos previsto realizar una validación formal donde otros experimentadores verifiquen un prototipo más avanzado de la herramienta y nos den su retroalimentación respecto a sus habilidades, funcionalidad, etc., lo cual lo haremos más adelante porque el prototipo actual es una prueba de concepto que fue evaluada y validada, pero está demasiado inmadura como para que pueda ser evaluado formalmente. Sin embargo, como indicamos, todos los criterios vertidos han sido alentadores.

La evaluación y validación de la herramienta ha sido fundamental, ya que ha permitido efectivamente triangular elementos de juicio. Por un lado los productos obtenidos de la investigación (modelos), el aprendizaje del proceso por parte del investigador en el sentido de que por ejemplo los datos obtenidos en la replicación de Ecuador fueron almacenados en la plataforma, y los resultados que existen hasta el momento en el grupo de investigación.

Parte IV

Conclusiones, Futuras Líneas de Investigación y Discusión

En este apartado se presentan las conclusiones, futuras líneas de investigación y una discusión final. Dicha información esta detallada en los Capítulos 9 y 10.

Capítulo 9

Conclusiones y Futuras Líneas de Investigación

RESUMEN: En este capítulo se hace un resumen la problemática y los objetivos de investigación plateados para contribuir con su resolución (Sección 9.1), para detallar a continuación las principales contribuciones de esta investigación, de la mano con una reflexión acerca de cómo estas contribuciones han permitido el logro de los objetivos planteados al inicio de esta investigación (Sección 9.2). A continuación, se presentan las futuras líneas de investigación (Sección 9.3).

La metodología de investigación que ha guiado el desarrollo de esta Tesis Doctoral, ha promulgado una cultura investigativa ordenada, coherente y consecuente, cuya premisa ha sido el planteamiento de objetivos de investigación alcanzables, para contribuir efectivamente a la solución de la problemática identificada con la generación de resultados prácticos. Por lo tanto, esta sección de conclusiones generadas ha sido estructurada básicamente en base a la relación: problemática - objetivos - resultados. Es preciso mencionar, que las principales contribuciones de la investigación son prometedoras, lo cual se ve reflejado en las conclusiones obtenidas.

9.1 Problemática y Objetivos de Investigación

Tal como fue indicado en el Capítulo 3, la finalidad de la investigación llevada a cabo en esta Tesis Doctoral es formalizar el proceso experimental en IS de tal forma que:

- Se disminuya la complejidad del manejo y la comunicación de la información (explícita e implícita) del ciclo experimental y,
- Facilitar la realización de replicaciones y por consiguiente, las actividades posteriores del ciclo de investigación experimental.

Tras realizar en el Capítulo 2 un exhaustivo estudio del estado de la cuestión a través de una SLR de herramientas de manejo de información experimental, se ha comprobado que las distintas disciplinas experimentales estudiadas han considerado la formalización de sus modelos conceptuales, en base a su tradición y años de experiencia, los cuales son la base

de sus repositorios de información experimental; lo cual no sucede con la IS. Sin embargo, dicha formalización está enfocada de forma específica a cada disciplina en cuestión. La especificidad encontrada en los modelos propuestos provoca diversidad terminológica entre las disciplinas experimentales. Por lo tanto, ningún modelo fue adecuado para seguir como referente para la IS y hacer una investigación teórica sobre el mismo.

Como parte del exhaustivo estudio del estado de la cuestión realizado en el Capítulo 2, una segunda SLR de modelos de proceso experimental, permitió comprobar que las disciplinas experimentales estudiadas, si consideran la formalización de su proceso experimental, cuyo modelo es la base de sus herramientas de soporte, lo cual tampoco es el caso de la IS. Sin embargo, la formalización es específica de cada disciplina a nivel del proceso. Adicionalmente, se encontró que la mayoría de modelos son de baja granularidad y poco detallados. En consecuencia, tampoco fue tomado como base para seguir en IS, ningún modelo de las propuestas estudiadas, dadas las características mencionadas.

Con el fin de resolver este problema, El presente trabajo de investigación plantea el objetivo general indicado a continuación, tal como se indica en el Capítulo 3).

Formalizar el proceso experimental en IS, de modo que se facilite la comunicación entre los experimentadores y estos puedan realizar experimentos y replicaciones de forma más sencilla, así como gestionar la información inherente al proceso.

Para satisfacer este objetivo, esta Tesis plantea un estudio empírico guiado por AR, respecto a los modelos conceptual y de proceso de la experimentación en IS, en el lugar mismo donde se lleva a cabo, es decir, en el seno de un grupo de investigación específico, en este caso el GrISE de la UPM.

El método seguido para llevar a cabo la investigación fue AR, por ser considerado el método más idóneo, dada su afinidad con las particularidades de la investigación, esto es:

- La investigación se desarrolla en un único contexto, esto es, el grupo de investigación GrISE.
- Los experimentadores del grupo GrISE tienen aprobado un proyecto de investigación en el que se circunscribe el presente trabajo de tesis, lo que implica su compromiso de resolver la problemática identificada, para lo cual existe la predisposición a compartir toda la información del grupo y aunar esfuerzos con el investigador para lograr los objetivos planteados
- El investigador está comprometido a observar, aprender y participar con los experimentadores para resolver la problemática identificada, bajo un enfoque iterativo de resolución de problemas. Adicionalmente, el investigador tiene obligaciones que cumplir inherentes a una beca de estudios con fechas establecidas
- La validez de los resultados será sustentada por medio de un proceso exhaustivo de investigación que incluya profundas reflexiones críticas y el material necesario para poder replicar la investigación.

Las características indicadas, corresponden en gran medida con las propiedades de AR. Esta correspondencia fue determinada mediante un profundo estudio de AR frente a otros métodos de investigación, tal como se detalla en el Capítulo 4. **AR permitió al investigador integrarse al grupo de investigación objeto de estudio como un ente**

activo, en donde pudo poner de manifiesto, conjuntamente con los experimentadores del grupo, que formalizando el proceso experimental, era posible mejorar la comunicación y compartición de la información experimental, y minimizar la brecha de la diversidad terminológica dentro del grupo.

En lo referente a las amenazas a la validez de la aplicación del método de AR, la estrategia utilizada para asegurar la validez ha sido la investigación exhaustiva ordenada, coherente y consecuente. Más específicamente:

- Para asegurar la validez de constructo fueron utilizadas fuentes de información confiables y su construcción se realizó en base a la información obtenida de dichas fuentes. Es decir, se utilizó literatura de fuentes muy reconocidas en la comunidad de ISE, material experimental selecto recomendado por los experimentadores, y el conocimiento de los propios experimentadores. Esta información sirvió para que el investigador elabore los constructos, los cuales fueron validados en todas las iteraciones por los experimentadores.
- La validez interna de la investigación ha sido garantizada dado que todas las propuestas, conclusiones y afirmaciones del investigador se han basado en el contacto teórico y práctico con el fenómeno bajo estudio y, adicionalmente, han sido evaluadas y validadas por los experimentadores.
- Dado que la amenaza a la validez externa es muy prominente para AR, en esta investigación fue minimizada, por el hecho haber sido realizada en un grupo de investigación, cuyos experimentadores son profesionales de reconocida trayectoria y años de experiencia en la comunidad de ISE. Justamente los años de experiencia les han permitido estructurar una familia de experimentos con innumerables instancias experimentales, por lo que la información obtenida de la investigación realizada en este grupo seguramente será muy parecida a la de otros grupos y por ende generalizable.
- La validez de la confiabilidad la hemos asegurado mediante la descripción al detalle y publicación de la traza de las actividades y productos obtenidos de la investigación, por lo cual la hace fácilmente reproducible.

En este trabajo de investigación se ha formalizado el modelo conceptual y el modelo de proceso de la experimentación en IS desde la perspectiva de los roles más representativos que participan en el proceso, esto es: GI, GE y ES, y tanto en sus vertientes conceptual como de proceso; lo cual ha constituido la base para desarrollar **el entorno de soporte a la experimentación en IS denominado ISRE, el cual gestiona la información experimental del grupo de investigación GrISE de la UPM, basado en el modelo conceptual y, da soporte al experimentador en las actividades inherentes a la experimentación, basado en el modelo de procesos**. Como se puede notar, son tres los elementos fundamentales de la formalización del proceso experimental, y por ende de ISRE: Modelo conceptual, modelo de procesos y, una base de información. En la Figura 9.1 se esquematiza las principales contribuciones de la investigación.

En resumen, **Se confirmó que llevar a cabo una replicación experimental en la práctica, representa una gran dificultad. Sin embargo, fue mucho menos compleja contando con el soporte y guía de los experimentadores del estudio original, y especialmente contando con los resultados preliminares de esta investigación**, los cuales representaron una ayuda invaluable, especialmente de soporte.

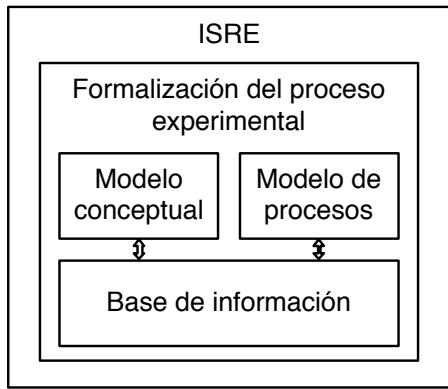


Fig. 9.1: Esquema de las Contribuciones de la Investigación

Por ejemplo, los diagramas de actividades de la ejecución de la replicación, de la mano con el workflow del proceso de replicación y su descripción, guiaron el proceso de una forma más alineada al protocolo del experimento original. Por lo tanto, **se demostró que formalizando del modelo del proceso experimental, era posible verificar la completitud de la definición y el detalle de una replicación experimental.**

La información inherente a las actividades del ciclo experimental ha sido embebida en el componente de soporte al proceso experimental de ISRE. Es decir, el componente guiará al experimentador de acuerdo al proceso en curso y al orden de ejecución de sus actividades, establecido en el modelo.

Los resultados de la investigación, han sido evaluados y validados por los experimentadores del GrISE, los cuales han expresado su satisfacción, y al parecer la comunidad de ISE también ha mostrado interés, dado que han sido aprobados artículos producto a esta investigación, en importantes revistas y congresos, como se indica en la Sección 1.4 del Capítulo 1. Sin embargo, es preciso trabajar en otros grupos de investigación para consolidar los modelos y perfeccionar la base de información, o en su defecto, promover los modelos obtenidos para que sean actualizados por la comunidad de ISE, lo cual será tratado en la Sección de futuras líneas de investigación.

9.2 Resultados y Consecución de Objetivos

Para asegurar el logro del objetivo general, fueron planteados 4 objetivos específicos:

- Construir modelos conceptuales de la experimentación.
- Construir modelos de proceso de la experimentación.
- Desarrollar una prueba de concepto de entorno de soporte a la experimentación.
- Plantear guías para el desarrollo de entornos de soporte a la experimentación.

Estos objetivos suponen una descomposición exhaustiva del objetivo general que permitió definir claramente las actividades a realizar en cada una de las etapas de la investigación.

9.2.1 Consecución de la Construcción de Modelos Conceptuales

Evidentemente, y tal como se indicó en el Capítulo 3, previo a la realización de cualquier actividad, es preciso definir los conceptos que se manejarán en una instancia experimental, los términos aplicables, las variantes de los mismos y sus relaciones. Para satisfacer este objetivo, fue **creado un modelo conceptual, desde la perspectiva de los 3 roles principales identificados en el seno del grupo GrISE (3 modelos en uno)**, como fue manifestado en el apartado anterior.

Estos modelos fueron validados por los experimentadores en varias iteraciones, utilizando esquemas, maquetas, prototipos básicos de software y finalmente por medio del componente conceptual de gestión de la información experimental de ISRE.

9.2.2 Consecución de la Construcción de Modelos de Proceso

Una vez identificados los conceptos del ciclo experimental, fue preciso identificar y estructurar las actividades que llevan a cabo los experimentadores en el proceso experimental, de acuerdo a los roles que desempeñan. Para satisfacer este objetivo se ha propuesto **la formalización de un workflow del proceso y de un modelo de procesos de la experimentación en IS**.

Estos modelos han sido evaluados y validados en varias iteraciones de construcción: por los experimentadores, en la experimentación en la práctica y, a través del componente de soporte de ISRE, el cual incluye en su funcionalidad, la descripción y ejecución de las actividades del proceso experimental.

9.2.3 Consecución del Desarrollo de una Prueba de Concepto

A pesar que la problemática identificada fue resuelta con la consecución de los objetivos 1 y 2, no cabe duda que el procesamiento manual no podrá nunca ser tan satisfactorio como el procesamiento automatizado. Para satisfacer este objetivo fue **desarrollada ISRE, que más que una herramienta, es una plataforma de soporte a la experimentación en IS**, la cual provee servicios y es independiente de la tecnología de los sistemas clientes que consumen sus servicios, tal como se detalla en el Capítulo 8. Esta plataforma, se fundamenta evidentemente en la formalización del proceso experimental y en la base de información experimental del GrISE.

ISRE ha servido como medio de evaluación de los modelos producto de la formalización del proceso experimental, la cual a su vez ha sido validada por los experimentadores, en donde pudieron apreciar de una forma más adecuada la respuesta a sus necesidades de información y evaluaron el soporte que proporciona al proceso experimental, el componente respectivo de la plataforma. Esta plataforma presenta evidentes avances respecto a las propuestas existentes en el área de la ISE, dado que es abierta, colaborativa, y sobre todo, se fundamenta en la formalización del proceso experimental, lo cual no lo hace ninguna otra.

9.2.4 Consecución del Planteamiento de Guías para el Desarrollo de Entornos Experimentales

Independientemente de la prueba de concepto de entorno de soporte a la experimentación en IS, los entornos reales evidentemente presentan restricciones que deben ser muy tomadas en cuenta al momento de su construcción. Por ejemplo, las fuentes heterogéneas de información. Para satisfacer este objetivo se ha realizado **un estudio de las características comunes de los estudios primarios examinados en el estudio del estado de la cuestión y la tecnología que las sustentan, para proponer guías para el desarrollo de entornos de soporte a la experimentación convenientes para IS.**

9.3 Futuras Líneas de Investigación

Los resultados de esta investigación han sido prometedores. Hemos logrado alcanzar todos los objetivos planteados, lo cual se refleja en la satisfacción de los experimentadores del grupo de investigación objeto de estudio GrISE. De la mano con los hallazgos alcanzados, se han abierto nuevas líneas de investigación a raíz de los resultados obtenidos, las cuales son desafiantes. Para reportar de una manera consecuente las futuras líneas de investigación identificadas, las hemos estructurado de acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos.

9.3.1 Futuras Líneas de Investigación Identificadas en la Construcción de los Modelos Conceptuales y de Proceso de la Experimentación en IS

Los modelos del ciclo experimental en IS (conceptuales y de proceso) obtenidos en la investigación de esta Tesis Doctoral, alcanzaron un alto grado de detalle y granularidad, comparados con los modelos de las propuestas de diferentes disciplinas experimentales maduras. Estos modelos se han constituido como el núcleo de la formalización del proceso experimental y por ende de la prueba de concepto de entorno de soporte a la experimentación construida. Sin embargo, estamos conscientes que no están completos, posiblemente a causa de: (1) Permanencia de conocimiento tácito, (2) Necesidad de mayor profundización en la investigación del ciclo experimental en IS, y (3) La muestra objeto de investigación es única.

9.3.1.1 Futura Línea de Investigación Respecto al Conocimiento Tácito

Todo lo referente al conocimiento tácito es controvertido y complejo. No es de nuestro interés adentrarnos en temas de psicología o del comportamiento humano ni mucho menos. Sin embargo, creemos que el enriquecimiento y constante actualización de los modelos conceptuales y de proceso es fundamental para mermar la brecha de la diversidad terminológica y por ende mejorar la comunicación y compartición de la información. Los más idóneos para esta labor son los experimentadores, ya que son quienes poseen el conocimiento y tienen la vivencia cotidiana de la experimentación. Por lo tanto, creemos que se podría considerar la propuesta de un mecanismo que facilite el proceso de hacer explícito el conocimiento tácito de los experimentadores, por si mismos.

A groso modo, la propuesta podría consistir en hacer que los experimentadores por si mismos alimenten y depuren los modelos conceptuales y de proceso de la experimentación en IS, con nuevos conceptos, términos, descripciones, relaciones, procesos, actividades etc., en base a sus vivencias y de forma colaborativa, basados en el debate y el consenso. En otras palabras, la intención es hacer participar a la comunidad en el mantenimiento de la formalización del proceso experimental y, porqué no, pensar en su futura estandarización.

9.3.1.2 Futura Línea de Investigación Respecto a la Completud de los Modelos del Ciclo Experimental en IS Obtenidos

La cobertura del ciclo experimental en IS alcanzada en los modelos producto de la investigación de esta Tesis Doctoral ha sido considerable, comparada con los modelos encontrados en otras disciplinas experimentales. Sin embargo, estamos conscientes que no fue cubierto por completo el ciclo experimental. Por ejemplo, en lo tocante a la síntesis de resultados queda mucho por investigar.

Como futura línea de investigación a este respecto, consideramos que se debería continuar con la investigación empírica, como la vía más adecuada, respecto a lo que queda resta del ciclo experimental, posiblemente en el mismo grupo GrISE, dado que sus experimentadores están muy interesados en mejorar los modelos, compartir su información y develar todos los roles, conceptos, relaciones, términos, definiciones, procesos, actividades, etc., adicionales que sean posibles, dentro del ciclo experimental en IS.

9.3.1.3 Futura Línea de Investigación Respecto al Tamaño de la Muestra Objeto de Estudio

La investigación de esta Tesis Doctoral ha sido exhaustiva, lo que cual se refleja en todas las precauciones que hemos tomado con el propósito de garantizar su validez. Sin embargo, estamos conscientes que llevar a cabo la investigación en una única muestra de la población bajo estudio, por más representativa que esta sea, es insuficiente. Por lo tanto, no se debería descartar la posibilidad de dar viabilidad a replicaciones de esta investigación en otros grupos investigación de la comunidad de ISE.

Evidentemente, realizar una replicación de esta investigación representaría un gran esfuerzo, mucho tiempo y un elevado costo. No obstante las dificultades, las ventajas de una validación de la investigación a través de una replicación serían muchas: Se podría contrastar los modelos, la diversidad terminológica, expandir la formalización del proceso experimental, en caso de encontrarse un grupo representativo, posiblemente se podría mejorar los modelos, etc.

9.3.2 Futuras Líneas de Investigación Identificadas en la Construcción de la Prueba de Concepto de Entorno de Soporte a la Experimentación en IS

La prueba de concepto de entorno de soporte a la experimentación en IS, ha significado la vía más adecuada de evaluación y validación de la formalización del proceso experimental. Sin embargo, la selección de la tecnología utilizada responde únicamente a la premura de implementación y puesta en operación de la prueba de concepto. El desarrollo de un

entorno real de soporte a la experimentación, debe responder a las restricciones y necesidades de la operación experimental real, tales como: Aumento del volumen de información, cobertura del entorno de soporte a varios grupos de investigación, fuentes heterogéneas de información, etc.

Creemos que se debería considerar la renovación de las tecnologías utilizadas para la plataforma ISRE, de tal manera que responda estrictamente a las guías de desarrollo de entornos de soporte a la experimentación en IS, planteadas en el Capítulo 7, las cuales responden a necesidades de entornos de soporte a la experimentación reales de otras disciplinas. Por ejemplo, en el caso de que la cobertura de soporte trascienda a más de un grupo de investigación, ya no solo se requerirá integrar la información de los experimentadores, sino la de varios grupos de investigación a la vez, lo cual constituiría un nuevo desafío.

Capítulo 10

Discusión

RESUMEN: En este capítulo se realiza una comparación entre las características principales identificadas en los modelos de las herramientas experimentales (Sección 10.1), esto es: especificidad, detalle y granularidad. En base a estas características se realiza una comparativa (Sección 10.2) entre el modelo conceptual obtenido de la síntesis de resultados del estado de la cuestión, con el modelo conceptual resultante de la investigación objeto de esta tesis. Finalmente, se realiza una comparación (Sección 10.3) entre el modelo de proceso resultante de la síntesis de resultados del estado de la cuestión, con el modelo de proceso obtenido de la investigación.

La problemática general abordada en la investigación de esta tesis doctoral, está representada fundamentalmente por la dificultad de la comunicación de información experimental entre los investigadores dentro de un grupo de investigación en ISE. Lo cual, presenta problemas a la hora de reproducir los resultados de los experimentos base, en sus repeticiones.

Esta dificultad no es privativa de la ISE, ya que la hemos identificado también en otras disciplinas (donde la experimentación está bien asentada), a través de las revisiones sistemáticas de literatura realizadas en el estado de la cuestión. Para solventar en parte esta dificultad, las disciplinas estudiadas han formalizado modelos conceptuales y de proceso como base de distintas propuestas de herramientas de soporte a la experimentación, para cubrir diferentes etapas del ciclo experimental.

El estudio de las características de los modelos experimentales de las distintas disciplinas consideradas, ha determinado que en su mayoría tienen un bajo nivel de detalle, son muy específicos de la disciplina e incluso del problema que resuelven, y su nivel de granularidad es bajo. Sin embargo, este estudio no ha sido suficiente para identificar las causas de este comportamiento de los modelos, aunque hay indicios que nos llevan a deducir posibles causas.

Por el contrario, las necesidades de los experimentadores en ISE, han determinado que los modelos conceptuales y de proceso para esta disciplina deben presentar características de: Elevado nivel de detalle (dado que su cobertura debe ser mayoritaria en lo que respecta al ciclo experimental), bajo grado de especificidad (para facilitar la integración de datos de distintas fuentes) y alto grado de granularidad (para minimizar la diversidad

terminológica). Esta fue la razón por la que no se optó por tomar a ninguna disciplina experimental de las estudiadas, como base a seguir. Por lo tanto, consideramos que los resultados más relevantes obtenidos en esta investigación son los modelos conceptuales y de proceso núcleo de la formalización del ciclo experimental en IS, que presentan estas características de forma estricta.

Con el propósito de encontrar las posibles causas que justifiquen la tendencia de las características de los modelos estudiados, realizamos un comparativo entre el: Detalle, especificidad y granularidad de los modelos.

10.1 Comparativa de las Características de los Modelos de las Herramientas Experimentales

Las revisiones sistemáticas de literatura realizadas permitieron vislumbrar varios hechos muy importantes en lo que respecta a la gestión de información experimental y al soporte al experimentador en el proceso experimental en las diferentes disciplinas estudiadas.

Mas específicamente, en base a los criterios de clasificación referentes a los modelos de los estudios primarios, realizamos comparaciones que nos permitieron evidenciar algunos hechos importantes. Llevamos a cabo tres comparaciones: (1) Especificidad versus nivel de detalle , (2) especificidad versus granularidad, y (3) nivel de detalle versus granularidad. Estas comparaciones se describen a continuación, más en detalle. Es preciso indicar que para diferenciar los estudios primarios de las herramientas de gestión de información, de los de las herramientas de soporte al proceso experimental, se incluyó una letra R y una H al final de cada estudio, respectivamente.

10.1.1 Especificidad Versus Detalle

De acuerdo a las Tablas 2.9, 2.10, 2.20 y 2.21, se puede observar que las distribuciones entre la especificidad y el detalle de los modelos, no son similares. En lo que respecta a la especificidad, las distribuciones en las dos escalas consideradas (alto y bajo) son relativamente homogéneas. Al contrario, en lo que respecta al nivel de detalle del modelo, las distribuciones son diferentes, ya que existe un mayor número de estudios que tienen un bajo nivel de detalle.

La Figura 10.1 muestra una comparación de las distribuciones de estas dos características (especificidad y detalle).

El análisis de la comparación de la especificidad versus el detalle evidencia por un lado, que existen varios trabajos (EP1-R, EP10-R, EP12-R, EP13-R, EP14-R, EP4-H y EP5-H) cuyos niveles de especificidad y detalle son altos. Sin embargo, es mayor el número de trabajos (EP2-R, EP4-R, EP5-R, EP6-R, EP7-R, EP8-R, EP16-R, EP6-H EP7-H, y EP8-H) que tienen dichos niveles bajos.

Creemos que las propuestas cuyos modelos presentan los niveles altos en ambos criterios, se debe a que dentro de su disciplina llevan a cabo distintas actividades específicas, por lo que es consecuente pensar en que sus modelos requieran de un mayor detalle para cubrir toda su funcionalidad y volcados totalmente con la terminología del área de aplicación. Por ejemplo, la propuesta EP1-R está orientada al manejo de datos experimentales sobre

		Nivel de especificidad del modelo	
		Alto	Bajo
Nivel de detalle del modelo	Alto	EP1-R, EP10-R, EP12-R EP13-R, EP14-R, EP4-H EP5-H	-
	Bajo	EP3-R, EP9-R, EP11-R EP17-R, EP1-H, EP2-H EP3-H	EP2-R, EP4-R, EP5-R, EP6-R, EP7-R, EP8-R, EP16-R, EP6-H EP7-H, EP8-H

Fig. 10.1: Comparación de la Especificidad Versus el Detalle de los Modelos

estructuras de proteínas, los cuales se generan a un ritmo sin precedentes en los proyectos de secuenciación del genoma (Raymond et al., 2004).

Al contrario, creemos que las propuestas que a la vez tienen un bajo nivel de especificidad y de detalle, obedecen a que la propuesta está encaminada a funciones generales. Por ello, el modelo está definido por conceptos generales pero en un número bajo. Por ejemplo, el estudio EP7-R está dedicado al manejo, integración y almacenamiento de grandes ficheros correspondientes a conjuntos de datos biológicos, a través de un gestor de almacenamiento jerárquico. Por consiguiente el modelo maneja conceptos del estilo: Experimento, condiciones, muestras y, medidas (Mehlhorn y Schreiber, 2011).

Por otro lado, no hemos encontrado dentro de los estudios primarios, ninguno que tenga a la vez un bajo nivel de especificidad y un alto nivel de detalle. Esto se justifica, ya que inclusive fuera del marco de esta revisión sistemática de literatura, no hemos podido encontrar una propuesta de estas características, lo cual justamente nos motivó a llevar a cabo esta investigación.

Al contrario, si hemos encontrado pocas propuestas (EP3-R, EP9-R, EP11-R, EP17-R, EP1-H, EP2-H, y EP3-H) que tienen a la vez un alto nivel de especificidad y un bajo nivel de detalle. Creemos que las propuestas con esta combinación de características responden a su orientación a una tarea específica dentro de una disciplina, para lo cual el modelo requerido no necesita mayor detalle. Por ejemplo, el estudio EP3-R corresponde a la disciplina de las neurociencias y está orientada únicamente al acceso a datos para llevar a cabo análisis específicos (Rautenberg et al., 2011).

En resumen, al parecer la combinación especificidad-detalle en alto grado en los modelos, es común en las herramientas experimentales dedicadas a varias tareas específicas de una área en particular. Pero es más común esta combinación en bajo grado, lo cual corresponde en parte a lo que requieren los experimentadores en ISE, esto es, modelos de conceptos y procesos experimentales con terminología independiente de la disciplina. El tema del bajo detalle podría explicarse posiblemente porque en los reportes generalmente se incluye solamente extractos importantes de una investigación por cuestión de espacio. La combinación alta especificidad - bajo detalle al parecer también es común en modelos que corresponden a propuestas que realizan pocas actividades específicas en una área determinada. Finalmente, la combinación baja especificidad-alto detalle al parecer es poco

probable en los modelos de las herramientas experimentales, lo cual por el contrario si requieren las herramientas experimentales de ISE, esto es modelos con conceptos y actividades experimentales con terminología independiente de la disciplina y muy detallados.

10.1.2 Especificidad Versus Granularidad

Al igual que en el caso anterior, las distribuciones son diferentes entre la especificidad y la granularidad de los modelos, tal como se puede ver en las Tablas 2.9, 2.11, 2.20, y 2.22. A diferencia de la homogeneidad de las distribuciones de la especificidad, la granularidad forma dos distribuciones muy diferentes. Más específicamente, la distribución de baja granularidad contiene 17 estudios versus los 8 estudios de la distribución de alta granularidad. La Figura 10.2 muestra la comparación de las distribuciones de la especificidad frente a la granularidad.

		Nivel de especificidad del modelo	
		Alto	Bajo
Nivel de granularidad del modelo	Alto	EP1-R, EP10-R, EP14-R EP4-H, EP5-H	EP2-R, EP5-R, EP8-H
	Bajo	EP3-R, EP9-R, EP11-R EP12-R, EP13-R, EP17-R EP1-H, EP2-H, EP3-H	EP4-R, EP6-R, EP7-R EP8-R, EP15-R, EP16-R EP6-H, EP7-H

Fig. 10.2: Comparación de la Especificidad Versus la Granularidad de los Modelos

La comparación Ha evidenciado por un lado, que existen pocas propuestas (EP1-R, EP10-R, EP14-R, EP4-H, y EP5-H) cuyo modelo a la vez tenga un alto grado de especificidad y de granularidad. Mientras que las propuestas cuyos modelos a las vez tienen bajas la especificidad y la granularidad son casi el doble de las anteriores (EP4-R, EP6-R, EP7-R, EP8-R, EP15-R, EP16-R, EP6-H, y EP7-H). Creemos que el número limitado de propuestas que presentan los dos niveles altos, responde al hecho de que la alta granularidad solo la hemos podido ubicar en propuestas que han presentado un modelo de datos o un modelo del proceso experimental explícito que incluye sub proceso e incluso actividades; los cuales adicionan la descripción de sus conceptos y actividades, claramente identificadas con una disciplina específica. Posiblemente algunos de los otros estudios tengan estas características, sin embargo no hemos podido acceder a un modelo que denote estas características juntas, particularmente de granularidad.

En general, creemos que las propuestas que presentan a la vez bajos niveles de especificidad y de granularidad responden al hecho que corresponden a propuestas del estilo generalistas (EP4-R, EP16-R, EP7-H), a disciplinas que están incorporando recientemente propuestas tecnológicas para el manejo de sus datos experimentales (EP6-R, EP8-R, EP7-H), que se trata de una propuesta que está orientada a una labor específica (EP7-R) y finalmente, que a pesar de ser una propuesta que está orientada a muchas actividades,

presenta un modelo generalista y poco granular (EP15-R, EP7-H).

Por otro lado, encontramos tres propuestas (EP2-R, EP5-R y EP8-H) que tienen baja especificidad y alta granularidad. Por el contrario, encontramos un número considerable de propuestas que tienen alta especificidad y baja granularidad (EP3-R, EP9-R, EP11-R, EP12-R, EP13-R, EP17-R, EP1-H, EP2-H y EP3-H). Creemos que el primer caso se justifica dado que la propuesta EP2-R corresponde a una disciplina en la que las propuestas tecnológicas para el manejo de datos son recientes. La propuesta EP5-R a pesar de pertenecer a una disciplina muy asentada como es la Biología, en lo que respecta a las propuestas tecnológicas para el manejo de datos experimentales, y ser un estudio orientado a varias funciones, presenta un modelo de alta granularidad, pero muy general. La propuesta EP8-H corresponde a una herramienta genérica resultado de un acercamiento a varios investigadores experimentales de distintas disciplinas en la que es descrita las tareas experimentales.

En resumen, la combinación especificidad-granularidad en su nivel alto, no es muy común en los modelos de las herramientas experimentales, posiblemente esto se deba a que la especificidad es sinónimo de tareas y disciplinas específicas, lo cual podría corresponder a procesos muy delicados y por ende no publicables, por lo que varios modelos no son accesibles. La combinación especificidad-granularidad en su nivel bajo, al contrario es más común en los modelos de las herramientas experimentales. Esto corresponde en parte, como ya se mencionó antes, a las necesidades de los experimentadores en ISE, esto es modelos de baja especificidad. Lo de la baja granularidad puede responder también a temas de privacidad o de espacio en las publicaciones. La combinación especificidad alta - granularidad baja al parecer también es muy común en las herramientas experimentales, lo que posiblemente se explica por las mismas razones de la combinación Especificidad - granularidad altas. Finalmente, la combinación baja especificidad - alta granularidad es poco común en las herramientas experimentales, lo cual por el contrario requieren las herramientas experimentales de IS.

10.1.3 Detalle Versus Granularidad

Tal como se puede ver en las Tablas 2.10, 2.11, 2.21 y 2.22, las distribuciones de los criterios de detalle como de granularidad, son relativamente similares. En lo que respecta al detalle del modelo, las distribuciones son diferentes. Existe un mayor número de estudios con menor detalle. Igualmente sucede con las distribuciones respecto a las granularidad. El número de estudios de baja granularidad es mayor a los de alta granularidad. La Figura 10.3 muestra la comparación de las distribuciones de estas dos características (detalle del modelo y granularidad).

El resultado de la comparación del detalle versus la granularidad de los modelos, evidenció que existen solo cinco trabajos (EP1-R, EP10-R, EP14-R, EP4-H y EP5-H) cuyos niveles de detalle y granularidad son altos. Por el contrario, el número de trabajos que tienen dichas características con nivel bajo, es muy elevado (EP3-R, EP4-R, EP6-R, EP7-R, EP8-R, EP9-R, EP11-R, EP16-R, EP17-R, EP1-H, EP2-H, EP3-H, EP6-H, EP7-H). Creemos que el número tan reducido de estudios con modelos que presentan un nivel elevado de detalle y de granularidad responde a que es muy poco común, de lo que hemos encontrado en estas revisiones, encontrar trabajos que presenten un modelo poblado de

CONCLUSIONES, FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DISCUSIÓN

		Nivel de detalle del modelo	
		Alto	Bajo
Nivel de granularidad del modelo	Alto	EP1-R, EP10-R, EP14-R EP4-H, EP5-H	EP2-R, EP5-R, EP8-H
	Bajo	EP12-R, EP13-R, EP15-R	EP3-R, EP4-R, EP6-R, EP7-R EP8-R, EP9-R, EP11-R, EP16-R EP17-R, EP1-H, EP2-H, EP3-H EP6-H, EP7-H

Fig. 10.3: Comparación Detalle Versus Granularidad

conceptos o de procesos, sub-procesos y actividades muy bien definidos. Esto solo lo hemos encontrado en estudios que presentan en su reporte el modelo de datos o en menor detalle el modelo de proceso. Por ejemplo, el estudio EP10-R que pertenece a la disciplina de la agricultura, presenta un modelo de datos, en donde cada entidad está descrita con mucho detalle (White et al., 2013). Al contrario, hemos encontrado en su mayoría estudios con un bajo nivel de detalle y de granularidad, lo cual posiblemente se deba a los diversos factores que hemos estado mencionando en las distintas comparaciones. Por ejemplo, espacio en las publicaciones, privacidad, información clasificada, etc.

Igualmente, hemos encontrado dos grupos muy poco significativos de estudios, cuyas características poseen valores contrapuestos. Más específicamente, encontramos: Tres estudios (EP2-R, EP5-R y EP8-H) que tienen a la vez modelos con un alto nivel de granularidad y un bajo detalle y, tres estudios (EP12-R, EP13-R y EP15-R) que a la vez tienen un modelo muy detallado y una baja granularidad. Creemos que los primeros modelos (granularidad alta y bajo detalle), responden a que los autores únicamente presentan un subconjunto del modelo de su propuesta (Shah et al., 2008), o en su defecto son modelos preliminares de una solución (Le Duc et al., 2007). Los otros tres modelos muy detallados, pero de baja granularidad, creemos que también responden al hecho de que la definición conceptual de un modelo generalmente no es publicada.

En resumen, la combinación detalle - granularidad en su nivel alto es poco común; sin embargo, es lo que precisan los modelos de las herramientas experimentales ideales para IS. Por el contrario, es muy común encontrar modelos de herramientas experimentales con esta combinación, pero en su valor bajo, lo cual como se mencionó anteriormente se deba a diversos factores. Finalmente, es poco común encontrar modelos de herramientas experimentales con valores contrapuestos de detalle y granularidad, al parecer la tendencia y lo lógico es la correspondencia entre el detalle y la granularidad.

Independientemente de los valores encontrados en los modelos de los estudios primarios considerados en el estado de la cuestión, se realizó una síntesis de resultados, la cual, como se indica en el Capítulo 2, generó un modelo conceptual y un modelo de proceso de baja especificidad. Es decir, dichos modelos contienen conceptos y actividades experimentales independientes de la disciplina. En lo que respecta a los valores de detalle y granularidad, los modelos obtenidos de la síntesis de resultados del estado de la cuestión no son altos.

Sin embargo, presentan características interesantes y dignas de resaltar.

En base a las características de: Especificidad, detalle y granularidad procedemos a comparar a continuación los modelos resultantes de la síntesis, con los modelos resultantes de la formalización del proceso experimental.

10.2 Comparativa del Modelo Conceptual Resultante de la Síntesis del Estado de la Cuestión Versus el Modelo conceptual Resultante de la Investigación

El mapa resultante de la síntesis de la SLR de herramientas de gestión de información experimental mostrado en la Figura 2.44 es muy interesante y especialmente cohesionado. Presenta un número de conceptos considerable, aunque muy inferior al que se maneja en la experimentación en IS como se verá más adelante. Más específicamente, el mapa resultante contiene 18 conceptos generales obtenidos a partir de la síntesis de los conceptos de 17 mapas, con una media de 18,7 conceptos por mapa. El mapa resultante sirvió como referencia para iniciar la investigación empírica del ciclo experimental en IS.

Sin embargo, en términos generales el mapa es carente de conceptos fundamentales como: hipótesis, variable dependiente, etc., no posee ninguna descripción de sus conceptos y, la denominación de las relaciones entre conceptos, dado que son conceptos conocidos en IS, en su mayoría fueron deducidas, ya que la mayoría no tenía descripción en los mapas analizados.

Haciendo una comparación de este mapa con los mapas resultantes de proceso de investigación empírica, desde el punto de vista de las características de: Especificidad, detalle y granularidad, podemos apreciar varias diferencias.

10.2.1 Comparación de los Modelos Conceptuales desde la Perspectiva de la Especificidad

Desde la perspectiva de la especificidad, podríamos indicar que el el mapa resultante de la síntesis realizada en el estado de la cuestión corresponde a una especificidad muy baja, incluso menor a la de los mapas que representan la formalización del proceso experimental en IS. Esto es debido a que el mapa de la síntesis fue construido en base a términos exclusivamente genéricos ubicados en los 17 mapas analizados correspondientes a diferentes disciplinas, en donde se consideraron términos conocidos en la experimentación en general y que son usados en la ISE.

Los mapas resultantes de la investigación de esta tesis, son de baja especificidad, sin embargo incluyen también algunos términos propios de la experimentación en esta disciplina, tales como: Línea experimental, kit de ejecución, guías experimentales, elementos recolectados, etc.

10.2.2 Comparación de los Modelos Conceptuales desde la Perspectiva del Detalle

Desde la perspectiva del detalle la diferencia entre los modelos es abismal. Por un lado, el mapa resultante de la síntesis del estado de la cuestión tiene 18 conceptos muy cohesionados, y que son comunes en la experimentación tradicional. Sin embargo, el mapa es carente de conceptos fundamentales como: Objetivo, hipótesis, variable dependiente, etc. Por otro lado, el mapa no agrupa los conceptos de acuerdo a las fases del ciclo experimental.

Por el contrario, el modelo conceptual resultante de la investigación empírica, incluye 3 mapas conceptuales desde la perspectiva de los roles: GI, GE y ES; los cuales contienen en conjunto 91 conceptos (GI(21), GE(19) y ES(51)), lo que representa una diferencia de 5 a 1 con respecto al mapa resultante de la síntesis del estado de la cuestión. Estos mapas aparte de su elevado grado de detalle, mantienen sus conceptos ordenados de acuerdo a las fases del proceso experimental.

10.2.3 Comparación de los Modelos Conceptuales desde la Perspectiva de la Granularidad

Desde la perspectiva de la granularidad, la diferencia también es muy marcada. El mapa resultante de la síntesis del estado de la cuestión no posee definición alguna de los conceptos que lo integran, ya que las definiciones encontradas en los reportes de los estudios primarios eran muy escasas y especialmente ambiguas. Por otro lado, la definición de las relaciones entre conceptos en su mayoría fue añadida en base a los conocimientos de la experimentación en IS, ya que tampoco fue encontrada en los mapas originales.

Por el contrario el modelo conceptual de la formalización del proceso experimental de la IS posee un mecanismo inicial, aunque no muy funcional, para gestionar una base de información respecto a los conceptos y relaciones del modelo conceptual, esto es un glosario de términos. Adicionalmente, otro resultado de la formalización del modelo conceptual, es una técnica para dar respuesta las necesidades de información de los experimentadores, la cual contempla la formalización de los conceptos y su mantenimiento en una base de conocimiento, lo cual corresponde a una futura línea de investigación a ser implementada.

10.3 Comparativa del Modelo de Proceso Resultante de la Síntesis del Estado de la Cuestión Versus el Modelo de Proceso Resultante de la Investigación

El modelo de proceso resultante de la síntesis del estado de la cuestión, presenta características simples pero importantes:

- Incluye 10 procesos o actividades generales del proceso experimental, como resultado de la síntesis de 8 modelos con una media de 5.4 procesos o actividades generales y específicas por modelo.
- Incluye descripciones generales de varios procesos. Por ejemplo, la del diseño experimental: "The phase where experimenters produce detailed specifications for the

experiment. They decide what experimental tools, how many and what types of subjects, and what analysis methods and tools are to be used for the study".

- Sugiere un ciclo infinito de instancias experimentales mejoradas en base a los resultados.
- Fue utilizado como referencia para el inicio del estudio empírico respecto al proceso experimental en IS.

Sin embargo, el modelo es muy general y limitado a nivel de procesos, Por ejemplo: el proceso de replicación no está identificado y por ende no se muestran las actividades inherentes. El modelo no diferencia los procesos principales del ciclo experimental (experimentación, replicación y síntesis).

Haciendo una comparación de este modelo con el modelo resultante de la investigación empírica, desde el punto de vista de las características de especificidad, detalle y granularidad, podemos apreciar varias diferencias.

10.3.1 Comparación de los Modelos de Proceso desde la Perspectiva de la Especificidad

Desde la perspectiva de la especificidad, el modelo de proceso resultante de la síntesis del estado de la cuestión, tiene un bajo grado de especificidad, incluso menor al del modelo de proceso obtenido de la investigación. Esto se debe, a que los sub-procesos o actividades que integran este modelo, son comunes en la experimentación tradicional y conocidas en ISE.

El modelo de proceso resultante de la investigación también tiene un grado de especificidad bajo, sin embargo incluye procesos, sub-procesos y actividades propias de la ISE, tales como: Estudio del kit experimental, Durante-Sesión, etc.

10.3.2 Comparación de los Modelos de Proceso desde la Perspectiva del Detalle

Desde la perspectiva del detalle, la diferencia entre los modelos es abismal. Por un lado el modelo de proceso resultante de la síntesis del estado de la cuestión presenta únicamente 11 sub-procesos. Sin embargo, el modelo no presenta ninguna actividad de los sub-procesos indicados. Tampoco ha sido posible diferenciar los sub-procesos correspondientes a los procesos principales del ciclo experimental de: experimentación, replicación y síntesis. Los sub-procesos identificados son muy generales y no se han identificado sub-procesos fundamentales como por ejemplo: Publicación de resultados, planteamiento de nuevos ciclos, etc.

Al contrario, el modelo de proceso definido como resultado de la investigación, se compone de un workflow del ciclo experimental y de un modelo del proceso experimental. El workflow ordena los sub-procesos de acuerdo a cada uno de los procesos del ciclo experimental (experimentación, replicación y síntesis). Este modelo presenta 38 sub-procesos (síntesis (12), experimentación (16) y replicación (10)). El modelo del proceso, básicamente contiene los mismos sub-procesos del workflow. La diferencia radica en la disposición del modelo, ya que este modelo muestra la cooperación de los sub-procesos y los diferencia

de un conjunto de sub-procesos básicos de la experimentación de otros sub-procesos de apoyo. Por lo tanto, el detalle del modelo de proceso es muy rico. Aún así, consideramos que puede ser mejorado, especialmente cubriendo a mayor profundidad los procesos de experimentación y síntesis.

10.3.3 Comparación de los Modelos de Proceso desde la Perspectiva de la Granularidad

En lo que respecta a la granularidad, la diferencia entre los modelos también es muy amplia. El modelo de proceso resultante de la síntesis del estado de la cuestión por su parte presenta la definición de varios de los sub-procesos identificados, lo cual da muestra de la necesidad de formalizar el proceso efectivo como tal. Sin embargo, al tratarse de sub-procesos muy generales, su descripción también es muy general y no se profundiza a nivel de actividades.

El modelo de proceso resultante de la investigación, aparte del workflow del ciclo experimental y del modelo del proceso, incluye un reporte donde se describe a detalle las actividades que realizan los experimentadores, representando los roles que participan en el ciclo experimental, esto es: Gestor de la Investigación (GI), Gestor del experimento (GE), y Experimentador Senior (ES). Adicionalmente, el modelo incluye varios diagramas de actividades de procesos fundamentales del ciclo experimental.

Como corolario, es preciso recalcar que la mayoría de propuestas estudiadas tenían una alta especificidad, bajo detalle y baja granularidad, comparado con lo que requieren las herramientas experimentales de la ISE. Por lo tanto, no fue tomada como base ninguna disciplina experimental. Las diferencias encontradas entre los modelos analizados es amplia, por lo que consideramos que los resultados de la investigación son satisfactorios, lo cual fue corroborado por los experimentadores del GrISE, un grupo muy representativo dentro de la comunidad de ISE.

Bibliografía

- ARISHOLM, E., SJØBERG, D. I., CARELIUS, G. J. y LINDSJØRN, Y. A web-based support environment for software engineering experiments. *Nordic Journal of Computing*, vol. 9(3), páginas 231–247, 2002.
- AURUM, A. y WOHLIN, C. Towards a decision-making structure for selecting a research design in empirical software engineering. *Empirical Software Engineering: An International Journal*, 2014.
- AVISON, D. E., LAU, F., MYERS, M. D. y NIELSEN, P. A. Action research. *Commun. ACM*, vol. 42(1), páginas 94–97, 1999. ISSN 0001-0782.
- BAKER, P. G., GOBLE, C. A., BECHHOFER, S., PATON, N. W., STEVENS, R. y BRASS, A. An ontology for bioinformatics applications. *Bioinformatics*, vol. 15(6), páginas 510–520, 1999.
- BASILI, V., GREEN, F., S. LAITENBERGER, LANUBILE, F., SHULL, F., SORUMGARD, S. y ZELKOWITZ, M. Packaging researcher experience to assist replication of experiments. En *ISERN Meeting*, páginas 3–6. 1996.
- BASILI, V., GREEN, S., LAITENBERGER, O., LANUBILE, F., SHULL, F., SØRUMGÅRD, S. y ZELKOWITZ, M. Lab package for the empirical investigation of perspective-based reading. Available at <http://www.cs.umd.edu/projects/SoftEng/ESEG/manual/pbr-package/manual.html>, 2012.
- BASILI, V. R. The past, present, and future of experimental software engineering. *Journal of the Brazilian Computer Society*, vol. 12(3), páginas 7–12, 2006.
- BASILI, V. R. y SELBY, R. W. Comparing the effectiveness of software testing strategies. Informe Técnico TR-1501, Departament of Computer Science, University of Maryland, College Park, MD, USA, 1985.
- BASILI, V. R. y SELBY, R. W. Comparing the effectiveness of software testing strategies. *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. SE-13(12), páginas 78–96, 1987.

BIBLIOGRAFÍA

- BASILI, V. R., SELBY, R. W. J. y HUTCHENS, D. H. Experimentation in software engineering. Informe técnico, Air Force Office of Scientific Research and University of Maryland, 1985.
- BASILI, V. R., SHULL, F. y LANUBILE, F. Building knowledge through families of experiments. *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 25(4), páginas 456–473, 1999.
- BECK, K., BEEDLE, M. y VAN BENNEKUM, A. Manifesto for agile software development. Available at <http://agilemanifesto.org>, 2013.
- BELLIFEMINE, F. L., CAIRE, G. y GREENWOOD, D. *Developing Multi-Agent Systems with JADE*. Wiley, 2007.
- BERYOZKIN, S., BHOLE, U., BOSSCHAERT, D. y FANG, F. Apache cxf: An open-source services framework. Available at <http://cxf.apache.org/index.html>, 2008.
- BOEHM, B. y BASILI, V. The cebase framework for strategic software development and evolution. *EDSER-3*, 2001.
- BORENSTEIN, M., HEDGES, L. V., HIGGINS, J. P. T. y ROTHSTEIN, H. R. *Introduction to Meta-Analysis*. Wiley & Sons, Ltd, 2009. ISBN 978-0-470-05724-7.
- BOX, G. E., HUNTER, J. S. y HUNTER, W. G. *Estadística para Investigadores Diseño, innovación y descubrimiento*. Editorial Reverté, S. A., 2nd edición, 2008. ISBN 978-84-291-5044-5.
- CHECKLAND, P. y HOLWELL, S. Action research: Its nature and validity. *Systemic Practice and Action Research*, vol. 11(1), páginas 9–21, 1998.
- CHEN, P. P.-S. The entity-relationship model—toward a unified view of data. *ACM Trans. Database Syst.*, vol. 1(1), páginas 9–36, 1976.
- CHEN, X., LIN, Y., LIU, M. b. y GILSON, M. The binding database: Data management and interface design. *Bioinformatics*, vol. 18(1), páginas 130–139, 2002.
- COOK, T. y CAMPBELL, D. *Quasi-Experimentation: Design & Analysis Issues for Field Setting*. Houghton Mifflin Company, Boston, 1979.
- CRESWELL, J. W. Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches [kindle dx version]. Retrieved from <http://www.amazon.com>, 2009.
- DIESTE, O., FERNANDEZ, E., MARTINEZ, R. G. y JURISTO, N. Comparative analysis of meta-analysis methods: When to use which? En *15th Annual Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE 2011)*, vol. 15, páginas 36–45. 2011.
- DIESTE, O., GRIMÁN, A. y LÓPEZ, M. Revisiones sistemáticas: Recomendaciones para un proceso adecuado a la ingeniería del software. En *JISBD* (editado por A. Moreira, M. J. S. Cabal, C. de la Riva y J. Tuya), páginas 321–332. 2008.

- DO, H., ELBAUM, S. y ROTHERMEL, G. Infrastructure support for controlled experimentation with software testing and regression testing techniques. páginas 60–70. 2004.
- DO, H., ELBAUM, S. y ROTHERMEL, G. Software-artifact infrastructure repository. Available at <http://sir.unl.edu/content/sir.php>, 2012.
- EASTERBROOK, S., SINGER, J., STOREY, M.-A. y DAMIAN, D. Selecting empirical methods for software engineering research. En *Guide to Advanced Empirical Software Engineering* (editado por F. Shull, J. Singer y D. Sjøberg), capítulo 11, páginas 285–311. Springer London, 2008.
- ECLIPSE, C. Eclipse. <https://www.eclipse.org>, 2001.
- FARIA-CAMPOS, A., FERNANDES-RAUSCH, H., VAL, C., THORUN, P., ABREU, V., BATISTA, P., MENDONCA, P., ALVES, V., RODRIGUES, M., PIMENTA, A., FRANCO, G. y CAMPOS, S. Prodis: a proteomics data management system with support to experiment tracking. *BMC Genomics*, vol. 12(Suppl 4), página S15, 2011. ISSN 1471-2164.
- FONSECA C., E. R. *Evaluación de la Efectividad de las Técnicas de Pruebas de Software Estructurales y Funcionales Mediante Replicación Experimental, Caso Práctico ESPE Sede Latacunga*. Proyecto Fin de Carrera, Escuela Politécnica del Ejército - Sede Latacunga, 2013.
- FONSECA C., E. R., DIESTE, O., JURISTO, N., SERRAL, E. y BIFFL, S. Reviewing technical approaches for sharing and preservation of experimental data. En *ESEM*. 2014.
- FONSECA C., E. R., ESPINOSA G., E. G., DIESTE, O. y APA, C. Effectiveness for detecting faults within and outside the scope of testing techniques: An independent replication. *Empirical Software Engineering*, vol. 18(5), páginas 1–40, 2013. ISSN 1382-3256.
- GABOR, B. y KEMME, B. Exp-wf:workflow support for laboratory information systems. En *Data Engineering Workshops, 2006. Proceedings. 22nd International Conference on*, páginas 69–69. 2006.
- GANCHEVA, V., SHISHEDJIEV, B. y KALCHEVA-YOVKOVA, E. An approach to convert scientific data description. vol. 2, páginas 564–568. 2011.
- GENERO, M., CRUZ-LEMUS, J. A., ABRAHÃO, S., INSFRÁN, E., CARSÍ, J. A. y CAIVANO, D. A controlled experiment for assessing the influence of stereotypes on the comprehension of uml sequence diagrams. Available at <http://alarcos.esi.uclm.es/ExpStereotypes/>, 2012.
- GENTLEMAN, R. y IHAKA, R. The r project for statistical computing. Available at <http://www.r-project.org>, 2013.
- GIBBON, G. A. A brief history of lims. *Laboratory Automation & Information Management*, vol. 32(1), páginas 1 – 5, 1996. ISSN 1381-141X.

BIBLIOGRAFÍA

- GÓMEZ, O. *Tipología de Replicaciones para la Síntesis de Experimentos en Ingeniería del Software*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 2012.
- GÓMEZ, O., JURISTO, N. y VEGAS, S. Replications types in experimental disciplines. En *Proceedings of the 2010 ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, 3, páginas 1–10. Bolzano-Bozen, Italy, 2010.
- GROSS, J. Your whole lab in your hands. Available at <http://www.labguru.com>, 2013.
- HEVNER, A. R., MARCH, S. T., PARK, J. y RAM, S. Design science in information systems research. *MIS Q.*, vol. 28(1), páginas 75–105, 2004. ISSN 0276-7783.
- HOFMANN, B. y WULF, V. Building communities among software engineers: The visek approach to intra- and inter-organizational learning. En *Advances in Learning Software Organizations*, vol. 2640 de *LNCS*, páginas 25–33. Springer Berlin / Heidelberg, 2003. ISBN 978-3-540-20591-3.
- HUBER, L. *A primer Good laboratory practice and current good manufacturing practice*. Hewlett-Packard, 76337 Waldbronn Germany, 5988-6197en edición, 2002.
- IOANNIDIS, Y. E., LIVNY, M., AILAMAKI, A., NARAYANAN, A. y THERBER, A. Zoo: A desktop experiment management environment. *SIGMOD Rec.*, vol. 26(2), páginas 580–583, 1997. ISSN 0163-5808.
- JANSSENS, G., VERELST, J. y WEYN, B. Techniques for modelling workflows and their support of reuse. En *Business Process Management* (editado por W. Aalst, J. Desel y A. Oberweis), vol. 1806 de *Lecture Notes in Computer Science*, páginas 1–15. Springer Berlin Heidelberg, 2000.
- JARAMILLO, N. Mobile development using adobe flex 4.5 sdk and flash builder 4.5. Available at <http://www.adobe.com/devnet/flex/articles/mobile-development-flex-flashbuilder.html>, 2014.
- JEDLITSCHKA, A., CIOLKOWSKI, M. y PFAHL, D. Reporting experiments in software engineering. En *Guide to Advanced Empirical Software Engineering*, páginas 201–228. Springer London, 1st edición, 2008. ISBN 978-1-84800-044-5.
- JEDLITSCHKA, A. y PFAHL, D. Reporting guidelines for controlled experiments in software engineering. *4th International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE 2005)*, páginas 95–104, 2005.
- JOGLEKAR, G., GIRIDHAR, A. V., MOCKUS, L., OSORIO, J. G., MUZZIO, F. J. y REKLAITIS, G. V. Use of workflows in managing experimental data. En *AIChE Proceedings (2012 Annual Meeting)*, 461C. Pittsburgh, Pennsylvania, 2012.
- JONES, A. B., MILLER, M., AEBERSOLD, R. E. F. G., APWEILER, R., BALL, C., BRAZMA, A., DEGREEF, J., HARDY, N., HERMJAKOB, H., HUBBARD, S., HUSSEY, P., IGRA, M., JENKINS, H., JULIAN JR., R., LAURSEN, K., OLIVER, S., PATON, N., SANSONE, S.-A., SARKANS, U., STOECKERT JR., C., TAYLOR, C., WHETZEL, P., WHITE, J., SPELLMAN, P. y PIZARRO, A. The functional genomics experiment model

- (fuge): An extensible framework for standards in functional genomics. *N. B.*, vol. 25(10), páginas 1127–1133, 2007.
- JONES, A. R. y LISTER, A. L. Managing experimental data using fuge. *OMICS*, vol. 13(3), 2009.
- JURISTO, N., MORENO, A. y VEGAS, S. A survey on testing technique empirical studies: how limited is our knowledge. En *Empirical Software Engineering, 2002. Proceedings. 2002 International Symposium n*, páginas 161–172. 2002a.
- JURISTO, N., MORENO, A. y VEGAS, S. *Software Testing Techniques*. Universidad Politécnica de Madrid - Facultad de informática, Boadilla del Monte 28660, 12 edición, 2006.
- JURISTO, N. y MORENO, A. M. *Basics of Software Engineering Experimentation*. Kluwer Academic Publishers, 2001. ISBN 0-7923-7990-X.
- JURISTO, N., MORENO, A. M. y VEGAS, S. A survey on testing technique empirical studies: How limited is our knowledge. *Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE'02)*, 2002b.
- JURISTO, N. y VEGAS, S. Functional testing, structural testing and code reading: What fault do they each detect? *Empirical Methods and Studies in Software Engineering Experiences from ESERNET*, vol. 2785(12), páginas 208–232, 2003.
- JURISTO, N. y VEGAS, S. Using differences among replications of software engineering experiments to gain knowledge. En *3rd International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, ESEM '09, páginas 356–366. 2009. ISBN 978-1-4244-4842-5.
- JURISTO, N., VEGAS, S. y APA, C. Effectiveness for detecting faults within and outside the scope of testing techniques: A controlled experiment. Available at <http://www.grise.upm.es/reports.php>, Last visited: May 15th, 2013.
- KALETAS, E., AFSARMANESH, H. y HERTZBERGER, L. Modelling multi-disciplinary scientific experiments and information. En *Computer and Information Sciences - ISCIS 2003* (editado por A. Yazici y C. Sener), vol. 2869 de *Lecture Notes in Computer Science*, páginas 75–82. Springer Berlin Heidelberg, 2003.
- KIHLÉN, M. Electronic lab notebooks – do they work in reality? *Drug Discovery Today*, vol. 10(18), páginas 1205 – 1207, 2005. ISSN 1359-6446.
- KIM, D., JEONG, K., HWANG, S. y CHO, K. W. X-sigma: Xml based simple data integration system for gathering, managing, and accessing scientific experimental data in grid environments. En *e-Science and Grid Computing, 2006. e-Science '06. Second IEEE International Conference on*, páginas 55–55. 2006.
- KITCHENHAM, B. y CHARTERS, S. Guidelines for performing systematic literature review in software engineering. Technical Report EBSE-2007-01, Keele University and University of Durham, 2007.

BIBLIOGRAFÍA

- KITCHENHAM, B. A., PFLEEGER, S. L., PICKARD, L. M., JONES, P. W., HOAGLIN, D. C., EL EMAM, K. y ROSENBERG, J. Preliminary guidelines for empirical research in software engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 28(8), páginas 721–734, 2002.
- KO, K. D., LIU, C., MASHARIKI, A. y BURGE, L. Smisb: A system for managing minimum information from omics' studies in systems biology. En *Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology (CIBCB), 2012 IEEE Symposium on*, páginas 164–168. 2012.
- LE DUC, M., YANG, L. y MARRS, R. A database application for long-term ecological field experiments. *Journal of Vegetation Science*, vol. 18(4), páginas 509–516, 2007.
- LETHBRIDGE, T. C., SIM, S. E. y SINGER, J. Studying software engineers: Data collection techniques for software field studies. *Empirical Software Engineering*, vol. 10(3), páginas 311–341, 2005.
- LOPES, V. P. y TRAVASSOS, G. H. Knowledge repository structure of an experimental software engineering environment. *23th Brazilian Symposium on Software Engineering*, páginas 32–42, 2009.
- LOTT, C. M. Comparing reading and testing techniques. Available at <http://www.maultech.com/chrislott/work/exp/>, 2011.
- M. POPPENDIECK, T. P. *Lean Software Development: An Agile Toolkit for Software are Development Managers*. Addison Wesley, 2003.
- MACCAGNAN, A., RIVA, M., FELTRIN, E., SIMIONATI, B., VARDANEGA, T., VALLE, G. y CANNATA, N. Combining ontologies and workflows to design formal protocols for biological laboratories. *Automated Experimentation*, vol. 2(1), páginas 1–14, 2010.
- MEDEIROS D., P. S. y TRAVASSOS, G. H. Chapter 5 - action research can swing the balance in experimental software engineering. En *Advances in Computers* (editado por M. V. Zelkowitz), vol. 83 de *Advances in Computers*, páginas 205 – 276. Elsevier, 2011.
- MEHLHORN, H. y SCHREIBER, F. Dbe2 - management of experimental data for the wanted system. *Journal of integrative bioinformatics*, vol. 8(2), página 162, 2011.
- MEINING, W. Xtalbase - a comprehensive data management system for macromolecular crystallography. *Journal of Applied Crystallography*, vol. 39(5), páginas 759–766, 2006.
- MILLER, J. Replicating software engineering experiments: a poisoned chalice or the holy grail. *Information and Software Technology*, vol. 47(4), páginas 233 – 244, 2005. ISSN 0950-5849.
- MONTGOMERY, D. *Applied Statistics and Probability for Engineers 5th Edition IS Version with WileyPLUS Set*. Wiley Plus Products Series. John Wiley & Sons, Incorporated, 2010. ISBN 9780470894279.

- MURPHY, M. The lab, the lims and the enterprise. *Laboratory Automation & Information Management*, vol. 32(2–3), páginas 63 – 69, 1996. ISSN 1381-141X.
- MYERS, J. D., MENDOZA, E. S. y HOOPES, B. A collaborative electronic laboratory notebook. En *Proceedings of the Fifth IASTED International Conference Internet and Multimedia Systems and Applications (IMSA 2001)* (editado por C. P. Letters), 6, páginas 334–338. Honolulu, Hawaii, USA, 2001.
- NOVAK, J. D. Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. Retrieved from <http://www.amazon.com>, 2008.
- OZYURT, I., KEATOR, D., WEI, D., FENNEMA-NOTESTINE, C., PEASE, K., BOCKHOLT, J. y GRETHE, J. Federated web-accessible clinical data management within an extensible neuroimaging database. *Neuroinformatics*, vol. 8(4), páginas 231–249, 2010.
- PAGE, B., CZOGALLA, R. y KNAAK, N. Simulating the eclipse way: A generic experimentation environment based on the eclipse platform. En *Analytical and stochastic modelling techniques and applications 13th, Analytical and stochastic modelling techniques and applications*, páginas 80–118. European Council for Modelling and Simulation, 2006.
- PETERSEN, K., FELDT, R., MUJTABA, S. y MATTSSON, M. Systematic mapping studies in software engineering. En *Proceedings of the 12th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, EASE'08, páginas 68–77. British Computer Society, Swinton, UK, UK, 2008.
- PETTICREW, M. y ROBERTS, H. *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. Wiley-Blackwell, 2008.
- POLANYI, M. *The Tacit Dimension*. Doubleday and Company INC., 1966.
- RAUTENBERG, P., SOBOLEV, A., HERZ, A. y WACHTLER, T. A database system for electrophysiological data. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 6990 LNCS, páginas 1–14, 2011.
- RAYMOND, S., OTOOLE, N. y CYGLER, M. A data management system for structural genomics. *Proteome Science*, vol. 2, 2004. Cited By (since 1996)1.
- REYES, R. *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE COMPONENTES DE INTEROPERABILIDAD Y PRUEBA DE CONCEPTO PARA LA PLATAFORMA COMPUTAPLEX COMO SOPORTE A LA EXPERIMENTACIÓN EN INGENIERÍA DE SOFTWARE*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad Politécnica de Madrid, 2013.
- RUNESON, P., HöST, M., RAINER, A. y REGNELL, B. *Case Study Research in Software Engineering: Guidelines and Examples*. John Wiley and Sons Ltd., 2012.
- SAUPE, M., FÖDISCH, R., SUNDERMANN, A., SCHUNK, S. y FINGER, K.-E. Requirements and solution approaches for software architectures supporting high-throughput experimentation. *QSAR & Combinatorial Science*, vol. 24(1), páginas 66–77, 2005. ISSN 1611-0218.

BIBLIOGRAFÍA

- SCHILD'T, H. *La Biblia Java 2 v5.0.* 2005.
- SEABORNE, A., DOLLIN, C. y WARREN, C. A free and open source java framework for building semantic web and linked data applications. Available at <https://jena.apache.org/index.html>, 2000.
- SHAH, A., SINGHAL, M., GIBSON, T., SIVARAMAKRISHNAN, C., WATERS, K. y GORTON, I. An extensible, scalable architecture for managing bioinformatics data and analyses. En *eScience '08*, páginas 190–197. 2008.
- SHI, B., BOURNE, J. y HARRIS, K. M. Synapticdb, effective web-based management and sharing of data from serial section electron microscopy. *Neuroinformatics*, vol. 9(1), páginas 39–57, 2011.
- SILVA, F. Q., SUASSUNA, M., FRANÇA, A. C. C., GRUBB, A. M., GOUVEIA, T. B., MONTEIRO, C. V. F. y SANTOS, I. E. Replication of empirical studies in software engineering research: a systematic mapping study. *Empirical Software Engineering*, páginas 1–57, 2012.
- SJØBERG, D. I., HAN HANNAY, J. E., HANSEN, O., KAMPENES, V. B., KARAHASANOVIC, A., LIBORG, N.-K. y REKDAL, A. C. A survey of controlled experiments in software engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 31(9), páginas 733 – 753, 2005.
- SJOBERG, D. I. K., DYBA, T. y JORGENSEN, M. The future of empirical methods in software engineering research. En *2007 Future of Software Engineering*, FOSE '07, páginas 358–378. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2007. ISBN 0-7695-2829-5.
- SOLARI, M. *Propuesta de Paquete de Laboratorio para Experimentos de Ingeniería de Software.* Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 2012.
- STOCKER, G., FISCHER, M., RIEDER, D., BINDEA, G., KAINZ, S., OBERSTOLZ, M., McNALLY, J. y TRAJANOSKI, Z. ilap: a workflow-driven software for experimental protocol development, data acquisition and analysis. *BMC Bioinformatics*, vol. 10(1), páginas 1–12, 2009.
- TORII, K., MATSUMOTO, K., NAKAKOJI, K., TAKADA, Y., TAKADA, S. y SHIMA, K. Ginger2: an environment for computer-aided empirical software engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 25(4), páginas 474–492, 1999. ISSN 0098-5589.
- TRAVASSOS, G., DOS SANTOS, P., NETO, P. y BIOLCHINI, J. An environment to support large scale experimentation in software engineering. En *Engineering of Complex Computer Systems, 2008. ICECCS 2008. 13th IEEE International Conference on*, páginas 193–202. 2008.
- TRIPICCHIO, P., RUFFALDI, E., AVIZZANO, C. y BERGAMASCO, M. Virtual laboratory: a virtual distributed platform to share and perform experiments. En *Haptic interfaces*

for virtual environment and teleoperator systems, 2008. haptics 2008. symposium on, páginas 311–318. 2008.

VANSCHOREN, J. y BLOCKEEL, H. Stand on the shoulders of giants: Towards a portal for collaborative experimentation in data mining. *International Workshop on Third Generation Data Mining at ECML PKDD*, páginas 88–89, 2009.

VEGAS, S., JURISTO, N., MORENO, A., SOLARI, M. y LETELIER, P. Analysis of the influence of communication between researchers on experiment replication. En *International Symposium on Empirical Software Engineering*, ISESE '06, páginas 28–37. 2006. ISBN 1-59593-218-6.

WANG, F., LIU, P., PEARSON, J., AZAR, F. y MADLMAYR, G. Experiment management with metadata-based integration for collaborative scientific research. En *Data Engineering, 2006. ICDE '06. Proceedings of the 22nd International Conference on*, páginas 96–96. 2006.

WHITE, J., HUNT, L., BOOTE, K., JONES, J., KOO, J., KIM, S., PORTER, C., WILKENS, P. y HOOGENBOOM, G. Integrated description of agricultural field experiments and production: The icasa version 2.0 data standards. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 96, páginas 1–12, 2013.

WOHLIN, C., RUNESON, P., HÖST, M., OHLSSON, M. C., REGNELL, B. y WESSLÉN, A. *Experimentation in software engineering An introduction*. Kluwer Academic Publishers, 2000. ISBN 0-7923-8682-5.

WOHLIN, C., RUNESON, P., HÖST, M., OHLSSON, M. C., REGNELL, B. y WESSLÉN, A. *Experimentation in Software Engineering*. Springer Berlin Heidelberg, 2012.

YIN, R. Case study research: Design and methods [kindle dx version]. Retrieved from <http://www.amazon.com>, 2009.

ZENDLER, A. A preliminary software engineering theory as investigated by published experiments. *Empirical Software Engineering*, vol. 6(2), páginas 161–180, 2001. ISSN 1382-3256.

ZHANG, H., BABAR, M. A. y TELL, P. Identifying relevant studies in software engineering. *Inf. Softw. Technol.*, vol. 53(6), páginas 625–637, 2011.

ZHANG, X. y DI, R. Data management in structural engineering experiment grid. páginas 209–213. 2010.

Parte V

Apéndices

Apéndice A

Tablas Varias Estado de la Cuestión

A.1 Grupo de Referencia de Literatura y Términos Base - SLR Repositorios

Tabla A.1: Primera Parte

#	Estudio	Términos
EC1	D. Kim, K. Jeong, S. Hwang, and K. W. Cho, "X-sigma: Xml based simple data integration system for gathering, managing, and accessing scientific experimental data in grid environments," in <i>e-Science and Grid Computing, 2006. e-Science '06. Second IEEE International Conference on</i> , pp. 55-55, 2006.	data integration, managing, system, scientific, experimental data, environments, data management, support, context data
EC2	B. Boehm and V. Basili, "The cebase framework for strategic software development and evolution," <i>Third International Workshop on Economics-Driven Software Engineering Research (EDSER-3 2001)</i> , April 2001.	framework, results, experience base, model
EC3	A. Faria-Campos, H. Fernandes-Rausch, C. Val, P. Thorun, V. Abreu, P. Batista, P. Mendonca, V. Alves, M. Rodrigues, A. Pimenta, G. Franco, and S. Campos, "Prodis: a proteomics data management system with support to experiment tracking," <i>BMC Genomics</i> , vol. 12, no. Suppl 4, p. S15, 2011.	data management, system, support, experiment, storage, management, data, experimental data, experiment results
EC4	H. Do, S. Elbaum, and G. Rothermel, "Supporting controlled experimentation with testing techniques: An infrastructure and its potential impact," <i>Empirical Software Engineering: An International Journal</i> , vol. 10, pp. 405-435, jul 2005.	supporting, controlled experimentation, infrastructure, experiment infrastructure, support, experimentation, empirical data

Tabla A.2: Segunda Parte

#	Estudio	Términos
EC5	A. R. Jones and A. L. Lister, "Managing experimental data using fuge," <i>OMICS</i> , vol. 13, jun 2009.	managing, experimental data, data management, experimental techniques, data, model, experimental protocols, experiment, storage architecture, experimental, workflows, framework, manage data, data exchange, data handling, experimental contexts
EC6	R. L. Feldmann and M. Pizka, "An on-line software engineering repository for germany's SME -an experience report-," in <i>Advances in Learning Software Organizations</i> (S. Henninger and F. Maurer, eds.), vol. 2640 of Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin Heidelberg, 2003.	repository, experience report, repositories, repository systems, knowledge
EC7	S. Pallickara, B. Plale, S. Jensen, and Y. Sun, "Structure, sharing and preservation of scientific experiment data," in <i>Challenges of Large Applications in Distributed Environments, 2005. CLADE 2005. Proceedings</i> , pp. 107-114, 2005.	experiment data, scientific computing, data, information, environments, experimental results, experiments
EC8	A. Shah, M. Singhal, T. Gibson, C. Sivararamakrishnan, K. Waters, and I. Gorton, "An extensible, scalable architecture for managing bioinformatics data and analyses," in <i>eScience, 2008. eScience '08. IEEE Fourth International Conference on</i> , pp. 190-197, 2008.	architecture, managing, data, tools, data management, infrastructure, experimental data, data, experimental

A.2 Cadenas de Búsqueda - SLR Repositorios

#	Cadena
CD1	(("data management" OR "data managing" OR "experimental data managing" OR "data mange" OR "experimental protocol manage") AND (system OR environment OR ecosystem OR infrastructure OR "knowledge base" OR repository OR "data base") AND (experiment OR experimental))
CD2	(("data integration" OR managing OR "data management") AND ("experimental data" OR "scientific experimental data") AND (system OR repository OR framework) AND NOT ALL (lim OR "laboratory notebook" OR "lab notebook" OR "electronic lab notebooks"))
CD3	(("data integration" OR managing OR "data management") AND ("experimental data" OR "scientific experimental data") AND (system OR repository OR framework OR infrastructure) AND NOT ALL(lims OR "laboratory notebook" OR "lab notebook" OR "electronic lab notebooks") AND ("controlled experimentation" OR "controlled experiments"))
CD4	(("data integration" OR "data managing" OR "data management") AND ("experimental data" OR "scientific experimental data") AND (system OR repository OR framework OR infrastructure) AND NOT ALL(lims OR "laboratory notebook" OR "lab notebook" OR "electronic lab notebooks") AND ("controlled experimentation" OR "controlled experiments") AND (support OR supporting))
CD5	(("data integration" OR "data managing" OR "data management") AND ("experimental data" OR "scientific experimental data" OR "empirical data") AND (system OR repository OR framework OR infrastructure) AND NOT ALL(lims OR "laboratory notebook" OR "lab notebook" OR "electronic lab notebooks"))
CD6	(("data integration" OR "data managing" OR "data manage" OR "data management") AND (supporting OR support OR guided OR guide) AND ("controlled experimentation" OR "controlled experiments" OR experiments OR experimentation) AND (system OR framework OR model OR infrastructure OR environments OR architecture) AND ("empirical data" OR "experimental data"))
CD7	(("empirical data" OR "experimental data") AND ("controlled Experimentation" OR "data Integration" OR "data management") AND ("experiment infrastructure" OR infrastructure OR system OR architecture OR repository))
CD8	(("empirical data" OR "experimental data" OR "experiment data") AND ("controlled Experimentation" OR "data Integration" OR "data management" OR "data distribution") AND ("experiment infrastructure" OR infrastructure OR system OR architecture OR repository))

A.3 Estudios Primarios - SLR Repositorios

Tabla A.3: Primera Parte

Estudio	Referencia
EP1	S. Raymond, N. OToole, and M. Cygler, "A data management system for structural genomics," <i>Proteome Science</i> , vol. 2, 2004. cited By (since 1996)1.
EP2	M. Le Duc, L. Yang, and R. Marrs, "A database application for long-term ecological field experiments," <i>Journal of Vegetation Science</i> , vol. 18, no. 4, pp. 509-516, 2007.
EP3	P. Rautenberg, A. Sobolev, A. Herz, and T. Wachtler, "A database system for electrophysiological data," <i>Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)</i> , vol. 6990 LNCS, pp. 1-14, 2011.
EP4	V. Gancheva, B. Shishedjiev, and E. Kalcheva-Yovkova, "An approach to convert scientific data description," vol. 2, pp. 564-568, 2011.
EP5	A. Shah, M. Singhal, T. Gibson, C. Sivaramakrishnan, K. Waters, and I. Gorton, "An extensible, scalable architecture for managing bioinformatics data and analyses," in <i>eScience, 2008. eScience '08. IEEE Fourth International Conference on</i> , pp. 190-197, 2008.
EP6	X. Zhang, R. Di, and Z. Weng, "Data management in structural engineering experiment grid," pp. 209-213, 2010.
EP7	H. Mehlhorn and F. Schreiber, "Dbe2 - management of experimental data for the wanted system.," <i>Journal of integrative bioinformatics</i> , vol. 8, no. 2, p. 162, 2011.
EP8	I. Ozyurt, D. Keator, D. Wei, C. Fennema-Notestine, K. Pease, J. Bockholt, and J. Grethe, "Federated web-accessible clinical data management within an extensible neuroimaging database," <i>Neuroinformatics</i> , vol. 8, no. 4, pp. 231-249, 2010.
EP9	H. Do, S. Elbaum, and G. Rothermel, "Infrastructure support for controlled experimentation with software testing and regression testing techniques," pp. 60-70, 2004.

Tabla A.4: Segunda Parte

Estudio	Referencia
EP10	J. White, L. Hunt, K. Boote, J. Jones, J. Koo, S. Kim, C. Porter, P. Wilkens, and G. Hoogenboom, “Integrated description of agricultural field experiments and production: The icasa version 2.0 data standards,” <i>Computers and Electronics in Agriculture</i> , vol. 96, pp. 1-12, 2013.
EP11	A. Faria-Campos, H. Fernandes-Rausch, C. Val, P. Thorun, V. Abreu, P. Batista, P. Mendonca, V. Alves, M. Rodrigues, A. Pimenta, G. Franco, and S. Campos, “Prodis: a proteomics data management system with support to experiment tracking,” <i>BMC Genomics</i> , vol. 12, no. Suppl 4, p. S15, 2011.
EP12	K. D. Ko, C. Liu, A. Mashariki, and L. Burge, “Smisb: A system for managing minimum information from omics’ studies in systems biology,” in <i>Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology (CIBCB), 2012 IEEE Symposium on</i> , pp. 164-168, 2012.
EP13	B. Shi, J. Bourne, and K. Harris, “Synapticdb, effective web-based management and sharing of data from serial section electron microscopy,” <i>Neuroinformatics</i> , vol. 9, no. 1, pp. 39-57, 2011.
EP14	X. Chen, Y. Lin, M. b. Liu, and M. Gilson, “The binding database: Data management and interface design,” <i>Bioinformatics</i> , vol. 18, no. 1, pp. 130-139, 2002.
EP15	A. b. Jones, M. Miller, R. e. f. g. Aebersold, R. Apweiler, C. Ball, A. Brazma, J. DeGreef, N. Hardy, H. Hermjakob, S. Hubbard, P. Hussey, M. Igra, H. Jenkins, R. Julian Jr., K. Laursen, S. Oliver, N. Paton, S.-A. Sansone, U. Sarkans, C. Stoeckert Jr., C. Taylor, P. Whetzel, J. White, P. Spellman, and A. Pizarro, “The functional genomics experiment model (fuge): An extensible framework for standards in functional genomics,” <i>Nature Biotechnology</i> , vol. 25, no. 10, pp. 1127-1133, 2007.
EP16	D. Kim, K. Jeong, S. Hwang, and K. W. Cho, “X-sigma: Xml based simple data integration system for gathering, managing, and accessing scientific experimental data in grid environments,” in <i>e-Science and Grid Computing, 2006. e-Science ’06. Second IEEE International Conference on</i> , pp. 55-55, 2006.
EP17	W. Meining, “Xtalbase - a comprehensive data management system for macromolecular crystallography,” <i>Journal of Applied Crystallography</i> , vol. 39, no. 5, pp. 759-766, 2006.

A.4 Grupo de Referencia de Literatura y Términos Base - SLR Herramientas

Tabla A.5: Primera Parte

#	Estudio	Términos
EC1	G. Stocker, M. Fischer, D. Rieder, G. Bindea, S. Kainz, M. Oberstolz, J. McNally, and Z. Trajanoski, "ilap: a workflow-driven software for experimental protocol development, data acquisition and analysis," <i>BMC Bioinformatics</i> , vol. 10, pp. 1-12, November 2009.	experimental protocol, manage experimental protocols, development, data acquisition, data analysis
EC2	R. Maule, S. Gallup, and J. Jensen, "Knowledge engineering experimentation management system for collaboration," in <i>Innovations and Advances in Computer Sciences and Engineering</i> (T. Sobh, ed.), pp. 573-578, Springer Netherlands, 2010.	knowledge engineering, experimentation management, management system, collaboration, analysis, complex experiments, operational experimentation, infrastructure
EC3	Y. E. Ioannidis, M. Livny, A. Ailamaki, A. Narayanan, and A. Therber, "Zoo: A desktop experiment management environment," <i>SIGMOD Rec.</i> , vol. 26, pp. 580-583, June 1997.	experiment management, environment, experiment management environment
EC4	B. Page, R. Czogalla, and N. Knaak, "Simulating the eclipse way: A generic experimentation environment based on the eclipse platform," in <i>Analytical and stochastic modelling techniques and applications 13th, Analytical and stochastic modelling techniques and applications</i> , pp. 80-118, European Council for Modelling and Simulation, 2006.	experimentation environment, experiments, framework, environment, interactive, experimentation support
EC5	G. Travassos, P. dos Santos, P. Neto, and J. Biolchini, "An environment to support large scale experimentation in software engineering," in <i>Engineering of Complex Computer Systems, 2008. ICECCS 2008. 13th IEEE International Conference on</i> , pp. 193-202, 2008.	environment, support, experimentation, experimental studies, knowledge acquisition, knowledge management, scientific knowledge management, experimentation environments
EC6	F. Wang, P. Liu, J. Pearson, F. Azar, and G. Madlmayr, "Experiment management with metadata-based integration for collaborative scientific research," in <i>Data Engineering, 2006. ICDE '06. Proceedings of the 22nd International Conference on</i> , pp. 96-96, 2006.	experiment management, scientific research, collaboration, collaborative work, collaborative, data models, data systems, data visualization, manage, data, results

Tabla A.6: Segunda Parte

#	Estudio	Términos
EC7	S. Pallickara, B. Plale, S. Jensen, and Y. Sun, “Structure, sharing and preservation of scientific experiment data,” in <i>Challenges of Large Applications in Distributed Environments, 2005. CLADE 2005. Proceedings</i> , pp. 107-114, 2005.	experiment data, scientific computing, data, information, environments, experimental results, experiments
EC8	M. Carneccchia, “Accelrys experiment knowledge base (ekb),” tech. rep., Accelrys, 2013.	experiment knowledge, base, experimentation, planning experiments, executing experiments, experimental data, platform
EC9	E. Arisholm, D. I. Sjøberg, G. J. Carelius, and Y. Lindsjørn, “A web-based support environment for software engineering experiments,” <i>Nordic Journal of Computing</i> , vol. 9, pp. 231-247, September 2002.	support environment, experiments, controlled experiments, scientific evaluation, experimental tasks, environment
EC10	V. P. Lopes and G. H. Travassos, “Knowledge repository structure of an experimental software engineering environment,” <i>23th Brazilian Symposium on Software Engineering</i> , pp. 32-42, October 2009.	knowledge repository, environment, ontology, infrastructure, support, experimental study execution, knowledge representation, knowledge management, experimentation environment
EC11	K. Torii, K. Matsumoto, K. Nakakoji, Y. Takada, S. Takada, and K. Shima, “Ginger2: an environment for computer-aided empirical software engineering,” <i>IEEE Transactions on Software Engineering</i> , vol. 25, pp. 474-492, July/August 1999.	environment, control integration, data integration, experiment design, process model, architecture
EC12	J. Vanschoren and H. Blockeel, “Stand on the shoulders of giants: Towards a portal for collaborative experimentation in data mining,” <i>International Workshop on Third Generation Data Mining at ECML PKDD</i> , pp. 88-89, September 2009.	collaborative experimentation, data, setting up, running experiments

A.5 Cadenas de Búsqueda - SLR Herramientas

#	Cadena
CD1	(("experimentation management" OR "experimental protocol" OR "experiment management") AND ("Collaboration" OR "data acquisition") AND (infrastructure OR workflow OR environment OR "experimentation environment"))
CD2	(("experimentation management" OR "experimental protocol" OR "experiment management" OR "experimentation environment") AND ("collaboration" OR "data acquisition" OR "experimentation support") AND (infrastructure OR workflow OR environment OR platform))
CD3	(("experimentation management" OR "experimental protocol" OR "experiment management" OR "experimentation environment") AND ("collaboration" OR "data acquisition" OR "experimentation support" OR "experimental studies") AND (infrastructure OR workflow OR environment OR platform))
CD4	((("experimentation management" OR "experimental protocol" OR "experiment management" OR "experimentation environment") AND ("collaboration" OR "data acquisition" OR "experimentation support" OR "experimental studies" or "scientific research")) AND (infrastructure OR workflow OR environment OR platform))
CD5	((("experimentation management" OR "experimental protocol" OR "experiment management" OR "experimentation environment" OR "scientific experiment data") AND (collaboration OR "data acquisition" OR "experimentation support" OR "experimental studies" OR "scientific research" OR sharing) AND (infrastructure OR workflow OR environment OR platform))
CD6	((("experimentation management" OR "experimental protocol" OR "experiment management" OR "experimentation environment" OR "scientific experiment data" OR "experiment design") AND (collaboration OR "data acquisition" OR "experimentation support" OR "experimental studies" OR "scientific research" OR sharing OR "data integration") AND (infrastructure OR workflow OR environment OR platform))
CD7	((("experimentation management" OR "experimental protocol" OR "experiment management" OR "experimentation environment" OR "experiment design" OR "experiment data") AND (collaboration OR "data acquisition" OR "experimentation support" OR "experimental studies" OR "scientific research" OR sharing OR "data integration") AND (infrastructure OR workflow OR environment OR platform OR scientific))

A.6 Estudios Primarios - SLR Herramientas

Estudio	Referencia
EP1	G. Travassos, P. dos Santos, P. Neto, and J. Biolchini, “An environment to support large scale experimentation in software engineering,” in <i>Engineering of Complex Computer Systems, 2008. ICECCS 2008. 13th IEEE International Conference on</i> , pp. 193-202, 2008.
EP2	A. Maccagnan, M. Riva, E. Feltrin, B. Simionati, T. Vardanega, G. Valle, and N. Cannata, “Combining ontologies and workflows to design formal protocols for biological laboratories,” <i>Automated Experimentation</i> , vol. 2, no. 1, pp. 1-14, 2010.
EP3	B. Gabor and B. Kemme, “Exp-wf:workflow support for laboratory information systems,” in <i>Data Engineering Workshops, 2006. Proceedings. 22nd International Conference on</i> , pp. 69-69, 2006.
EP4	K. Torii, K. Matsumoto, K. Nakakoji, Y. Takada, S. Takada, and K. Shima, “Ginger2: an environment for computer-aided empirical software engineering,” <i>IEEE Transactions on Software Engineering</i> , vol. 25, pp. 474-492, July/August 1999.
EP5	G. Stocker, M. Fischer, D. Rieder, G. Bindea, S. Kainz, M. Oberstolz, J. McNally, and Z. Trajanoski, “ilap: a workflow-driven software for experimental protocol development, data acquisition and analysis,” <i>BMC Bioinformatics</i> , vol. 10, pp. 1-12, November 2009.
EP6	E. Kaletas, H. Afsarmanesh, and L. Hertzberger, “Modelling multi-disciplinary scientific experiments and information,” in <i>Computer and Information Sciences - ISCIS 2003</i> (A. Yazici and C. Sener, eds.), vol. 2869 of <i>Lecture Notes in Computer Science</i> , pp. 75-82, Springer Berlin Heidelberg, 2003.
EP7	P. Tripicchio, E. Ruffaldi, C. Avizzano, and M. Bergamasco, “Virtual laboratory: a virtual distributed platform to share and perform experiments,” in <i>Haptic interfaces for virtual environment and teleoperator systems, 2008. haptics 2008. symposium on</i> , pp. 311-318, 2008.
EP8	Y. E. Ioannidis, M. Livny, A. Ailamaki, A. Narayanan, and A. Therber, “Zoo: A desktop experiment management environment,” <i>SIGMOD Rec.</i> , vol. 26, pp. 580-583, June 1997.

Apéndice B

Propuesta de Plantilla para Reportar Action Research en ISE

B.1 Introducción

A diferencia de la abundante información encontrada con respecto al método AR, la situación es muy diferente en lo tocante a guías para reportar AR. Únicamente hemos encontrado una guía muy general propuesta por Medeiros D. y Travassos (2011), la cual incluyen una plantilla para facilitar el reporte de AR. Tras estudiar en detalle la plantilla original, determinamos que algunos de los elementos propuestos no se ajustaban completamente a nuestros requerimientos de reporte. Así mismo, vimos que ciertos elementos son inadecuado para nuestro caso, dado que dicha plantilla fue estructurada, de acuerdo a sus autores, para reportar investigaciones realizadas en el campo más específico del software, más no para reportar investigación en el campo de la ISE.

Hemos tomado como base esta guía para proponer una plantilla propia, cuyas especificaciones se adapten al contexto de nuestra investigación, para lo cual hemos realizado algunas modificaciones de enfoque y de terminología respecto a la plantilla original. La Tabla B.1 muestra las modificaciones realizadas con respecto a la plantilla original, que dieron como resultado nuestra propuesta de plantilla. Más en detalle, los cambios realizados se describen a continuación.

B.2 Análisis de la Problemática

La plantilla original propone un diagnóstico como primera sección, que según sus actores incluye: (1) La descripción del problema, (2) el contexto del proyecto y, (3) el tema de investigación, lo cual consideramos adecuado. Sin embargo, replanteamos el nombre de la actividad a “*Análisis de la Problemática*” que tiene el mismo enfoque del diagnóstico de la plantilla original. Para el caso de esta tesis, describiremos la problemática que abordará la investigación, a modo de resumen.

B.3 Planificación

Siguiendo la plantilla base, la segunda sección es Planificación. Coincidimos en que es importante realizar una planificación bien detallada para dar soporte a la investigación, cumpliendo así con la premisa de rigurosidad de la investigación.

AR parte del principio que tanto el investigador como los participantes, en este caso los experimentadores, analizan en conjunto una situación que denota un problema y, sobre la base de este estudio, formulán una o varias teorías destinadas a explicar las circunstancias en las que se presenta el problema. Basados en este análisis inicial, vemos que la plantilla original propone un primer paso dentro de esta actividad que es describir el estudio de la literatura técnica que fundamenta la planificación. Este estudio indica los aspectos importantes de los trabajos que serán usados en las diferentes interacciones investigador-profesionales. Igualmente coincidimos en la pertinencia de este paso. Sin embargo, el estudio de la literatura y el de otras fuentes válidas de información para nuestro caso, como por ejemplo: la información propia que manejan los stakeholders (en este caso información experimental del grupo de trabajo), el conocimiento propio de cada experimentador cimentado sobre la base de varios años de experiencia, etc., son considerados y descritos en

Tabla B.1: Probuesta de Plantilla para Reportar los Productos de la Investigacion con AR

Plantilla Original		Plantilla Modificada		
(1) Diagnóstico	(a) Descripción del Problema	(a) Descripción del Problema	<i>(1) Análisis de la Problemática</i>	
	(b) Contexto del Proyecto	(b) Contexto del Proyecto		
	(c) Tema de Investigación	(c) Tema de Investigación		
(2) Planificación	(a) Estudio de Literatura	(i) Estudio inicial (opcional)	<i>(a) Estudio de Literatura</i>	
		(i) Objetivos		
		(ii) Preguntas de Investigación		
(b) Foco de la Acción	(iii) Resultados esperados	(iii) Resultados esperados	<i>(b) Enfoque de la Acción</i>	
	(c) Hipótesis			
	(i) Técnicas			
(d) Definiciones Operacionales	(ii) Herramientas		<i>(c) Definiciones Operacionales</i>	
	(iii) Instrumentos			
	(iv) Diseño del estudio (opcional)			
(3) Acciones	(2) Planificación		<i>(e) Hipótesis</i>	
	(i) Técnicas			
	(ii) Herramientas			
(4) Evaluación y Análisis	(iii) Instrumentos		<i>(d) Definiciones Operacionales</i>	
	(iv) Diseño del estudio (opcional)			
	(3) Acciones			
(5) Reflexión y Aprendizaje	(4) Evaluación y Análisis		<i>(5) Lecciones Aprendidas y Discusión</i>	
	(a) Reflexión			
	(b) Aprendizaje			

el plan de trabajo (Sección 4.7) como actividades principales de las etapas de investigación. Por lo tanto, este primer paso dentro de la planificación lo hemos eliminado.

Dentro del mismo estudio de la literatura, la plantilla propone un estudio controlado inicial a pequeña escala (en caso de que el estudio inicial de literatura sea prematuro), el cual está orientado a aspectos específicos de la evaluación de tecnologías software, por lo cual hemos decidido que no es relevante para nuestra investigación en particular y lo hemos eliminado.

El segundo paso propuesto en la plantilla original para la sección de planificación es el denominado “Foco de la Acción”, el cual según los autores, define los objetivos de la investigación y consta de los ítems: (1) Objetivos, (2) preguntas de investigación y, (3) resultados esperados. Este paso lo consideramos acertado. Sin embargo, para el caso de esta tesis no fueron planteadas preguntas de investigación, por lo que en su lugar proponemos el plan de trabajo, para añadir un extracto del plan general propuesto en el Capítulo 4 (Sección 4.7). Continuando con la línea terminológica utilizada, hemos realizado algunos cambios respecto a la terminología usada en la plantilla base, de la siguiente manera. Al paso “Foco de la acción” lo denominamos “*Enfoque de la Acción*”, el cual estará descrito por los “(i) *Objetivos*” (igual que en la plantilla base), “(ii) *Plan de Trabajo*” y, “(iii) *Resultados Esperados*” (igual que en la plantilla original).

La plantilla original propone como tercer paso en la sección de planificación la posibilidad de plantear hipótesis, que según los autores, son determinadas a partir de los objetivos planteados en el paso anterior, y muestran ciertas expectativas sobre el comportamiento del contexto durante las interacciones. En nuestro caso no consideraremos plantear hipótesis dado que creemos que no es posible predecir o hipotetizar el comportamiento del contexto en en ínterin de la investigación (en las diferentes interacciones), ya que depende justamente del contexto y de las personas que participan. Además, en nuestra investigación no hacemos la comparación de aspectos de la investigación, sino al contrario buscamos crear productos para aportar a la solución de una problemática bien identificada.

Finalmente, como cuarto paso dentro de la sección de planificación se propone algunas definiciones operacionales, tales como: Técnicas, herramientas, instrumentos y diseño del estudio (opcional), lo cual estamos de acuerdo. Sin embargo, no hemos considerado el ítem “(iv) *Diseño del Estudio (opcional)*”, ya que en el Capítulo 4 (Sección 4.7) planificamos el trabajo tentativo para toda la investigación.

B.4 Acciones

La plantilla propone como siguiente sección la descripción de las acciones realizadas. Aquí se describe cómo se realizaron las actividades durante la investigación de una manera cronológica. Una regla básica importante que se recomienda es que cuantos más datos e información se proporcione, mejor será. Al igual que en la plantilla original, consideramos oportuno este apartado y lo asumiremos tal cual.

B.5 Evaluación y Análisis

La siguiente sección que propone la plantilla es la de evaluación y análisis. El objetivo de esta sección, según indican los autores, es describir el proceso de análisis de datos y sus hallazgos. Es importante, cuando se describe el análisis de datos intentar mantener un vínculo explícito entre los resultados obtenidos a partir de los datos recogidos y los objetivos iniciales. Esto preservará la trazabilidad de los resultados para el problema diagnosticado y ayudará a dar rigor a la investigación. Consideramos adecuado este apartado.

B.6 Lecciones Aprendidas y Discusión

La última sección propuesta en la plantilla se refiere a la reflexiones realizadas y al aprendizaje obtenido. Según indican los autores, esta sección tiene un doble objetivo de acuerdo a los principios de AR. En primer lugar, es necesario explorar los resultados obtenidos en relación al estado de la cuestión. Durante este examen, en lo posible se debe hacer hincapié en comparar los resultados obtenidos, con los resultados de los estudios utilizados en la sección “estudio de la literatura técnica” (explícito caso, con la literatura incluida en el estado de la cuestión). Por otro lado, los autores indican que la descripción del proceso de aprendizaje también debería detallar la experiencia del investigador y cómo esta influyó en la cultura organizacional, en adición a mencionar el material “físico” generado en el contexto de, y para, la organización.

Coincidimos con la apreciación de los autores y asumiremos lo propuesto en la plantilla original respecto a esta sección. Sin embargo, para ser consistentes con la terminología utilizada en el manuscrito, a esta sección la denominaremos “*Lecciones Aprendidas y Discusión*”, sección que tendrá dos subsecciones denominadas “*Lecciones Aprendidas*” y “*Discusión*”.

Apéndice C

Reporte de Necesidades de Información de los Experimentadores

Necesidades de Información en Investigación Experimental

Introducción

Previa la formalización del un Modelo Conceptual del Proceso de Investigación Experimental en Ingeniería de Software, hemos realizado varias aproximaciones de un Mapa de Conceptos; sin embargo elaborar una solución global para los roles educidos hasta el momento ha sido una tarea muy compleja tanto por la diversidad terminológica empleada así como la inexistencia de una simbología adecuada para representar lo educido; esto llevó a considerar la generación de modelos individuales por rol a fin de minimizar la complejidad y crear una simbología nueva, que evite la confusión con estándares conocidos de modelado que podrían inducir a una mala interpretación.

La estrategia de dividir el Modelo Conceptual General en Modelos Conceptuales Individuales por roles, permitió representar y clarificar el proceso individual de cada rol; su salidas han permitido elaborar componentes que podrían ser empleados en un ecosistema.

Actualmente no se cuenta con ninguna base de datos estructurada y lo que se proveerá para este ejercicio de Ecosistemas será información generada por cada rol y contenida en archivos ubicados dentro de una estructura “organizada” de folders; estos archivos por lo general son hojas electrónicas (XLS), documentos de texto (.doc, .pdf y .txt), documentos pre formateados para herramientas estadísticas, etc. Es preciso mencionar que existe mucha información que no está soportada en medios magnéticos, sino únicamente en el conocimiento de los expertos. Los Modelos Conceptuales Individuales así como la información de cada rol, debería permitir responder a consultas planteadas por los roles, que es lo que solicita Stefan.

Consultas del Gestor de la Investigación

Consulta 1

¿En que estado esta la replicación R? (Consulta al repositorio de Sira o Rodrigo)

Rol que realiza la consulta: Gestor de la Investigación (véase modelo en el apéndice 1).
Repositorio Local (desde el que se realiza la consulta): Natalia.

Otros Roles Necesarios para la Consulta: Investigador Senior (véase modelo en el apéndice 2).

Otros Repositorios Necesarios para la Consulta: Sira y Rodrigo¹.

¹ Queda ambiguo qué roles están en qué repositorio, esto es, puede ocurrir que un repositorio contenga la información de los roles pero solo podemos saber esto si examinamos los datos que contiene el repositorio en detalle. En un mundo más

Input Data: Una Replicación R.

Propósito: Conocer el estado de la Replicación R.

Tablas del Modelo Relevantes para esta Consulta

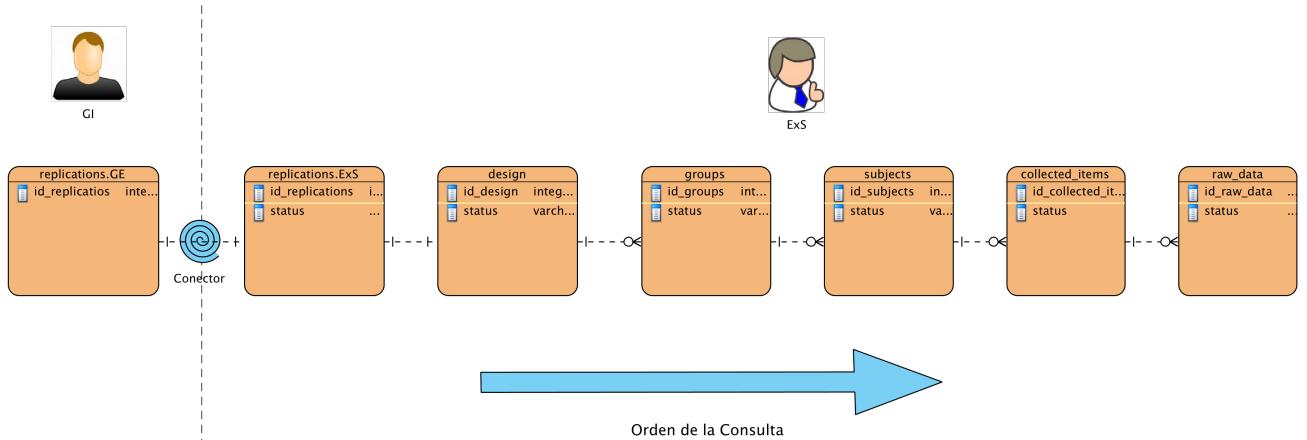


Figura 1: Modelo Conceptual de la Consulta 1 del GI

En la **Figura 1** muestra las tablas necesarias para resolver esta consulta. Al lado de cada tabla hemos utilizado las figuras que representan los roles, indicando si la tabla pertenece al modelo del GI, GE o ExS. Puede ocurrir que una tabla corresponde a dos o más modelos.

Procedimiento:

- 1) Localizar la Replicación R en la Tabla Replicaciones.

Respuesta 1 = Replicación R; ó
Respuesta 2 = Replicación no existe.

- 2) Si R existe, buscar en la tabla de Diseño.ExS, su correspondiente Diseño D y su estado (Concluido o No).

Respuesta 1 = Diseño D + Estado = Concluido; ó
Respuesta 2 = Diseño D + Estado = No Concluido; ó
Respuesta 3 = No existe Diseño, Δ Replicación Planificada.
Una replicación responde a un único Diseño.

- 3) Si R existe y su Diseño está Concluido, buscar en la tabla Collected Items.ExS, sus correspondientes datos.

Respuesta 1 = Collected Items Completos; ó
Respuesta 2 = Collected Items Incompletos; ó
Respuesta 3 = No Existen Collected Items.

complejo en donde no conocemos por anticipado que roles están participando en un repositorio, no podríamos encontrar el repositorio adecuado.

A una replicación le corresponden al menos un Collected Item por cada Sujeto Experimental.

- 4) Si R existe, su Diseño está Concluido y sus Collected Items están Completos, buscar en la tabla Raw Data.ExS sus correspondientes datos.

Respuesta 1 = Raw - Data Completos; ó

Respuesta 2 = Raw - Data Incompletos; ó

Respuesta 3 = No Existen Raw - Data.

A una replicación le corresponden al menos un Raw Data por cada Sujeto Experimental.

Excepciones:

1* No existe La Replicación R, No ha sido Planificada.

2* No hay un Diseño o Diseño no efectuado.

3* No existen Collected Items.

4* No existe Raw Data.

Resultado Esperado:

En vista que la consulta es compleja, como se pudo notar, por las posibles respuestas que implican a su vez varios conceptos, se han establecido las siguientes opciones de respuestas en base a los estados reales por los que pasa una replicación:

- a. Planificada.
- b. Diseño no Concluido.
- c. Diseñada, No existen Collected Items.
- d. Diseñada, Collected Items Incompletos.
- e. Diseñada, Collected Items Completos, No existe Raw Data
- f. Diseñada, Collected Items Completos, Raw Data Incompletos.
- g. Diseñada, Collected Items Completos, Raw Data Completos = Replicación Finalizada Primera Fase.

Ejemplos:

1) Para R = ESPEL 2011, el resultado es: {Diseñada, Collected Items Completos, No existe Raw Data}

2) Para R = COSTA RICA 2012, el resultado es: {No existe}

Consulta 2

¿Qué técnicas ha utilizado (niveles de factor) la replicación R? (consulta al repositorio de Sira o Rodrigo)

Rol que realiza la consulta: Gestor de la Investigación (véase modelo en el apéndice 1)
Repositorio Local (desde el que se realiza la consulta): Natalia

Otros Roles Necesarios para la Consulta: Investigador (véase modelo en el apéndice 2)

Otros Repositorios Necesarios para la Consulta: Sira ó Rodrigo

Input Data: Una Replicación R

Propósito: Conocer las técnicas utilizadas en la Replicación R

Tablas del Modelo Relevantes para esta Consulta

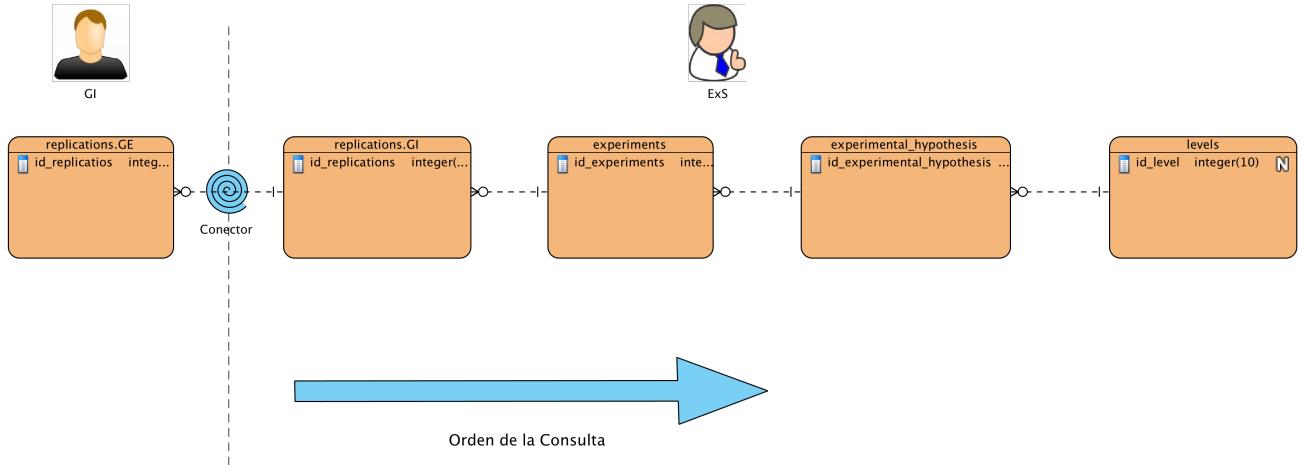


Figura 2: Modelo Conceptual de la Consulta 2 del GI

En la **Figura 2** muestra las tablas necesarias para resolver esta consulta. Al lado de cada tabla hemos utilizado las figuras que representan los roles, indicando si la tabla pertenece al modelo del GI, GE o ExS. Puede ocurrir que una tabla corresponde a dos o más modelos.

Procedimiento:

- 1) Localizar la Replicación R en la Tabla Replicaciones.
Respuesta = Replicación R ó Replicación no existe.
- 2) Si R existe, buscar en la tabla de experimentos, su correspondiente Experimento E.
Respuesta = Experimento E (mandatorio).
Una replicación corresponde a un único experimento.
- 3) Con E, buscar en la tabla Experimental Hypothesis.ExS, su correspondiente Hipótesis H (mandatorio).
Respuesta = Hipótesis H
Una replicación responde a una Hipótesis.
- 4) Con H, buscar en la tabla Levels.ExS sus correspondientes técnicas.
Respuesta = Nivel 1, 2, ... n ó No existen Niveles.
A una Replicación le corresponden al menos dos niveles de un Factor.

Excepciones:

- 1* No existe La Replicación R.
- 2* No es posible que no exista un experimento que sustente la Replicación.
- 3* No es posible que no exista una Hipótesis que sustente un Experimento y por ende a una Replicación.

4* No es posible que no existan al menos dos niveles por cada factor.

Resultado Esperado:

- 1) Para R = ESPEL2011, el resultado es: {Structural, Functional}

Consulta 3

¿Que variable respuesta ha utilizado la replicación R (consulta local)?

Rol que realiza la consulta: Gestor de la Investigación (véase modelo en el apéndice 1)
 Repositorio Local (desde el que se realiza la consulta): Natalia

Otros Roles Necesarios para la Consulta: Ninguno

Otros Repositorios Necesarios para la Consulta: Ninguno

Input Data: Una Replicación R

Propósito: Conocer que variables respuesta ha estudiado la Replicación R

Tablas del Modelo Relevantes para esta Consulta

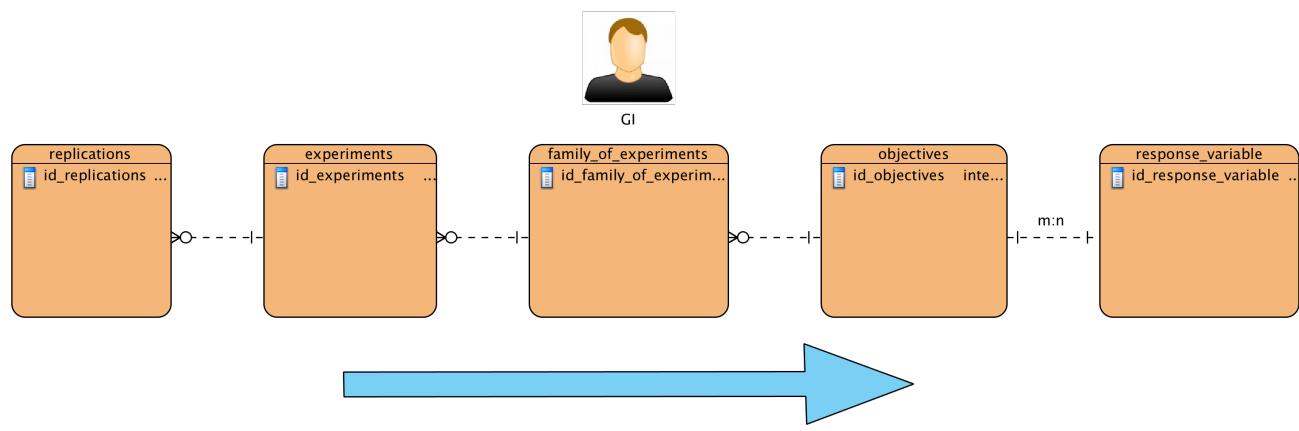


Figura 3: Modelo Conceptual de la Consulta 3 del GI

En la **Figura 3** muestra las tablas necesarias para resolver esta consulta. Al lado de cada tabla hemos utilizado figuras que representan los roles, indicando si la tabla pertenece al modelo del GI, GE o ExS. Puede ocurrir que una tabla corresponde a dos o más modelos.

Procedimiento:

- 1) Localizar la Replicación R en la Tabla de Replicaciones
 Respuesta = Replicación R ó Replicación no existe.
- 2) Si R existe, buscar en la tabla de experimentos, su correspondiente Experimento E.
 Respuesta = Experimento E (mandatorio).
 Una replicación corresponde a un único experimento.
- 3) Con E, buscar en la tabla Familia de Experimentos, su correspondiente Familia F.
 Respuesta 1 = Familia F.

Respuesta 2 = No corresponde a ninguna Familia
Un Experimento puede corresponder a una única Familia.

- 4) Con E o F, buscar en la tabla Objetivos, su correspondiente Objetivo O.
Respuesta = Objetivo O (mandatorio).
Una Familia de Experimentos responde a un único Objetivo.
- 5) Con O, Buscar en la tabla Variable Respuesta, su correspondiente Variable Respuesta VR.
Respuesta = Variable Respuesta VR (mandatorio).
Un Objetivo corresponde al menos a una Variable Respuesta.

Excepciones:

- 1* No existe La Replicación R.
- 2* No es posible que no exista un experimento que sustente la Replicación.
- 3* No corresponde a ninguna Familia de Experimentos, es nuevo o no se ha relacionado con la familia.
- 4* No es posible que no exista un Objetivo, ya que un Experimento obedece a un objetivo.
- 5* No es posible que no exista una variable respuesta, ya que un objetivo hace referencia a una variable respuesta.

Resultado Esperado:

- 1) Para R = UPM2001, el resultado es: {effectiveness, efficacy}

Consulta 4

¿Número de sujetos experimentales en la replicación R? (consulta hacia el repositorio de Sira ó Rodrigo)

Rol que realiza la consulta: Gestor de la Investigación (véase modelo en el apéndice 1).
Repositorio Local (desde el que se realiza la consulta): Natalia.

Otros Roles Necesarios para la Consulta: Investigador (véase modelo en el apéndice 2).

Otros Repositorios Necesarios para la Consulta: Sira y Rodrigo.

Input Data: Una Replicación R.

Propósito: Conocer el número de Sujetos Experimentales de la Replicación R.

Tablas del Modelo Relevantes para esta Consulta

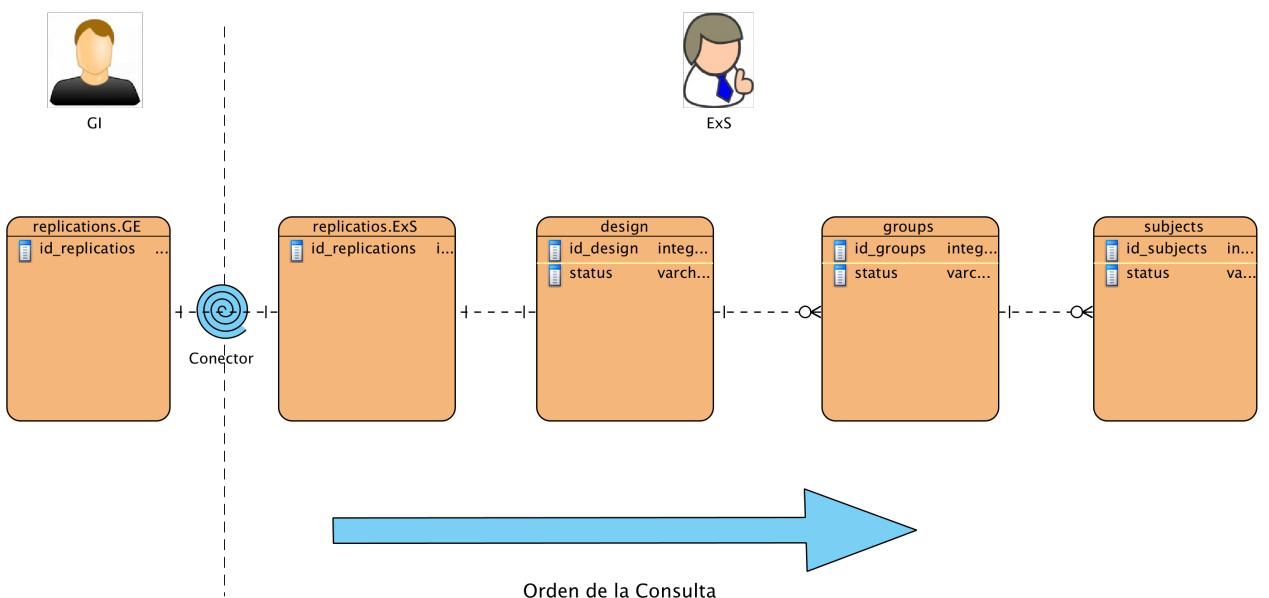


Figura 4: Modelo Conceptual de la Consulta 4 del GI

La **Figura 4** muestra las tablas necesarias para resolver esta consulta. Al lado de cada tabla hemos utilizado figuras que representan los roles, indicando si la tabla pertenece al modelo del GI, GE o ExS. Puede ocurrir que una tabla corresponde a dos o más modelos.

Procedimiento:

- 1) Localizar la Replicación R en la Tabla de Replicaciones.

Respuesta = Replicación R ó Replicación no existe.

- 2) Si R existe, buscar en la tabla de Diseño.ExS, su correspondiente Diseño D y su estado (Concluido o No).

Respuesta 1 = Diseño D + Estado = Concluido; ó

Respuesta 2 = Diseño D + Estado = No Concluido; ó

Respuesta 3 = No existe Diseño, Δ Replicación Planificada.

Una replicación responde a un único Diseño.

- 3) Si existe D y su estado es Concluido, buscar en la tabla Grupos, sus correspondientes Grupos G.

Respuesta 1 = G1, G2, ... Gn

Respuesta 2 = No existen grupos en este diseño.

A un Diseño le corresponde al menos un Grupo.

- 4) Con D ó con cada G, buscar en la tabla Sujetos, sus correspondientes S.

Respuesta 1 = Sujetos S por Grupo (sumar).

Respuesta 2 = Sujetos S.

A un Grupo le corresponde al menos un Sujeto.

Excepciones:

- 1* No existe La Replicación R.
- 2* Es posible que una Replicación aún no esté diseñada totalmente.
- 3* Es posible la existencia de Replicaciones sin la definición de Grupos, dependiendo del tipo de diseño.
- 4* No es posible que no exista ni un solo Sujeto Definido en una Replicación con diseño terminado y con grupos definidos.

Resultado Esperado:

- 1) Para R = ESPEL2011, el resultado es: {23 sujetos}

Consultas del Gestor del Experimento

Consulta 1

¿Qué replicaciones de Experimento E hay planificadas? (consulta al repositorio de Natalia)

Rol que realiza la consulta: Gestor del Experimento (véase modelo en el apéndice 2)

Repositorio Local (desde el que se realiza la consulta): Sira

Otros Roles Necesarios para la Consulta: Gestor de la Investigación.

Otros Repositorios Necesarios para la Consulta: Natalia.

Input Data: consulta *.

Propósito: Conocer las Replicaciones planificadas del Experimento E, para ejecución.

Tablas del Modelo Relevantes para esta Consulta

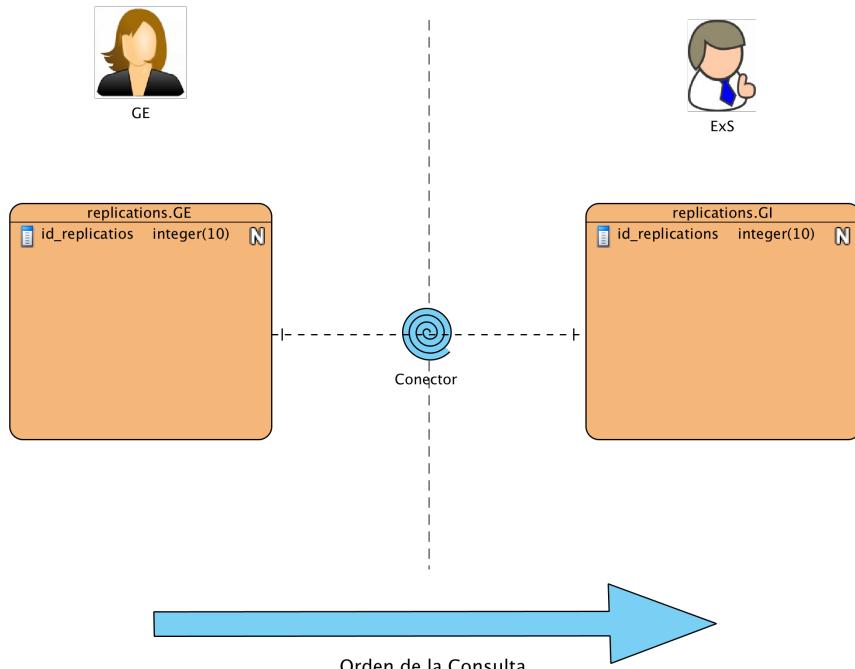


Figura 5: Modelo Conceptual de la Consulta 1 del GE

Procedimiento:

- 1) Localizar el Experimento E, en la tabla de Experimentos.
 Respuesta 1 = Experimento E.
 Respuesta 2 = No existe el Experimento E.
- 2) Si existe E, Localizar las Replicaciones R correspondientes a E, cuyo estado sea Planificada, en la Tabla de Replicaciones.GE.
 Respuesta = Consulta al Repositorio Replicaciones.GI.
- 3) Localizar las Replicaciones R, de E, cuyo estado sea Planificada en la Tabla de Replicaciones.GI.
 Respuesta 1 = Replicación 1, 2, ... n.
 Respuesta 2 = No existen Replicaciones Planificadas.

Excepciones:

- 1* Es posible que no exista ninguna Replicación con el estado Planificada por desconexión con el repositorio foráneo.
- 2* No existe ninguna Replicación por modificación de la estructura en el repositorio foráneo.

Resultado Esperado:

- 1) Para Experimento E = 2001, consulta Replicación.estado = Planificada, el resultado es: {ninguna}

Consulta 2

¿Cuántas replicaciones de este experimento hay? (consulta local)

Rol que realiza la consulta: Gestor del Experimento (véase modelo en el apéndice 2)
Repositorio Local (desde el que se realiza la consulta): Sira
Otros Roles Necesarios para la Consulta: Ninguno.
Otros Repositorios Necesarios para la Consulta: Ninguno.
Input Data: Experimento E.
Propósito: Conocer las Replicaciones ejecutadas para este Experimento.

Tablas del Modelo Relevantes para esta Consulta

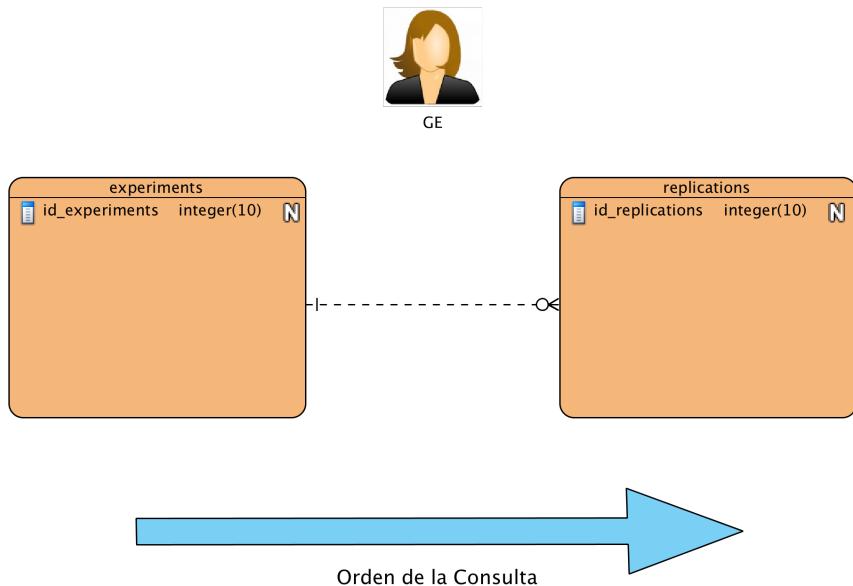


Figura 6: Modelo Conceptual de la Consulta 2 del GE

Procedimiento:

- 1) Localizar el Experimento E en la Tabla de Experimentos.
 Respuesta 1 = Experimento E.
 Respuesta 2 = No existe Experimento E.
- 2) Con E, buscar todas las Replicaciones correspondientes (todos los estados).
 Respuesta 1 = Replicación 1, 2, ... ,n.
 Respuesta 2 = No existen Replicaciones para este experimento.

Excepciones:

- 1* Es posible que no exista el Experimento.
- 2* No se muestran todas las Replicaciones por falta de actualización.

Resultado Esperado:

- 1) Para consulta E = Ecuador, el resultado es: {1}

Apéndice D

Técnica para dar Respuesta a las Necesidades de Información de los Experimentadores en el Ciclo Experimental en IS

1. Introducción

El planteamiento de esta técnica se deriva de las acciones tomadas para formalizar el proceso experimental en IS a nivel conceptual, cuyo propósito es dar respuesta a las necesidades de información de los experimentadores, en base a los modelos conceptuales obtenidos tras la ejecución de la primera etapa del plan de trabajo de esta tesis. El método propuesto permite analizar la necesidad de información del experimentador, depurarla para aclarar su ámbito, y ubicar los conceptos idóneos para elaborar su respuesta. Esto garantiza la consistencia de la respuesta, evita cualquier omisión semántica, y permite depurar los conceptos utilizados en este proceso de requerimiento-respuesta.

El proceso experimental en IS maneja un flujo importante de información, el cual corresponde fundamentalmente a las actividades que realizan los experimentadores durante el proceso. El nivel de información manejada, torna complejo al proceso experimental, con el agravante de la existencia de la diversidad terminológica y de la heterogeneidad de la información manejada por los experimentadores. Sin embargo, en cada grupo de investigación se forma una base informal de información que incluye la que maneja cada experimentador, incluido su conocimiento. Ubicar cierta información en un entorno como el descrito representa sin duda una complicación, la cual justamente pretendemos solventar con la presente investigación.

Hemos observado que el proceso seguido para dar respuesta a distintas necesidades de información planteadas por los experimentadores en el proceso experimental en IS, presenta semejanzas tanto a nivel de su resolución, así como a nivel de las dificultades encontradas; dependiendo evidentemente del tipo de necesidad de información planteada, y en especial, del flujo de información generado. Esto ha motivado la propuesta de una técnica para dar respuesta a las necesidades de información de los experimentadores, que formaliza el proceso experimental, puntualmente a nivel de sus conceptos. La técnica propuesta plantea las siguientes actividades: (1) Sistematización de la necesidad de información, (2) caracterización de la traza inicial de conceptos, (3) construcción de la traza de conceptos de respuesta a la necesidad de información y, (4) construcción de la respuesta a la necesidad de información. A continuación se detalla cada una de estas actividades.

2. Sistematización de la Necesidad de información

El grado de dificultad de las necesidades de información planteadas por los experimentadores en el proceso experimental en IS es diverso y está determinado principalmente por factores como: el perfil desde el que son planteadas, la información requerida, el grado de definición de los conceptos y la cantidad de conceptos involucrados en la necesidad de información (a mayor número de conceptos, mayor flujo de información). Por este motivo, es preciso sistematizar la necesidad de información para establecer claramente los *conceptos objetivo* de la necesidad de

información, los *perfils* que proveerán la información y los *modelos de conceptos* que intervienen para dar respuesta a la necesidad de información. Para sistematizar la necesidad de información planteamos: La formalización de los conceptos objetivo de la necesidad de información y la identificación del alcance de la necesidad de información. En la figura 1 se muestra el proceso de sistematización de la necesidad de información.

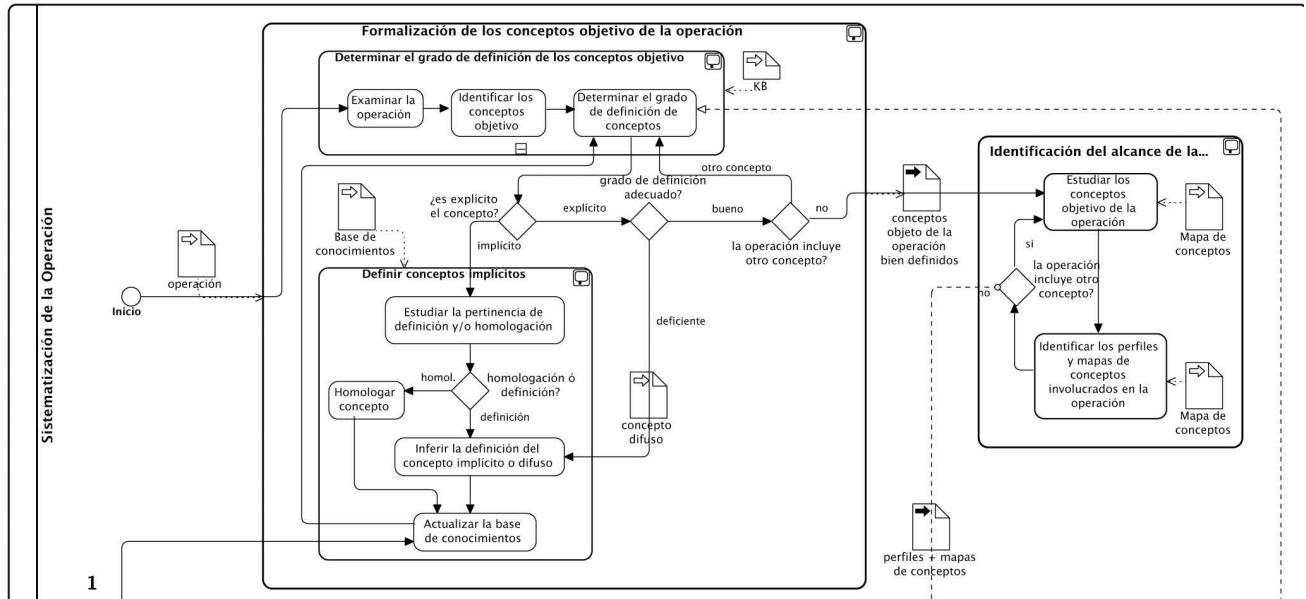


Figura 1: Proceso de Sistematización de la Necesidad de Información

2.1. Formalización de los Conceptos Objetivo de la Necesidad de Información

Dada la diversidad terminológica utilizada por los investigadores para conceptualizar el proceso experimental en IS y en miras a dar respuesta a las necesidades de información planteadas en este entorno, es necesario formalizar los conceptos objetivo de las necesidades de información, para comprender de forma inteligible lo que precisa cada requerimiento. Esta formalización consiste en puntualizar las características que definen a los conceptos detallados en la necesidad de información y que están explícitos en los modelos conceptuales creados. Caso contrario, es preciso inferir la definición de los conceptos implícitos recurriendo inclusive a alguna literatura referente, con el propósito de alimentar la base de información del grupo de investigación, que por el momento mayormente reside en el conocimiento de los experimentadores, de forma estática en los materiales experimentales y en un glosario de términos que se está empezando a alimentar. Para esto, en primer lugar determinamos el grado de definición de cada concepto.

2.1.1. Determinación del Grado de Definición de los Conceptos Objetivo de la Necesidad de Información

Un concepto definido deficientemente, no brinda la información necesaria para comprender expresamente lo requerido en una necesidad de información, lo que podría provocar la formulación de una respuesta errónea o que no satisfaga al experimentador. Por tal motivo, es imprescindible determinar el grado de definición de los conceptos objetivo de la necesidad de información. Esta actividad consiste en estudiar cada concepto especificado en la necesidad de información, para determinar si los conceptos están explícitos en el modelo conceptual y además si su definición es inteligible, es decir, que tenga un grado de definición adecuado.

En los siguientes apartados se detalla el procedimiento propuesto para determinar el grado de definición de los conceptos objetivo de la necesidad de información.

- a) **Examinar la necesidad de información:** En primer lugar, realizamos un estudio minucioso de la necesidad de información para entender con claridad la información requerida. Este examen consiste en utilizar la capacidad de abstracción para adquirir, comprender y organizar el conocimiento explícito en la necesidad de información. Es decir, situarse adecuadamente ante el contenido, interpretarlo y asimilarlo para poder identificar con claridad el propósito de la necesidad de información y los conceptos contenidos. Por ejemplo, para el caso de la necesidad de información “*variable respuesta de un experimento específico*”, que es planteada por el Gestor de la Investigación (GI), luego del estudio se puede identificar claramente que esta necesidad de información:

*requiere conocer la
variable respuesta de un
experimento específico.*

- b) **Identificar los conceptos objetivo de la necesidad de información:** Paralelamente a la actividad anterior, identificamos los conceptos objetivo de la necesidad de información para estudiarlos individualmente. Por ejemplo, en la necesidad de información de la “*variable respuesta de un experimento específico*”, identificamos los conceptos: **Experimento**, y **Variable Respuesta**.
- c) **Determinar el grado de definición de los conceptos objetivo de la necesidad de información:** Finalmente, el estudio individual de los conceptos busca determinar si están explícitos en los modelos conceptuales y si su grado de definición es adecuado, entendiéndose por adecuado a aquel grado de definición en el cual un concepto se auto define o se sustenta en otros conceptos complementarios. Es preciso mencionar que la definición de los conceptos explícitos podría estar disponible ya sea en el conocimiento de los investigadores, o también en un glosario de términos que se está implementando en el grupo de investigación objeto de estudio. Continuando con el ejemplo, los conceptos identificados son ubicados en el mapa de

conceptos y su definición está disponible en el glosario de términos del proceso experimental, de la forma siguiente:

- **Experimento:** Un experimento, en general, se define como un procedimiento científico llevado a cabo normalmente en un ambiente adecuado para tal fin, con el objetivo de hacer un descubrimiento, probar un supuesto o demostrar un hecho conocido; donde los sujetos experimentales, son asignados a los diferentes tratamientos aleatoriamente. El experimento consta al menos de un nombre, una descripción, sitio donde se llevará a cabo, experimentador responsable y fecha de ejecución.
- **Variable Respuesta:** Una variable respuesta, en general, representa el objetivo del estudio, o lo que se pretende estudiar. Es la salida o resultado de la investigación, como respuesta de la interacción entre los tratamientos o niveles de las variables independientes o factores.

Sin embargo, existe la posibilidad de que alguna necesidad de información plantee conceptos que no están explícitos en la base de información del grupo de investigación. Así mismo, aún cuando algunos conceptos estén explícitos, es posible que estén deficientemente definidos (también denominados como conceptos ambiguos, difusos o con un bajo grado de definición). Por las razones antes mencionadas, será necesario definir o redefinir a estos tipos de conceptos, dependiendo del caso.

2.1.2. Definición de Conceptos Implícitos

Una parte considerable del conocimiento de los experimentadores corresponde al tipo de conocimiento denominado tácito, por lo que innumerables conceptos habitualmente no son reflejados en ningún medio, más sin embargo, son muy relevantes en la investigación experimental en IS (por ejemplo, las variables contextuales). Existen varios tipos de conocimiento, de los cuales, es especialmente importante en este caso aquel que el investigador está consciente que sabe, pero por diversas circunstancias no lo transmite. Visto de este modo, podrían plantearse necesidades de información dentro de las cuales estén considerados conceptos que correspondan a este tipo de conocimiento. Por esta razón, es necesario hacer explícitos a los conceptos en esta situación para poder dar respuesta a estas necesidades de información puntuales.

Definir conceptos implícitos por lo tanto, consiste en describir de forma explícita todos los conceptos objetivo de la necesidad de información en la base de información. Como se mencionó anteriormente, es fundamental abstraer el propósito de la necesidad de información, lo que generalmente está determinado por el grado de definición de los conceptos que la integran. En el caso de que dichos conceptos no están definidos, es necesario hacer explícita su definición en términos de atributos o características que los describan. A continuación se describe el proceso planteado para definir este tipo de conceptos.

a) **Estudio de la Pertinencia de Definición y/o Homologación:** Una posible causa de la falta de formalización terminológica en ISE, es la existencia de la diversidad terminología utilizada por los experimentadores. Dicha diversidad, podría en algún momento incidir en el planteamiento de las necesidades de información con ciertas particularidades, tales como:

- Incluir conceptos cuya nominación y definición sean implícitas.
- Incluir conceptos cuya nominación no está explícita en la base de información del grupo de investigación, más sin embargo, el ámbito de la necesidad de información sugiere que la definición del concepto es similar u homóloga a la de un concepto explícito en la base de información.
- Incluir conceptos cuya nominación está explícita en la base de información del grupo de investigación, más sin embargo, el ámbito de la necesidad de información sugiere que su definición difiere a la considerada en la base de información.

Es por esto, que se hace necesario estudiar la pertinencia de definición y/o homologación del concepto en mención, para determinar su ámbito; lo que posiblemente requiera adicionalmente la revisión de algo de literatura referente.

b) **Inferencia de la Definición del Concepto Implícito:** En el caso de que el concepto en mención no está explícito en la base de información y el ámbito de la necesidad de información no facilite ningún indicio para identificar definiciones homólogas de términos explícitos, será necesario inferir una definición para el concepto; para lo cual, es preciso inferir un juicio, conclusión o definición del concepto ambiguo, a partir de hechos, proposiciones o principios, promulgados en el contexto de la base de información o en su defecto accediendo al estudio de literatura existente. Por ejemplo, la necesidad de información “*variable respuesta de un experimento específico*” que hemos tomado como caso de ejemplo, no aplica para esta sección de la técnica, ya que todos sus conceptos objetivo están explícitos y bien definidos en la base de información. Sin embargo, la necesidad de información “*Estado de un experimento específico*”, plantea conceptos que no han sido definidos de forma explícita; ya que, revisando los diferentes elementos de la base de información, vemos que no ha sido definido el estado de un experimento. Así mismo, el ámbito de la necesidad de información no facilita ningún indicio que permita ubicar la definición de conceptos homólogos. Por lo tanto, dicho concepto debe ser definido. Por una parte, está el concepto *experimento*, que como ya indicamos anteriormente es un concepto explícito. Por otra parte, el concepto *estado*, a pesar de que es un concepto frecuentemente referido por los experimentadores (por citar algunos términos utilizados: experimento diseñado, experimento concluido ó finalizado, experimento declarado ó planificado, etc.), no ha sido definido. De hecho, los modelos conceptuales construidos no precisan ninguna instancia temporal en la que un experimento puede encontrarse.

A primera vista, es perfectamente posible imaginar que el investigador cuando se plantea la necesidad de información “*Estado de un experimento específico*”, quiere saber en qué punto en el ciclo de vida experimental se encuentra un experimento en particular; entonces, podemos inducir que el estado de un experimento corresponde a: ***las diferentes situaciones***

temporales en las que se encuentra un experimento, durante su ciclo de vida, desde cuando es planteado, hasta que el experimentador considera que está totalmente finalizado. Esta nueva definición es actualizada en la base de información, en este caso en el glosario de términos.

Al examinar la primera aproximación de la definición de estado de un experimento, por un lado, se identifican los siguientes estados temporales que limitan el ciclo de un experimento: “desde cuando se lo plantea” y “hasta ... totalmente finalizado”. Por otro lado, está la frase “diferentes situaciones temporales”, que analizando los mapas de conceptos, vemos que es un concepto no identificado. Por lo tanto, es preciso examinar e inducir su definición.

Estudiando el mapa de conceptos, no hemos encontrado una definición clara de estado de un experimento. Sin embargo, examinando el workflow del proceso experimental, se pueden inferir instancias temporales o procesos por los que un experimento atraviesa desde cuando se plantea hasta el punto en el que un experimentador posiblemente podría considerarlo totalmente finalizado. A su vez, haciendo un mapeo de estas instancias del workflow en el mapa de conceptos y en el mapa de productos, podemos identificar los siguientes conceptos que limitan esas instancias temporales: experimento, diseño, objetos experimentales, instrumentos experimentales, collectec items, raw data, measurements, análisis de datos, resultados del análisis, hallazgos y publicaciones.

Podemos inferir entonces una nueva aproximación de la definición de Estado de un Experimento: *Consiste de las diferentes situaciones temporales en las que se encuentra un experimento, durante su ciclo de vida, desde cuando se plantea, hasta que el experimentador lo considera que está totalmente finalizado. Los conceptos que delimitan estas instancias temporales son: experimento, diseño, objetos experimentales, instrumentos experimentales, collectec items, raw data, measurements, análisis de datos, resultados del análisis, hallazgos y publicaciones.* Con esta definición modificada es actualizada nuevamente la base de información.

Es preciso estudiar cada uno de los conceptos que incluye la nueva aproximación de la definición, y determinar si se trata de conceptos implícitos o deficientemente definidos. Para este ejemplo, todos los conceptos que incluye la definición inducida, están explícitos en la base de información.

Para el caso de conceptos explícitos, donde el ámbito de la necesidad de información determina que la definición del concepto (que consta en la base de información) no corresponde al contexto de la necesidad de información, también es preciso inferir una nueva definición del concepto, haciendo notar en el glosario de términos, que dependiendo del ámbito, se debe utilizar la definición que corresponda. No tenemos un ejemplo puntual para este caso, ya que durante la aplicación de la técnica en las necesidades de información respondidas hasta el momento, no se ha presentado.

- c) **Homologar concepto:** En caso de conceptos implícitos, cuya definición es sugerida por el ámbito de la necesidad de información y que además es homóloga a la definición de otro término explícito en la base de información, se podría analizar una posible actualización de la

base de información, añadiendo la nueva nominación y conservando una única definición; es decir, se tendrían dos términos homólogos, con una única definición. Este es otro caso para el cual tampoco tenemos un ejemplo específico, ya que al igual que en el caso anterior, durante la aplicación de la técnica en las necesidades de información resueltas hasta el momento, no se ha presentado.

Existe la posibilidad del planteamiento de necesidades de información que incluyan conceptos objetivo deficientemente definidos, pese a estar explícitos en la base de información; es decir, su grado de definición es muy general o difusa. Probablemente, como ya se mencionó antes, esto sea debido a la diversidad terminológica utilizada por los investigadores en ESE. Por este motivo, es necesario redefinir este tipo de conceptos para poder dar una respuesta adecuada a las necesidades de información planteadas.

Como se ha mencionado anteriormente en más de una ocasión, es fundamental abstraer el propósito de la necesidad de información, lo que generalmente está determinado por el grado de definición de los conceptos que la integran; si los conceptos están deficientemente definidos, es necesario aclarar su definición en términos de atributos o características que los describan. Es preciso entonces, inferir un juicio, conclusión o definición del concepto deficientemente definido, a partir de hechos, proposiciones o principios, promulgados en el contexto de la base de información; inclusive recurriendo a la revisión de la literatura existente.

Una vez inferida la nueva definición del concepto difuso, la base de información es actualizada con esta información y a continuación será verificado nuevamente el concepto para determinar su grado de definición. Este proceso se repetirá hasta que la definición del concepto difuso sea clara. Tampoco este caso se ha presentado como ejemplo para mostrar.

- d) **Actualizar la base de información:** Finalmente, como se trata de conceptos implícitos ó deficientemente definidos, cuya nominación ha sido incluida o cuya definición ha sido inferida; es necesario actualizar la base de información, puntualmente a nivel del glosario de términos. Esta acción se repetirá, por cada concepto de esta categoría.

El ciclo para determinar el grado de definición de los conceptos y la actualización de la base de información se repite hasta que todos los conceptos de la necesidad de información estén bien definidos.

Una vez formalizados los *conceptos objetivo* de la necesidad de información, a continuación identificamos el alcance de la necesidad de información.

2.2. Identificación del alcance de la necesidad de información

Como se mencionó antes, parte de los factores que determinan el grado de dificultad de las necesidades de información llevadas a cabo en el proceso experimental en IS, son los perfiles desde donde son planteadas las necesidades de información y por ende los mapas de conceptos

en donde se llevan a cabo. Por este motivo, la identificación del alcance de la necesidad de información es un proceso necesario para estimar la complejidad del flujo de información que conlleva la necesidad de información.

Más en detalle, los pasos a seguir para identificar el alcance de la necesidad de información, son los siguientes:

2.2.1. Estudiar los conceptos objetivo de la necesidad de información

En primer lugar, para identificar el alcance de la necesidad de información, se examina cada uno de los conceptos objetivo de la necesidad de información, identificando sus características de acuerdo a la especificación de la nomenclatura de los mapas de conceptos.

2.2.2. Identificar los perfiles y mapas de conceptos involucrados en la necesidad de información

Finalmente, el estudio de los conceptos objetivo de la necesidad de información, permite identificar los perfiles involucrados en la necesidad de información y por ende los mapas de conceptos en donde se desarrolla la misma. Por ejemplo, en la necesidad de información “*variable respuesta de un experimento específico*”, encontramos dos conceptos: experimento y variable respuesta. El concepto experimento, de acuerdo a su especificación, es de propiedad del experimentador senior o del gestor del experimento. En el caso de la variable respuesta, su propietario es el gestor de la investigación; por lo tanto, son dos perfiles involucrados en el flujo de información y los mapas de conceptos en los que se desarrollará la necesidad de información, son los referentes a los perfiles identificados.

Los elementos que permiten la sistematización de la necesidad de información y a la vez son el resultado de este primer proceso son: conceptos objetivo de la necesidad de información bien definidos, perfiles propietarios de los conceptos objetivo de la necesidad de información y mapas de conceptos en los que se llevará a cabo la necesidad de información.

Una vez sistematizada la necesidad de información, es preciso caracterizar la traza inicial de conceptos.

3. Caracterización de la traza inicial de conceptos

El grado de validez de la respuesta a la necesidad de información, fundamentalmente estará determinado por el nivel de definición de los conceptos considerados para estructurarla. El criterio para la selección de los conceptos que incluirá la resolución de la necesidad de información,

parte de los conceptos objetivo de la necesidad de información bien definidos, en conjunto con conceptos intermedios que contribuyen al flujo de la información.

La caracterización de la traza inicial de conceptos, justamente es un proceso que permite ubicar los conceptos base de respuesta a la necesidad de información; es decir, aquellos conceptos que estarán incluidos en la que hemos denominado traza inicial de conceptos, al igual que su flujo de información. Es necesario caracterizar la traza inicial, ya que constituirá la base para estructurar la respuesta a la necesidad de información (en algunos casos constituye la respuesta a la necesidad de información) y su adecuada caracterización contribuirá a mejorar el grado de validez de la respuesta.

Para la caracterización de la traza inicial de conceptos, proponemos dos procesos: La construcción de la traza inicial de conceptos base y la identificación del flujo de información de la traza inicial de conceptos base. Estas actividades son descritas en los apartados siguientes.

En la figura 2 se muestra el proceso de caracterización de la traza inicial de conceptos.

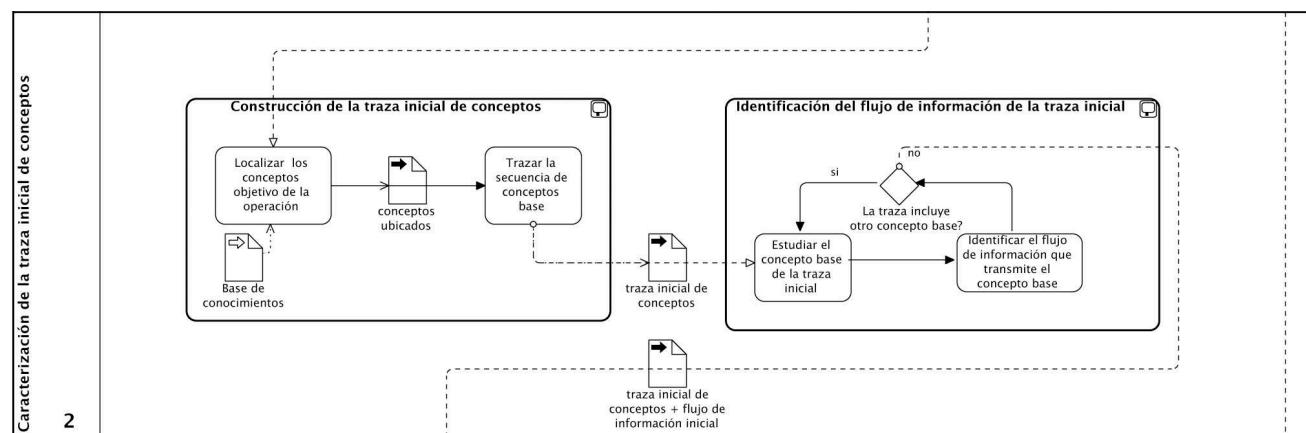


Figura 2: Proceso de Caracterización de la Traza Inicial

3.1. Construcción de la traza inicial de conceptos

El primer paso para llevar a cabo la caracterización de la traza inicial de conceptos, es la construcción de la traza inicial, la que incluirá los conceptos base sobre los que se estructurará la respuesta a la necesidad de información. Por lo tanto, la traza inicial constituye el fundamento para la construcción de la respuesta a la necesidad de información. Más en detalle, la construcción de la traza inicial de conceptos, consta de las siguientes actividades: Localizar los conceptos objetivo de la necesidad de información y trazar la secuencia de conceptos base

3.1.1. Localizar los conceptos objetivo de la necesidad de información

En primer lugar, es necesario estructurar una traza sobre el o los mapas de conceptos identificados en la sistematización de la necesidad de información, de tal forma que cubra todos los conceptos objetivo de la necesidad de información y otros conceptos que estén involucrados en la secuencia de la traza y que contribuyan a la resolución de la necesidad de información.

Por ejemplo, en la figura 3 se muestran los conceptos objetivo de la necesidad de información “*variable respuesta de un experimento específico*” (variable respuesta y experimento), ubicados en los mapas de conceptos desde el punto de vista del experimentador senior y del gestor de la investigación.

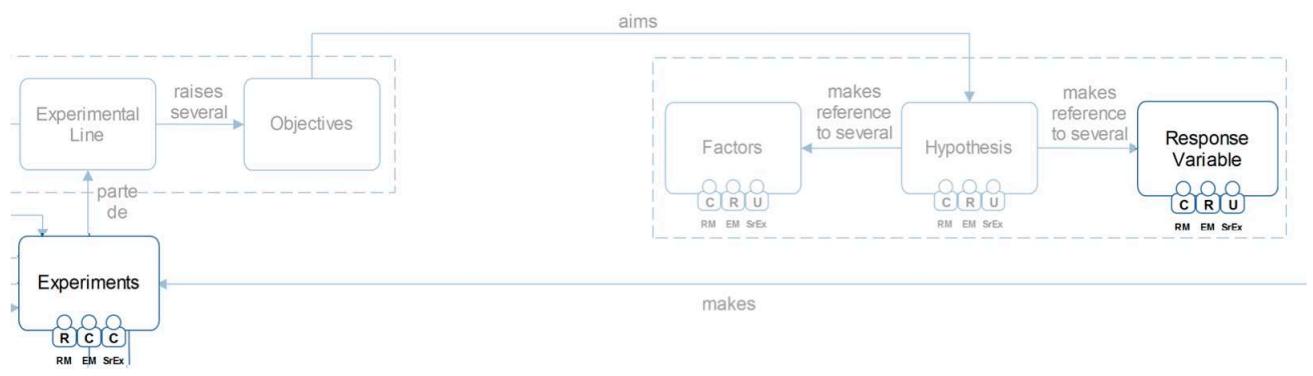


Figura 3: Conceptos Ubicados en el Mapa de Conceptos

3.1.2. Trazar la secuencia de conceptos base

Una vez ubicados los conceptos objetivo de la necesidad de información en el o los mapas de conceptos, a continuación realizamos una traza que integre todos estos conceptos objetivo, respetando siempre las relaciones establecidas en cada mapa de conceptos. Esta actividad podría determinar la inclusión de conceptos adicionales que contribuyen al flujo de información. El conjunto de conceptos objetivo de la necesidad de información, más los conceptos incluidos por la relación establecida en el o los mapas de conceptos, constituyen los conceptos base de la traza inicial. El resultado de esta tarea es la traza inicial de conceptos base, sobre la cual se estructurará la respuesta a la necesidad de información. Por ejemplo, para la necesidad de información “*variable respuesta de un experimento específico*”, en la figura 4 se muestra la traza inicial de los conceptos base, construida a partir de los conceptos objetivo de la necesidad de información.

Una vez construida la traza inicial de conceptos base, es preciso especificar su flujo de información.

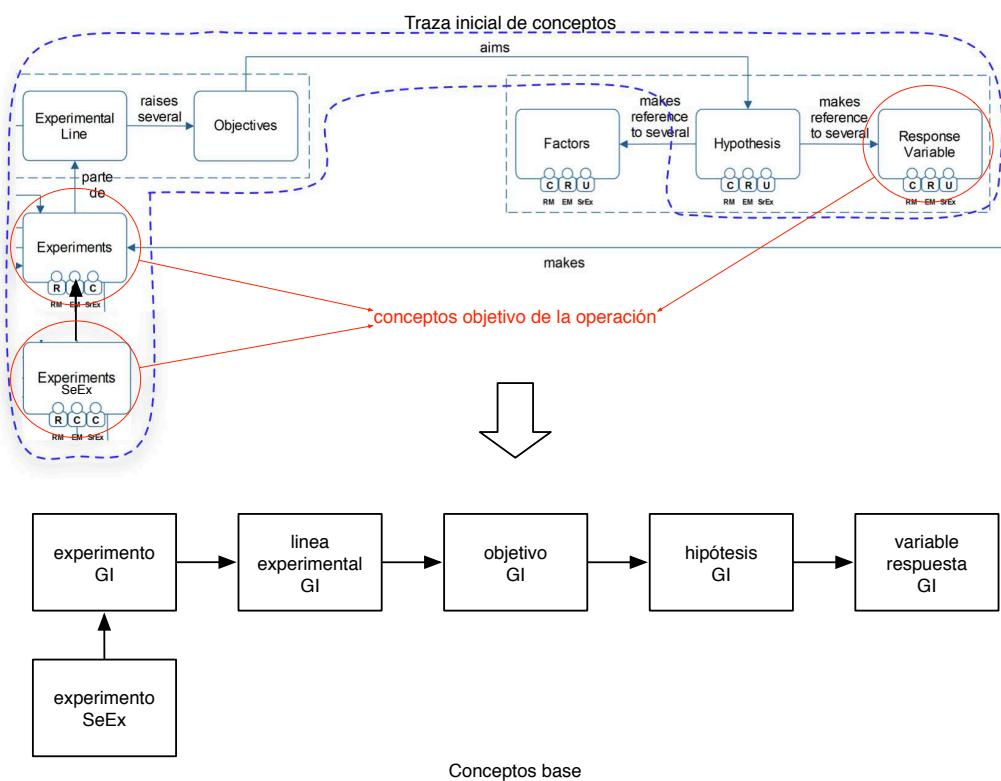


Figura 4: Traza Inicial de Conceptos Base - necesidad de información Variable Respuesta

3.2. Identificación del flujo de información de la traza inicial

Finalmente, como complemento a la construcción de la traza inicial de conceptos, es necesaria la identificación del flujo de información que contendrá. La especificación del flujo de información de la traza inicial, detalla la información que aporta cada concepto objetivo, denota corolarios del proceso experimental, así como, posibles excepciones; que es justamente lo que el experimentador busca saber al plantear una necesidad de información.

La traza inicial y la especificación del flujo de información de los conceptos base, constituyen una primera aproximación de respuesta a la necesidad de información y en ciertos casos, constituyen la respuesta a la necesidad de información.

Dado que, la traza inicial de conceptos ha sido establecida, es necesario formalizar el flujo de información base, que luego de realizar la comprobación individual de los conceptos base de la traza, sus relaciones y dependencias, dicho flujo se convertirá en el flujo de respuesta a la necesidad de información.

Para la identificación del flujo de información de la traza inicial, se llevan a cabo las tareas descritas a continuación.

3.2.1. Estudiar los conceptos base de la traza inicial

En primer lugar, estudiamos uno a uno los conceptos base de la traza inicial, siguiendo el orden establecido por la traza. Por ejemplo, para el caso de la necesidad de información “*variable respuesta de un experimento específico*” utilizada en un Experimento específico”, la secuencia que se sigue es:

experimento EXS –> experimento GI –> línea experimental –> objetivo –> hipótesis
–> variable respuesta.

3.2.2. Identificar el flujo de información que transmite el concepto base

Finalmente, identificamos el flujo de información que transmite cada concepto base, de acuerdo a la secuencia de la traza y en especial, atendiendo a lo que estipula el protocolo del proceso experimental. La especificación del flujo de la traza inicial, podría ser grabado en cualquier medio o reporte. Por ejemplo, para el caso de la necesidad de información “*variable respuesta de un experimento específico*”, la especificación del flujo de información de la traza inicial de conceptos base, se muestra a continuación.

Procedimiento:

1. El flujo de información de la traza inicial, parte del concepto experimento, que para este

ejemplo, es de propiedad del Experimentador Senior (EXS), así: De entre los experimentos del EXS, localizamos un experimento específico E.

2. Resultado = Como resultado, es posible que encontremos E; ó, que el experimento E no existe.
3. Una vez localizado E, ubicamos una copia de E donde el GI, que en este caso es quien plantea la necesidad de información.
4. Resultado = Es posible que, ubiquemos la información de E; ó, que el experimento E no existe.
5. Si E existe, buscamos la Línea de Productos L, a la que pertenece E, de entre las líneas de experimentos que maneja el GI.
6. Resultado = Como resultado, E pertenezca a L; ó, lo menos probable es que no corresponda a ninguna línea.
7. Ubicada L, buscamos el correspondiente Objetivo O, planteado para L.
8. Resultado = En este caso es mandatorio que exista un Objetivo O.
9. Con O, Buscar su correspondiente hipótesis H.
10. Resultado = Es mandatorio que se plantee una Hipótesis H para un experimento o para una línea de experimentos.
11. La Hipótesis H, a su vez, hace referencia a una (o varias) Variable Respuesta VR, la cual la buscamos.
12. Resultado = Es mandatorio que una hipótesis haga referencia al menos a una Variable Respuesta VR.

Corolarios:

1. Un experimento corresponde a una única línea experimental.
2. Una línea experimental define un único objetivo.
3. Un Objetivo define al menos a una hipótesis.
4. Una hipótesis hace referencia al menos a una variable respuesta.

Excepciones:

1. * No existe El Experimento E.

2. * No corresponde a ninguna Línea de Experimentos, es nuevo o no se ha relacionado con la línea.
3. * No es posible que no exista un Objetivo, ya que un Experimento obedece a un objetivo.
4. * No es posible que no exista una hipótesis, ya que un objetivo hace referencia a una hipótesis.
5. * No es posible que no exista una variable respuesta, ya que una hipótesis hace referencia a una variable respuesta.

Resultado Esperado:

Para E = UPM-2001, el resultado es: effectiveness, efficacy

Como salida de esta actividad obtenemos la traza inicial de conceptos base y la especificación del flujo de información respectivo, que constituyen la base para la construcción de la respuesta a la necesidad de información.

4. Construcción de la traza de conceptos de respuesta a la necesidad de información

Como se mencionó anteriormente, el grado de dificultad de la respuesta a las necesidades de información planteadas en el proceso experimental en IS, es proporcional al número de conceptos involucrados, más aún, si el grado de definición de dichos conceptos, no es el adecuado. Por lo tanto, la construcción de la respuesta a la necesidad de información primordialmente debe prever la definición adecuada de todos los conceptos que incluirá la traza respuesta, garantizando así, un alto grado de validez de la respuesta dada a la necesidad de información.

Para la construcción de la traza de conceptos que da respuesta a la necesidad de información, proponemos dos procesos: Identificación de los conceptos de la respuesta a la necesidad de información y la construcción de la traza de conceptos detallada de la respuesta.

En la figura 5 se muestra el proceso de construcción de la traza de conceptos de respuesta a la necesidad de información.

4.1. Identificación de los conceptos de la respuesta a la necesidad de información

La identificación de los conceptos de la respuesta a la necesidad de información es un proceso en el cual se realiza el estudio individual de los conceptos base, con el objetivo de identificar

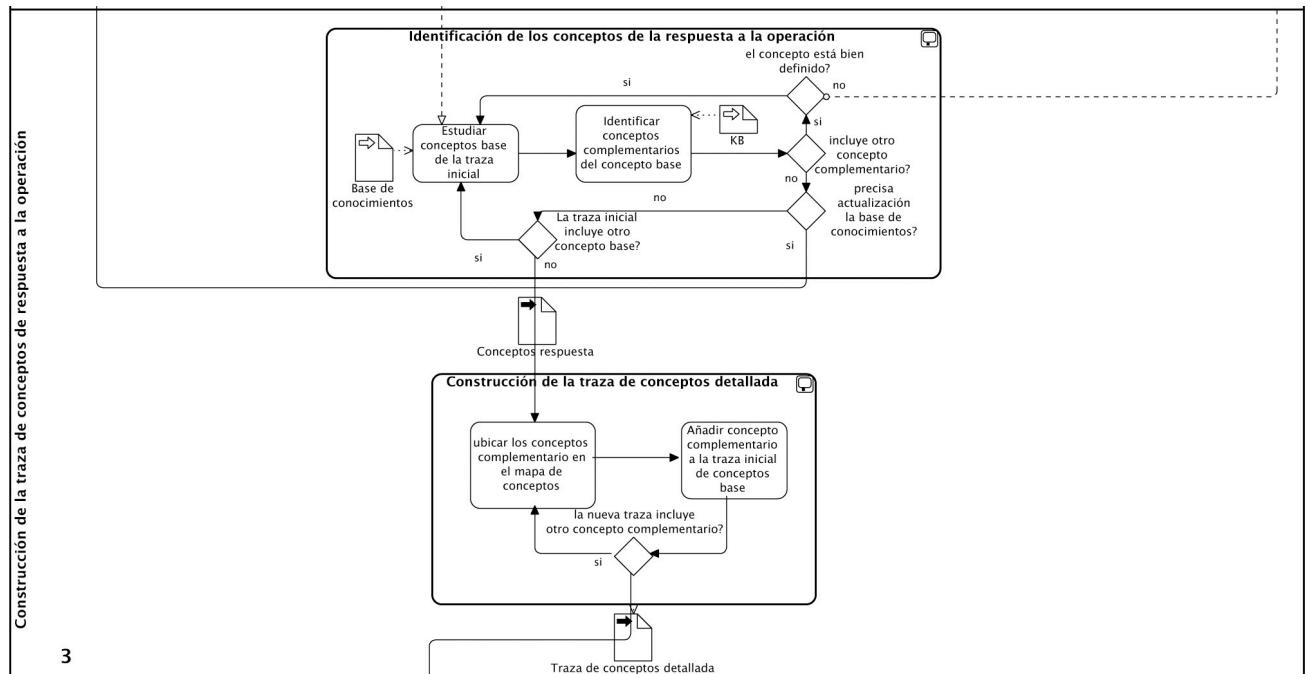


Figura 5: Proceso de Construcción de la traza de Conceptos Respuesta

conceptos complementarios que aporten con la definición de los conceptos base; cumpliendo así, el requisito de validez de la respuesta a la necesidad de información.

Las actividades propuestas para llevar a cabo la identificación de los conceptos de la respuesta a la necesidad de información, son descritas a continuación.

4.1.1. Estudiar conceptos base de la traza inicial

En primer lugar y dado el requisito de fiabilidad de la respuesta a la necesidad de información, es necesario un estudio detallado de cada uno de los conceptos base, siguiendo el orden de la traza inicial. Este estudio se lleva a cabo fundamentalmente para ubicar conceptos que complementen la definición de los conceptos base. Por ejemplo, Hemos analizado los conceptos base de la traza inicial de la necesidad de información “*variable respuesta de un experimento específico*” y dado el requisito de la necesidad de información, hemos encontrado que la definición de todos y cada uno de los conceptos base de la respuesta se auto definen, por lo que no precisan de conceptos complementarios para su definición.

4.1.2. Identificar conceptos complementarios de los conceptos base

Finamente, por cada concepto base estudiado se identifica conceptos complementarios, siguiendo la secuencia dada por la traza inicial y por el mapa de conceptos; así como, por la aportación de los conceptos colindantes de cada concepto base a su definición y al objetivo de la necesidad de información.

Dadas, la sistematización únicamente a nivel de los conceptos objetivo de la necesidad de información, la inclusión de conceptos en la traza de la secuencia de conceptos base, la inclusión de conceptos complementarios de los conceptos base y la ya mencionada carencia de un estándar terminológico en el entorno de la ESE, se incrementa potencialmente la posibilidad de la existencia de conceptos deficientemente definidos, incluso en esta instancia del proceso de resolución de la necesidad de información. Por lo tanto, todos los conceptos incluidos requieren de una validación conceptual final. Dicha validación, podría involucrar la actualización de la traza inicial de conceptos, su flujo de información e inclusive la base de información.

La traza inicial de conceptos actualizada, constituirá la traza respuesta a la necesidad de información. En el caso de necesidades de información cuyos conceptos sean explícitos en la base de información y bien definidos, donde no se incluyan conceptos complementarios, resultará que la traza inicial de conceptos base y su flujo de información, constituyen la respuesta a la necesidad de información; como por ejemplo para el caso de la necesidad de información “*variable respuesta de un experimento específico*”.

En el caso de la necesidad de información “*Estado de un Experimento*”, luego de la definición de Estado, se incluyó el concepto diseño experimental. De acuerdo a nuestra técnica, cada concepto debe ser evaluado nuevamente para que sea determinado su grado de definición. Este concepto, presenta una definición que precisa de otros conceptos, ya que el glosario no especifica cuando un experimento está diseñado del todo, ó en su defecto, instancias temporales diferentes, así: “***El diseño de un experimento describe como está organizada su ejecución y los tratamientos a ser aplicados.***”

En base a los conceptos colindantes del diseño, a la base de información y a la revisión de alguna literatura referente, el diseño de un experimento puede ser expresado así: “***El diseño de un experimento describe como está organizada la aplicación de las pruebas por parte de los sujetos experimentales, distribuidos aleatoriamente (o no) en grupos y en períodos de tiempo, dependiendo del número de tratamientos por grupo y por periodo.***”

En esta nueva inferencia, podemos identificar los siguientes conceptos:

- pruebas
- sujetos experimentales

- grupos
- períodos de tiempo
- tratamientos

Realizando la verificación en el glosario de términos, todos estos conceptos son explícitos y bien definidos; por lo tanto, esta nueva definición será actualizada en el mapa de conceptos.

Una vez identificados los conceptos de la respuesta a la necesidad de información, es posible construir la traza de conceptos detallada.

4.2. Construcción de la traza de conceptos detallada

La construcción de la traza de conceptos detallada, es un proceso en el cual se ubican en el mapa de conceptos, los conceptos complementarios incluidos en la actividad anterior. Este proceso se justifica, ya que implica la ubicación de la traza detallada en el mapa de conceptos.

El proceso de construcción de la traza detallada, se compone de las siguientes actividades:

4.2.1. Ubicar los conceptos complementarios en el mapa de conceptos

En primer lugar, todos y cada uno de los conceptos complementarios incluidos en el proceso de identificación de los conceptos de la respuesta a la necesidad de información, son ubicados en el mapa de conceptos correspondiente, para luego ser integrados a la traza inicial.

4.2.2. Añadir los conceptos complementarios a la traza inicial de conceptos base

Finalmente, una vez ubicados todos conceptos complementarios en el mapa de conceptos correspondiente, se incluyen en la traza inicial de conceptos; es decir, se realizan trazas desde los conceptos complementarios, hacia su respectivo concepto base, respetando las secuencias de conceptos determinadas por el mapa.

El paso final consiste en estructurar la respuesta a la necesidad de información.

5. Construcción de la respuesta a la necesidad de información

El nivel de detalle que obtenga el experimentador en la respuesta frente a la necesidad de información planteada, determinará su grado de compenetración con la respuesta. Por lo tanto, una vez realizada la sistematización la necesidad de información (sección 2), caracterizada la traza inicial de conceptos (sección 3) y construida la traza de conceptos respuesta (sección 4), finalmente, se construye la respuesta a la necesidad de información; misma que incluye la traza final de conceptos y el flujo de información completo de la traza.

Este proceso se justifica, ya que el detalle que recibe el investigador como respuesta a la necesidad de información, es justamente la especificación del flujo de información de la traza respuesta, la cual se identifica aquí.

El proceso propuesto para finalizar la construcción de la respuesta a la necesidad de información, se plantea en el siguiente apartado.

En la figura 6 se muestra el proceso de construcción de la respuesta a la necesidad de información.

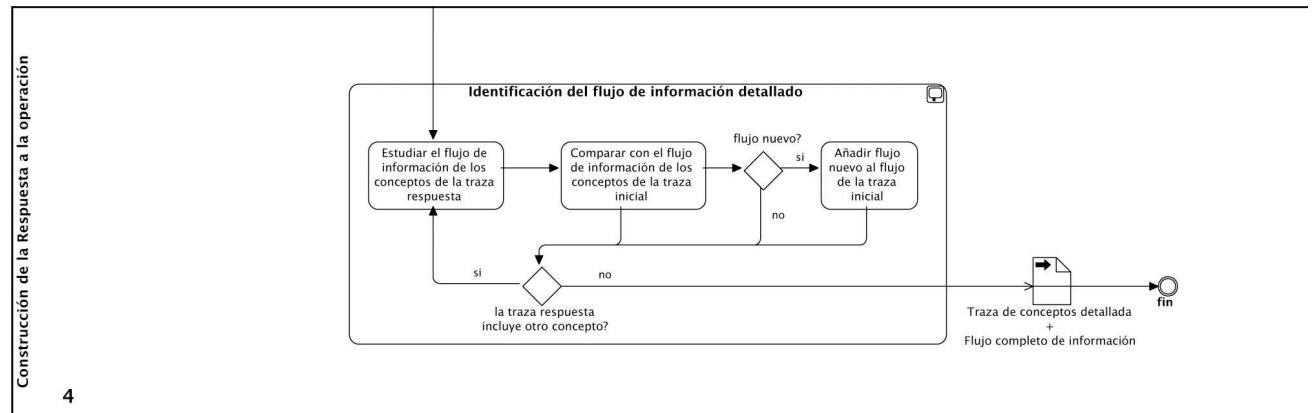


Figura 6: Proceso de Construcción de la Respuesta a la necesidad de información

5.1. Identificación del flujo de información detallado

La identificación del flujo de información detallado de la traza de conceptos de respuesta a la necesidad de información, es un proceso necesario, ya que representa la especificación del flujo de información que el investigador recibirá como respuesta a la necesidad de información planteada.

Este proceso parte de examinar en el mapa de conceptos el flujo de información que transmite cada concepto de la traza de respuesta y en paralelo lo compara con el flujo de información de la traza inicial. En cuanto se encuentran diferencias, es actualizada la base de información. Más en detalle, las actividades de este proceso son: Estudiar el flujo de información de los conceptos de la traza respuesta, comparar con el flujo de información de los conceptos de la traza inicial y añadir flujo nuevo al flujo de la traza inicial.

5.1.1. Estudiar el flujo de información de los conceptos de la traza respuesta

En primer lugar, es necesario estudiar el flujo de información de los conceptos de la traza respuesta. Esta actividad consiste, en examinar el flujo de información que aporta cada concepto de la traza de conceptos que da respuesta a la necesidad de información, siguiendo el orden de la traza en el o los mapas de conceptos correspondientes.

5.1.2. Comparar con el flujo de información de los conceptos de la traza inicial

Paralelamente, por cada iteración con los conceptos de la traza respuesta en el mapa de conceptos, es preciso comparar con la especificación del flujo de información de los conceptos de la traza inicial, para encontrar alguna diferencia entre el flujo de la traza respuesta y la especificación del flujo de la traza inicial.

5.1.3. Añadir flujo nuevo al flujo de la traza inicial

Finalmente, por cada disimilitud entre el flujo de información de la traza final y el flujo de información de la especificación de la traza inicial, se debe añadir el nuevo flujo, a la descripción del flujo de la traza inicial. El resultado de este proceso es el flujo de información detallado de la traza de conceptos de la respuesta a la necesidad de información, que en conjunto con la traza detallada, constituyen la respuesta a la necesidad de información.

6. Glosario de Términos

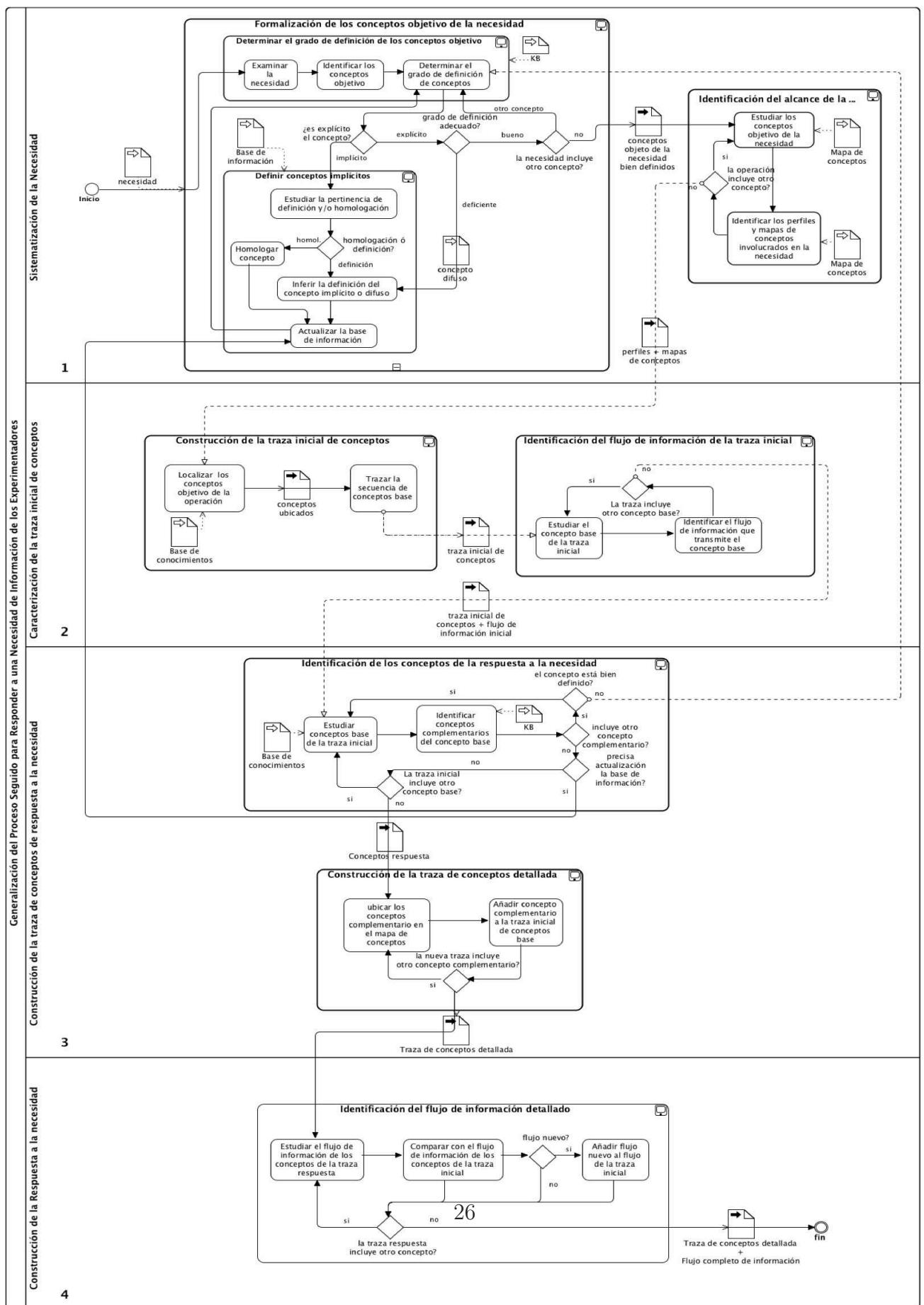
It.	Término	Definición	Ref.
1	Conceptos Objetivo	Término referido a los conceptos que están textualmente indicados en una necesidad de información de manejo de información llevada a cabo por los experimentadores en el ciclo de investigación experimental en IS.	
2	Traza	Es un extracto de conceptos del mapa de conceptos, relacionados a modo de plano, vestigio o trama; que marcan el camino a seguir al flujo de información para dar respuesta a una necesidad de información planteada en el proceso experimental en IS.	
3	Conceptos Base	Término referido a los conceptos que incluye la traza inicial de conceptos considerados para dar respuesta a una necesidad de información planteada en el proceso experimental en IS.	
4	Traza Inicial de Conceptos	Grupo de conceptos relacionados, generados a partir de los conceptos objetivo de la una necesidad de información planteada en el proceso experimental en IS sobre el mapa de conceptos.	
5	Estado de un Experimento	Son de las diferentes situaciones temporales en las que se encuentra un experimento, durante su ciclo de vida, desde cuando se plantea, hasta que el experimentador considera que está totalmente finalizado. Los conceptos que delimitan estas instancias temporales son: experimento, diseño, objetos experimentales, instrumentos experimentales, collectec items, raw data, measurements, análisis de datos, resultados del análisis, hallazgos y publicaciones.	
6	Kit Experimental	Término referido al grupo de instrumentos, guías, materiales experimentales, etc.; que se utilizan tanto para describir, así como, para llevar a cabo un experimento.	
7	Experimento	Un experimento es un procedimiento de investigación científica formal, riguroso y controlado, llevado a cabo en un lugar adecuado para el fin, con el objetivo de hacer un descubrimiento, probar un supuesto o demostrar un hecho conocido. En un experimento, el conjunto de variables bajo estudio (variables independientes o factores) toman distintos valores ó niveles, investigándose los efectos (variables dependientes ó respuesta) que produce cada nivel. El experimento consta al menos de un nombre, una descripción, sitio donde se llevará a cabo, experimentador responsable y la fecha de ejecución.	[?][?]

#	Término	Definición	Ref.
8	Variable Respuesta	Una variable respuesta, en general, representa el objetivo del estudio; es decir, lo que se pretende estudiar. Es la salida o resultado de la investigación, como respuesta de la interacción entre los tratamientos o niveles de las variables independientes o factores.	
9	Diseño Experimental	El diseño de un experimento describe como está organizada la aplicación de los tratamientos por parte de los sujetos experimentales, distribuidos aleatoriamente (o no) en grupos y en períodos de tiempo (sesiones), dependiendo del número de tratamientos por grupo y por período.	
10	Sujeto Experimental	Es el individuo que aplica un tratamiento sobre un objeto experimental.	
11	Factor Principal	Un factor principal es la variable de interés para el experimentador, lo que no quiere decir que al analizar los resultados, sea el factor que más influencia tenga sobre la variable respuesta.	
12	Nivel de Factor	Un nivel es una instancia de una variable.	
13	Sujeto Experimental ó Participante	Los sujetos experimentales o participante, son las personas que aplican el tratamiento sobre un objeto experimental en un experimento. Algunas veces, el término participante es usado en lugar del término sujeto. El término sujeto es principalmente usado cuando las personas aplican diferentes tratamientos, lo cual es considerado para el análisis estadístico. El término participante al es utilizado sobre todo cuando se trata de cómo involucrar y motivar a la gente en un estudio.	[?]
14	Ejecución u necesidad de información Experimental	Una vez que un experimento en IS ha sido diseñado y planeado, entonces debe ser llevado a cabo, siendo esta, una instancia temporal del proceso experimental, durante la cual se prepara la ejecución de un experimento, los sujetos experimentales aplican los tratamientos y se generan los datos crudos del experimento (raw data), que serán el insumo para el análisis de resultados.	[?]
15	Evento	Es un hecho que sucede en una instancia del tiempo, por causas propias del contexto, que constituye una influencia que podría afectar a los resultados de un experimento y ante lo que el experimentador no tiene control.	[?][?]

#	Término	Definición	Ref.
16	Familias de Experimentos	Una familia de experimentos es una agrupación preconcebida de experimentos (a priori), más no una organización post-hoc de estudios relacionados. Por otra parte, la idea básica es que en una familia los investigadores eligen específicamente los aspectos a ser modificados del estudio, de modo que el estudio resultante añada conocimiento al marco global.	

7. Anexos

A. Proceso de Respuesta a las Necesidades de Información



Apéndice E

Plantilla Original Entrevistas Requisitos

Función de la Plantilla

La función de esta plantilla es estandarizar y formalizar todos los aspectos relacionados a una entrevista dirigida hacia un cliente, en especial a la reunión inicial, para una adecuada definición y creación de la propuesta de trabajo; lográndose con esto un documento formal de inicio del proyecto.

Objetivos de la Plantilla

1. Estandarizar la entrevista dirigida el cliente.
2. Crear una estructura para la entrevista inicial a los clientes.

Alcance de la Plantilla

Esta plantilla se usará en las reuniones con los clientes y responderá las preguntas hechas en la declaración de trabajo (SOW) y algunas de la especificación de requerimientos (ERS).

Las preguntas aquí descritas son preguntas del tipo estándar.

Nota importante

La plantilla será archivada como un documento en formato Word 2007 – 2010 (.docx) y su nombre seguirá la nomenclatura: **ent.[numero].[nombre_proyecto].[iniciales_entrevistado].docx**; donde:

ent: Se refiere a que el documento corresponde a una entrevista.

[Número de la Entrevista]: Se debe especificar el número de entrevista, en caso de que hayan sido necesarias, más de una.

[nombre_proyecto]: Se debe especificar el nombre del proyecto.

[iniciales_entrevistado]: Para tener un indicio y con el fin de clasificar los archivos, es preciso especificar las iniciales del entrevistado (primer nombre y primer apellido).

Nota:

- Esto se realizará por cada entrevista, haciendo el índice en el nombre de los documentos, para su seguimiento.
- Dentro de la plantilla, se debe especificar en el encabezado del documento, a quien se realiza la entrevista y la fecha de la misma.

Contenido de la Entrevista

- Generalidades de la Entrevista
 - Introducción
 - Persona a Entrevistar
 - Rol del Entrevistado
 - Fecha
 - Lugar
- Protocolo
 - Lectura de los objetivos de la Entrevista (Rol, Filmación)
 - Lectura de las preguntas a ser planteadas
- Entrevista
- Listado de conceptos adquiridos en la Entrevista
- Diagrama de Conceptos (Alto Nivel)
- Requerimientos Funcionales
- Requerimientos de Calidad
- Requerimientos de Costo
- Requerimientos Seguimiento
- Requerimientos Tecnológicos
- Restricciones
- Apéndices
- Entrevistas Posteriores (De ser el caso)
- Resumen
- Carta de Aprobación

Revisiones de Plantilla

Versión	Fecha de Entrega	Revisado por
1.0.0	5 de mayo de 2011	Rodrigo Fonseca

Control de versiones Plantilla

Versión	Encargado	Descripción
1.0.0	Rodrigo Fonseca	Creación de plantilla

Apéndice F

Plantilla de Reporte de Entrevista a Experimentadores

Entrevista - Reporte

Objetivo

El objetivo de esta entrevista es la educación de conocimientos del rol [Rol], posterior reporte y validación por el entrevistado.

Persona a entrevistar

[Titulo]. [Nombre], Institución.

Fecha de la entrevista

[Fecha]

Fuente

Fichero de Video: [Nombre fichero]

Lugar

[Lugar].

Protocolo de la Entrevista del [Fecha]

La presente entrevista será realizada a (la) PhD. [Nombre], Experimentadora de [Lugar], para obtener su conocimiento sobre el rol en mención, para lo cual pasamos a indicar el protocolo que será seguido durante la presente entrevista.

- 1) La entrevista tendrá una duración de un tiempo máximo de 120 minutos, en donde se plantearán preguntas abiertas, que se indican más adelante.
- 2) Si es pertinente, el (la) entrevitado(a) será interrumpida sobre la marcha, con el afán de exclarecer cualquier inquietud o solicitar soportes (materiales, esquemas, mapas mentales) para fortalecer ciertos conceptos.
- 3) Se solicitará vía correo electrónico los productos que utiliza para ejecutar sus diferentes actividades inherentes a su rol.

Cuestionario.

1. ¿Indique y describa las tareas habituales que realiza en un proceso de experimentación? ¿Qué documentos que maneja en el proceso? y ¿Qué productos obtiene?
2. ¿Cuáles son los problemas con los que se encuentra al momento de gestionar la información de sus tareas habituales en un proceso de experimentación?
3. ¿Qué soporte le gustaría que una solución tecnológica le de al momento de realizar sus tareas habituales en un proceso de experimentación?

Conocimientos Adquiridos en la Entrevista

Varios

Carta de Aprobación

Por medio de la firma de esta carta de aceptación se aprueba la información de esta entrevista.

[especificar las firmas de quienes aprobarán la declaración del trabajo (son de ambas partes (cliente e IR)) (consultar)]

[se usará la siguiente plantilla]

[nombre completo de la persona, con títulos]

[puesto]

Apéndice G

Reportes de los Roles Entrevistados

Entrevista - Reporte

Objetivos

El objetivo de esta entrevista es la educación de conocimientos del rol gestor de la investigación, su reporte y validación por el entrevistado..

Persona a entrevistar

PhD. Natalia Juristo, Directora del GRISE, Gestor de la Investigación, UPM.

Fecha de la entrevista

Martes 31, de Mayo de 2011

Fuente

Fichero de Video: Educacion4NJ-31-05-2011.m4v

Lugar

Despacho de la Directora del GRISE

Protocolo de la Entrevista del 31/05/2011

La presente entrevista será realizada a (la) PhD. Natalia Juristo, Experimentadora Directora del Grupo de Investigación en Ingeniería del Software Empírica de la UPM - Madrid, para obtener su conocimiento sobre el rol en mención, para lo cual pasamos a indicar el protocolo que será seguido durante la presente entrevista.

- 1) La entrevista tendrá una duración de un tiempo máximo de 120 minutos, en donde se plantearán preguntas abiertas, que se indican más adelante.
- 2) Si es pertinente, el (la) entrevitado(a) será interrumpida sobre la marcha, con el afán de exclarecer cualquier inquietud o solicitar soportes (materiales, esquemas, mapas mentales) para fortalecer ciertos conceptos.
- 3) Se solicitará vía correo electrónico los productos que utiliza para ejecutar sus diferentes actividades inherentes a su rol.

Cuestionario.

1. ¿Indique y describa las tareas habituales que realiza en un proceso de experimentación? ¿Qué documentos que maneja en el proceso? y ¿Qué productos obtiene?
2. ¿Cuáles son los problemas con los que se encuentra al momento de gestionar la información de sus tareas habituales en un proceso de experimentación?
3. ¿Qué soporte le gustaría que una solución tecnológica le de al momento de realizar sus tareas habituales en un proceso de experimentación?

Tabla de contenido

1. Conocimientos Obtenidos de la Entrevista del 24 de Mayo de 2011	5
1.1. Introducción:	5
2. Proceso de Investigación Experimental	5
2.1. Gestión de la Investigación Experimental.....	5
2.2. Elección del Dominio del Experimento:.....	5
2.3. Elección de una Temática para el Experimento:.....	5
2.4. Elección de un Experimento/Hipótesis:.....	6
2.5. Planteamiento del Experimento:.....	6
2.6. Realización del Experimento:.....	6
2.6.1. <i>Plan del Experimento:</i>	6
2.6.2. <i>Ejecución del Experimento:</i>	6
2.6.3. <i>Extracción de Datos:</i>	6
2.6.4. <i>Análisis de los Datos:</i>	6
2.7. Interpretación de los Resultados:.....	6
2.8. Publicación de los Resultados:.....	7
3. Replicación Experimental.....	7
3.1. Gestión de la Replicación Experimental	7
3.2. Negociación y comprensión del contexto:	7
3.2.1. <i>Muestra de Interés:</i>	7
3.2.2. <i>Transfereencia de la Información:</i>	7
3.2.3. <i>Comprensión del Contexto:</i>	7
3.2.4. <i>Lectura de la Documentación:</i>	7
3.2.5. <i>Definición de Fechas y Circunstancias:</i>	8
3.3. Estudio del Paquete de Replicación:	8
3.4. Adaptación del Experimento ó Definición de la Réplica:	8
4. Síntesis de Resultados Experimentales.....	8
4.1. Gestión de la Síntesis de Resultados Experimentales.....	8
4.2. Busqueda de Información:	8
4.2.1. <i>Mapping Study:</i>	8
4.2.2. <i>Revisión Sistemática:</i>	8
4.3. Elección del Objtivo de la Síntesis de Resultados:	8
4.4. Selección de Estudios:	9
4.5. Aplicación de Técnicas de Síntesis de Resultados:	9
4.6. Búsqueda de Variables Moderadoras:	9
4.7. Generación de Piezas del Conocimiento:	9
4.7.1. <i>Gestión de Piezas del Conocimiento</i>	9
4.8. Publicación de Resultados:.....	9

5. Eventos en la Investigación Experimental.....	9
5.1. Gestión de los Eventos en la Investigación Experimental.....	10
5.2. Establecimiento de los Posibles Eventos para Cada Fase:.....	10
5.3. Creación del Mapa de Eventos por Fase:.....	10
5.4. Creación de Estadísticas de Eventos y Tipos de Eventos:.....	10
6. Elementos de la Investigación Experimental	10
6.1. Gestión de los Elementos de la Investigación Experimental	10
6.2. Establecer los Elementos para cada Fase:	10
6.3. Crear Mapa Elemento Fase:.....	10
7. Gestión del Recurso Humano	10
7.1. Gestor de la investigación:.....	11
7.2. Autor de un experimento:.....	11
7.3. Experto del Experimento:	11
7.4. Analista:	11
7.4.1. <i>Analista Principiante:</i>	11
7.4.2. <i>Analista Avanzado:</i>	11
7.5. Diseñador:.....	11
7.5.1. <i>Diseñador Principiante:</i>	11
7.5.2. <i>Diseñador Avanzado:</i>	11
7.6. Entrenador:.....	11
7.7. Profesor:	12
7.8. Monitor:	12
7.9. Medidor:	12
7.10. Agregador:.....	12
7.10.1. <i>Agregador Formal:</i>	12
7.10.2. <i>Agedador Informal:</i>	12
7.11. Experimentador ó Replicador:.....	12
7.11.1. <i>Experimentador ó Replicador Principiante:</i>	12
7.11.2. <i>Experimentador ó Replicador Avanzado:</i>	13
7.12. Gestor del Paquete:	13
8. Gestión de las Publicaciones en una Investigación Experimental.....	13

Conocimientos Obtenidos de la Entrevista del 24 de Mayo de 2011

1. Introducción:

Una vez presentado el protocolo a seguir, se dió paso a la validación del conocimiento obtenido de la entrevista realizada el 10 de mayo de 2011. Durante la revisión, se hicieron algunas observaciones, sugerencias y correcciones en el documento impreso, las cuales fueron realizadas, para la generación del presente documento.

Se determinó que los procesos en los que está inmerso el Gestor de la Investigación son: Gestión de la Investigación Experimental, Gestión de la Replicación Experimental, Gestión de la Síntesis de Resultados Experimentales, Gestión de Eventos de la Investigación Experimental, Gestión de los Elementos de la Investigación Experimental, Gestión de las Piezas del Conocimiento de la Investigación Experimental, Gestión del Recurso Humano en una Investigación Experimental, Aprendizaje de Variables y Transferencia a los Practitioners; de los cuales requiere información puntual y ágil para su gestión y la oportuna toma de decisiones.

A continuación se describen las actividades de los procesos de la Investigación Experimental:

2. Proceso de Investigación Experimental

Las fases de la Investigación experimental son:

2.1. Gestión de la Investigación Experimental

Actividad que permite identificar las fases y controlar los estados de un experimento en el tiempo.

2.2. Elección del Dominio del Experimento:

Es la fase en donde se define el tema de investigación y se toma la decisión del experimento que se llevará a cabo, mismo que deberá adaptarse a los conocimientos del investigador, es decir deberá estar en el marco de ese conocimiento.

2.3. Elección de una Temática para el Experimento:

Definición del problema concreto que será investigado, una vez enmarcado en el ámbito del conocimiento del investigador, es decir que aspectos de una área se podrían probar.[Debería notarse un clara diferencia con la fase anterior]

2.4. Elección de un Experimento/Hipótesis:

En esta fase se toma la decisión del experimento a ser llevado a cabo, por cuestiones pragmáticas[¿utilidad?]; pudiendo ser sobre la base de uno existente y que en el mejor de los casos tenga un Paquete de Replicación Experimental.

2.5. Planteamiento del Experimento:

En el caso de no existir paquete de replicación, o peor aún, un experimento base, es preciso realizar el planteamiento del experimento a alto nivel.

2.6. Realización del Experimento:

Esta es la fase donde se representan las etapas típicas de un experimento y consta de las siguientes sub fases:

2.6.1. Plan del Experimento:

Dependiendo del caso, en esta fase se realiza el diseño del experimento en términos de poder adaptarlo al contexto; es decir hacer todas las adaptaciones necesarias para poder implementarlo.

2.6.2. Ejecución del Experimento:

Esta fase es en donde se ejecuta el experimento, sus sesiones; todo lo referente a su realización, es decir, llevarlo a la acción.

2.6.3. Extracción de Datos:

Obtención de las medidas a partir de las observaciones y convertir las mediciones a Excel.

2.6.4. Análisis de los Datos:

Esta fase es en donde se realiza todo lo referente al análisis de datos, no obstante aquí aparecen también sub fases previas que son corregir (que en nuestro caso es medir) o estandarizar la Raw Data.

2.7. Interpretación de los Resultados:

Es la fase en la cual se valida el resultado o la razón de ser del experimento, comparando con la hipótesis, sobre la base del análisis estadístico. Es teorizar el resultado estadístico, hipotetizar el ¿Por qué tal resultado?, plantearse consecuencias.

2.8. Publicación de los Resultados:

Fase donde los resultados de la investigación en términos de comparación con la hipótesis son divulgados a nivel nacional o internacional.

3. Replicación Experimental

Las fases de una Replicación Experimental son:

3.1. Gestión de la Replicación Experimental

Actividad que permite identificar las fases y controlar los estados de una replicación en el tiempo.

3.2. Negociación y comprensión del contexto:

Esta fase permite la coordinación de todos los aspectos y sujetos participantes, para la puesta en marcha de una replicación experimental; dentro de esta fase, se pueden especificar las siguientes sub-fases:

3.2.1. Muestra de Interés:

Este proceso inicia cuando un investigador está interesado en colaborar con la Investigación Experimental y a hecho contacto con el grupo de investigación, dando a notar su interés.

3.2.2. Transfereencia de la Información:

Una vez validado el interés del investigador, el grupo de investigación le entrega el material, para su lectura.

3.2.3. Comprensión del Contexto:

Actividad conjunta entre el investigador y el grupo de investigación, para entender el contexto donde se ejecutará el experimento con el fin de adaptarlo.

3.2.4. Lectura de la Documentación:

Proceso mediante el cual el investigador procede con la lectura del material proporcionado por el grupo de investigación para entender el experimento y lo que requiera demanda de recursos.

3.2.5. Definición de Fechas y Circunstancias:

Esta fase es en donde se decide sobre que circunstancias, lugar, etc. se realizará el experimento y las fechas en las que se lo ejecutará.

3.3. Estudio del Paquete de Replicación:

Se procede a estudiar el paquete de replicación y su documentación, para una comprensión profunda del experimento.

3.4. Adaptación del Experimento ó Definición de la Réplica:

Una vez estudiado el Paquete de Replicación, en esta fase se adapta el experimento de acuerdo al contexto, para tratar de mantener en lo posible idénticas las condiciones al experimento original o de acuerdo a la hipótesis planteada.

4. Síntesis de Resultados Experimentales

Las fases de la Síntesis de Resultados son:

4.1. Gestión de la Síntesis de Resultados Experimentales

Actividad que permite administrar la Síntesis de Resultados Experimentales.

4.2. Busqueda de Información:

4.2.1. Mapping Study:

4.2.2. Revisión Sistemática:

En caso que el ámbito de la Síntesis de Resultados sea referente a experimentos que no corresponden a la línea de experimentos del Grupo de Investigación, se procede a la búsqueda de las fuentes de información aplicando el método formal de Revisión Sistemática.

4.3. Elección del Objetivo de la Síntesis de Resultados:

En caso de que el ámbito de la Síntesis de Resultados sea referente a experimentos propios del grupo de Investigación, o de otros que han replicado dichos experimentos, se procede a delinejar los objetivos de la Síntesis que combinará de los distintos aspectos estudiados en el experimento.

4.4. Selección de Estudios:

Sobre la bases de los objetivos planteados en el proceso anterior, se eligen los experimentos más idóneos para realizar la Síntesis de Resultados.

4.5. Aplicación de Técnicas de Síntesis de Resultados:

En esta fase se procede a la elección de una o varias técnica de Síntesis de Resultados, pudiendo ser Cuántitativas, Cuálitativas o no formales.

4.6. Búsqueda de Variables Moderadoras:

Este proceso corresponde a un análisis minucioso de los resultados de la Síntesis de Resultados, con el objeto de encontrar posibles Hipótesis de variables que pueden estar influyendo en los resultados del experimento y que deberán estudiarse en nuevos experimentos, replicaciones o análisis. Se ha observado que esto es posible solamente con experimentos ejecutados por el grupo de investigación, aunque la síntesis puede combinar experimentos de otros, relacionados con los del grupo.

4.7. Generación de Piezas del Conocimiento:

Se entende por pieza del conocimiento al resultado final de n replicaciones. El objetivo de esta etapa es tomar todos los resultados y empaquetarlos en forma transferible a los profesionales.

4.7.1. Gestión de Piezas del Conocimiento

Proceso que permite administrar los aportes puntuales para la creación del conocimiento en Ingeniería del Software, definiendo su trazabilidad.

4.8. Publicación de Resultados:

Una de las instancias de la aplicación de: técnica de Síntesis de Resultados seleccionada, ejecución de un experimento o una replicación de un experimento, es la obtención del conocimiento científico, pudiéndose llegar a su divulgación.

5. Eventos en la Investigación Experimental

Las fases de los Eventos en la Investigación Experimental son:

5.1. Gestión de los Eventos en la Investigación Experimental

Actividad que permite Registrar, Recuperar y Modificar los Eventos en una Investigación Experimental en sus diferentes fases, ya sea en un Experimento, Replicación o Síntesis de Resultados.

5.2. Establecimiento de los Posibles Eventos para Cada Fase:

En esta fase se registrarán los eventos en una Investigación Experimental ejecutada.

5.3. Creación del Mapa de Eventos por Fase:

Asignación de los Eventos a cada fase.

5.4. Creación de Estadísticas de Eventos y Tipos de Eventos:

Esta fase permite la creación de reportes, de comparativos entre incidencias frecuentes de los eventos.[Validar]

6. Elementos de la Investigación Experimental

Las fases de los Elementos de la Investigación Experimental son:

6.1. Gestión de los Elementos de la Investigación Experimental

Actividad que permite Almacenar, Recuperar, Reproducir y Distribuir los diferentes tipos de elementos de la Investigación Experimental en sus diferentes estados, durante el proceso de una Investigación Experimental.

6.2. Establecer los Elementos para cada Fase:

En esta fase se listan los elementos de la Investigación Experimental.

6.3. Crear Mapa Elemento Fase:

Asignación de los elementos a cada fase de la Investigación Experimental.

7. Gestión del Recurso Humano

Proceso que permite la administración del Recurso Humano de acuerdo a los roles en las diferentes fases del experimento y proyectos de investigación.

Los roles identificados en una Investigación Experimental son:

7.1. Gestor de la investigación:

Conoce los objetivos de la investigación, versiones, numero de replicaciones y puede decidir sobre nuevas adaptaciones del experimento.

7.2. Autor de un experimento:

Su rol es el de publicar los resultados

7.3. Experto del Experimento:

Tiene una visión general del experimento, conoce el número de replicaciones, donde y cuando fueron realizadas, la diferencia entre una y otra, diferencias de medidas, etc.

7.4. Analista:

Es el responsable de efectuar los análisis estadísticos, sus funciones incluyen la identificación de posibles valores atípicos, elaboración de análisis descriptivos, pruebas de significación, pruebas de comparación Post-Hoc, entre otros análisis.

7.4.1. Analista Principiante:

7.4.2. Analista Avanzado:

7.5. Diseñador:

7.5.1. Diseñador Principiante:

Es la persona que realiza la primera vez el diseño ?, es preciso conocer la información que se le asigna.

7.5.2. Diseñador Avanzado:

Es aquella persona que ha realizado más de una vez el diseño de un experimento.

7.6. Entrenador:

Este rol es responsable de transmitir el tratamiento a los sujetos durante la sesión de entrenamiento, el tratamiento puede ser transmitido durante una asignatura, curso, seminario o taller. Encargado de llevar el proceso de enseñanza aprendizaje, control y seguimiento en las materia, seminario, taller.

7.7. Profesor:

Persona que imparte la materia

7.8. Monitor:

Este rol se encarga de monitorear y vigilar a los sujetos experimentales durante la sesión del experimento, sus funciones son dar algunas instrucciones a los sujetos, referentes a como se llevará a cabo la sesión. Además el monitor es el encargado de entregar a los sujetos el paquete experimental, que incluye: tratamientos, formularios, objetos experimentales y herramientas. Además el Monitor recoge los paquetes al final de la sesión; y eventualmente puede aclarar ciertas dudas. El aclarar dudas implica un riesgo, que es el de alterar el concepto de los tratamientos que fue transmitido con anterioridad (Pensar en el protocolo para que no influya en el experimento).

7.9. Medidor:

Es el responsable de realizar el procedimiento de medición sobre los datos recabados durante el experimento.

7.10. Agregador:

7.10.1. Agregador Formal:

No corre los experimentos, busca datos crudos guardados de todos los experimentos y busca aplicar técnicas de agregación

7.10.2. Agedador Informal:

7.11. Experimentador ó Replicador:

Engloba los roles de:

7.11.1. Experimentador ó Replicador Principiante:

Es la persona encargada de visualizar y estudiar por primera vez un experimento, y tratar de hacer una replicación para validar los resultados y aprender la operatividad de un experimento.

7.11.2. *Experimentador ó Replicador Avanzado:*

Es la persona que ha ejecutado más de una vez el experimento, empieza a tener otros requerimientos y realiza modificaciones en el diseño del experimento.

7.12. Gestor del Paquete:

Su rol es administrar los elementos de la experimentación.

8. Gestión de las Publicaciones en una Investigación Experimental

Proceso que permite administrar las publicaciones generadas por la Investigación Experimental.

Varios

LISTA DE CONCEPTOS ADQUIRIDOS DE LA ENTREVISTA

1. Experimento
2. Replicación
3. Aspectos concretos de la información del contexto del experimento.
4. Elementos del Experimento
5. Personas que participan en el experimento
6. Sujeto experimental
7. Objeto experimental
8. Piezas del conocimiento
9. Paquete Experimental

Carta de Aprobación

Por medio de la firma de esta carta de aceptación se aprueba la información de esta entrevista.

PhD. Natalia Juristo

Directora del GrISE

Ing. Rodrigo Fonseca

Investigador

Entrevista - Reporte

Objetivo:

El objetivo de esta entrevista es la educación de conocimientos del rol Gestor del Experimento, posterior reporte y validación por el entrevistado.

Persona entrevistada

PhD. Sira Vegas, Gestor del Experimento, UPM.

Fecha de la entrevista

Martes 09, de agosto de 2011

Fuente

Fichero de Video: Educacion3-SV-09-08-2011-GE.m4v

Lugar

Universidad Politécnica de Madrid – Campus Montegancedo

Protocolo de la Entrevista del 09/08/2011

La presente entrevista será realizada a la PhD. Sira Vegas, Experimentadora de Grupo de Investigación en Ingeniería del Software Empírica (GrISE) de la UPM, para obtener su conocimiento sobre el rol en mención, para lo cual pasamos a indicar el protocolo que será seguido durante la presente entrevista.

- 1) La entrevista tendrá una duración de un tiempo máximo de 120 minutos, en donde se plantearán preguntas abiertas, que se indican más adelante.
- 2) Si es pertinente, el (la) entrevitado(a) será interrumpida sobre la marcha, con el afán de exclarecer cualquier inquietud o solicitar soportes (materiales, esquemas, mapas mentales) para fortalecer ciertos conceptos.
- 3) Se solicitará vía correo electrónico los productos que utiliza para ejecutar sus diferentes actividades inherentes a su rol.

Cuestionario

Preguntas:

1. ¿Indique y describa las tareas habituales que realiza en un proceso de experimentación? ¿Qué documentos que maneja en el proceso? y ¿Qué productos obtiene?
2. ¿Cuáles son los problemas con los que se encuentra al momento de gestionar la información de sus tareas habituales en un proceso de experimentación?
3. ¿Qué soporte le gustaría que una solución tecnológica le de al momento de realizar sus tareas habituales en un proceso de experimentación?

Tabla de contenido

1. Conocimientos Obtenidos de la Entrevista del 03 de Agosto de 2011	4
1.1. Proceso de Experimentación:.....	4
1.1.1. <i>Procesos Principales</i>	4
1.1.2. <i>Procesos de Apoyo</i>	5
1.1.3. <i>Procesos Organizativos del Experimento</i>	6
1.1.4. <i>Procesos de Apoyo a la Investigación</i>	6
2. Varios	7
2.1. Problemática en la Gestión del Experimento:.....	7
2.2. Respuesta al Cuestionario.....	7
3. Carta de Aprobación	8

1. Conocimientos Obtenidos de la Entrevista del 03 de Agosto de 2011

Sobre la base del análisis de la entrevista realizada a la PhD Sira Vegas, en el Rol de Gestor del Experimento, determinamos que los procesos en los que esta inmerso este rol son:

- ✓ Proceso de Experimentación
- ✓ Transferecnia del Conocimiento
- ✓ Adaptación al Contexto
- ✓ Apoyo a la Replicación
- ✓ Re Análisis de Datos
- ✓ Agregación Informal de Replicaciones
- ✓ Gestión de la Documentación Previa al Experimento (Documentos del Entrenamiento, Documentos de Descripción del experimento, Planteamiento del Experimento, Diseño del Experimento, Lista de Faltas, Selección de Programas, Inserción de Faltas a Programas, Diseño de formularios para recoger las Variables Respuesta, Diseño de Materiales, Definición del Proceso de Medición)
- ✓ Gestión de los Materiales del Experimento (Programas Fuentes para imprimir para los sujetos (.doc), Programas Fuentes para el compilador (.c, .h), Programas Ejecutables (.exe), Formularios para imprimir para los sujetos (.doc), Especificaciones de Programas y Descripción de los Programas para aplicación de las Técnicas).
- ✓ Gestión de la Documentación Posterior al Experimento (Collected Data, Raw Data, Ficheros de Entrada a la Herramienta Estadística, Fichero de Salida de la Herramienta Estadística, Integración de los Ficheros de la Herramienta en un Único Documento de Resultados).
- ✓ Gestión de las Publicaciones de la Replicación.
- ✓ Publicación de Experimentos.

1.1. Proceso de Experimentación:

A continuación se detallan los procesos de un experimento, adaptados de acuerdo a su definición, al diagrama de bloques propuesto para el ciclo de la Investigación Experimental, mostrado en la figura 1.

1.1.1. Procesos Principales

Los procesos principales en la Investigación Experimental involucran más de una función en su estructura organizacional y definen el objetivo de la investigación.

Gestión del Experimento:

Proceso que permite gestionar un experimento

Adaptación al Contexto:

En esta tarea el GE ayuda al experimentador a adaptar el experimento a su contexto; esta ayuda puede ir desde hacer el mismo la adaptación al contexto o puede simplemente responder a las inquietudes del experimentador.

Re Análisis de Datos:

En esta fase y en función de la RAW DATA y del análisis de bajo nivel que le entregan al GE, este procede a realizar un análisis comparativo con respecto a otros experimentos y si lo necesita puede solicitar al experimentador que le aclare tales diferencias, de lo contrario, procede a almacenar esta información, misma que podría ser utilizada para otros procesos de análisis como es el caso de la agragación informal.

Agregación Informal de Replicaciones

La agregación informal es una etapa exhaustiva que realiza el GE y que es parte del ciclo de investigación experimental. Con una sola ejecución del experimento no se obtienen resultados concluyentes, lo que obliga a replicar el experimento, para combinar los resultados de las distintas repeticiones.

1.1.2. Procesos de Apoyo

Son procesos que dan soporte a los demás procesos del Ciclo de Investigación Experimental, de acuerdo a sus necesidades.

Gestión de la Documentación Previa al Experimento:

Esta actividad está encaminada a la gestión de todos los documentos que se generan previa la ejecución del experimento. Aquí estarían los Documentos del Entrenamiento, Documentos de Descripción del experimento, Planteamiento del Experimento, Diseño del Experimento.

Gestión de Materiales del Experimento:

Este es un proceso de apoyo crítico e imprescindible para correr el experimento. Permite almacenar, localizar, recuperar y controlar cambios de los Materiales utilizados específicamente para la ejecución del experimento. Los Materiales son: Programas Fuentes Impresos, Programas Ejecutales, Formularios, Especificaciones de Programas y Descripción de los Programas para aplicación de las Técnicas.

Gestión de la Documentación Posterior al Experimento:

Esta actividad está encaminada a la gestión de todos los documentos que se generan durante la ejecución del experimento. Aquí estarían los formularios llenados por los sujetos experimentales denominados Collected Data, tanto físicos como digitalizados, ficheros de datos crudos denominados Raw Data, resultados de los análisis estadísticos de bajo nivel, ficheros de entrada en la herramienta estadística y ficheros de salida de la herramienta estadística.

1.1.3. Procesos Organizativos del Experimento

Estos procesos son empleados para establecer e implementar una infraestructura funcional, constituida por procesos y personas asociados al Ciclo de Investigación Experimental y para su mejora continua.

Transferencia del Conocimiento:

El GE efectúa como tarea inicial la transferencia de los conocimientos a los experimentadores que llevarán a cabo el experimento. Esta transferencia, se la realiza a través de charlas presenciales y/o virtuales o por correo electrónico y con la entrega de documentos que contienen información fundamental (Pendiente por determinar) para que los experimentadores puedan llevar a cabo el experimento.

Apoyo a la Replicación:

Esta actividad es en donde el GE da soporte al experimentador, para ayudarle a solucionar los inconvenientes que se le presenten durante la ejecución del experimento.

Gestión de las Publicaciones de la Replicación:

Esta actividad, le debería permitir al GE, almacenar, localizar y recuperar las publicaciones científicas asociadas a los experimentos.

1.1.4. Procesos de Apoyo a la Investigación

Es un proceso que da soporte a los investigadores, durante el Ciclo de Investigación Experimental.

Publicación de Experimentos:

Es la tarea del GE, donde escribe las publicaciones asociadas al proceso de agregación informal u otras investigaciones relacionadas.

2. Varios

2.1. Problemática en la Gestión del Experimento:

Se ha determinado la siguiente problemática en la Gestión del Experimento:

- La falta de Gestión de la Configuración en los Materiales de un Experimento.
- Desconocimiento de la ubicación de los documentos o falta de documentación y/o organización de la misma.
- Apoyo a las tareas de gestión de experimentación pura como son la transferencia de conocimientos, etc.; que no dependa de una persona.
- Inexistencia de una Terminología Estándar entre todos los actores en un ciclo de investigación experimental.

2.2. Respuesta al Cuestionario

1. ¿El GE en que participa o como influye en la parte de entrenamiento? ¿A que te refieres con Caracterizar la Docencia?

Respuesta: Registro de incidencias de acuerdo al contexto

2. Collected Data u observaciones o muestras

Respuesta: Collected Data = Observación

3. ¿Que documentación te gustaría disponer de las repeticiones que se han corrido en otro sitio como GE?

Respuesta: Toda la documentación y acceso de lectura.

4. ¿Puedes mostrarnos y explicarnos la estructura y el manejo que le das a la carpeta de información que tienes?

Respuesta: Video de Revisión de la Carpeta, necesitamos tener una copia de la carpeta.

5. ¿Qué documentación te gustaría tener en Documentación Previa y Post?

6. ¿Qué quisieras que haga la herramienta para ayudarte al manejo de la información?

Respuesta: Básicamente la Gestión de los Materiales y la Documentación.

3. Carta de Aprobación

Por medio de la firma de esta carta de aceptación se aprueba la información de esta entrevista.

PhD. Sira Vegas

Entrevista - Reporte

Objetivo

El objetivo de esta entrevista es la educación de conocimientos del rol Experimentador Senior, posterior reporte y validación por el entrevistado.

Persona a entrevistar

PhD. Sira Vegas, Experimentador Senior, UPM.

Fecha de la entrevista

Miércoles 13 de septiembre de 2011

Fuente

Archivo de Video: Educcion4-SV-27-09-2011-EXS.m4v

Lugar

Universidad Politécnica de Madrid – Campus Montegancedo

Protocolo de la Entrevista del 25/08/2011

La presente entrevista será realizada a (la) PhD. [Nombre], Experimentadora de [Lugar], para obtener su conocimiento sobre el rol en mención, para lo cual pasamos a indicar el protocolo que será seguido durante la presente entrevista.

- 1) La entrevista tendrá una duración de un tiempo máximo de 120 minutos, en donde se plantearán preguntas abiertas, que se indican más adelante.
- 2) Si es pertinente, el (la) entrevitado(a) será interrumpida sobre la marcha, con el afán de exclarecer cualquier inquietud o solicitar soportes (materiales, esquemas, mapas mentales) para fortalecer ciertos conceptos.
- 3) Se solicitará vía correo electrónico los productos que utiliza para ejecutar sus diferentes actividades inherentes a su rol.

Cuestionario

Preguntas:

1. ¿Indique y describa las tareas habituales que realiza en un proceso de experimentación? ¿Qué documentos que maneja en el proceso? y ¿Qué productos obtiene?
2. ¿Cuáles son los problemas con los que se encuentra al momento de gestionar la información de sus tareas habituales en un proceso de experimentación?
3. ¿Qué soporte le gustaría que una solución tecnológica le de al momento de realizar sus tareas habituales en un proceso de experimentación?

Tabla de contenido

1.	Conocimientos Obtenidos de la Entrevista del 13 de Septiembre de 2011.....	4
1.1.	Planteamiento del Experimento:	4
1.2.	Replanteamiento del Experimento (Gestión del Cambio):.....	4
1.2.1.	<i>Discusión del Cambio</i>	4
1.2.2.	<i>Análisis de Impacto.....</i>	4
1.2.3.	<i>Análisis de Factibilidad.....</i>	5
1.2.4.	<i>Generación de Nuevos Elementos Experimentales</i>	5
1.2.5.	<i>Empaquetar los Elementos Operacionalizados.....</i>	5
1.3.	Ejecución del Experimento:	5
1.3.1.	<i>Pre – Sesión:.....</i>	5
1.3.2.	<i>Durante - Sesión:.....</i>	6
1.3.3.	<i>Post – Sesión:.....</i>	7
2.	Problemática en el rol Experimentador Senior:.....	9
3.	Lista De Conceptos Adquiridos De La Entrevista.....	10

1. Conocimientos Obtenidos de la Entrevista del 13 de Septiembre de 2011

Sobre la base del análisis de la entrevista realizada a la PhD Sira Vegas, en el Rol de Experimentador Senior, determinamos que los procesos en los que esta inmerso este rol son:

- ✓ Planteamiento del Experimento
- ✓ Replanteamiento del Experimento
- ✓ Ejecución del Experimento
- ✓ Análisis
- ✓ Publicación de Experimentos.

1.1. Planteamiento del Experimento:

1.2. Replanteamiento del Experimento (Gestión del Cambio):

El Replanteamiento permite incorporar al experimento cambios en la investigación en curso, con el objetivo de obtener nuevos conocimientos. Dichos cambios podrían involucrar la creación y/o modificación de objetos experimentales. Este proceso inicia cuando el Gestor de la Investigación decide incorporar un nuevo estudio; o en su defecto cuando el Investigador es motivado por otra fuente.

Este proceso, consta de las siguientes actividades: Discusión del Cambio, Análisis de Impacto, Análisis de Factibilidad, Generación de Nuevos Elementos Experimentales, Generación de Elementos Operacionalizados.

1.2.1. Discusión del Cambio

Es la acción o el evento que induce al Gestor de la Investigación a tomar la decisión de llevar a cabo un cambio en un experimento. Esta es una decisión consensuada con el Experimentador Senior y/o miembros del grupo de investigación.

1.2.2. Análisis de Impacto

Una vez decidido el cambio, el Experimentador Senior realizar el análisis para determinar el grado de afectación que podría tener sobre los demás elementos experimentales, tales como: diseño, programas, faltas, métrica, tipos sujetos, etc. (verificar con la lista de Omar).

1.2.3. Análisis de Factibilidad

En base a cuestiones pragmáticas (planificación, disposición de recursos, etc.), el Experimentador Senior de forma conjunta con el Gestor de la Investigación, deciden la viabilidad de efectuar el cambio en el experimento.

1.2.4. Generación de Nuevos Elementos Experimentales

Una vez decidida la realización de los cambios, y conociendo el grado de afectación, el Experimentador Senior (o quien se decida), crea nuevos elementos experimentales o modifica los existentes.

1.2.5. Empaquetar los Elementos Operacionalizados

Este proceso consiste en la actualización del paquete con las nuevas versiones de los elementos experimentales.

1.3. Ejecución del Experimento:

Es la parte operativa del experimento, es decir es hacerlo (aplicar los tratamientos sobre los objetos experimentales).

Este proceso se compone de tres fases que son: Pre – Sesión, Durante – Sesión y Post – Sesión.

1.3.1. Pre – Sesión:

Esta fase comprende el entrenamiento de los sujetos experimentales para la ejecución del experimento, asignación de sujetos a grupos, impresión del material experimental y una sesión de introducción de los sujetos al experimento presencial o por correo electrónico.

Entrenamiento de los Sujetos:

Previa la ejecución del experimento, los sujetos experimentales pueden ser capacitados en los tratamientos que aplicarán a los objetos experimentales, para que adquieran el conocimiento necesario para realizar el experimento. Esta capacitación debe tener un contenido teórico y uno práctico, para familiarizar a los sujetos con el experimento y enmarcarlos intrínsecamente con el objetivo del experimento.

Asignación de Sujetos a Tratamientos:

Es el proceso por medio del cual se estructuran los grupos de sujetos que aplicarán los tratamientos a los objetos experimentales, dependiendo de las decisiones de ejecución tomadas para el experimento. Para garantizar la validez de las observaciones obtenidas, la investigación experimental precisa aleatorización para intentar evitar de la influencia de características inherentes al sujeto en el resultado del experimento.

Impresión del Material Experimental (o su correspondiente si el material es una versión digital):

Impresión de los objetos experimentales para que el sujeto pueda realizar la tarea y de los instrumentos para recolectar datos; a continuación se generan paquetes personalizados para cada sujeto por sesión y tarea dentro de la sesión.

Introducción de los Sujetos al Experimento:

La Sesión de introducción es una actividad (presencial o no) en la cual, el Experimentador Senior explica a detalle a los sujetos experimentales, la metódica de aplicación de los tratamientos a los objetos experimentales, describe los formularios, el orden en que los reciben y sus contenidos.

1.3.2. Durante - Sesión:

Esta fase es en si la ejecución in situ del experimento, en donde el sujeto experimental, aplica el tratamiento sobre el objeto experimental. Esta fase consta de las siguientes tareas: Explicación del Objeto Experimental, Aplicación del Tratamiento, Entrega del Collected Data y Limpieza del Material Experimental.

Explicación del Objeto Experimental:

Si es necesario (por la complejidad del experimento o por el tipo del sujeto), previo a la aplicación del tratamiento, el Experimentador Senior explica al sujeto experimental las características del objeto experimental; las mencionadas características están disponibles en hojas suplementarias.

En el caso del experimento de evaluación de técnicas de pruebas de software de la UPM, antes de la aplicación de las técnicas en cada programa, los sujetos reciben una explicación del programa, para facilitar la comprensión de detalles esenciales que están ya escritos en el material.

Aplicación del Tratamiento:

Esta es la parte fundamental del experimento donde los sujetos aplican los tratamientos y se obtienen las observaciones.

Recepción del Information Data (Collected Data ó Unidad de Observación experimental ó Collected Material ó Collected Ítems):

Una vez aplicados los tratamientos a todos los objetos experimentales, el sujeto experimental entrega las observaciones obtenidas, al encargado de controlar o monitorear el desarrollo del experimento.

Limpieza del Collected Data:

Esta tarea, generalmente es realizada por el encargado de controlar o monitorear el desarrollo del experimento y consiste en eliminar cualquier material relacionado con los objetos experimentales; la idea es quedarse solo con los instrumentos.

1.3.3. Post – Sesión:

En esta fase se evalúa la aplicación de los tratamientos a los objetos experimentales; así como su análisis y posterior publicación de resultados. Las sub fases y actividades que se llevan a cabo en esta fase son:

Generación de la Raw Data

El objetivo de este proceso consiste en obtener un fichero Excel, con los datos básicos de los sujetos experimentales.

Este proceso consta de dos actividades:

Medición de los Datos Básicos de la Variable Respuesta

Esta actividad consiste en ir a la lista de fallos que ha identificado el sujeto, señalar cuales son, luego ir a la lista de casos de prueba que ha generado e identificar para cada caso de prueba que fallo podría detectar si se los ejecutara (esto se lo puede hacer con lectura simple o si es necesario, ejecutar los casos; también se podría utilizar un patrón de referencia para evitar la ejecución). La salida de esta actividad son los Collected Ítems con los datos básicos identificados de cada sujeto experimental.

Pasar Medida al Fichero Excel

Esta actividad consiste en relacionar los datos básicos de cada sujeto experimental con las faltas instanciadas y proceder a teclear en la hoja Excel.

Preprocesamiento de Datos

El objetivo de este proceso, es generar un fichero cuyo formato responderá a los requerimientos de la herramienta estadística seleccionada para realizar el análisis de datos.

Consta de dos actividades que son:

Calculo de la Variable Respuesta

Son las operaciones que se realizan en función de la raw data, que denotan la métrica de variable respuesta. Ojo: validar esta aseveración y si es o no parte de los pasos intermedios.

Generación del Fichero de Entrada para la Herramienta Estadística

Esta actividad consiste en todos los pasos intermedios que se necesiten para dar formato a los datos del fichero Excel; esta actividad genera un nuevo fichero que servirá de entrada para la herramienta estadística a ser utilizada. Se pueden utilizar tablas dinámicas de Excel para hacer copy paste.

Análisis de Datos

El proceso de Análisis de Datos consiste en contrastar la hipótesis en función de la salida de la herramienta estadística.

Este proceso consta de las siguientes actividades:

Escoger la Técnica de Análisis Estadístico

Se supone que si el diseño se lo ha hecho bien, solo hay una forma de analizar los datos; sin embargo si la muestra es estadísticamente significativa se pueden realizar otros tipos de análisis secundarios (Análisis Post-hoc (Colaterales)).

Obtener los Estadísticos Descriptivos

(Diagramas de caja de bigotes, estadísticas del número de observaciones que tienes, medias, desviaciones típicas)

Estudio de la Validez del Modelo

En el caso de ANOVA, se tiene que estudiar la normalidad de los residuos y comprobar la homocualidad; si son otros estudios estadísticos, se debe estudiar otras restricciones.

Estudiar la Influencia de los Factores

En el caso de ANOVA por ejemplo, mirar la significación de los factores.

Estudiar el Comportamiento de las Distintas Alternativas de los Factores (Tratamientos)

En el caso de que el factor si influye, se mira el comportamiento de los tratamientos. En el caso de ANOVA, se utilizan los POST-HOC (denominado por el SPSS), cuyo término genérico es Test de comparaciones Múltiples: Test de Tukeys (es el más famoso), Bonferroni y Scheffe.

Interpretación de Datos

El Proceso de Interpretación de Datos permite hacer estudios más profundos sobre la base de los resultados estadísticos y estructurar las conclusiones de la Investigación.

Generación de Findings

Es la elaboración de respuestas para la hipótesis, dejando de lado los niveles de la Estadística (Las técnicas se comportan igual o diferente, etc.). Matizando los resultados con las amenazas a la validez.

Elaboración de Teorías

De cara al campo de investigación, es una actividad mental para buscar explicación del fenómeno subyacente (hipótesis sobre mecanismos que provocan los datos recogidos)

Preparación o Inicio del Nuevo Experimento

En función de los resultados y en el caso que no se hayan sido concluyentes, se tiene que volver a repetir el experimento o se debería replantear.

2. VARIOS

2.1. Problemática en el rol Experimentador Senior:

- Soporte al replanteamiento (ayudando a gestionar elementos experimentales nuevos y antiguos)
- Soporte para interacción con ayudantes (la herramienta dé apoyo al intercambio de materiales, elementos, diseños, etc.)
- Soporte a la publicación (la herramienta sirve de almacén de elementos y resultados)

2.2. Lista De Conceptos Adquiridos De La Entrevista

1. **Experimentador Senior:** Es aquel que conoce a profundidad la temática de experimentación y es quien decide qué experimento se va a llevar a cabo y puede además hacer cambios en él; pero no necesariamente participa en las ejecuciones del mismo. El campo de acción de este rol inicia, cuando se ha decidido cambiar algo en el experimento, o debido a alguna motivación que el rol tiene.
2. **Experimento:** Es una serie de diseños experimentales y decisiones, generalmente acompañados de una ejecución.
3. **Replicación:** Es la adaptación del experimento al contexto, acompañada de una ejecución.
4. **Ejecución:** Es la parte operativa del experimento, es decir es hacerlo (aplicar el tratamiento sobre el objeto experimental).

3. Carta de Aprobación

Por medio de la firma de esta carta de aceptación se aprueba la información de esta entrevista.

PhD. Sira Vegas

Apéndice H

Plantillas para la Síntesis de Resultados de la Educción del Proceso Experimental

H.1 Plantilla para la Comparativa de Síntesis de Resultados

PLANTILLA PARA COMPARATIVA DE SÍNTESIS DE RESULTADOS DE EDUCACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA IE - [Rol A] vs [Rol B]				
Procesos		Rol		Observación
		[Rol A]	[Rol B]	
Organizativos	Gestión de la Investigación Experimental	✓		
	Gestión del Recurso Humano	✓		
	Gestión de las Publicaciones en una Investigación Experimental	✓		
	Gestión de la Replicación Experimental	✓		
Básicos	Planteamiento del Experimento		✓	
	Replanteamiento del Experimento		✓	
	Ejecución del Experimento		✓	
	Análisis de Datos		✓	
Generación de Piezas del Conocimiento	Transferencia a los Practitioners	✓		
	Aprendizaje de Variables	✓		
	Publicación de Experimentos		✓	
No aparecen en el diagrama en bloques	Gestión de la Síntesis de Resultados Experimentales	✓		
	Gestión de los Eventos de la Investigación Experimental	✓		
	Gestión de los Elementos de la Investigación Experimental	✓		

H.2 Plantilla de Síntesis de Resultados a Nivel de Procesos

Plantilla de Síntesis de Resultados de la Educación de los Procesos de IE - [Rol A] vs [Rol B]

Investigación Experimental	Procesos	Rol		Compartido
		[Rol A]	[Rol B]	
Organizativos	Gestión de la Investigación Experimental	✓		
	Gestión del Recurso Humano	✓		
	Gestión de Publicaciones	✓		
	Gestión de Síntesis de Resultados Experimentales	✓		
	Gestión de la Replicación Experimental	✓		
	Eventos en la Investigación Experimental	✓		
	Planteamiento del Experimento		✓	
	Replanteamiento del Experimento		✓	
	Ejecución del Experimento		✓	
	Análisis de Datos		✓	
Apoyo				
	Transferencia a los Practitioners	✓		
	Aprendizaje de Variables	✓		
	Publicación de Experimentos		✓	
Publicaciones	Publicaciones sobre Experimentación	✓	✓	✓

H.3 Plantilla de Síntesis de Resultados a Nivel de Sub Procesos

Plantilla para Comparativa de Sistesis de Resultados de la Educación a Nivel de Sub Procesos de la IE - [Rol A] vs [Rol B]					
	Procesos	Sub - Procesos	Rol		Compartido
			[Rol A]	[Rol B]	
Investigación Experimental	Organizativos	Gestión de la Investigación Experimental	Definición de Temas de Investigación	✓	
			Gestión del Recurso Humano	✓	
			Gestión de Publicaciones	✓	
			Gestión de la Replicación Experimental	✓	
	Básicos	Gestión del Recurso Humano		✓	
		Gestión de Publicaciones		✓	
		Gestión de Síntesis de Resultados Experimentales		✓	
		Gestión de la Replicación Experimental		✓	
	Apoyo	Eventos en la Investigación Experimental		✓	
		Planteamiento del Experimento	Elección del Dominio del Experimento	✓	✓
			Elección de una Temática para el Experimento	✓	✓
			Elección de un Experimento/Hipótesis	✓	✓
		Replanteamiento del Experimento	Redacción del Documento	✓	✓
		Ejecución del Experimento	Pre- Sesión	✓	
			Durante-Sesión	✓	
			Post-Sesión	✓	
		Análisis de Datos		✓	
Generación de Piezas del Conocimiento	Transferencia a los Practitioners	Aprendizaje de Variables		✓	
				✓	
	Publicaciones	Publicación de Experimentos		✓	
		Publicaciones sobre Experimentación		✓	✓

Apéndice I

Resultados de la Síntesis de Obtención del Conocimiento del Grupo de Investigación

I.1 Tablas Comparativas de Síntesis de Resultados

TABLA COMPARATIVA DE SÍNTESIS DE RESULTADOS DE EDUCACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA IE - GI vs GE				
	Procesos	Rol		Observación
		Gestor de la Investigación	Gestor del Experimento	
Organizativos	Gestión de la Investigación Experimental	✓		
	Gestión del Recurso Humano	✓		
	Gestión de las Publicaciones en una Investigación Experimental	✓		Este proceso se menciona en el Rol GI, sin embargo consideramos que es un proceso genérico podría denominarse Gestión de Publicaciones
	Gestión de la Replicación Experimental	✓		Este es un proceso inherente al GI en las tareas iniciales de la Replicación y en lo referente a la transferencia del conocimiento y apoyo a la ejecución, es una tarea del GE.
	Apoyo a la Replicación		✓	Debido a que el nombre da lugar a confusión con los procesos de apoyo, sugerimos que se cambie a Soporte a la Replicación Experimental ; de igual manera, de acuerdo a la reunión mantenida con el GI el 21/09/2011, consideramos que este es un proceso de apoyo a la labor del Replicador.
	Gestión de las Publicaciones de la Replicación		✓	Este proceso se menciona en el Rol GE, sin embargo de acuerdo a la reunión mantenida con el GI el 21/09/2011 donde se analizó las tareas que realiza el GE comparadas con las que realiza el GI, consideramos que la labor que el GE realiza en este proceso, no es de gestión, sino administrativa ya que se encarga de organizar las publicaciones de las diferentes replicaciones ejecutadas; en consecuencia sugerimos el cambio de denominación a Administración de las Publicaciones de la Replicación
	Gestión del Experimento		✓	
	Transferencia del Conocimiento		✓	De acuerdo a la reunión mantenida con el GI el 21/09/2011 consideramos cambiar por Transferencia del Conocimiento al Replicador ; así mismo consideramos que este es un proceso de apoyo al replicador en su labor.
Básicos	Adaptación al Contexto		✓	
	Re Análisis de Datos		✓	
	Agregación Informal de Replicaciones		✓	
Apoyo	Gestión de la Documentación Previa al Experimento		✓	
	Gestión de los Materiales del Experimento		✓	
	Gestión de la Documentación Posterior al Experimento		✓	
Generación de Piezas del Conocimiento	Publicación de Experimentos		✓	De acuerdo a la reunión mantenida con el GI el 21/09/2011 se ve la necesidad de separar en un Macro Proceso independiente denominado Publicaciones , donde se desarrollaran los diferentes tipos de publicaciones (Un Experimento, Agregación de Experimentos y Publicaciones sobre Experimentación). Esto está pendiente de Educación .
	Transferencia a los Practitioners	✓		Este proceso aparece en el diagrama de contexto, pero no se describe ni tampoco aparece en el diagrama detallado .
	Aprendizaje de Variables	✓		
	Gestión de la Síntesis de Resultados Experimentales	✓		Este proceso se menciona en el Rol GI, pero no aparece en el diagrama de bloques y creemos que debería considerarse como organizativo No se ha realizado aún la educación.

No aparecen en el diagrama en bloques	Gestión de los Eventos de la Investigación Experimental	✓		Este proceso se menciona en el Rol GI, pero no aparece en el diagrama de bloques y de acuerdo a la reunión mantenida con el GI el 21/09/2011, creemos que debería considerarse como básico ya que durante la ejecución del experimento pueden producirse eventos no previstos, que deberían ser registrados para determinar su influencia o no en el análisis de los resultados. Creemos que su nombre debe cambiar por Eventos en la Investigación Experimental
	Gestión de los Elementos de la Investigación Experimental	✓		Este proceso se menciona en el Rol GI, pero no aparece en el diagrama de bloques . De la educación realizada con el GE, se obtienen tres procesos de apoyo referentes a la gestión de documentos y materiales utilizados en la ejecución del experimento por lo que creemos que debería adoptarse lo que indica el GE por los siguientes motivos: 1) Se determinó que a pesar de tener nombres diferentes, las definiciones son similares. 2) El GE es el rol dominante en este proceso.

TABLA COMPARATIVA DE SÍNTESIS DE RESULTADOS DE EDUCACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA IE - GI vs EXS				
Procesos		Rol		Observación
		Gestor de la Investigación	Experimentador Senior	
Organizativos	Gestión de la Investigación Experimental	✓		
	Gestión del Recurso Humano	✓		
	Gestión de las Publicaciones en una Investigación Experimental	✓		Este proceso se menciona en el Rol GI, sin embargo consideramos que es un proceso genérico podría denominarse Gestión de Publicaciones
	Gestión de la Replicación Experimental	✓		
Básicos	Planteamiento del Experimento		✓	Pendiente de Educación
	Replanteamiento del Experimento		✓	Proceso compatido por GI y EXP ¿y el EI GE?
	Ejecución del Experimento		✓	
	Ánalisis de Datos		✓	
Generación de Piezas del Conocimiento	Transferencia a los Practitioners	✓		Este proceso aparece en el diagrama de contexto, pero no se describe ni tampoco aparece en el diagrama detallado.
	Aprendizaje de Variables	✓		
	Publicación de Experimentos		✓	De acuerdo a la reunión mantenida con el GI el 21/09/2011 se ve la necesidad de separar en un Macro Proceso independiente denominado Publicaciones , donde se desarrollaran los diferentes tipos de publicaciones (Un Experimento, Agregación de Experimentos y Publicaciones sobre Experimentación). Esto está pendiente de Educación.
No aparecen en el diagrama en bloques	Gestión de la Síntesis de Resultados Experimentales	✓		Este proceso se menciona en el Rol GI, pero no aparece en el diagrama de bloques y creemos que debería considerarse como organizativo No se ha realizado aún la educación.
	Gestión de los Eventos de la Investigación Experimental	✓		Este proceso se menciona en el Rol GI, pero no aparece en el diagrama de bloques y de acuerdo a la reunión mantenida con el GI el 21/09/2011, creemos que debería considerarse como básico ya que durante la ejecución del experimento pueden producirse eventos no previstos, que deberían ser registrados para determinar su influencia o no en el análisis de los resultados. Creemos que su nombre debe cambiar por Eventos en la Investigación Experimental
	Gestión de los Elementos de la Investigación Experimental	✓		

TABLA COMPARATIVA DE SÍNTESIS DE RESULTADOS DE EDUCACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA IE - EXS vs GE				
Procesos		Rol		Observación
		Experimentador Senior	Gestor del Experimento	
Organizativos	Apoyo a la Replicación		✓	Debido a que el nombre da lugar a confusión con los procesos de apoyo, sugerimos que se cambie a Sopporte a la Replicación Experimental ; de igual manera, de acuerdo a la reunión mantenida con el GI el 21/09/2011, consideramos que este es un proceso de apoyo a la labor del Replicador.
	Gestión de las Publicaciones de la Replicación		✓	Este proceso se menciona en el Rol GE, sin embargo de acuerdo a la reunión mantenida con el GI el 21/09/2011 donde se analizó las tareas que realiza el GE comparadas con las que realiza el GI, consideramos que la labor que el GE realiza en este proceso, no es de gestión, sino administrativa ya que se encarga de organizar las publicaciones de las diferentes repeticiones ejecutadas; en consecuencia sugerimos el cambio de denominación a Administración de las Publicaciones de la Replicación
	Gestión del Experimento		✓	
	Transferencia del Conocimiento		✓	De acuerdo a la reunión mantenida con el GI el 21/09/2011 consideramos cambiar por Transferencia del Conocimiento al Replicador ; así mismo consideramos que este es un proceso de apoyo al replicador en su labor.
Básicos	Adaptación al Contexto		✓	
	Re Análisis de Datos		✓	
	Agregación Informal de Replicaciones		✓	
	Planteamiento del Experimento	✓		Pendiente de Educación
	Replanteamiento del Experimento	✓		Proceso compatido por GI y EXP ¿y el EI GE?
	Ejecución del Experimento	✓		
Apoyo	Análisis de Datos	✓		
	Gestión de la Documentación Previa al Experimento		✓	
	Gestión de los Materiales del Experimento		✓	
	Gestión de la Documentación Posterior al Experimento		✓	
Generación de Piezas del Conocimiento	Publicación de Experimentos	✓		De acuerdo a la reunión mantenida con el GI el 21/09/2011 se ve la necesidad de separar en un Macro Proceso independiente denominado Publicaciones , donde se desarrollaran los diferentes tipos de publicaciones (Un Experimento, Agregación de Experimentos y Publicaciones sobre Experimentación). Esto está pendiente de Educación .
	Publicación de N Experimentos o Agregación		✓	De acuerdo a la reunión mantenida con el GI el 21/09/2011 se ve la necesidad de separar en un Macro Proceso independiente denominado Publicaciones , donde se desarrollaran los diferentes tipos de publicaciones (Un Experimento, Agregación de Experimentos y Publicaciones sobre Experimentación). Esto está pendiente de Educación .
No aparecen en el diagrama de bloques				

I.2 Tablas de Síntesis de Resultados a Nivel de Procesos

Tabla de Síntesis de Resultados de la Educación de los Procesos de IE - GI vs GE - Primera Aproximación

	Procesos	Rol		Compartido
		GI	GE	
Investigación Experimental	Gestión de la Investigación Experimental	✓		
	Gestión del Recurso Humano	✓		
	Gestión de Publicaciones	✓		
	Gestión de Síntesis de Resultados Experimentales	✓		
	Administración de Publicaciones de Replicación		✓	
	Gestión del Experimento		✓	
	Gestión de la Replicación Experimental	✓	✓	✓
Básicos	Eventos en la Investigación Experimental	✓		
	Adaptación al Contexto		✓	
	Re Análisis de Datos		✓	
	Agregación Informal de Replicaciones		✓	
Apoyo	Gestión de la Documentación Previa al Experimento		✓	
	Gestión de los Materiales del Experimento		✓	
	Gestión de la Documentación Posterior al Experimento		✓	
	Soporte a la Replicación Experimental		✓	
	Transferencia del Conocimiento al Replicador		✓	
Generación de Piezas del Conocimiento	Transferencia a los Practitioners	✓		
	Aprendizaje de Variables	✓		
Publicaciones	N Experimentos		✓	
	Publicaciones Experimentación	✓	✓	✓

Tabla de Síntesis de Resultados de la Educación de los Procesos de IE - GI vs EXS - Primera Aproximación

	Procesos	Rol		Compartido
		GI	EXS	
Investigación Experimental	Organizativos	Gestión de la Investigación Experimental	✓	
		Gestión del Recurso Humano	✓	
		Gestión de Publicaciones	✓	
		Gestión de Síntesis de Resultados Experimentales	✓	
		Gestión de la Replicación Experimental	✓	
	Básicos	Eventos en la Investigación Experimental	✓	
		Planteamiento del Experimento		✓
		Replanteamiento del Experimento		✓
		Ejecución del Experimento		✓
		Ánalisis de Datos		✓
Generación de Piezas del Conocimiento	Apoyo			
	Transferencia a los Practitioners			
			✓	
	Aprendizaje de Variables		✓	
Publicaciones	Publicación de Experimentos		✓	
	Publicaciones sobre Experimentación	✓	✓	✓

Tabla de Síntesis de Resultados de la Educación de los Procesos de IE - EXS vs GE - Primera Aproximación

	Procesos	Rol		Compartido
		EXS	GE	
Investigación Experimental	Organizativos	Administración de Publicaciones de Replicación		✓
		Gestión del Experimento		✓
		Gestión de la Replicación Experimental		✓
	Basicos	Adaptación al Contexto		✓
		Re Análisis de Datos		✓
		Agregación Informal de Replicaciones		✓
		Planteamiento del Experimento	✓	
		Replanteamiento del Experimento	✓	
		Ejecución del Experimento	✓	
		Analisis de Datos	✓	
Generación de Piezas del Conocimiento	Apoyo	Gestión de la Documentación Previa al Experimento		✓
		Gestión de los Materiales del Experimento		✓
		Gestión de la Documentación Posterior al Experimento		✓
		Soporte a la Replicación Experimental		✓
		Transferencia del Conocimiento al Replicador		✓
Publicaciones		Publicación de Experimentos	✓	
		N Experimentos		✓
		Publicaciones sobre Experimentación	✓	✓

I.3 Tablas de Síntesis de Resultados a Nivel de Sub Procesos

Tabla de Síntesis de Resultados de la Educación a Nivel de Sub Procesos de la IE - GI vs GE						
		Procesos	Sub - Procesos	Rol		Compartido
				GI	GE	
Investigación Experimental	Organizativos	Gestión de la Investigación Experimental	Definición de Temas de Investigación	✓		
			Gestión del Recurso Humano	✓		
			Gestión de Publicaciones	✓		
			Gestión de la Replicación Experimental	✓	✓	✓
		Gestión de Síntesis de Resultados Experimentales			✓	
		Administración de Publicaciones de Replicación			✓	
		Gestión del Experimento			✓	
		Eventos en la Investigación Experimental			✓	
		Adaptación al Contexto			✓	
Apoyo	Básicos	Re Análisis de Datos			✓	
		Agregación Informal de Replicaciones			✓	
		Gestión de la Documentación Previa al Experimento			✓	
		Gestión de los Materiales del Experimento			✓	
		Gestión de la Documentación Posterior al Experimento			✓	
		Soporte a la Replicación Experimental			✓	
		Transferencia del Conocimiento al Replicador			✓	
		Transferencia a los Practitioners			✓	
		Aprendizaje de Variables			✓	
Publicaciones		N Experimentos			✓	
		Publicaciones sobre Experimentación			✓	✓

Tabla de Sistesis de Resultados de la Educación a Nivel de Sub Procesos de la IE - GI vs EXS

		Procesos	Sub - Procesos	Rol		Compartido
				GI	EXS	
Investigación Experimental	Organizativos	Gestión de la Investigación Experimental	Definición de Temas de Investigación	✓		
			Gestión del Recurso Humano	✓		
			Gestión de Publicaciones	✓		
			Gestión de la Replicación Experimental	✓		
		Gestión del Recurso Humano		✓		
		Gestión de Publicaciones		✓		
		Gestión de Síntesis de Resultados Experimentales		✓		
		Gestión de la Replicación Experimental		✓		
		Eventos en la Investigación Experimental		✓		
		Planteamiento del Experimento	Elección del Dominio del Experimento	✓	✓	✓
			Elección de una Temática para el Experimento	✓	✓	✓
			Elección de un Experimento/Hipótesis	✓	✓	✓
			Redacción del Documento	✓	✓	✓
	Básicos	Replanteamiento del Experimento		✓		
		Ejecución del Experimento	Pre- Sesión		✓	
			Durante-Sesión		✓	
			Post-Sesión		✓	
		Análisis de Datos			✓	
	Apoyo					
Publicaciones	Generación de Piezas del Conocimiento	Transferencia a los Practitioners		✓		
		Aprendizaje de Variables		✓		
		Publicación de Experimentos			✓	
		Publicaciones sobre Experimentación		✓	✓	✓

Tabla de Sistesis de Resultados de la Educción a Nivel de Sub Procesos de la IE - EXS vs GE

	Procesos	Sub - Procesos	Rol		Compartido
			EXS	GE	
Investigación Experimental	Organizativos	Administración de Publicaciones de Replicación		✓	
		Gestión del Experimento		✓	
		Gestión de la Replicación Experimental		✓	
	Basicos	Adaptación al Contexto		✓	
		Re Análisis de Datos		✓	
		Agregación Informal de Replicaciones		✓	
		Planteamiento del Experimento	Elección del Dominio del Experimento	✓	✓
			Elección de una Temática para el Experimento	✓	✓
			Elección de un Experimento/Hipótesis	✓	✓
			Redacción del Documento	✓	✓
	Ejecución del Experimento	Replanteamiento del Experimento		✓	
		Análisis de Datos	Pre- Sesión	✓	
			Durante-Sesión	✓	
			Post-Sesión	✓	
Generación de Piezas del Conocimiento	Apoyo	Gestión de la Documentación Previa al Experimento		✓	
		Gestión de los Materiales del Experimento		✓	
		Gestión de la Documentación Posterior al Experimento		✓	
		Soporte a la Replicación Experimental		✓	
		Transferencia del Conocimiento al Replicador		✓	
Publicaciones	Publicaciones	Publicación de Experimentos		✓	
		N Experimentos		✓	
		Publicaciones sobre Experimentación		✓	✓

I.4 Reporte Consolidado de la Educación del Proceso Experimental

Tabla de contenido

1. Ciclo de Investigación Experimental	3
2. Gestor de la Investigación:	6
2.1. Proceso de Investigación Experimental.....	6
2.1.1. <i>Gestión de la Investigación Experimental</i>	6
2.1.2. <i>Elección del Dominio del Experimento:</i>	6
2.1.3. <i>Elección de una Temática para el Experimento:</i>	6
2.1.4. <i>Elección de un Experimento/Hipótesis:</i>	6
2.1.5. <i>Planteamiento del Experimento:</i>	7
2.1.6. <i>Realización del Experimento:</i>	7
2.1.7. <i>Interpretación de los Resultados:</i>	7
2.1.8. <i>Publicación de los Resultados:</i>	7
2.2. Replicación Experimental	7
2.2.1. <i>Gestión de la Replicación Experimental</i>	8
2.2.2. <i>Negociación y comprensión del contexto:</i>	8
2.2.3. <i>Estudio del Paquete de Replicación:</i>	8
2.2.4. <i>Adaptación del Experimento ó Definición de la Réplica:</i>	8
2.3. Síntesis de Resultados Experimentales.....	9
2.3.1. <i>Gestión de la Síntesis de Resultados Experimentales</i>	9
2.3.2. <i>Selección del Tema de Revisión sistemática</i>	9
2.3.3. <i>Determinación del Ámbito de la Síntesis</i>	9
2.3.4. <i>Realización de la Revisión</i>	9
2.3.5. <i>Mapping Study:</i>	9
2.3.6. <i>Elección del objetivo de la Síntesis de Resultados:</i>	9
2.3.7. <i>Selección de Estudios:</i>	9
2.3.8. <i>Aplicación de Técnicas de Síntesis de Resutados</i>	9
2.3.9. <i>Generación de Piezas del Conocimiento:</i>	10
2.3.10. <i>Búsqueda de Variables Moderadoras:</i>	10
2.3.11. <i>Planeamiento del Siguiente Ciclo</i>	10
2.3.12. <i>Publicación de Resultados:</i>	10
2.4. Eventos en la Investigación Experimental.....	10
2.4.1. <i>Gestión de los Eventos en la Investigación Experimental</i>	10
2.4.2. <i>Establecimiento de los Posibles Eventos para Cada Fase:</i>	10
2.4.3. <i>Creación del Mapa de Eventos por Fase:</i>	11
2.4.4. <i>Creación de Estadísticas de Eventos y Tipos de Eventos:</i>	11
2.5. Elementos de la Investigación Experimental	11
2.5.1. <i>Gestión de los Elementos de la Investigación Experimental</i>	11
2.5.2. <i>Establecer los Elementos para cada Fase:</i>	11
2.5.3. <i>Crear Mapa Elemento Fase:</i>	11
2.6. Gestión del Recurso Humano	11
2.6.1. <i>Gestor de la investigación:</i>	11
2.6.2. <i>Autor de un experimento:</i>	11

Resultado de la Educación del Proceso Experimental en IS
Página 2 de 23

2.6.3. <i>Experto del Experimento:</i>	12
2.6.4. <i>Analista:</i>	12
2.6.5. <i>Diseñador:</i>	12
2.6.6. <i>Entrenador:</i>	12
2.6.7. <i>Profesor:</i>	12
2.6.8. <i>Monitor:</i>	12
2.6.9. <i>Medidor:</i>	13
2.6.10. <i>Agregador:</i>	13
2.6.11. <i>Experimentador ó Replicador:</i>	13
2.6.12. <i>Gestor del Paquete:</i>	13
2.7. Gestión de las Publicaciones en una Investigación Experimental.....	13
3. Gestor del Experimento	13
3.1. Proceso de Experimentación:.....	14
3.1.1. <i>Procesos Principales</i>	14
3.1.2. <i>Procesos de Apoyo</i>	15
3.1.3. <i>Procesos Organizativos del Experimento</i>	16
3.1.4. <i>Procesos de Apoyo a la Investigación</i>	16
4. Experimentador Senior:	16
4.1. Planteamiento del Experimento:	17
4.2. Replanteamiento del Experimento (Gestión del Cambio):.....	17
4.2.1. <i>Discusión del Cambio</i>	17
4.2.2. <i>Análisis de Impacto</i>	17
4.2.3. <i>Análisis de Factibilidad</i>	17
4.2.4. <i>Generación de Nuevos Elementos Experimentales</i>	17
4.2.5. <i>Generación de Elementos Operacionalizados</i>	17
4.3. Ejecución del Experimento:	17
4.3.1. <i>Pre – Sesión:</i>	18
4.3.2. <i>Durante - Sesión:</i>	18
4.3.3. <i>Post – Sesión:</i>	19
5. Síntesis de Resultados de la Educación de los Roles: Gestor de la Investigación (GI), Gestor del Experimento (GE) y Experimentador Senior (ES).	19
5.1. Gestor de la Investigación versus Gestor del Experimento.....	20
5.2. Experimentador Senior versus Gestor de la Investigación versus.....	21
5.3. Experimentador Senior versus Gestor del Experimento versus.....	22

Video Fuente: *ReunionConsolidacion1-31-08-2011.m4v*

1. Ciclo de Investigación Experimental

Sobre la base de las entrevistas realizadas a los diferentes stakeholders, se ha establecido una aproximación detallada del Ciclo de Investigación Experimental, misma que se muestra en la Figura 1; del mismo modo y sobre la base de este diagrama, se pudo estructurar un Diagrama de Contexto, que muestra el ciclo de la Investigación Experimental como la relación de sus procesos: Principales, de Apoyo, Organizativos y de Investigación, lo cual se muestra en la Figura 2.

Resultado de la Educación del Proceso Experimental en IS

Página 4 de 23

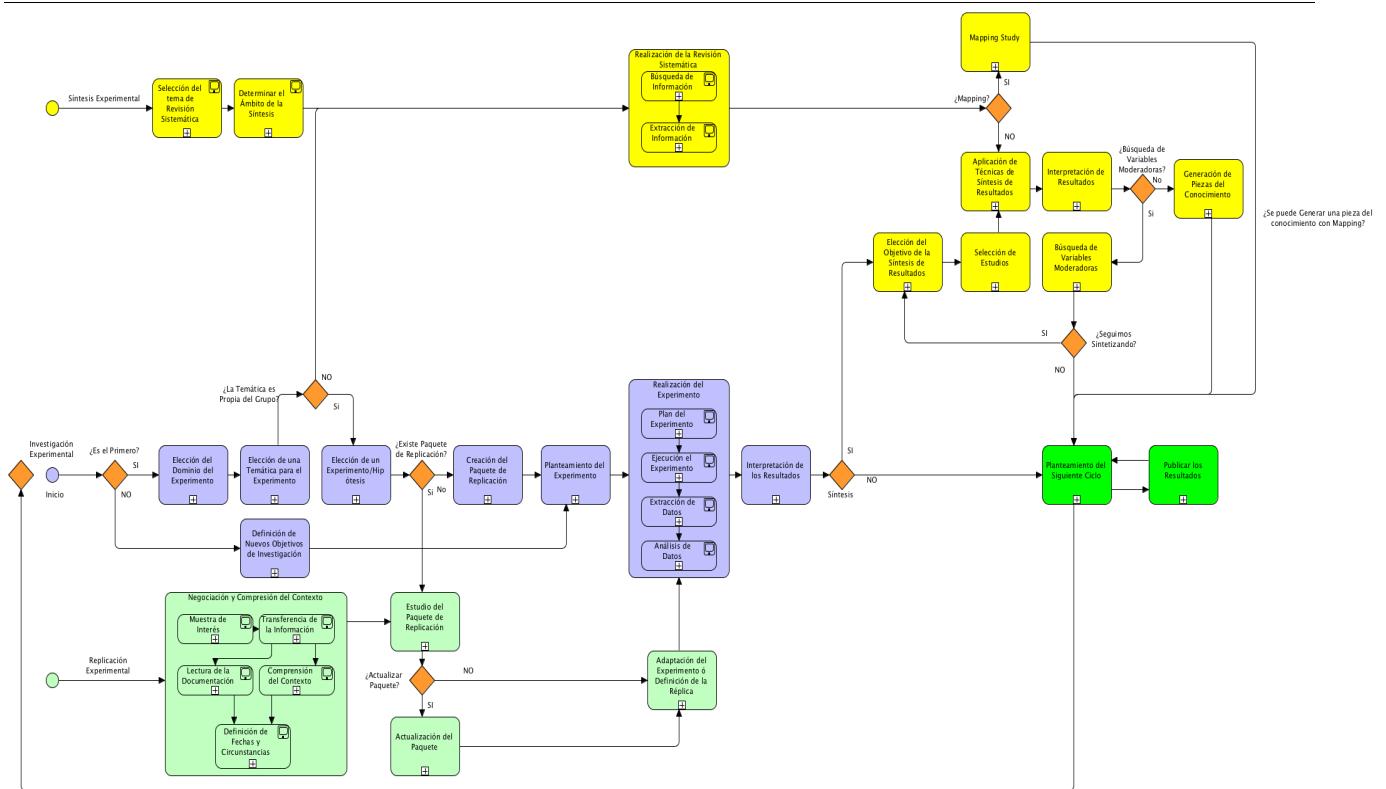


Figura 1: Diagrama Detallado del Ciclo de Investigación Experimental

Resultado de la Educación del Proceso Experimental en IS
Página 5 de 23

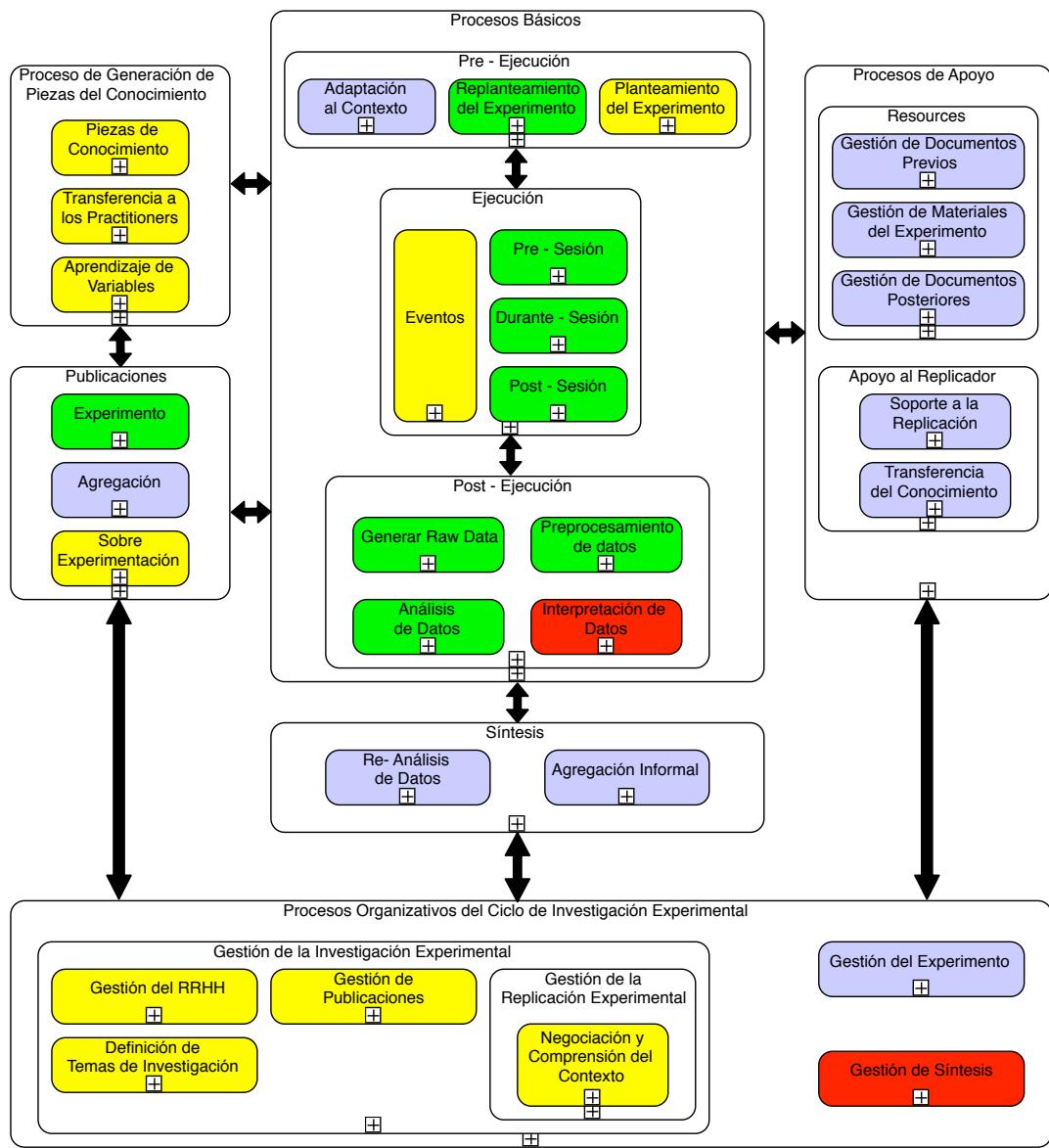


Figura 2: Diagrama de Contexto del Ciclo de Investigación Experimental

A continuación, se detalla uno a uno los roles identificados en el proceso de educación realizado y las actividades inherentes a cada rol, dentro del Ciclo de Investigación Experimental.

2. Gestor de la Investigación:

Se determinó que los procesos en los que está inmerso el Gestor de la Investigación son: Gestión de la Investigación Experimental, Gestión de la Replicación Experimental, Gestión de la Síntesis de Resultados Experimentales, Gestión de Eventos de la Investigación Experimental, Gestión de los Elementos de la Investigación Experimental, Gestión de las Piezas del Conocimiento de la Investigación Experimental, Gestión del Recurso Humano en una Investigación Experimental, Aprendizaje de Variables y Transferencia a los Practitioners; de los cuales requiere información puntual y ágil para la su gestión y la oportuna toma de decisiones.

A continuación se describen los procesos de la Investigación Experimental:

2.1. Proceso de Investigación Experimental

Las fases de la Investigación experimental son:

2.1.1. Gestión de la Investigación Experimental

Actividad que permite identificar las fases y controlar los estados de un experimento en el tiempo.

2.1.2. Elección del Dominio del Experimento:

Es la fase en donde se define el tema de investigación y se toma la decisión del experimento que se llevará a cabo, mismo que deberá adaptarse a los conocimientos del investigador, es decir deberá estar en el marco de ese conocimiento.

2.1.3. Elección de una Temática para el Experimento:

Definición del problema concreto que será investigado, una vez enmarcado en el ámbito del conocimiento del investigador, es decir que aspectos de una área se podrían probar.[Debería notarse un clara diferencia con la fase anterior]

2.1.4. Elección de un Experimento/Hipótesis:

En esta fase se toma la decisión del experimento a ser llevado a cabo, por cuestiones pragmáticas[¿utilidad?]; pudiendo ser sobre la base de uno existente y que en el mejor de los casos tenga un Paquete de Replicación Experimental.

2.1.5. Planteamiento del Experimento:

En el caso de no existir paquete de replicación, o peor aún, un experimento base, es preciso realizar el planteamiento del experimento a alto nivel.

2.1.6. Realización del Experimento:

Esta es la fase donde se representan las etapas típicas de un experimento y consta de las siguientes sub fases:

Plan del Experimento:

Dependiendo del caso, en esta fase se realiza el diseño del experimento en términos de poder adaptarlo al contexto; es decir hacer todas las adaptaciones necesarias para poder implementarlo.

Ejecución del Experimento:

Esta fase es en donde se ejecuta el experimento, sus sesiones; todo lo referente a su realización, es decir, llevarlo a la acción.

Extracción de Datos:

Obtención de las medidas a partir de las observaciones y convertir las mediciones a Excel.

Análisis de Datos:

Esta fase es en donde se realiza todo lo referente al análisis de datos, no obstante aquí aparecen también sub fases previas que son corregir (que en nuestro caso es medir) o estandarizar la Raw Data.

2.1.7. Interpretación de los Resultados:

Es la fase en la cual se valida el resultado o la razón de ser del experimento, comparando con la hipótesis, sobre la base del análisis estadístico. Es teorizar el resultado estadístico, hipotetizar el ¿Por qué tal resultado?, plantearse consecuencias.

2.1.8. Publicación de los Resultados:

Fase donde los resultados de la investigación en términos de comparación con la hipótesis son divulgados a nivel nacional o internacional.

2.2. Replicación Experimental

Las fases de una Replicación Experimental son:

2.2.1. Gestión de la Replicación Experimental

Actividad que permite identificar las fases y controlar los estados de una replicación en el tiempo.

2.2.2. Negociación y comprensión del contexto:

Esta fase permite la coordinación de todos los aspectos y sujetos participantes, para la puesta en marcha de una replicación experimental; dentro de esta fase, se pueden especificar las siguientes sub-fases:

Muestra de Interés:

Este proceso inicia cuando un investigador está interesado en colaborar con la Investigación Experimental y a hecho contacto con el grupo de investigación, dando a notar su interés.

Transfereencia de la Información:

Una vez validado el interés del investigador, el grupo de investigación le entrega el material, para su lectura.

Comprendión del Contexto:

Actividad conjunta entre el investigador y el grupo de investigación, para entender el contexto donde se ejecutará el experimento con el fin de adaptarlo.

Lectura de la Documentación:

Proceso mediante el cual el investigador procede con la lectura del material proporcionado por el grupo de investigación para entender el experimento y lo que requiera demanda de recursos.

Definición de Fechas y Circunstancias:

Esta fase es en donde se decide sobre que circunstancias, lugar, etc. se realizará el experimento y las fechas en las que se lo ejecutará.

2.2.3. Estudio del Paquete de Replicación:

Se procede a estudiar el paquete de replicación y su documentación, para una comprensión profunda del experimento.

2.2.4. Adaptación del Experimento ó Definición de la Réplica:

Una vez estudiado el Paquete de Replicación, en esta fase se adapta el experimento de acuerdo al contexto, para tratar de mantener en lo posible idénticas las condiciones al experimento original o de acuerdo a la hipótesis planteada.

2.3. Síntesis de Resultados Experimentales

Las fases de la Síntesis de Resultados son:

2.3.1. Gestión de la Síntesis de Resultados Experimentales

Actividad que permite administrar la Síntesis de Resultados Experimentales.

2.3.2. Selección del Tema de Revisión sistemática

2.3.3. Determinación del Ámbito de la Síntesis

2.3.4. Realización de la Revisión

Busqueda de Información:

Extracción de Información:

2.3.5. Mapping Study:

2.3.6. Elección del objetivo de la Síntesis de Resultados:

En caso de que el ámbito de la Síntesis de Resultados sea referente a experimentos propios del grupo de Investigación, o de otros que han replicado dichos experimentos, se procede a delinear los objetivos de la Síntesis que combinará de los distintos aspectos estudiados en el experimento.

2.3.7. Selección de Estudios:

Sobre la bases de los objetivos planteados en el proceso anterior, se eligen los experimentos más idóneos para realizar la Síntesis de Resultados.

2.3.8. Aplicación de Técnicas de Síntesis de Resultados

En esta fase se procede a la elección de una o varias técnica de Síntesis de Resultados, pudiendo ser Cuantitativas, Cuálitativas o no formales.

Revisión Sistemática:

En caso que el ámbito de la Síntesis de Resultados sea referente a experimentos que no corresponden a la línea de experimentos del Grupo de Investigación, se procede a la búsqueda de las fuentes de información aplicando el método formal de Revisión Sistemática.

2.3.9. Generación de Piezas del Conocimiento:

Se entende por pieza del conocimiento al resultado final de n replicaciones. El objetivo de esta etapa es tomar todos los resultados y empaquetarlos en forma transferible a los profesionales.

Gestión de Piezas del Conocimiento

Proceso que permite administrar los aportes puntuales para la creación del conocimiento en Ingeniería del Software, definiendo su trazabilidad.

2.3.10. Búsqueda de Variables Moderadoras:

Este proceso corresponde a un análisis minucioso de los resultados de la Síntesis de Resultados, con el objeto de encontrar posibles Hipótesis de variables que pueden estar influyendo en los resultados del experimento y que deberán estudiarse en nuevos experimentos, replicaciones o análisis. Se ha observado que esto es posible solamente con experimentos ejecutados por el grupo de investigación, aunque la síntesis puede combinar experimentos de otros, relacionados con los del grupo.

2.3.11. Planeamiento del Siguiente Ciclo

2.3.12. Publicación de Resultados:

Una de las instancias de la aplicación de: técnica de Síntesis de Resultados seleccionada, ejecución de un experimento o una replicación de un experimento, es la obtención del conocimiento científico, pudiéndose llegar a su divulgación.

2.4. Eventos en la Investigación Experimental

Las fases de los Eventos en la Investigación Experimental son:

2.4.1. Gestión de los Eventos en la Investigación Experimental

Actividad que permite Registrar, Recuperar y Modificar los Eventos en una Investigación Experimental en sus diferentes fases, ya sea en un Experimento, Replicación o Síntesis de Resultados.

2.4.2. Establecimiento de los Posibles Eventos para Cada Fase:

En esta fase se registrarán los eventos en una Investigación Experimental ejecutada.

2.4.3. Creación del Mapa de Eventos por Fase:

Asignación de los Eventos a cada fase.

2.4.4. Creación de Estadísticas de Eventos y Tipos de Eventos:

Esta fase permite la creación de reportes, de comparativos entre incidencias frecuentes de los eventos.[Validar]

2.5. Elementos de la Investigación Experimental

Las fases de los Elementos de la Investigación Experimental son:

2.5.1. Gestión de los Elementos de la Investigación Experimental

Actividad que permite Almacenar, Recuperar, Reproducir y Distribuir los diferentes tipos de elementos de la Investigación Experimental en sus diferentes estados, durante el proceso de una Investigación Experimental.

2.5.2. Establecer los Elementos para cada Fase:

En esta fase se listan los elementos de la Investigación Experimental.

2.5.3. Crear Mapa Elemento Fase:

Asignación de los elementos a cada fase de la Investigación Experimental.

2.6. Gestión del Recurso Humano

Proceso que permite la administración del Recurso Humano de acuerdo a los roles en las diferentes fases del experimento y proyectos de investigación.

Los roles identificados en una Investigación Experimental son:

2.6.1. Gestor de la investigación:

Conoce los objetivos de la investigación, versiones, numero de replicaciones y puede decidir sobre nuevas adaptaciones del experimento.

2.6.2. Autor de un experimento:

Su rol es el de publicar los resultados

2.6.3. Experto del Experimento:

Tiene una visión general del experimento, conoce el número de repeticiones, donde y cuando fueron realizadas, la diferencia entre una y otra, diferencias de medidas, etc.

2.6.4. Analista:

Es el responsable de efectuar los análisis estadísticos, sus funciones incluyen la identificación de posibles valores atípicos, elaboración de análisis descriptivos, pruebas de significación, pruebas de comparación Post-Hoc, entre otros análisis.

Analista Principiante:

Analista Avanzado:

2.6.5. Diseñador:

Diseñador Principiante:

Es la persona que realiza la primera vez el diseño ?, es preciso conocer la información que se le asigna.

Diseñador Avanzado:

Es aquella persona que ha realizado más de una vez el diseño de un experimento.

2.6.6. Entrenador:

Este rol es responsable de transmitir el tratamiento a los sujetos durante la sesión de entrenamiento, el tratamiento puede ser transmitido durante una asignatura, curso, seminario o taller. Encargado de llevar el proceso de enseñanza aprendizaje, control y seguimiento en las materia, seminario, taller.

2.6.7. Profesor:

Persona que imparte la materia

2.6.8. Monitor:

Este rol se encarga de monitorear y vigilar a los sujetos experimentales durante la sesión del experimento, sus funciones son dar algunas instrucciones a los sujetos, referentes a como se llevará a cabo la sesión. Además el monitor es el encargado de entregar a los sujetos el paquete experimental, que incluye: tratamientos, formularios, objetos experimentales y herramientas. Además el Monitor recoge los paquetes al final de la sesión; y eventualmente puede aclarar ciertas dudas. El aclarar dudas implica un riesgo,

que es el de alterar el concepto de los tratamientos que fue transmitido con anterioridad (Pensar en el protocolo para que no influya en el experimento).

2.6.9. *Medidor:*

Es el responsable de realizar el procedimiento de medición sobre los datos recabados durante el experimento.

2.6.10. *Agregador:*

Agregador Formal:

No corre los experimentos, busca datos crudos guardados de todos los experimentos y busca aplicar técnicas de agregación

Agedador Informal:

2.6.11. *Experimentador ó Replicador:*

Engloba los roles de:

Experimentador ó Replicador Principiante:

Es la persona encargada de visualizar y estudiar por primera vez un experimento, y tratar de hacer una replicación para validar los resultados y aprender la operatividad de un experimento.

Experimentador ó Replicador Avanzado:

Es la persona que ha ejecutado más de una vez el experimento, empieza a tener otros requerimientos y realiza modificaciones en el diseño del experimento.

2.6.12. *Gestor del Paquete:*

Su rol es administrar los elementos de la experimentación.

2.7. Gestión de las Publicaciones en una Investigación Experimental

Proceso que permite administrar las publicaciones generadas por la Investigación Experimental.

3. Gestor del Experimento

Los procesos en los que esta inmerso el Rol de Gestor del Experimento son:

- ✓ Proceso de Experimentación

-
- ✓ Transferecnia del Conocimiento
 - ✓ Adaptación al Contexto
 - ✓ Apoyo a la Replicación
 - ✓ Re Análisis de Datos
 - ✓ Agregación Informal de Replicaciones
 - ✓ Gestión de la Documentación Previa al Experimento (Documentos del Entrenamiento, Documentos de Descripción del experimento, Planteamiento del Experimento, Diseño del Experimento, Lista de Faltas, Selección de Programas, Inserción de Faltas a Programas, Diseño de formularios para recoger las Variables Respuesta, Diseño de Materiales, Definición del Proceso de Medición)
 - ✓ Gestión de los Materiales del Experimento (Programas Fuentes para imprimir para los sujetos (.doc), Programas Fuentes para el compilador (.c, .h), Programas Ejecutables (.exe), Formularios para imprimir para los sujetos (.doc), Especificaciones de Programas y Descripción de los Programas para aplicación de las Técnicas).
 - ✓ Gestión de la Documentación Posterior al Experimento (Collected Data, Raw Data, Ficheros de Entrada a la Herramienta Estadística, Fichero de Salida de la Herramienta Estadística, Integración de los Ficheros de la Herramienta en un Único Documento de Resultados).
 - ✓ Gestión de Publicaciones de la Replicación.
 - ✓ Publicación de Experimentos.

3.1. Proceso de Experimentación:

A continuación se detallan los procesos de un experimento, adaptados de acuerdo a su definición, al diagrama de bloques propuesto para el ciclo de la Investigación Experimental, mostrado en la figura 1.

3.1.1. Procesos Principales

Los procesos principales en la Investigación Experimental involucran más de una función en su estructura organizacional y definen el objetivo de la investigación.

Gestión del Experimento:

Proceso que permite gestionar un experimento

Adaptación al Contexto:

En esta tarea el GE ayuda al experimentador a adaptar el experimento a su contexto; esta ayuda puede ir desde hacer el mismo la adaptación al contexto o puede simplemente responder a las inquietudes del experimentador.

Re Análisis de Datos:

En esta fase y en función de la RAW DATA y del análisis de bajo nivel que le entregan al GE, este procede a realizar un análisis comparativo con respecto a otros experimentos y si lo necesita puede solicitar al experimentador que le aclare tales diferencias, de lo contrario, procede a almacenar esta información, misma que podría ser utilizada para otros procesos de análisis como es el caso de la agragación informal.

Agregación Informal de Replicaciones

La agragación informal es una etapa exhaustiva que realiza el GE y que es parte del ciclo de investigación experimental. Con una sola ejecución del experimento no se obtienen resultados concluyentes, lo que obliga a replicar el experimento, para combinar los resultados de las distintas replicaciones.

3.1.2. Procesos de Apoyo

Son procesos que dan soporte a los demás procesos del Ciclo de Investigación Experimental, de acuerdo a sus necesidades.

Gestión de la Documentación Previa al Experimento:

Esta actividad está encaminada a la gestión de todos los documentos que se generan previa la ejecución del experimento. Aquí estarían los Documentos del Entrenamiento, Documentos de Descripción del experimento, Planteamiento del Experimento, Diseño del Experimento.

Gestión de Materiales del Experimento:

Este es un proceso de apoyo crítico e imprescindible para correr el experimento. Permite almacenar, localizar, recuperar y controlar cambios de los Materiales utilizados específicamente para la ejecución del experimento. Los Materiales son: Programas Fuentes Impresos, Programas Ejecutales, Formularios, Especificaciones de Programas y Descripción de los Programas para aplicación de las Técnicas.

Gestión de la Documentación Posterior al Experimento:

Esta actividad está encaminada a la gestión de todos los documentos que se generan durante la ejecución del experimento. Aquí estarían los formularios llenados por los sujetos experimentales denominados Collected Data, tanto físicos como digitalizados, ficheros de datos crudos denominados Raw Data, resultados de los análisis estadísticos de bajo nivel, ficheros de entrada en la herramienta estadística y ficheros de salida de la herramienta estadística.

3.1.3. Procesos Organizativos del Experimento

Estos procesos son empleados para establecer e implementar una infraestructura funcional, constituida por procesos y personas asociados al Ciclo de Investigación Experimental y para su mejora continua.

Transferencia del Conocimiento:

El GE efectúa como tarea inicial la transferencia de los conocimientos a los experimentadores que llevarán a cabo el experimento. Esta transferencia, se la realiza a través de charlas presenciales y/o virtuales o por correo electrónico y con la entrega de documentos que contienen información fundamental (Pendiente por determinar) para que los experimentadores puedan llevar a cabo el experimento.

Apoyo a la Replicación:

Esta actividad es en donde el GE da soporte al experimentador, para ayudarle a solucionar los inconvenientes que se le presenten durante la ejecución del experimento.

Gestión de las Publicaciones de la Replicación:

Esta actividad, le debería permitir al GE, almacenar, localizar y recuperar las publicaciones científicas asociadas a los experimentos.

3.1.4. Procesos de Apoyo a la Investigación

Es un proceso que da soporte a los investigadores, durante el Ciclo de Investigación Experimental.

Publicación de Experimentos:

Es la tarea del GE, donde escribe las publicaciones asociadas al proceso de agregación informal u otras investigaciones relacionadas.

4. Experimentador Senior:

Los procesos en los que está inmerso este rol son:

- ✓ Planteamiento del Experimento
- ✓ Replanteamiento del Experimento
- ✓ Ejecución del Experimento
- ✓ Análisis
- ✓ Publicación de Experimentos.

En función de los procesos mencionados, se puede esbozar una aproximación del proceso del experimento, que se indica en la Figura 1.

4.1. Planteamiento del Experimento:

4.2. Replanteamiento del Experimento (Gestión del Cambio):

El Replanteamiento permite incorporar al experimento cambios en la investigación en curso, con el objetivo de obtener nuevos conocimientos. Dichos cambios podrían involucrar la creación y/o modificación de objetos experimentales. Este proceso inicia cuando el Gestor de la Investigación decide incorporar un nuevo estudio; o en su defecto cuando el Investigador es motivado por otra fuente.

Este proceso, consta de las siguientes actividades: Discusión del Cambio, Análisis de Impacto, Análisis de Factibilidad, Generación de Nuevos Elementos Experimentales, Generación de Elementos Operacionalizados.

4.2.1. Discusión del Cambio

Es la acción o el evento que induce al Gestor de la Investigación a tomar la decisión de llevar a cabo un cambio en un experimento. Esta es una decisión consensuada con el Experimentador Senior y/o miembros del grupo de investigación.

4.2.2. Análisis de Impacto

Una vez decidido el cambio, el Experimentador Senior realizar el análisis para determinar el grado de afectación que podría tener sobre los demás elementos experimentales, tales como: diseño, programas, faltas, métrica, tipos sujetos, etc. (verificar con la lista de Omar).

4.2.3. Análisis de Factibilidad

Determinado el grado de afectación, el Experimentador Senior establece la viabilidad de efectuar el cambio en el experimento.

4.2.4. Generación de Nuevos Elementos Experimentales

Una vez determinada la factibilidad de los cambios, y conociendo el grado de afectación, el Experimentador Senior crea nuevos elementos experimentales o modifica los existentes.

4.2.5. Generación de Elementos Operacionalizados

4.3. Ejecución del Experimento:

Es la parte operativa del experimento, es decir es hacerlo (aplicar el tratamiento sobre la objeto experimental).

Este proceso se compone de tres fases que son: Pre – Sesión, Durante – Sesión y Post – Sesión.

4.3.1. Pre – Sesión:

Esta fase comprende el entrenamiento de los sujetos experimentales para la ejecución del experimento, asignación de sujetos a grupos, impresión del material experimental y una sesión de introducción al experimento para los sujetos.

Entrenamiento de los Sujetos:

Previa la ejecución del experimento, los sujetos experimentales son capacitados en los tratamientos que aplicarán a los objetos experimentales, para equilibrar el nivel de conocimientos. Esta capacitación debe tener un contenido teórico y uno práctico, para familiarizar a los sujetos con el experimento y enmarcarlos intrínsecamente con el objetivo del experimento.

Asignación de Sujetos a Tratamientos:

Es el proceso por medio del cual se estructuran los grupos de sujetos que aplicarán los tratamientos a los objetos experimentales, dependiendo de las decisiones de ejecución tomadas para el experimento. Para garantizar la validez de las observaciones obtenidas, la investigación experimental precisa aleatorización para intentar evitar de la influencia de características inherentes al sujeto en el resultado del experimento.

Impresión del Material Experimental:

Impresión de los objetos experimentales para que el sujeto pueda realizar la tarea y de los instrumentos para recolectar datos; a continuación se generan paquetes personalizados para cada sujeto por sesión y tarea dentro de la sesión.

Sesión de Información a los Sujetos sobre su Papel en el Experimento:

La Sesión de introducción, es una reunión en la cual, el Experimentador Senior, explica a detalle a los sujetos experimentales, la metódica de aplicación de los tratamientos a los objetos experimentales y también describir los formularios, orden en que los reciben y sus contenidos.

4.3.2. Durante - Sesión:

Esta fase es en si la ejecución in situ del experimento, en donde el sujeto experimental, aplica el tratamiento sobre el objeto experimental. Esta fase consta de las siguientes tareas: Explicación del Objeto Experimental, Aplicación del Tratamiento, Entrega del Collected Data y Limpieza del Material Experimental.

Explicación del Objeto Experimental:

Previo a la aplicación del tratamiento el Experimentador Senior explica al sujeto experimental las características del objeto experimental; las mencionadas características están disponibles en hojas suplementarias.

En el caso del experimento de evaluación de técnicas de pruebas de software de la UPM, antes de la aplicación de las técnicas en cada programa, los sujetos reciben una explicación del programa, para facilitar la comprensión de detalles esenciales que están ya escritos en el material.

Aplicación del Tratamiento:

Esta es la parte fundamental del experimento, ya que luego de esta acción, de cada sujeto experimental se obtienen observaciones, luego de aplicar los tratamientos a cada objeto experimental.

Entrega del Collect Data:

Una vez aplicados los tratamientos a todos los objetos experimentales, el sujeto experimental entrega las observaciones obtenidas, al encargado de controlar o monitorear el desarrollo del experimento.

Limpieza del Collected Data:

Esta tarea, generalmente es realizada por el encargado de controlar o monitorear el desarrollo del experimento y consiste en eliminar cualquier material relacionado con los objetos experimentales; la idea es quedarse solo con los instrumentos.

4.3.3. Post – Sesión:

En esta fase se evalúa la aplicación de los tratamientos a los objetos experimentales; así como su análisis y posterior publicación de resultados. Las tareas que se llevan a cabo en esta fase son: Corrección del Collected Data, Generación del Raw Data, y Entrega de Collected y Raw Data al Gestor del Experimento.

5. Síntesis de Resultados de la Educación de los Roles: Gestor de la Investigación (GI), Gestor del Experimento (GE) y Experimentador Senior (ES).

5.1. Gestor de la Investigación versus Gestor del Experimento

5.2. Experimentador Senior versus Gestor de la Investigación versus

5.3.Experimentador Senior versus Gestor del Experimento versus

Varios

Notas:

- A lo mejor la Gestión de la Investigación Experimental tiene que ver con: Gestionar los RRHH, Gestionar las Publicaciones y Marcar las líneas de Investigación
- Existen tres tipos de publicaciones distintas, publicación de un experimento, publicación de n replicaciones (agregación) y publicaciones sobre experimentación.
- Otra de las actividades del GI es Definir temas de Investigación, asignar prioridades a los temas, asignar recursos (Gestión del RRHH), asignar tiempos
- Hacer el cuadro del replanteamiento y luego intentar hacer el de adaptación al contexto.
- Existe el Rol Replicador y cual es la diferencia con el Experimentador, ¿Cuál utilizamos?

I.5 Matices de Trazabilidad del Consolidado de la Educación del Proceso Experimental

Matriz de Trazabilidad del Consolidado de Educciones de los Roles de la Investigación Experimental

Sesión	Primera Reunión de Consolidación
Fecha	31/08/2011
Duración	1:55:23
Participantes	Natalia Juristo Edison Espinosa Rodrigo Fonseca
Material	Documento Consolidación de los Roles GI, GE, ExS
Resultados Resumidos Reunión	Indicaciones para estructurar el Procedimiento de Síntesis para los Resultados de la Educación
Resultados Resumidos del Trabajo	<ul style="list-style-type: none"> - Procedimiento de Síntesis para los resultados de la Educación utilizando la comparativa de roles por pares, para determinar las tareas comunes y distintas - Planteamiento de 3 Tablas: <ul style="list-style-type: none"> o Comparación de resultados de educación de los roles o Aproximación de Síntesis de Resultados o Comparativa de Actividades de los Roles - Descubrimiento de procesos no contemplados en el diagrama de bloques (Comparación de resultados de educación) - Descubrimiento de procesos similares con nombres diferentes - Establecimiento de procesos compartidos por roles - Primera Aproximación de Procesos de Roles enmarcados en el diagrama de bloques
Hitos	Actualización en Paralelo del Diagrama del Ciclo Experimental en Bloques de Acuerdo a la Consolidación
Tiempo de Preparación	8 Horas

Sesión	Segunda Reunión de Consolidación
Fecha	21/09/2011
Duración	2:14:27
Participantes	Natalia Juristo Edison Espinosa Rodrigo Fonseca
Material	Documento Consolidación de los Roles GI, GE, ExS Tablas comparativas de los roles por pares: <ul style="list-style-type: none">- Comparación de resultados de educación de los roles- Aproximación de Síntesis de Resultados- Comparativa de Actividades de los Roles
Resultados Resumidos Reunión	<ul style="list-style-type: none">- Modificación de la denominación de los procesos- Eliminación de procesos- Indicaciones de restructuración de la tabla de comparativa de Actividades
Resultados Resumidos del Trabajo	<ul style="list-style-type: none">- Modificación del documento consolidado de educación- Modificación de tablas de acuerdo a correcciones- Modificación del Diagrama de Bloques del Ciclo Experimental
Hitos	-
Tiempo de Preparación	6 Horas

Sesión	Tercera Reunión de Consolidación
Fecha	25/10/2011
Duración	1:08:16
Participantes	Natalia Juristo Edison Espinosa Rodrigo Fonseca
Material	Documento Consolidado de los Roles GI, GE, ExS Tablas comparativas de los roles por pares: <ul style="list-style-type: none"> - Comparación de resultados de educación de los roles - Aproximación de Síntesis de Resultados - Comparativa de Actividades de los Roles
Resultados Resumidos Reunión	- Indicaciones de restructuración de la tabla de comparativa de Actividades para 3 roles
Resultados Resumidos del Trabajo	<ul style="list-style-type: none"> - Modificación del documento consolidado de educación - Modificación de tablas de acuerdo a correcciones
Hitos	
Tiempo de Preparación	8 Horas

I.6 Tabla de Validación de la Síntesis de la Educación del Proceso Experimental

Tabla de Validación de Resultados de la Educación a Nivel de Sub Procesos de la IE - GI - GE - ExS

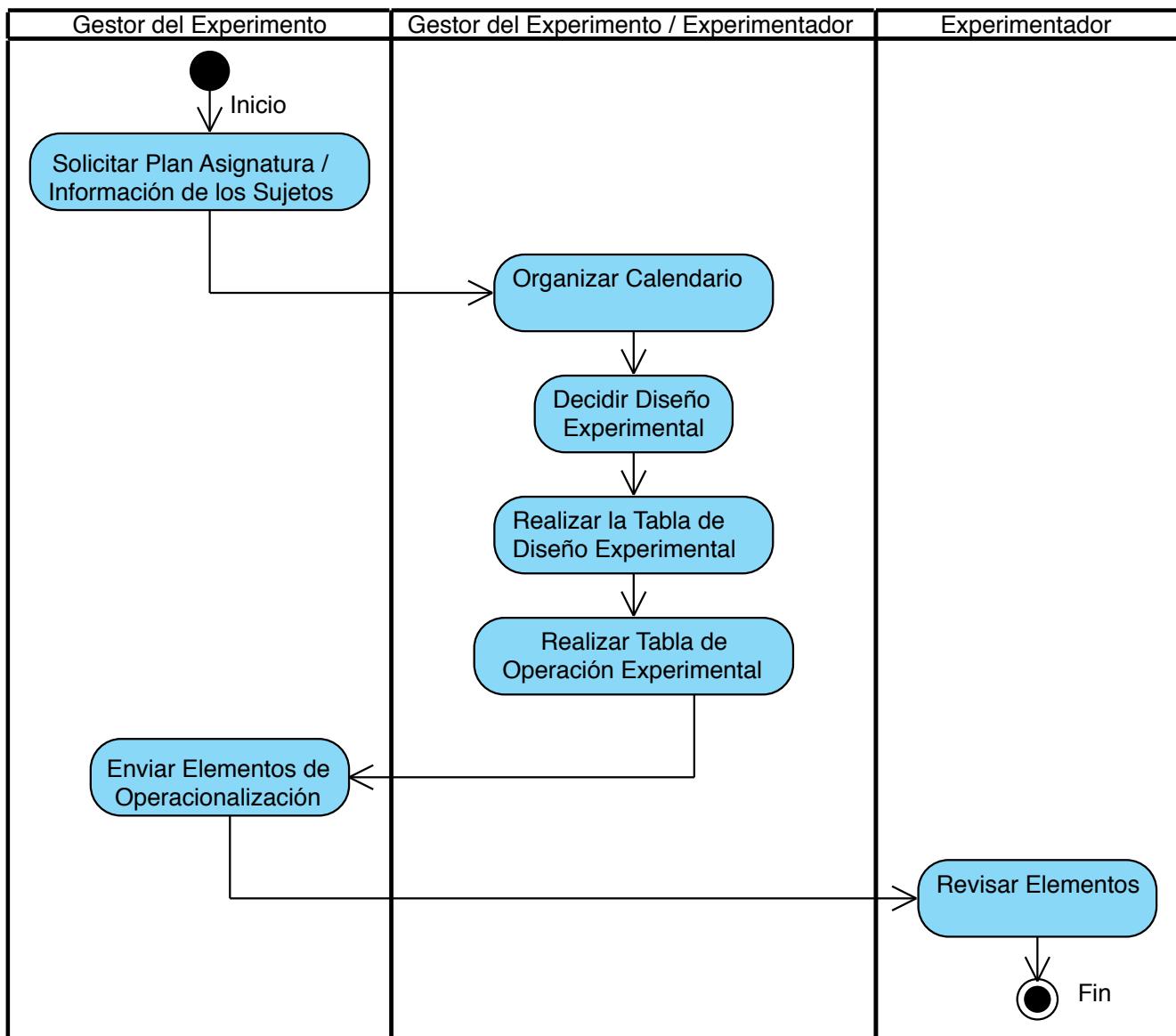
Investigación Experimental	Procesos	Sub - Procesos	Rol			Compartido
			GI	GE	ExS	
Organizativos	Gestión de la Investigación Experimental	Definición de Temas de Investigación	✓			
		Gestión del Recurso Humano	✓			
		Gestión de Publicaciones	✓			
		Gestión de la Replicación Experimental	✓	✓		
	Gestión de Síntesis de Resultados Experimentales			✓		
	Administración de Publicaciones de Replicación				✓	
	Gestión del Experimento				✓	
Básicos	Eventos en la Investigación Experimental			✓		
	Adaptación al Contexto			✓		
	Re Análisis de Datos			✓		
	Agregación Informal de Replicaciones			✓		
	Planteamiento del Experimento	Elección del Dominio del Experimento			✓	
		Elección de una temática para el Experimento			✓	
		Elección de un Experimento/Hipótesis			✓	
		Redacción del Documento			✓	
	Replanteamiento del Experimento				✓	
	Ejecución del Experimento	Pre - Sesión			✓	
		Durante - Sesión			✓	
		Post - Sesión			✓	
	Análisis de Datos				✓	
Apoyo	Gestión de la Documentación Previa al Experimento				✓	
	Gestión de los Materiales del Experimento				✓	
	Gestión de la Documentación Posterior al Experimento				✓	
	Soporte a la Replicación Experimental				✓	
	Transferencia del Conocimiento al Replicador				✓	
	Generación de Piezas del Conocimiento					
Publicaciones	Transferencia a los Practitioners			✓		
	Aprendizaje de Variables			✓		
	N Experimentos				✓	
	Publicaciones sobre Experimentación			✓	✓	
	Publicaciones de Experimentos					✓

Apéndice J

Diagramas de Actividades del Ciclo Experimental en IS

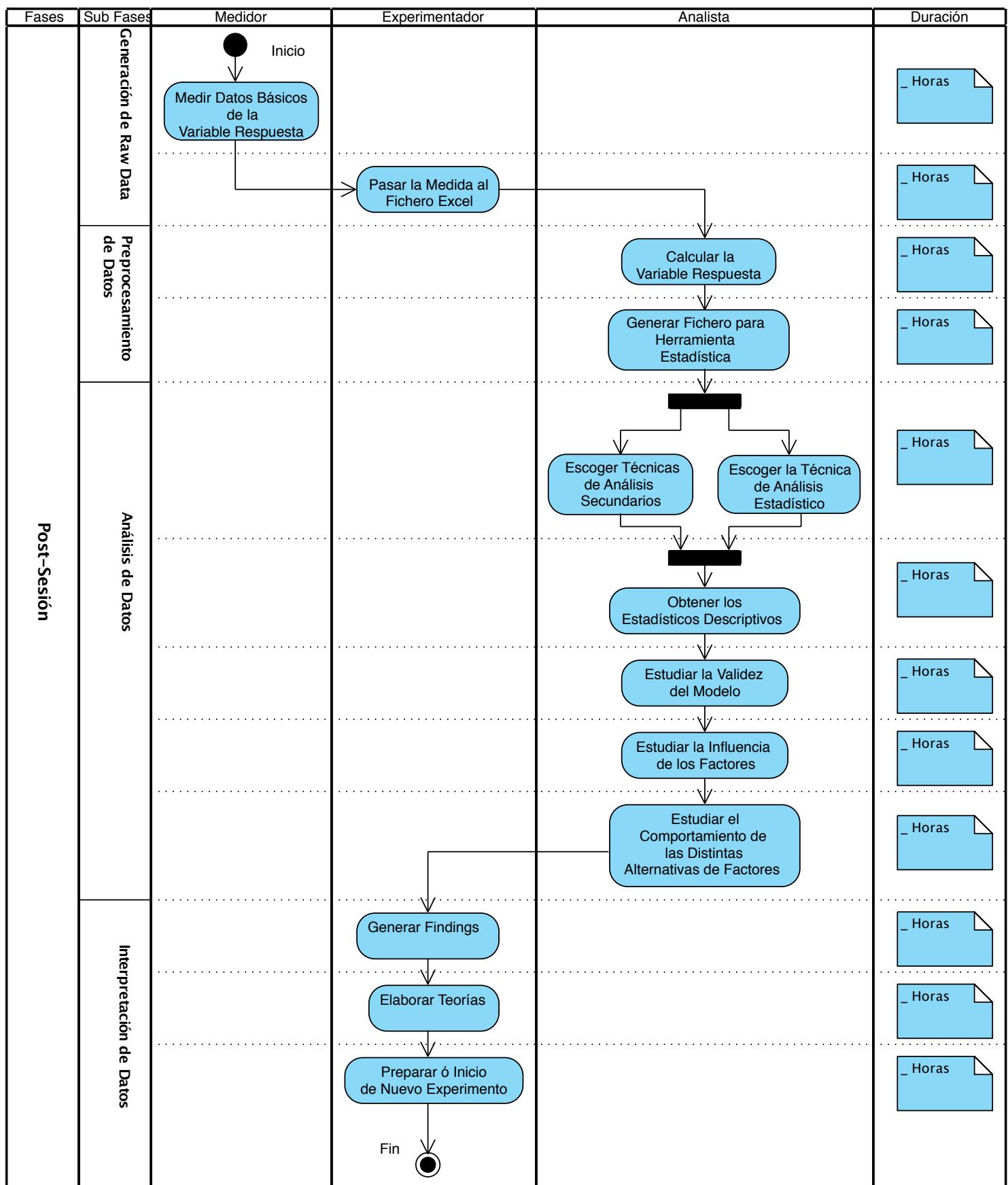
J.1 Diagrama de Adaptación al Contexto

Investigación Experimental
Proceso Básico
Diagrama de Actividades de Adaptación al Contexto



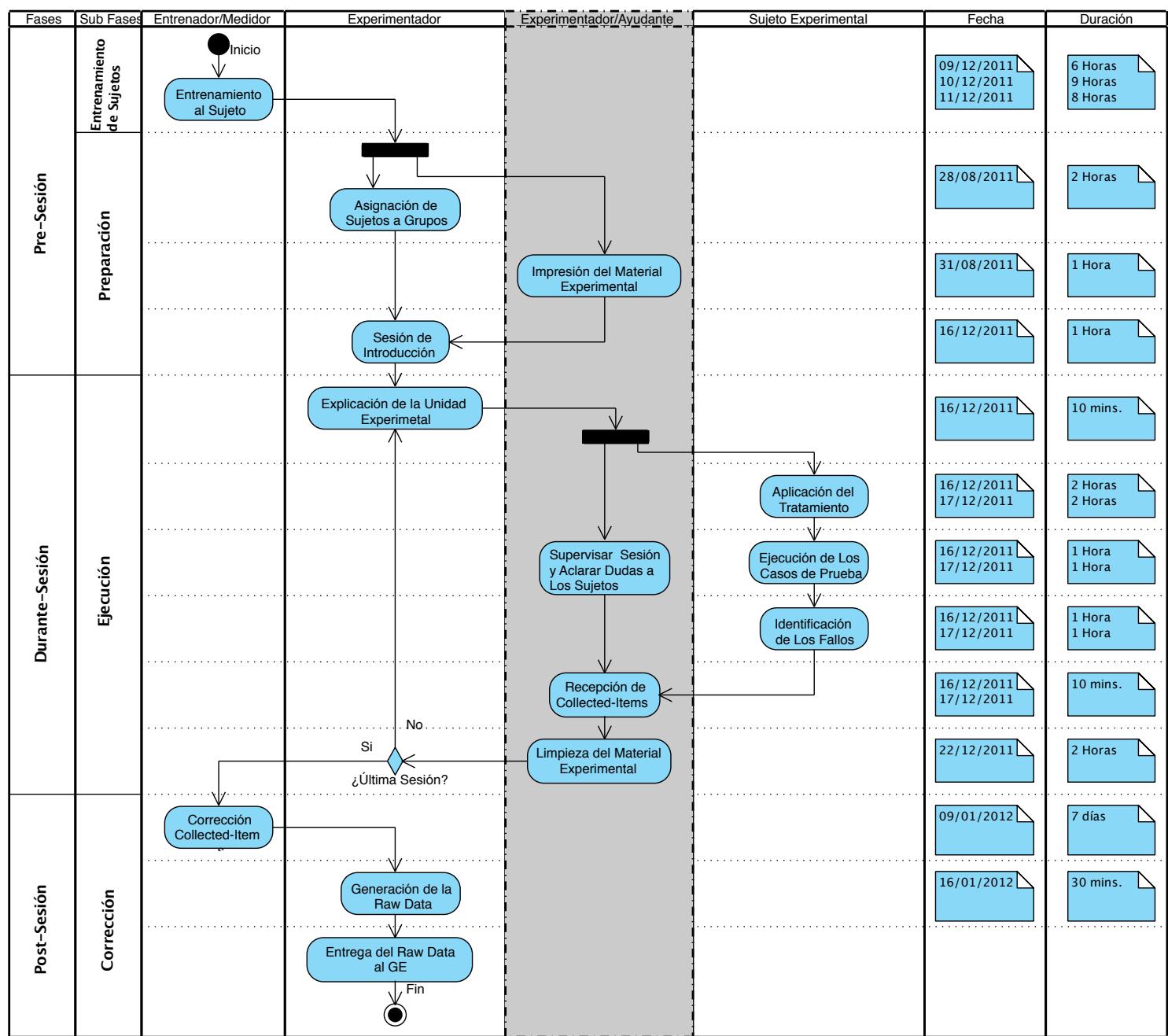
J.2 Diagrama de Análisis

Investigación Experimental
 Diagrama de Actividades del Proceso de Análisis
 Proceso Básico



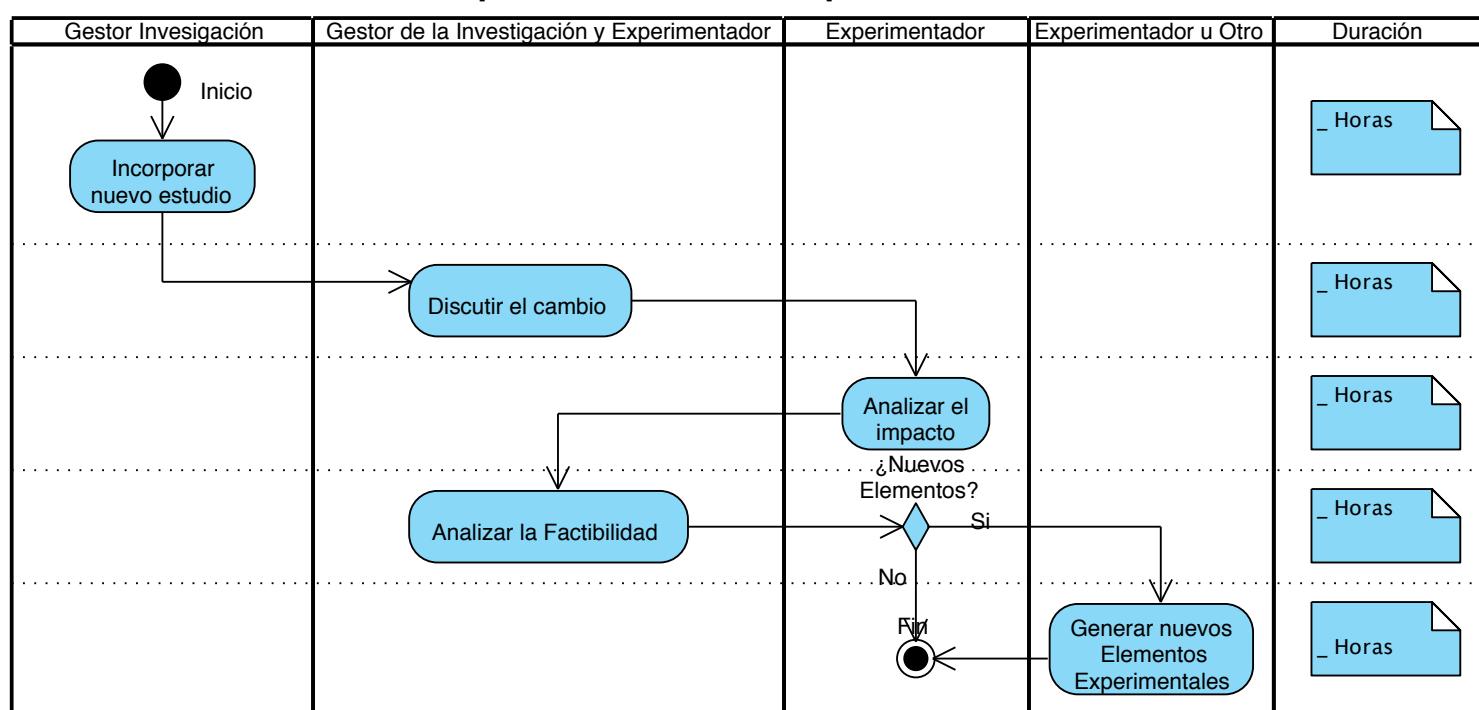
J.3 Diagrama de Ejecución del Experimento

Ejecución del Experimento



J.4 Diagrama de Replanteamiento del Experimento

Replanteamiento del Experimento

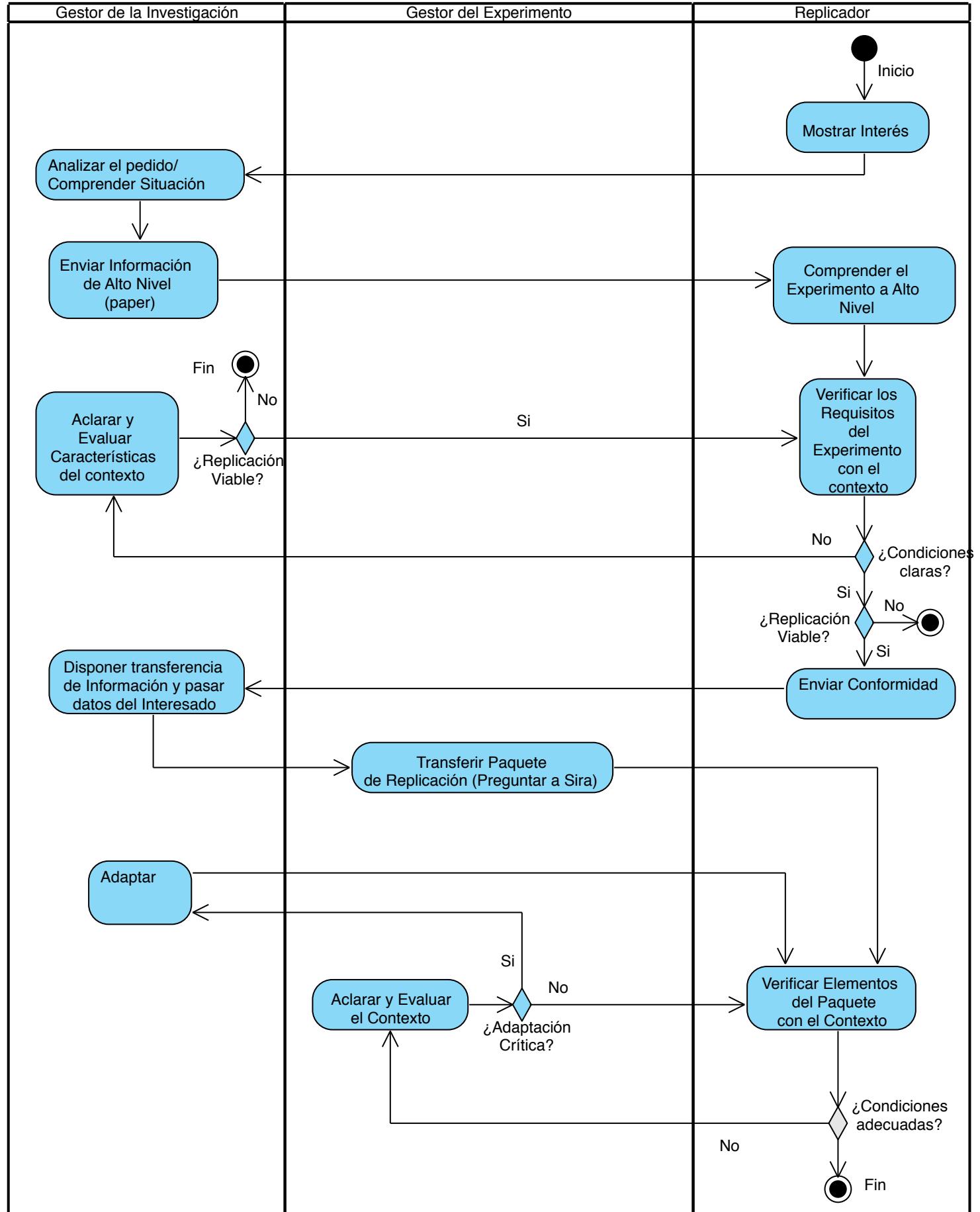


J.5 Diagrama de Transferencia del Conocimiento

Investigación Experimental

Proceso de Apoyo

Diagrama de Actividades del Proceso de Comprensión del Contexto / Experimento



Apéndice K

Glosario de Términos y Acrónimos

Glossary

variables moderadoras Son variables que interactúan con los factores del experimento e influencian la variable respuesta. Estas variables afectan la dirección y/o la fortaleza (cantidad de influencia strength) de la relación entre una variable independiente y una dependiente. Por tanto estudiar el factor sin tener en cuenta la variable moderadora es de esperar que la aleatorización haya distribuido los valores de la variable moderadora por igual entre los tratamientos y por tanto solo contribuya con ruido a los resultados pero no en la dirección o el grado de la relación entre la variable respuesta y el factor. Una variable moderadora puede ser factor en un experimento, basta que interactúe con el factor principal.. 4

Acronyms

- AR** Action Research. ix, xi, xxiv, 3, 7, 8, 107, 112, 118, 120–126, 134, 137, 141, 144, 145, 156, 158, 177, 189, 198, 200, 202, 236, 278, 284, 285, 323, 326
- ES** Experimentador Senior. ix, xxv, 8, 159, 165, 167, 170, 172–176, 209, 211–213, 223, 224, 226, 285
- ESPE** Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. vii, 218
- ETSIINF** Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos. ix, 108, 204, 208
- GE** Gestor del Experimento. ix, xxv, 8, 159, 164, 167, 169, 172–174, 176, 209, 211–213, 223, 224, 226, 229, 285
- GI** Gestor de la Investigación. ix, xxv, 8, 159, 163, 167, 168, 171–176, 187, 188, 209, 211, 213, 221, 223, 224, 226, 229, 285
- GrISE** Grupo de Investigación en Ingeniería del Software Empírica. ix–xi, 3, 7, 108, 109, 121, 122, 125, 129, 130, 137, 138, 140, 142, 147, 150–152, 158, 159, 187, 189, 196, 200, 204, 208–210, 217, 218, 221, 223, 228, 229, 235, 251, 257, 259, 261, 273, 278, 279, 284–289
- IS** Ingeniería de Software. vii, ix, x, xiv, xv, xvii, xx, xxviii, 3–8, 13–15, 17, 18, 20, 66–68, 87, 91, 96, 99, 101–103, 107–111, 114, 116, 117, 119–121, 129–133, 135, 137, 138, 140, 141, 143–150, 152, 154–156, 158, 159, 166, 168–171, 173, 176–178, 187, 189, 191, 192, 195, 196, 200–204, 206, 212, 213, 215–217, 223, 224, 226, 233, 235–237, 239–247, 249–251, 255, 256, 258, 259, 262, 265, 267, 270, 272, 276, 279, 283–285, 287–289, 292, 297, 298, 338
- ISE** Ingeniería del Software Empírica. 6, 8, 9, 14–16, 67, 76, 77, 107–110, 118, 120, 121, 125, 127, 129, 130, 132, 137, 138, 144, 146, 167, 171, 187, 189, 192, 207, 208, 223, 259, 285–287, 289, 323
- ISRE** Infrastructure for Sharing and Replicating Experiments. xviii, xix, xxviii, 9, 154, 193, 249, 252, 254–256, 259–263, 265, 266, 268–271, 273, 274, 278, 285–287, 289
- LIMS** Laboratory Information Management System. 18, 19
- SE** software engineering. xi

Acronyms

SENECYT Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación. vii

UPM Universidad Politécnica de Madrid. ix, xi, 7, 108, 137, 138, 205, 208, 235, 278, 284, 285