

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

Proyecto de Fin de Carrera de Ingeniero Informático

MODELADO Y SIMULACIÓN DE UNA FACTORÍA DE SOFTWARE

JOSE ANTONIO BRUN CEBALLOS

Dirigido por: ALFONSO URQUIA MORALEDA

Curso: 2013-2014 (convocatoria de defensa: Octubre – 2013)



MODELADO Y SIMULACIÓN DE UNA FACTORÍA DE SOFTWARE

Proyecto de Fin de Carrera de modalidad oferta específica

Realizado por: JOSÉ ANTONIO BRUN CEBALLOS (firma)
Dirigido por: ALFONSO URQUIA MORALEDA (firma)
Tribunal calificador:
Presidente: D./D ^a (firma)
Secretario: D./D ^a (firma)
Vocal: D./D ^a (firma)
Fecha de lectura y defensa:

RESUMEN

Este proyecto se desarrolla en el ámbito de la dirección de sistemas de información de una operadora de Telecomunicaciones. Como consecuencia de la implantación del modelo de factoría como modelo de gestión del ciclo de vida de desarrollo del software, se ha identificado un aumento del tiempo y del coste que conlleva el desarrollo de software e implantación de las peticiones internas que se realizan como parte del mantenimiento evolutivo de los sistemas existentes. El objetivo de este proyecto es optimizar el modelo de factoría de software implantado en la operadora.

Para ello y haciendo uso de la herramienta para la simulación de procesos productivos Arena, se ha creado un modelo que simula el ciclo de desarrollo de software según el enfoque de factoría. En el modelo se han identificado tanto las fases que lo componen, como todos los actores que intervienen en el ciclo de desarrollo de software desde que el área de negocio identifica la necesidad de realizarla, hasta que se implantan en producción. Es importante tener en cuenta para comprender el modelo que todos los recursos que intervienen en él son personal subcontratado, de ahí la flexibilidad de aumentar y reducir los recursos de personal en función de la demanda de trabajo.

Una vez construido el modelo, se ha realizado la validación del mismo. Dada la magnitud del área de sistemas de información de la operadora, se ha elegido el proceso de negocio de "Mantenimiento y Postventa". Se han obtenido los datos reales de las duraciones por fase de cada una de las peticiones de desarrollo de software solicitadas para dicho proceso de negocio en el año 2011, que junto con el número y tipo de recursos reales que intervinieron en dicho proceso, ha permitido realizar la simulación en Arena del modelo construido con datos reales.

Posteriormente se ha comprobando que las dos variables críticas resultantes, coste y tiempo, se ajustaban a la realidad de lo que en el año 2011 costó el proceso y el tiempo que se empleó en desarrollar todas las peticiones solicitadas.

El siguiente paso realizado ha consistido en definir una serie de experimentos orientados a comprobar si la asignación del número y tipo de recursos era óptima para realizar la carga de trabajo definida. Estos experimentos se han realizado modificando las condiciones definidas inicialmente en el modelo de factoría de software y realizando nuevas simulaciones con las nuevas condiciones incluidas. Se han analizado los resultados de estas nuevas simulaciones identificando qué experimentos optimizaban el modelo, reduciendo las variables de coste o tiempo para la misma carga de trabajo.

Por último, sobre el modelo de factoría de software que se validó se han aplicado todos los experimentos, cuyo resultado ha arrojado una mejora sobre la eficiencia costetiempo de dicho modelo, dando lugar a un nuevo modelo de factoría de software que se ha denominado modelo de factoría de software optimizado.

La conclusión final del proyecto es que se ha construido una herramienta que permite la optimización del proceso de desarrollo de software según el modelo de factoría, de las peticiones de desarrollo demandadas por un área de negocio con carácter anual, pudiendo aplicarse a cualquier otro proceso de negocio de la operadora, previa configuración de la carga de trabajo a realizar y de los recursos que intervengan.

ABSTRACT

This project relates to information systems management for a Telecommunications Operator. As a consequence of instituting the factory model, as a model for managing the life cycle of the software's development, we have identified an increase in the time and cost involved in internal petitions for software development and their institution. These petitions are part of the progressive upkeep of existing systems. This project's objective is to optimize the factory software model instituted by the Operator.

To this end, and using Arena, a tool to simulate productive processes, we have created a model that simulates the cycle of software development according to the factory **focus/needs**. The phases that compose software development as well as all the actors that are involved in the software's development cycle have been identified in the model, from the time the business area identifies the need for software, until it is instituted into production. In order to understand the model, it is important to keep in mind that all the actors that are involved are subcontractors, lending flexibility to increase or decrease personnel resources as a function of the demand for work.

Once the model was constructed, a validation exercise of the model was performed. Given the magnitude of the information systems of the Operator, we chose a specific business process, in this case "Maintenance and Post-sale." We have obtained the real data of the duration per phase of each one of the petitions for software development for said business process in 2011, which together with the number and type of real actors that were involved in said process, has allowed us to perform the simulation exercise with Arena of a model built with real data.

Afterwards, we have confirmed that the resulting two critical variables, cost and time, were in line with reality, with the time and money that were spent developing all internal petitions in the year 2011.

The next step consisted in defining a series of experiments intended to confirm whether the assigned number and type of resources was the optimal to perform the defined workload. These experiments were done modifying the defined conditions in the initial factory software model and performing new simulations that included the new conditions. The results of these new experiments were analyzed to identify which ones optimized the model, reducing the cost or time variables for the same workload.

Lastly, all the experiments whose result indicated an improvement in the time-cost efficiency of the model were applied to the software factory model that was validated, giving rise to a new factory software model that has been denominated: optimized factory software model.

The final conclusion of the project is that we have constructed a tool that allows for the optimization of the software development process according to the factory model of the petitions for development required by a business area on an annual basis. It can be applied to any other business process of the Operator, by previously configuring the workload that must be done and the resources whose involvement are required.

.

PALABRAS CLAVE

Factoría de Software	
Simulación	
Modelo	
Arena	
Optimización	
Proceso de Negocio	

KEYWORDS

Software Factory		
Simulation		
Model		
Arena		
Optimization		
Business Process		

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	7
KEYWORDS	
ÍNDICE1	
1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVO Y ESTRUCTURA	
1.1 INTRODUCCIÓN	
1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO	
1.3 ESTRUCTURA DEL PROYECTO	
2. EL ENTORNO DE SIMULACIÓN ARENA	
2.1 INTRODUCCIÓN	
2.1 INTRODUCCION	
2.3 CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO EN ARENA	
2.4 EJECUCIÓN DE UN MODELO EN ARENA	
2.5 HERRAMIENTA INPUT ANALYZER	
2.6 CONCLUSIONES	
3. MODELADO DE UNA FACTORÍA DE SOFTWARE	
3.1 INTRODUCCIÓN	
3.2 ACTORES DEL MODELO	
3.2.1 Gestor de la Demanda	
3.2.2 Integrador Funcional	
3.2.3 Gestor de Desarrollo	
3.2.4 Desarrollador	
3.2.5 Certificador	
3.2.6 Implantador	
3.3 PROCESOS DEL MODELO	
3.3.1 Recepción de Peticiones de Desarrollo de Software	48
3.3.2 Especificación Funcional	49
3.3.3 En Integración Funcional	49
3.3.4 Análisis de Viabilidad	50
3.3.5 Diseño Técnico	
3.3.6 Valoración del Área de Desarrollo	
3.3.7 Valoración del Área de Certificación	
3.3.8 Revisión de la Valoración	
3.3.9 Planificación	
3.3.10 Revisión de la Planificación	
3.3.11 Desarrollo	
3.3.12 Pruebas de Certificación	
210110 1111p14114441011 411 1 1 0 444 4 1 0 1	55
3.4 DEFINICIÓN DEL MODELO EN ARENA	
3.4.1 Definición de los recursos del modelo en Arena	
3.4.2 Definición de los procesos del modelo en Arena	
3.4.4 Grafico de flujo completo del modelo en Arena	
3.5. CONCLUSIONES	
4. MODELADO DE LAS ENTRADAS	
4.1 INTRODUCCIÓN	
4.1 INTRODUCCION	
4.3 IDENTIFICACION DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD	
4.4 LLEGADA DE PETICIONES DE DESARROLLO	
4.5 ESPECIFICACIÓN FUNCIONAL	
4.6 INTEGRACIÓN FUNCIONAL	
4.7 ANÁLISIS DE VIABILIDAD	
4.8 DISEÑO TÉCNICO	

4.9 VALORACIÓN DEL DESARROLLO	73
4.10 VALORACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN	74
4.11 REVISIÓN DE LA VALORACIÓN	76
4.12 PLANIFICACIÓN4.13 REVISIÓN DE LA PLANIFICACIÓN	77
4.13 REVISIÓN DE LA PLANIFICACIÓN	79
4.14 DESARROLLO	80
4.15 PRUEBAS DE CERTIFICACIÓN	82
4.16 IMPLANTACIÓN DEL DESARROLLO	83
4.17 CONCLUSIONES	
5. VALIDACIÓN DEL MODELO	87
5.1 INTRODUCCIÓN	
5.2 MODELADO DE LOS COSTES	89
5.3 CRITERIOS DE VALIDACIÓN DEL MODELO	91
5.4 CONFIGURACION DEL EXPERIMENTO	94
5.5 PRIMER EJERCICIO DE SIMULACIÓN DEL MODELO	94
5.6 AJUSTES SOBRE EL MODELO	97
5.7 VARIACIONES EN EL NÚMERO DE PETICIONES	101
5.8 CONCLUSIONES	105
6. EXPERIMENTACIÓN Y OPTIMIZACIÓN	107
6.1 INTRODUCCIÓN	108
6.2 DISEÑO DE LOS EXPERIMENTOS	108
6.3 EXPERIMENTOS DEL PERFIL GESTOR DE LA DEMANDA	111
6.4 EXPERIMENTOS DEL PERFIL GESTOR DE DESARROLLO	114
6.5 EXPERIMENTOS DEL PERFIL INTEGRADOR FUNCIONAL	116
6.6 EXPERIMENTOS DEL PERFIL IMPLANTADOR	118
6.7 EXPERIMENTOS DEL PERFIL CERTIFICADOR	120
6.8 EXPERIMENTO DEL PERFIL DESARROLLADOR	
6.9 OPTIMIZACION DEL MODELO	
6.10 CONCLUSIONES	127
7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	129
7.1 INTRODUCCION	130
7.2 CONCLUSIONES	130
7.3 TRABAJOS FUTUROS	
LISTA DE REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA	133
ANEXO A. CODIGO SIMAN DEL MODELO DE FACTORIA	
ANEXO B. DETALLE INFORMES MODELO VALIDADO	
ANEXO C. DETALLE INFORMES MODELO OPTIMIZADO	
ANEXO D. PLANIFICACIÓN Y COSTE DEL PROYECTO	181

Capítulo 1

Introducción, Objetivo y Estructura

1.1 INTRODUCCIÓN

Este proyecto se sitúa en el ámbito de las grandes operadoras de telecomunicaciones. Concretamente en el ciclo de vida del desarrollo del software, dentro de la gestión de los sistemas de información. Se podrían identificar las siguientes características como significativas, con respecto a la gestión de los sistemas de información de dichas operadoras:

- El negocio va muy ligado a los sistemas y por tanto depende en gran medida de la fiabilidad de los mismos, y de la adaptación de éstos a los nuevos cambios que se producen en el mercado y que en el caso del sector de las telecomunicaciones es constante.
- El número de sistemas es muy elevado y la interrelación entre ellos es muy alto.
 Van desde aquellos sistemas que están más cerca de la red de comunicaciones, a los propios de la gestión de cualquier empresa.
- Debido a que el número de peticiones de desarrollo de software es muy variable en el tiempo, la mayor parte de la realización del ciclo de desarrollo de software, en lo que a evolutivos se refiere, se subcontrata a empresas externas.

Por lo tanto para la dirección de la operadora, el contar con un área de sistemas de Información, que realice una gestión del ciclo de desarrollo del software ágil, eficiente y con unos costes aceptables es indispensable para mantener el nivel de competitividad en el sector y poder afrontar la etapa económica actual.

Inicialmente, la manera de gestionar los desarrollos de software era a través de la metodología de proyectos. Esta metodología básicamente consistía en que cuando surgía una necesidad que implicaba un desarrollo de software en un determinado sistema, se detallaba el alcance del desarrollo solicitado y se le pasaba al suministrador responsable del desarrollo del sistema afectado para que realizara una valoración. Si la valoración era aceptable se contrataba. A este coste de desarrollo había que sumarle los costes que imputaban las distintas áreas transversales que intervenían a lo largo del ciclo de desarrollo, como pudieran ser el área de comunicaciones, certificación o producción (implantaciones). Estos costes eran difícilmente cuantificables debido a que estas áreas trabajaban de manera simultánea en varios proyectos. Esto suponía no poder determinar el coste exacto invertido por cada una de estas áreas en cada petición y por tanto no poder realizar un desglose exhaustivo del coste por área para una determinada petición.

Esta metodología de trabajo fue válida en las épocas de bonanza económica. El presupuesto solía tener cabida para la práctica totalidad de las peticiones de desarrollo de software que se realizaban y las que no, se postergaban al siguiente ejercicio. Si eran urgentes, se adelantaba el dinero del siguiente ejercicio para su realización.

Desde comienzo de la crisis, las políticas económicas de las empresas se basan en el rigor presupuestario y en la necesidad de reducir costes, y por lo tanto necesitan un modelo de Sistemas de Información, que permita identificar cada Euro que se gasta en desarrollos de software.

Se debe de disponer de un detalle del coste por petición desarrollada que permita realizar previsiones realistas de la cuantía del presupuesto por sistema para el siguiente año en función del número y alcance de las peticiones solicitadas para dicho sistema.

Desde el punto de vista de la empresa suministradora de los desarrollos de software, el hecho de no saber nunca que pasará después de la implantación de una petición, supone tener una gestión de recursos poco optimizada. Cuando un equipo de desarrollo finaliza el proyecto con un cliente y no hay perspectivas de nuevos desarrollos, se disuelve y sus miembros se ubican en otros proyectos. Si pasado un tiempo este cliente vuelve a requerir de los servicios de dicho equipo, la empresa suministradora ya no se los puede proporcionar, necesitando formar a un nuevo equipo de personas. Desde las empresas suministradoras y con el objetivo de dar una mejor respuesta a su cliente, es fundamental disponer de una previsión aproximada de la carga de trabajo por sistema y año. Esto les permitiría dimensionar los equipos de mantenimiento por Sistema en función de dicha carga de trabajo, garantizando una respuesta mínimamente efectiva a lo largo de todo el año.

Para cumplir con estas necesidades se ha implementado el concepto de Factoría de Software, que se basa en el concepto de definir, el ciclo de desarrollo del software como una cadena de montaje. Cada actor de la cadena de la Factoría de Software realiza una determinada acción y pasa el resultado al siguiente actor de la cadena. Todas las acciones realizadas por cada actor dentro de esta Factoría de Software quedan registradas en un único sistema, que se denomina sistema de gestión de la demanda de desarrollos de software.

La información almacenada en el sistema de gestión de la demanda permite al área de sistemas de información de la operadora realizar un control de costes más riguroso y disponer de una herramienta para realizar presupuestos realistas de la carga de trabajo en función de los datos almacenados. A las empresas suministradoras de software les permite realizar una gestión más eficiente de sus equipos de trabajo, debido a que se dispone de una aproximación bastante realista de la demanda que va a recibir cada año por sistema.

Pero no todo han sido beneficios a la hora de implementar el nuevo modelo. Al introducir nuevos interlocutores con el objeto de estratificar cada actividad, se ha aumentado la burocracia desde que se solicita una demanda hasta que el suministrador de software la implanta. Esto ha supuesto un aumento en días invertidos en cada petición, lo que ha supuesto más tiempo y coste para una misma cantidad de trabajo.

1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Para definir el objetivo del proyecto es necesario antes definir el entorno o contexto en el que se va a desarrollar el proyecto y familiarizarse con algunos conceptos y términos.

Como se ha indicado en la introducción de esta memoria, el entorno en el que se desarrolla el proyecto es el área responsable de gestionar los desarrollos de software dentro de la organización de sistemas de información de la operadora de telecomunicaciones. En dicha área de desarrollo de software se clasifican las solicitudes en función de la causa u origen que las ha motivado:

- Mantenimiento correctivo: Son las peticiones de desarrollo de software que se realizan para corregir un error que se ha detectado en el software implantado. Al ser un error, el suministrador de desarrollo del sistema afectado debe de asumir el coste que conlleve realizar la corrección del error detectado.
- Mantenimiento evolutivo: Son las peticiones de desarrollo de software que se realizan para adaptar los sistemas de información a los cambios propios del área de negocio que los utiliza.
- Grandes proyectos: Construcción de nuevos sistemas o evoluciones tecnológicas
 de los sistemas actuales debido a problemas de obsolescencia. Son desarrollos
 que se podrían definir como puntuales. Una vez que se ha construido el nuevo
 sistema, se da el proyecto por cerrado.

Este proyecto se va a centrar en los desarrollos que hemos agrupado bajo la etiqueta de mantenimiento evolutivo. El siguiente paso será familiarizarse con el concepto de Roadmap dentro del mantenimiento evolutivo. El Roadmap es un proceso por el cuál cada área de negocio identifica cuáles son las peticiones de desarrollo de software que necesita, para adaptar los sistemas que usa a los cambios propios del negocio. Posteriormente dichas áreas de negocio realizan un ejercicio de priorización de la lista de solicitudes realizada, para así poder identificar cuáles de estas solicitudes son las que aportan un mayor valor para el solicitante. Este proceso tiene carácter anual, por lo que desde el área de sistemas de información se debe de disponer de una partida presupuestaria cada año para abordarlo.

El ejercicio de priorización sirve para que en el caso de que la partida presupuestaria no tenga cabida para realizar todos los desarrollos solicitados, se realicen aquellos desarrollos que aporten más valor al área de negocio. Aquellas peticiones que se queden sin desarrollar se podrán solicitar en el Roadmap del siguiente año. Por último indicar que las áreas de negocio se estructuran en procesos de negocio. Es decir que cada área de negocio atiende a un proceso de negocio. Ejemplos de procesos de negocio son: facturación, tramitación, provisión, mantenimiento y postventa, atención comercial, etc.

Una vez detallado el entorno de trabajo, el objetivo de este proyecto fin de carrera es desarrollar un modelo matemático probabilístico de eventos discretos en la herramienta Arena, que permita reproducir el proceso de desarrollo de software según el enfoque de factoría. Este modelo deberá de poder configurarse para adaptarse a las características de cualquier ejercicio de Roadmap, de cualquier proceso de negocio. De esta manera, con el modelo definido se podrá simular a través de la herramienta Arena el proceso de desarrollo de software de las solicitudes de cualquier área de negocio para un año concreto. Las principales medidas que se deberán obtener a la salida de cada ejercicio de simulación serán: el coste total que conlleva el proceso y el tiempo total empleado en su realización.

Una vez construido el modelo el siguiente paso será validarlo. Para ello, se deberá de parametrizar con los datos reales de un determinado proceso de negocio, para un año determinado, e incluir el número y tipo de recursos disponibles para su realización.

El modelo se validará si, tras ejecutar la simulación, los resultados obtenidos concuerdan con los datos reales que se obtuvieron en el ejercicio replicado.

Una vez validado, el siguiente objetivo a alcanzar será experimentar con el modelo, alterando los distintos factores que intervienen en él, con la finalidad de optimizarlo. Se entiende por optimizarlo, el reducir las variables de tiempo y coste total para una misma carga de trabajo (peticiones de desarrollo) a realizar.

Si se alcanzan todos los objetivos descritos, se dispondrá de una herramienta que permitiría realizar una previsión del coste y tiempo total que llevaría realizar las peticiones de desarrollo solicitadas para cada una de las áreas de negocio existentes, para un ejercicio de Roadmap concreto. Además, permitiría identificar el número y tipo de recursos óptimo para realizar la carga de trabajo identificada con el consiguiente ahorro de coste y tiempo.

1.3 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El Proyecto está estructurado en siete capítulos y cuatro anexos:

- El primer capítulo es esta introducción, donde se ha explicado detalladamente el alcance del proyecto, el objetivo y la estructura del mismo.
- En el segundo capítulo se identifican las metodologías utilizadas para las
 distintas fases del proyecto, como son el modelado del sistema, modelado de las
 entradas, diseño de experimentos, etc. Así como las herramientas que se
 emplean para la realización del proyecto.

- En el tercer capítulo se describirá el funcionamiento del sistema real y el modelado de dicho funcionamiento mediante la herramienta Arena.
- En el cuarto capítulo se describirá el modelado de las entradas del modelo definido en el capitulo anterior, indicando cómo se han obtenido las distribuciones de tiempo empleadas.
- En el quinto capítulo se simulará el modelo definido con el objetivo de validar su funcionamiento y comprobar que reproduce fielmente mediante el ejercicio de la simulación, la actividad real.
- En el sexto capítulo se analizarán los datos del modelo validado con el objetivo de identificar aquellos experimentos que pudieran suponer una optimización del modelo. Se realizará la simulación de los experimentos diseñados y se concluirá si finalmente la medida experimentada ha supuesto una optimización del modelo validado o no. Por último, se aplicarán en el modelo validado todas las medidas que hayan supuesto una optimización en la fase de experimentación, dando lugar a un nuevo modelo denominado modelo optimizado.
- En el séptimo capítulo se incluirán las conclusiones del proyecto realizado y se identificarán las acciones a realizar en un futuro.
- En el Anexo A se incluirá el código SIMAN que ha generado el proyecto realizado. El lenguaje SIMAN, es el lenguaje interno de la herramienta Arena.

- En el Anexo B se incluirá el conjunto de los informes de salida que genera la utilidad Reports de Arena tras realizar la simulación del modelo validado.
- En el Anexo C se incluirá el conjunto de los informes de salida que genera la utilidad Reports de Arena tras realizar la simulación del modelo optimizado.
- En el Anexo D se incluirá la planificación en el tiempo de la realización del proyecto fin de carrera, así como una valoración del coste que ha llevado su ejecución.

Junto a esta memoria se adjunta un CD que contiene la información más relevante del proyecto. Se estructura en los siguientes directorios:

- Análisis de Datos: Contiene una hoja Excel, con las duraciones reales por fase de un conjunto de 40 evolutivos del proceso de negocio de mantenimiento y postventa, así como los análisis de los tiempos de cada fase que han permitido identificar la distribución ideal para cada una de las fases del proceso.
- Experimentos: Contiene los distintos escenarios que han conformado el conjunto de experimentos que se han diseñado con el objetivo de optimizar el rendimiento del modelo.
- Memoria: Contiene la memoria del proyecto.
- Modelos Arena: Contiene los modelos construidos en Arena, tanto el modelo validado, como el modelo optimizado.

Capítulo

2

El Entorno de Simulación Arena

2.1 INTRODUCCIÓN

Arena tiene sus orígenes en 1982. En este año, Dennis Pegden publicó el primer lenguaje de simulación de propósito general para modelar procesos productivos en un PC. Pero fue en 1993 cuando se introdujo el sistema de modelado Arena, el cual crea ambientes gráficos e interactivos para el diseño de modelos mediante el uso del lenguaje SIMAN. Con base en este lenguaje se pueden crear modelos que simulen áreas específicas de los procesos, como el transporte de elementos y la comunicación entre otros muchos. En la Figura 2.1 se puede apreciar la ventana inicial de Arena con el logo del producto.

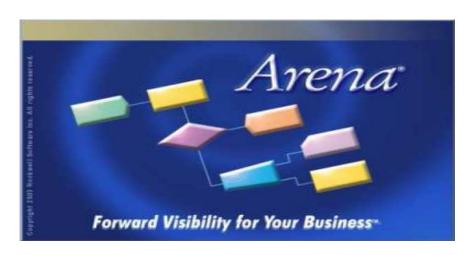


Figura 2.1: Ventana inicial de Arena.

Arena es un sistema que provee un entorno de trabajo integrado para construir modelos de simulación en una amplia variedad de campos. Integra en un ambiente fácilmente comprensible, todas las funciones necesarias para el desarrollo de una simulación exitosa (animaciones, análisis de entrada y salida de datos y verificación del modelo).

El desarrollo de modelos de simulación mediante esta herramienta tiene varias ventajas entre las que se encuentran [Fab07]:

- Es una poderosa herramienta de simulación.
- Las utilidades que ofrece son de fácil uso.
- Cuenta con una excelente y completa interfaz gráfica.
- Ofrece una gran versatilidad.
- Es compatible con productos de Microsoft.

En este capítulo se va a describir la herramienta Arena que es la elegida para la construcción del modelo de factoría de software. En las siguientes secciones se van a detallar las características más significativas del entorno de trabajo de esta herramienta, y los pasos necesarios para crear un modelo para su posterior simulación.

Para trabajar con esta herramienta durante la realización del proyecto se ha utilizado un ordenador portátil con el sistema operativo Windows 7.

2.2 INTERFAZ DE USUARIO DE ARENA

En la pantalla principal de Arena, mostrada en la Figura 2.2, se pueden observar todas las partes en que se divide la misma y las herramientas que se van a utilizar para la realización del modelo de factoría de software. En esta sección se detallará como se utiliza cada una de ellas. Para la realización de esta sección me he apoyado en los siguientes textos: [Kel02], [Urq03], [Alt07] y [Urq06].

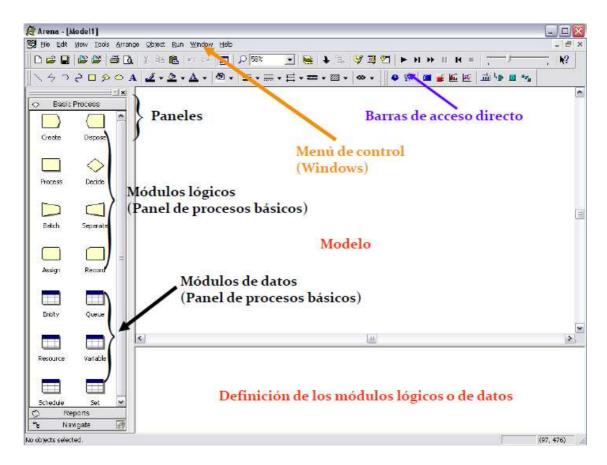


Figura 2.2: Pantalla principal de la interfaz de usuario de Arena.

En la parte superior se encuentra el menú de control de Windows. Las siguientes opciones serían las más significativas:

- La opción de menú "File" contiene todas las opciones generales de tratamiento de ficheros: abrir, cerrar, guardar, exportar, importar, etc.
- La opción de menú "Edit" contiene las opciones para la inclusión de objetos en la zona de modelo. No es muy utilizado, ya que el arrastre de objetos desde el bloque de paneles es más intuitivo.
- La opción de menú "View" permite personalizar la interfaz de usuario, haciendo visibles o no las opciones disponibles en ella.

- La opción de menú "Tools" permite el acceso a herramientas externas a la función propia de la creación de modelos, como pueda ser el analizador de entradas.
- La opción de menú "Run" permite configurar los parámetros de la ejecución del modelo que se diseñe y ejecutar la simulación del mismo.

Las barras de acceso directo permiten acceder de una manera más rápida y sencilla a las opciones de menú más utilizadas.

En la parte izquierda de la pantalla se puede observar la zona de paneles. Estos paneles contienen todos los objetos de que se dispone para la creación de un modelo. Como se puede apreciar en la Figura 2.2, existen varios paneles y se dividen según el tipo de objeto:

- Panel de procesos básicos: Como su propio nombre indica contiene los módulos básicos y por tanto imprescindibles para construir el modelo. Se divide en dos grandes grupos :
 - Módulos de flujo. Permiten describir el flujo de las entidades a través del sistema. El diagrama de módulos que representa el flujo de las entidades se construye pinchando los correspondientes módulos de flujo y arrastrándolos desde su panel hasta la ventana del modelo. Haciendo doble "clic" sobre uno de estos módulos en la ventana del modelo se accede a sus parámetros. Los módulos de flujo del panel "Basic Process" permiten describir:

- Los puntos de entrada de las entidades al sistema (modulo "Create").Los procesos (módulo "Process").∘
- Las bifurcaciones en el flujo de las entidades (módulo "Decide").
- Cambios en el valor de algún parámetro durante la simulación, tales como el tipo de una entidad o una variable del modelo (módulo "Assign").
- El cálculo de estadísticos, tales como el número total de entidades y el tiempo de ciclo (módulo "Record").
- Los puntos por los que las entidades abandonan el sistema (módulo "Dispose").
- o Módulos de datos: Presentan la información acerca de los diferentes aspectos del modelo de forma estructurada, de modo que su consulta y modificación se facilita enormemente. Por ejemplo, los módulos de datos "Entity" (Entidad), "Queue" (Cola) y "Resource" (Recurso) contienen las características de todos los tipos de entidad, colas y recursos definidos en el modelo. Asimismo, existen módulos de datos que complementan la descripción del modelo proporcionado por los módulos de flujo. Por ejemplo, el módulo de datos "Schedule" (Planificación) permite describir la variación temporal de la capacidad de un recurso. Los módulos de datos no deben ser arrastrados a la ventana del modelo: en cada modelo sólo existe un módulo de datos de cada clase y está ubicado en su correspondiente panel.

Para editar un módulo de datos basta con seleccionarlo, es decir, hacer "clic" sobre él: aparecerá la información en un formato similar al de una hoja de cálculo, pudiendo ser modificada, ampliada, etc.

- Panel de procesos avanzados: Este panel tiene una estructura similar al panel de procesos básicos, y la diferencia es que los módulos que contiene son más refinados y aportan funcionalidades específicas.
- Panel de Reports: Este panel contiene una completa serie de informes predefinidos, que se nutren de la información que generan todos los objetos del modelo construido tras un ejercicio de simulación. Esta es una de las utilidades que hacen a Arena una herramienta ideal para la realización de este proyecto.

Por último, definir las dos zonas centrales de la interfaz de usuario:

- Zona de modelo: A esta zona se irán arrastrando, desde la zona de paneles, los distintos procesos que conformen el modelo a construir. Estos objetos se conectarán entre sí formando el modelo construido.
- Zona de módulo de datos: En esta zona se irá incluyendo la información de los módulos de datos que conformen el modelo a construir.

2.3 CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO EN ARENA

Una vez descrita la interfaz de usuario de Arena en este punto se procederá a describir cómo construir un modelo en Arena. Para ello, se utilizarán de apoyo los siguientes textos en cuanto a los conceptos teóricos de simulación y construcción de modelos probabilísticos de eventos discretos: [Bra87], [Ban96], [Cas99] y [Sha76].

Dentro del panel de procesos básicos, los principales módulos lógicos a utilizar para la creación de un modelo serían los siguientes:

 Módulo Create: Las entidades que pasarán a ser procesadas por el modelo se generan en este módulo, por lo que es el punto de partida de cualquier modelo.
 Para configurar este módulo se debe de incluir la información que muestra la Figura 2.3 en la que se describe con detalle de qué manera llegan las entidades (en este caso clientes) al modelo que se está definiendo.

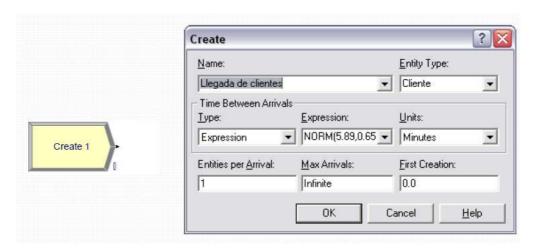


Figura 2.3: Representación gráfica del módulo "Create" y ventana de propiedades.

• Módulo Dispose: Es el módulo por el cual las entidades abandonan el sistema. Es decir cuando una entidad ya no tiene sentido que permanezca en el sistema por la razón que sea, se llega a este módulo. No tiene campos configurables, únicamente el nombre que se le quiera dar al módulo. Se puede ver la figura que lo representa en la Figura 2.4.



Figura 2.4: Representación gráfica del módulo "Dispose".

- Módulo Process: permite modelar los procesos. Las propiedades que hay que determinar para este tipo de módulo son las siguientes:
 - La acción que realiza la entidad en el proceso. Existen cuatro posibles tipos de acciones
 - "Delay". La entidad permanece durante cierto tiempo esperando (Delay), no realizándose ninguna acción concreta sobre ella. Este tipo de proceso no requiere de recurso, y por ello el proceso puede ser capturado por varias entidades simultáneamente. Asimismo, dado que la finalidad de la espera no es aguardar a que el recurso sea liberado, también puede suceder que varias entidades finalicen la espera simultáneamente.
 - "Seize-Delay". Si el recurso está ocupado, la entidad espera (Wait) en la cola hasta que el recurso quede disponible. Cuando el recurso está disponible, la entidad lo captura (Seize) y entonces espera (Delay) mientras el recurso realiza las operaciones pertinentes sobre ella, concluidas las cuáles la entidad abandona el proceso, pero sin liberar el recurso.
 - "Seize-Delay-Release". Cuando el recurso queda disponible la entidad lo captura (Seize), espera (Delay) mientras el recurso realiza las operaciones sobre ella, y a continuación libera (Release) el recurso y abandona el proceso.

- "Delay-Release". En este caso se supone que cuando la entidad entra en el proceso ya tiene capturado el recurso. Justo al entrar en el proceso, la entidad espera (Delay) mientras el recurso opera sobre ella, y a continuación libera (Release) el recurso, saliendo del proceso.
- Cuando la acción requiera de un recurso, deben definirse las características del recurso:
 - El nombre del recurso.
 - La cantidad ("Quantity") de la capacidad del recurso que captura o libera la entidad en la acción.

Al definirse un nuevo recurso en un módulo "Process", aquel se añade automáticamente a la lista de recursos del modelo, que se guarda en el módulo de datos "Resource". Es en este módulo de datos donde deben definirse las propiedades del recurso, tales como su capacidad.

- La distribución de probabilidad del tiempo que dura la fase "Delay" de la acción.
- Bajo qué concepto ("Allocation") se desea que Arena contabilice el tiempo invertido en dicha fase. Existen las siguientes cinco posibilidades: Value Added, Non-Value Added, Transfer, Wait y Other.

En la Figura 2.5 se puede apreciar tanto la representación gráfica del módulo "Process", como la ventana donde se definen las propiedades descritas.

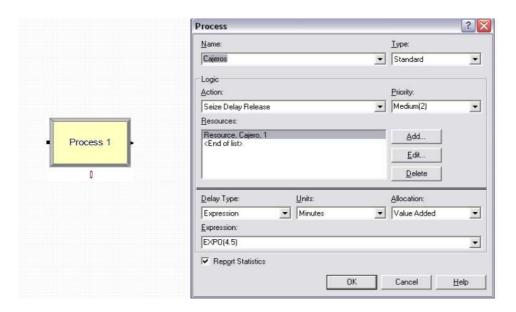


Figura 2.5: Representación gráfica del módulo "Process" y ventana de propiedades.

• Módulo Decide: Este módulo permite direccionar el flujo de entidades de acuerdo a una regla de decisión, la cual se puede basar en una condición, en una probabilidad o en una expresión. En la Figura 2.6 se puede observar la representación gráfica del modelo y la ventana de propiedades.

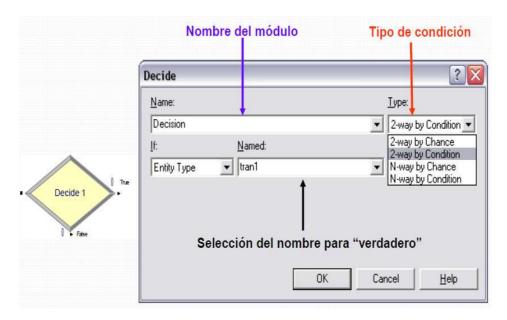


Figura 2.6: Representación gráfica del módulo "Decide" y ventana de propiedades.

• Módulo Assign: su función es asignar un valor a un atributo o a una variable del sistema. La diferencia entre atributos y variables, es que un atributo está ligado a una entidad, mientras que una variable no está ligada a ninguna entidad sino que pertenece al sistema en su conjunto. En la Figura 2.7 se puede observar tanto la representación gráfica del módulo como su ventana de propiedades.

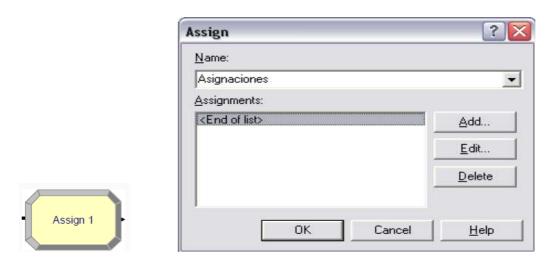


Figura 2.7: Representación gráfica del módulo "Assign" y ventana de propiedades.

Una vez que se conocen los módulos básicos, se puede definir el flujo de las entidades en el sistema conectando las salidas de un módulo a las entradas de otro. Como ejemplo de modelo, el que se muestra en la figura 2.8., típico caso de la cola de clientes en un cajero de banco. El modelo representa la llegada de clientes a una sucursal bancaria con el objetivo de realizar una gestión con el cajero. Cada cliente deberá esperar en la cola del proceso "cajero" a ser atendido. Cuando el cajero se libera atenderá al siguiente cliente en la cola, y cuando el cliente es atendido, libera al cajero y sale del modelo definido.



Figura 2.8: Representación gráfica modelo de cola de clientes en un cajero.

Dentro del panel de procesos básicos, también se incluye el módulo de datos. Los objetos de este módulo no tienen una representación gráfica como la mostrada para los módulos lógicos. Cada módulo de datos tiene asociada una tabla donde se incluyen los datos de los elementos que se están definiendo en dicho módulo de datos. Los principales módulos serían los siguientes:

• Entity: En este módulo se definen las entidades que van a circular por el modelo, su nombre y sus costes iniciales principalmente. La tabla u hoja de trabajo asociada al módulo es la mostrada en la Figura 2.9.



Figura 2.9: Hoja de trabajo asociada al módulo de datos "Entity".

 Queue: En este módulo se definen los nombres de las diferentes colas asociadas a los procesos y el tipo de regla de liberación que van a seguir. La tabla u hoja de trabajo asociada a este módulo es la mostrada en la Figura 2.10.

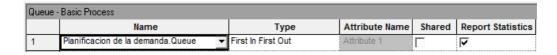


Figura 2.10: Hoja de trabajo asociada al módulo de datos "Queue".

 Resource: En este módulo se definen los diferentes tipos de recursos que van a intervenir en el modelo. Por cada tipo fundamentalmente, se especifica su capacidad y sus costes. La tabla u hoja de trabajo asociada al módulo es la mostrada en la Figura 2.11.

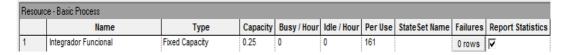


Figura 2.11: Hoja de trabajo asociada al módulo de datos "Resource".

 Variables: En este módulo se definen los valores iniciales de las variables empleadas en el modelo, el tipo de dato y, en el caso de los vectores, sus dimensiones. La tabla u hoja de trabajo asociada al módulo es la mostrada en la Figura 2.12.



Figura 2.12: Hoja de trabajo asociada al módulo de datos "Variables".

Dentro del panel de procesos avanzados, para la construcción del modelo de factoría de software únicamente es necesario utilizar el modulo de datos "Statistics", que va a permitir definir indicadores estadísticos útiles para el análisis de los resultados una vez realizada la simulación. Por cada indicador hay que definir el tipo de indicador, la frecuencia con que se calcula y el recurso asociado al indicador. La tabla u hoja de trabajo asociada al módulo es la mostrada en la Figura 2.13.

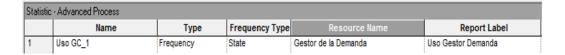


Figura 2.13: Hoja de trabajo asociada al módulo de datos "Statistics".

El panel "Reports" de Arena proporciona una serie de informes predefinidos, que se alimentan de los datos generados tras la ejecución de las simulaciones. Hay informes asociados a todos los módulos u objetos definidos en esta sección y los tipos de datos que fundamentalmente recoge son los referentes a coste y tiempo. El listado de los mismos se puede apreciar en la Figura 2.14.

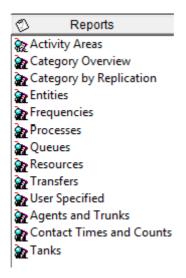


Figura 2.14: Panel "Reports" de la herramienta Arena.

2.4 EJECUCIÓN DE UN MODELO EN ARENA

Una vez que se ha construido el modelo empleando los módulos de los paneles descritos en el punto anterior y se han rellenado todos los datos para particularizar el modelo construido para un escenario concreto, el siguiente paso es la ejecución del modelo construido en Arena.

Para ello se dispone de una ventana de configuración dentro de la opción de menú "Run", denominada "Run Setup" (Figura 2.15) que permite la configuración de la simulación que se va a realizar. Se puede especificar el número de réplicas que realiza la simulación, si las estadísticas se van acumulando con cada réplica o si se inicializan al comenzar una nueva réplica o la fecha de comienzo del ejercicio de simulación.

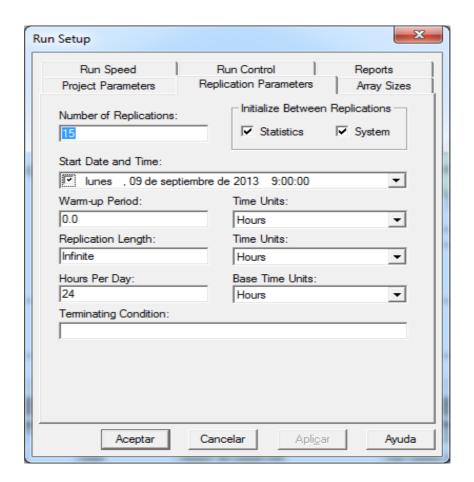


Figura 2.15: Ventana de configuración de los parámetros de la simulación.

2.5 HERRAMIENTA INPUT ANALYZER

El analizador de datos de entrada o Input Analyzer es una potente herramienta que se encuentra en el entorno de Arena.

Se puede utilizar para determinar qué distribución de probabilidad se ajusta a los datos de entrada, también para ajustar una distribución específica a los datos con el fin de comparar funciones de distribución. Es una herramienta independiente de Arena, pero que viene incluida en la descarga de la herramienta. Por tanto se puede invocar de manera independiente o a través de la interfaz de usuario de Arena (Figura 2.16).

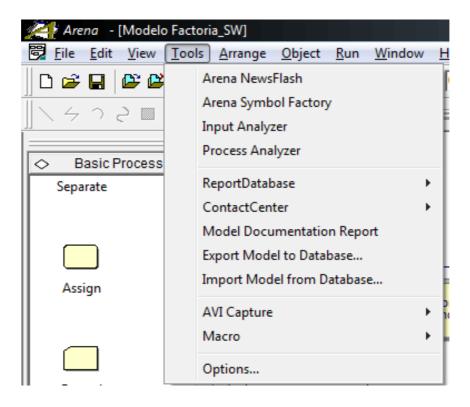


Figura 2.16: Opción de menú de la herramienta Input Analyzer.

Esta herramienta se va a utilizar en el Capítulo 4 de esta memoria, en la fase del modelado de las estradas. Se necesitará determinar que distribución es la que mejor se adecúa a los tiempos de espera de cada uno de los procesos que se definan en el modelo. A continuación, se describirá la manera en que esta herramienta calcula la distribución a incluir en un proceso con duración de tiempo.

Lo primero será arrancar el proceso, indicando que se va a generar una nueva entrada, y pulsando la opción de menú "File -> New" y se mostrará en pantalla la nueva entrada, tal y como se muestra en la Figura 2.17.

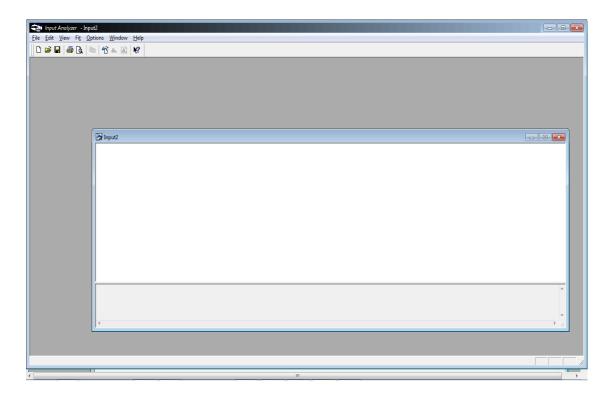


Figura 2.17: Nueva entrada en la interfaz de usuario de Input Analyzer.

El siguiente paso será proporcionar a la herramienta la lista de los tiempos reales de duración que tiene el proceso que vamos a analizar. Para ello, se pulsará la opción de menú dentro de File -> Data File -> Use Existing, tal y como se muestra en la Figura 2.18, para a continuación seleccionar el fichero (en formato texto) con los tiempos que queremos la herramienta analice para determinar cuál es la distribución que mejor se ajusta los tiempos proporcionados.

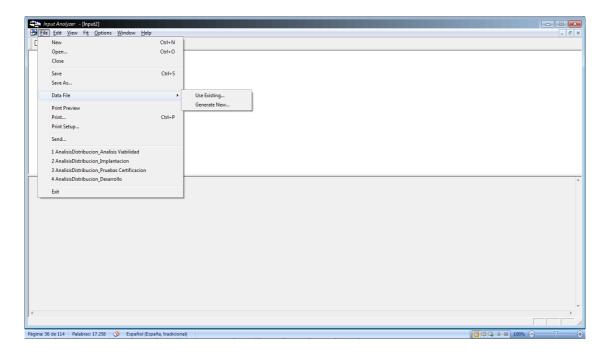


Figura 2.18: Opción de seleccionar fichero de datos en la interfaz de usuario de Input Analyzer.

Una vez que la herramienta abre el fichero proporcionado con los datos, muestra automáticamente el histograma de los datos tanto gráfica como analíticamente. Tal y como se muestra en la Figura 2.19.

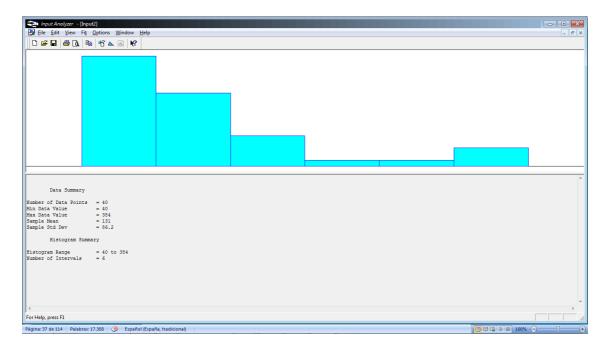


Figura 2.19: Histograma que muestra la herramienta tras cargar los datos de entrada.

Por último, para ajustar una distribución se selecciona de la barra de menús la opción "Fit All", que permite ajustar todas las distribuciones con que cuenta esta herramienta a los datos analizados, así como seleccionar internamente aquella distribución que arroje un menor error en las pruebas de bondad de ajuste. El resultado del ejemplo cargado se muestra en la Figura 2.20

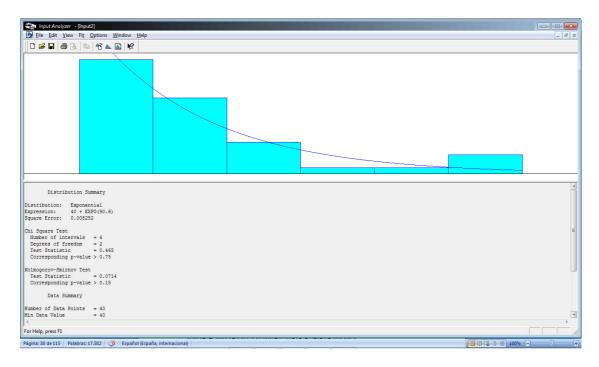


Figura 2.20: Identificación de la distribución idónea.

2.6 CONCLUSIONES

En este capítulo se han descrito algunas de las capacidades de Arena, que es la herramienta principal de trabajo de este proyecto. Se ha ido entrando en detalle en cada uno de los módulos que se van a utilizar para la construcción del modelo de factoría de software, con el objetivo de que se esté familiarizado con ellos cuando en capítulos posteriores se haga uso de ellos. También se ha mostrado la utilidad Input Analyzer, que se utilizará para el modelado de las entradas.

Capítulo

3

Modelado de una Factoría de Software

3.1 INTRODUCCIÓN

El sistema a modelar es una factoría de software. Dicho sistema está enfocado a la realización de las solicitudes de desarrollo de software sobre sistemas ya existentes, realizados por las áreas de negocio usuarias de dichos sistemas. Es lo que se denomina el mantenimiento evolutivo de los sistemas actuales. Es decir, este modelo de factoría no está pensado ni para el mantenimiento correctivo (tratamiento de incidencias), ni para la construcción de nuevos sistemas.

El modelo de factoría de software arranca con la llegada de una petición de desarrollo de software para un sistema determinado. A partir de aquí comienza el ciclo de desarrollo del software para dicha petición. El modelo de factoría, como hemos comentado anteriormente, consiste en aplicar el concepto de cadena de montaje de una fábrica al ciclo de desarrollo del software. Definiremos a continuación brevemente los pasos más importantes, ya que en las siguientes secciones de este capítulo se definirán en detalle todos los pasos a realizar dentro de la factoría.

El primer paso consiste en realizar una especificación funcional de la petición que se ha solicitado. Esta es una labor de traducción de la petición de un lenguaje de negocio a un lenguaje de sistemas. Dicho documento debe de ser claro, conciso y sin ambigüedades, pero con el detalle necesario para que se pueda realizar el diseño técnico a partir del mismo. Este documento es crítico: como no se defina correctamente la necesidad que el área de negocio ha transmitido en su petición, lo que se construirá al final no será la funcionalidad demandada.

A partir de este momento se harán una serie de comprobaciones acerca de la petición realizada como son: los sistemas a los que afecta, si es viable técnicamente, si es muy caro, etc. Si supera todas estas validaciones, pasaría al siguiente paso en importancia que sería la realización del diseño técnico de la petición. Este diseño se realiza a partir de la especificación funcional y debe de tener el detalle técnico suficiente para que los desarrolladores puedan programar el software a partir de este documento.

Tras finalizar el desarrollo de la petición, se realizarán los controles establecidos por la operadora para que el software realizado por el desarrollador se certifique y se considere apto para implantarse en el entorno de producción, que es el entorno donde accede el área usuaria.

Por último, se implantaría el software desarrollado en el entorno de producción de los sistemas afectados, dando por finalizado el ciclo de desarrollo de software.

A continuación se detallan tanto los diferentes actores que intervienen en el ciclo de desarrollo de software, como los procesos que componen dicho ciclo en el modelo de factoría de software.

3.2 ACTORES DEL MODELO

A continuación se hace una descripción de los distintos actores que intervienen en el modelo de gestión de la demanda, sus características y las principales responsabilidades que tendrían en el proceso.

3.2.1 Gestor de la Demanda

El gestor de la demanda es la cara visible del área de sistemas de información en las respectivas áreas de negocio de la organización, que están orientadas por proceso de negocio. Su función es dar el primer paso en el proceso de abstracción de la información y traducir la demanda solicitada por el área de negocio a una especificación funcional. Esta especificación debe describir la demanda solicitada en términos de requisitos de negocio claros, concretos y completos, eliminando las posibles ambigüedades.

Además, es la figura que da el visto bueno a la planificación que se realiza para el desarrollo de la petición, ya que la fecha de implantación debe de estar coordinada con el área de negocio solicitante.

3.2.2 Integrador Funcional

El integrador funcional tiene como función comprobar si los sistemas afectados están dentro del mapa de sistemas de la organización o no (se prevé discontinuarlos). Para un sistema que está próximo a apagarse o a sustituirse por otro, no se autorizan desarrollos. Resumiendo: comprueban que los sistemas afectados por la demanda están en condiciones de realizar la petición de desarrollo solicitada.

3.2.3 Gestor de Desarrollo

El gestor de desarrollo es el experto en uno o varios sistemas. Su misión principal es elaborar el diseño detallado de la demanda solicitada. Traduce los requisitos de negocio incluidos en la especificación funcional en requisitos técnicos para que puedan ser implementados por el suministrador de desarrollo.

Primeramente realiza un análisis de viabilidad para asegurarse que la petición es viable técnicamente antes de invertir más esfuerzo en la misma.

Otras labores son revisar y aprobar la valoración remitida por el desarrollador, asegurándose que dicha valoración es coherente con lo que se está pidiendo. Por ultimo, realiza una propuesta de planificación en el tiempo de la petición de desarrollo.

3.2.4 Desarrollador

El desarrollador tiene dos funciones fundamentales en base al diseño técnico realizado por el gestor de desarrollo:

- Realizar la valoración de lo que le costaría desarrollar la petición solicitada.
- En caso de aprobarse, realizar la programación del software de la petición solicitada

3.2.5 Certificador

Es el perfil responsable del entorno de certificación, que es el entorno donde se realiza la validación de que el software desarrollado es apto para implantarse en el entorno de producción. Fundamentalmente realiza dos acciones:

- Estimar el coste que le llevaría realizar las pruebas en el entorno de certificación para cada demanda.
- Si la demanda finalmente es aceptada, realizar las pruebas de dicha demanda en el entorno de certificación, pudiendo rechazarla por encontrar fallos en el software desarrollado o aprobarla para su implantación.

3.2.6 Implantador

El implantador es el responsable del entorno de producción para los sistemas afectados por la demanda. Realiza dos acciones:

- Estimar el coste que llevaría realizar la implantación de la demanda en el entorno de producción.
- Implantar la demanda si ha superado las pruebas de certificación.

Es el último actor que interviene en el ciclo de desarrollo del software. Con la implantación de la demanda en el entorno de producción, se da por finalizado el ciclo.

3.3 PROCESOS DEL MODELO

A continuación se hace una descripción de los distintos procesos de la factoría de software por los que debe de pasar una solicitud de demanda de desarrollo.

3.3.1 Recepción de Peticiones de Desarrollo de Software

El proceso de recogida de peticiones de desarrollo es el siguiente. El área de negocio realiza un ejercicio de recogida y priorización de las peticiones dentro de su propia organización.

A partir de aquí, se genera la lista de todas las peticiones de desarrollo que se han identificado como necesarias. Esta lista de peticiones es la entrada que debe de recoger el modelo en este proceso concreto. Para describir este proceso, se creará en el modelo de Arena un módulo de tipo "Create" que identificará el momento en el que el área de negocio ha finalizado el ejercicio de priorización de las demandas y entrega al área de Sistemas la lista de peticiones a desarrollar.

3.3.2 Especificación Funcional

Este proceso es el primer paso a realizar dentro del ciclo de vida del desarrollo de software. El área de negocio ha proporcionado un documento donde se describe cúal es la petición que se tiene que desarrollar en los sistemas de información y hay que analizarla. El actor de esta fase es el gestor de la demanda y la actividad principal es la elaboración de la especificación de requisitos funcionales que contemple la petición solicitada.

Para modelar este proceso, se añade un módulo de tipo "Process" y se define como "Seize Delay Release", que significa que es un proceso que requiere del uso de un recurso, que dicho recurso estará ocupado durante el tiempo que dure el procesamiento de la petición y que luego será liberado por la entidad pudiendo atender la siguiente petición de desarrollo. Debe de tener una cola donde esperen las solicitudes de demanda si el recurso está ocupado. Esta cola se gestionará por un atributo denominado prioridad, que se asignará a las peticiones de desarrollo a través de un módulo de tipo "Assign".

3.3.3 En Integración Funcional

En este proceso el actor participante es el integrador funcional y el objetivo es comprobar que los sistemas afectados por la demanda están dentro del mapa de sistemas futuro del área de Sistemas de Información. Dicho mapa es una lista de sistemas que identifica a aquellos sistemas que son de futuro y que no han sido marcados para apagarse. Los sistemas en los que se va a desarrollar la petición deben de estar en dicha lista. Si no lo están es que se van a apagar y entonces no tiene sentido invertir dinero en desarrollos para ellos, por lo que se rechazaría la petición.

Si dicha validación resulta satisfactoria, se pasará al proceso de "Análisis de Viabilidad". Si no se cancelará la demanda y se dará por terminado el flujo para esta petición de desarrollo.

Este proceso se describe mediante un módulo de tipo "Process" y se define como "Seize Delay Release". Debe de tener una cola donde esperen las solicitudes de demanda si el recurso que la atiende está ocupado.

La gestión de la cola será por orden cronológico de llegada y además se incluye un modulo de tipo "Decide" para contemplar la posibilidad de que la petición continúe o sea rechazada por no estar el sistema en el mapa de sistemas futuro.

3.3.4 Análisis de Viabilidad

En este proceso el actor participante es el gestor de desarrollo y el objetivo es comprobar que la demanda solicitada es viable técnicamente.

En el caso de que lo sea, se pasará al proceso de diseño técnico y en el caso de que no lo sea, se cancelará la petición de desarrollo saliendo del modelo.

Se modela en Arena mediante un módulo de tipo "Process" y se define como "Seize Delay Release". Debe de tener una cola donde esperen las solicitudes de demanda si el recurso está ocupado y la gestión de dicha cola será por orden cronológico de llegada. Se complementa con un modulo "Decide", donde se evaluará la posibilidad de que sea inviable. Si dicha validación resulta satisfactoria, se pasará a la fase de "Diseño técnico" y si no resulta satisfactoria, se cancelará la petición y se dará por terminado el flujo para la misma.

3.3.5 Diseño Técnico

En este proceso el actor involucrado es el gestor de desarrollo del sistema y su función es realizar el análisis de los requisitos funcionales incluidos dentro de la especificación funcional, con el objetivo de elaborar el diseño técnico detallado de la petición de desarrollo. Una vez finalizado el diseño técnico, se pasa al proceso de valoración del desarrollo.

Se modela mediante un módulo de tipo "Process" y se define como "Seize Delay Release". Debe de tener una cola, donde esperen las solicitudes de demanda si el recurso está ocupado. El orden de dicha cola se gestiona por la prioridad de la petición de desarrollo.

3.3.6 Valoración del Área de Desarrollo

A este proceso se llega porque el gestor de desarrollo ha finalizado el proceso de "Diseño Técnico". En este proceso actúa el desarrollador, para realizar la valoración de lo que costaría implementar la petición de desarrollo.

Se modela en Arena mediante un módulo de tipo "Process" y se define como "Seize Delay Release". Debe de tener una cola, donde esperen las solicitudes de demanda si el recurso que la atiende está ocupado. La gestión de la cola será por orden cronológico de llegada.

3.3.7 Valoración del Área de Certificación

A este proceso se llega porque el suministrador de desarrollo ha finalizado el proceso de valoración del desarrollo. En este proceso actúa el certificador y su trabajo consiste en realizar una valoración de lo que costaría realizar las pruebas de certificación de las peticiones de desarrollo. Las pruebas de certificación, como su propio nombre indican, son unas pruebas funcionales que se realizan en un entorno especialmente preparado para probar el software desarrollado. Su finalidad es validar el software desarrollado y es un paso previo a implantar el software en el entorno de producción, que es el entorno donde se utiliza por el área de negocio.

Este proceso se modela en Arena mediante un módulo de tipo "Process" y se define como "Seize Delay Release". Debe de tener una cola donde esperen las solicitudes de desarrollo si el recurso que la atiende está ocupado. La gestión de la cola será por orden cronológico de llegada.

3.3.8 Revisión de la Valoración

A este proceso se llega desde el proceso de valoración de certificación y el objetivo es que el gestor de desarrollo revise las valoraciones tanto de desarrollo como de certificación y si las considera algo razonable las apruebe y sino las rechace. En el caso de aprobarlas se pasaría al proceso de planificación, en caso de que no se aprobaran se cancela la demanda y sale del modelo.

Este proceso se modela en Arena mediante un módulo de tipo "Process" y se define como "Seize Delay Release". Debe de tener una cola donde esperen las solicitudes de demanda si el recurso que la atiende está ocupado.

La gestión de la cola será por orden cronológico de llegada. Se complementa con un modulo "Decide" donde se evaluará la posibilidad de que sea inviable. Si dicha validación resulta satisfactoria se pasaría a la fase de "Planificación" y si la validación no resultara satisfactoria, se cancelaría la demanda y se daría por terminado el flujo para la misma.

3.3.9 Planificación

A este proceso se llega desde el estado "Revisión de la valoración" y el objetivo es que el gestor de desarrollo incluya la planificación del desarrollo de la demanda, informando de los hitos más importantes del proyecto en el tiempo.

Este proceso se modela en Arena añadiendo un módulo de tipo "Process" y se define como "Seize Delay Release". Debe de tener una cola donde esperen las solicitudes de demanda si el recurso que la atiende está ocupado. La gestión de la cola será por orden cronológico de llegada.

3.3.10 Revisión de la Planificación

A este proceso se llega desde el proceso de "Planificación" y el objetivo es que el gestor de la demanda revise la planificación propuesta por el gestor de desarrollo y la apruebe o rechace en función de las necesidades del área de negocio. Si se aprueba pasa al proceso de desarrollo, en caso de que se rechace vuelve al proceso de planificación.

Este proceso se modela en Arena añadiendo un módulo de tipo "Process" y se define como "Seize Delay Release".

Debe de tener una cola donde esperen las solicitudes de demanda si el recurso que la atiende está ocupado. La gestión de la cola será a través del atributo prioridad de la petición de desarrollo. Se complementa con un modulo "Decide" donde se aprobará o rechazará la planificación. Si se aprueba, se pasaría al proceso de "Desarrollo" y si la validación no resulta satisfactoria, se volverá al proceso de planificación de la demanda.

3.3.11 Desarrollo

Una vez se ha aprobado la planificación, el suministrador de desarrollo tiene el visto bueno para empezar a realizar el desarrollo de la demanda solicitada. Se realiza a partir del diseño técnico realizado por el gestor de desarrollo. Tras finalizar el desarrollo, se pasa al proceso de pruebas de certificación.

Este proceso se modela en Arena creando un módulo de tipo "Process" y se define como "Seize Delay Release". Debe de tener una cola donde esperen las solicitudes de demanda si el recurso que la atiende está ocupado. La gestión de la cola será por orden cronológico de llegada de las peticiones de desarrollo.

3.3.12 Pruebas de Certificación

A este proceso se llega una vez desarrollada la demanda. Se realizan las pruebas de certificación por parte del certificador y se mantiene en este proceso hasta que el software se considera apto para pasarlo al entorno de producción. En este momento la petición estaría lista ya para implantarse en el entorno de producción.

Este proceso se modela en Arena creando un módulo de tipo "Process" y se define como "Seize Delay Release".

Debe de tener una cola donde esperen las solicitudes de demanda si el recurso que la atiende está ocupado. La gestión de la cola será por orden cronológico de llegada.

3.3.13 Implantación en Producción

Una vez que la demanda ha recibido el visto bueno del certificador, ya está lista para implantarse en el entorno de producción. El proceso es realizado por el implantador o persona de la estructura de Producción, que son las únicas que tienen acceso a dichos entornos. Una vez finalizado el proceso, daríamos por terminado el ciclo de desarrollo de la demanda.

Este proceso se modela en Arena añadiendo un módulo de tipo "Process" y se define como "Seize Delay Release". Debe de tener una cola donde esperen las solicitudes de demanda si el recurso que la atiende está ocupado. La gestión de la cola será por orden cronológico de llegada.

3.4 DEFINICIÓN DEL MODELO EN ARENA

En este apartado se detallan las acciones realizadas en la herramienta Arena para la definición del modelo de factoría de software que se ha descrito en las anteriores secciones de este capítulo.

3.4.1 Definición de los recursos del modelo en Arena

Dentro del modulo de datos "Resource", del panel de procesos básicos, es donde se debe de definir los distintos recursos que van a intervenir en el modelo.

La Figura 3.1 muestra cómo quedan incluidos los diferentes tipos de recursos que intervienen en la factoría de software en el módulo de datos "Resource" de Arena.

Resource - Basic Process						
	Name	Туре				
1	Integrador Funcional	▼ Fixed Capacity				
2	Gestor de Desarrollo	Fixed Capacity				
3	Certificador	Fixed Capacity				
4	Implantador	Fixed Capacity				
5	Desarrollador	Fixed Capacity				
6	Gestor de la Demanda	Fixed Capacity				

Figura 3.1: Modulo de datos "Resource" con los tipos de recurso definidos.

Todos los recursos se definen con capacidad fija, ya que se presupone que el recurso mantiene una capacidad constante durante toda la simulación. Los datos acerca de los costes de cada tipo de recurso, así como el porcentaje de dedicación al proceso, se detallan en el Capítulo 5 de este documento.

3.4.2 Definición de los procesos del modelo en Arena

Para la definición de los procesos del modelo definido en Arena se va a necesitar definir los siguientes tipos de objetos del modulo de procesos básicos de Arena tal y como se muestra en las Figuras 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5.

	Name	Туре	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation
1	Validacion Integracion Funcional	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Hours	Value Added
2	Revision Valoracion Demanda	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Hours	Value Added
3	Planificacion de la demanda	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Hours	Value Added
4	Implantacion Demanda	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Hours	Value Added
5	Especificacion Funcional	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Hours	Value Added
6	Revision Planificacion	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Hours	Value Added
7	Desarrollo Demanda	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Hours	Value Added
8	Pruebas de Certificacion	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Hours	Value Added
9	Valoracion Certificacion	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Hours	Value Added
10	Analisis Viabilidad	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Hours	Value Added
11	Diseno Tecnico	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Hours	Value Added
12	Valoracion Desarrollo	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Hours	Value Added

Figura 3.2: Módulos de tipo "Process" del modelo de factoría de software.

En la Figura 3.2, en la columna "Resource", aunque no se vea, se identifica el tipo de recurso que realiza el proceso. Por ejemplo en la especificación funcional, el tipo de recurso incluido es el gestor de la demanda. En la columna "Units" se incluye horas, que será la medida que se utilice para calcular las duraciones de las ejecuciones.

Decide - Basic Process							
	Name	Туре	Percent True				
1	Mapa Sistemas	2-way by Chance	97				
2	Viable Ok	2-way by Chance	98				
3	Valoracion Ok	2-way by Chance	95				
4	Planificacion Ok	2-way by Chance	90				

Figura 3.3: Módulos de tipo "Decide" del modelo de factoría de software.

En la Figura 3.3, en última columna se identifica cuál es la probabilidad de que la decisión sea verdadera. En el Capítulo 5 se detallará de dónde se obtienen esos porcentajes.

	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	Planificacion de la demanda.Queue	First In First Out	Attribute 1		V
2	Especificacion Funcional Queue	Lowest Attribute Value	Prioridad		
3	Analisis Viabilidad.Queue	First In First Out	Attribute 1		
4	Revision Valoracion Demanda.Queue	First In First Out	Attribute 1		
5	Valoracion Desarrollo.Queue	First In First Out	Attribute 1		
6	Valoracion Certificacion.Queue	First In First Out	Attribute 1		
7	Pruebas de Certificacion.Queue	First In First Out	Attribute 1		
8	Implantacion Demanda.Queue	First In First Out	Attribute 1		
9	Revision Planificacion.Queue	Lowest Attribute Value	Prioridad		
10	Validacion Integracion Funcional.Queue	First In First Out	Attribute 1		
11	Diseno Tecnico.Queue	Lowest Attribute Value	Prioridad		
12	Desarrollo Demanda.Queue	First In First Out	Attribute 1	П	V

Figura 3.4: Módulos de tipo "Queue" del modelo de factoría de software.

La Figura 3.4 es la tabla del módulo "Queue", que es el módulo donde se detallan las colas de los procesos. Se puede comprobar que todas las colas se ordenan por orden de llegada a excepción de las colas de los procesos de especificación funcional, diseño técnico y revisión de la planificación. Esto es debido a que son las colas donde se espera que se produzcan mayores tiempos de espera debido a que son las tareas más complejas.

Cre	Create - Basic Process										
	Name	Entity Type	Туре	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation			
1	Recepcion de Demandas	Peticion de Desarrollo	Constant	1	Days	24	1	0.0			

Figura 3.5: Módulos de tipo "Create" del modelo de factoría de software.

En la Figura 3.5 se puede observar que se ha definido que las peticiones llegan de manera constante una sola vez, tal y como se produce en la realidad. El dato de entidades por llegada se explicará en el Capítulo 4.

Dispose - Basic Process							
	Name	Record Entity Statistics					
1	Cancelacion demanda	>					
2	Cierre de la Demanda	▽					

Figura 3.6: Módulos de tipo "Dispose" del modelo de factoría de software.

En la Figura 3.6 se puede observar que sólo hay dos maneras de finalizar el flujo del modelo para una entidad. Si se cierra la demanda, significa que se ha desarrollado e implantado en producción. Por el contrario, si se cancela significa que algunos de los criterios de aceptación no han sido superados y por tanto no se ha desarrollado.

3.4.3 Otros módulos a incluir en el modelo en Arena

En la Figura 3.7 se puede apreciar cómo se definen en el módulo de datos "Entity" las entidades que van a ser procesadas por el modelo de factoría del software.

Entity · Basic Process									
	Entity Type	Initial Picture	Holding Cost / Hour	Initial VA Cost	Initial NVA Cost	Initial Waiting Cost	Initial Tran Cost	Initial Other Cost	Report Statistics
1	Peticion de Desarrollo	Picture.Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	V

Figura 3.7: Módulos de datos "Entity" del modelo de factoría de software.

La definición de los atributos, concretamente la prioridad de la petición de desarrollo y el tiempo de llegada de una entidad al modelo serán datos que se usará en fases posteriores a la definición del modelo.

3.4.4 Grafico de flujo completo del modelo en Arena

Finalmente en la Figura 3.8 se adjunta el gráfico de flujo completo en Arena resultante de unir todos módulos que hemos definido. En este grafico se incluyen tres módulos de tipo Report que definiremos más adelante y que tienen por objeto registrar datos útiles para la validación del modelo.

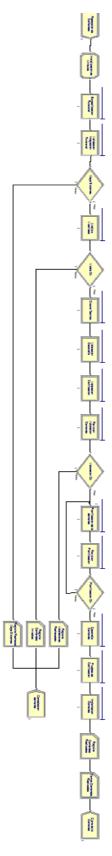


Figura 3.8: Diagrama de flujo completo de las entidades del modelo

3.5. CONCLUSIONES

En este capítulo se ha realizado una descripción funcional que ha permitido identificar todos y cada uno de los procesos que intervienen en el flujo del desarrollo de software, así como los diferentes tipos de recursos que intervienen y la función que desempeñan en el modelo de factoría de software.

Posteriormente se ha incluido en Arena, todo lo detallado en la descripción funcional, por lo que se da por concluida la definición del modelo estándar de factoría de software en la herramienta Arena. Llegados a este punto, se puede afirmar que se dispone de un modelo que debería de ser válido para procesar las peticiones de desarrollo de cualquier proceso de negocio de la operadora de telecomunicaciones. Obviamente, este modelo se tiene que parametrizar con los datos particulares del conjunto de las peticiones de desarrollo de cada uno de los procesos de negocio por separado. Este ejercicio de parametrizar un escenario específico es el que se va a realizar para un proceso de negocio determinado en los capítulos posteriores de esta memoria.

Capítulo

4

Modelado de las Entradas

4.1 INTRODUCCIÓN

Al llegar a este capítulo ya se tiene construido todo el flujo de procesos que constituyen el modelo de factoría de software (Figura 3.8). El siguiente paso a realizar consiste en parametrizar el modelo construido empleando datos reales de un proceso de negocio determinado. Para ello es conveniente recordar el concepto de "Roadmap" ya definido en la Sección 1.2 de esta memoria.

El "Roadmap" es un ejercicio que se realiza cada año, consistente en pedir a las áreas de negocio usuarias de los sistemas, que identifiquen aquellas mejoras que es necesario desarrollar en los sistemas que utilizan en la actualidad, para que éstos se adapten a las nuevas necesidades de la propia área de negocio. Una vez priorizada la lista inicial de peticiones, se tendrá definida lo que sería la entrada a la factoría de software. Concretamente, se tendría una lista de las peticiones para desarrollar en los sistemas, que incluirá una breve descripción funcional por petición. El Roadmap se realiza por cada proceso de negocio. Es decir, se realiza una lista independiente de peticiones por cada proceso de negocio distinto que exista en la empresa. Ejemplos de proceso de negocio: comercial, facturación, provisión, mantenimiento o posventa, ventas, marketing, etc.

En la siguiente sección de este capítulo se identificará el proceso de negocio concreto que se va a parametrizar en el modelo construido, así como el año concreto de Roadmap que se va a simular.

4.2 DATOS DE ENTRADA

Como se ha indicado, el ejercicio anual del "Roadmap" se realiza por proceso de negocio. Cada proceso de negocio tiene sus propios sistemas de información, sus propios recursos para la gestión del mismo y su lista de peticiones independiente. Se ha escogido el proceso de negocio de mantenimiento y postventa.

La elección de este proceso de negocio no es casual. El motivo de la elección es que se dispone de los datos reales de las duraciones de las distintas fases por las que pasaron cada una de las demandas de un conjunto de cuarenta, que se implementaron entre los ejercicios del Roadmap 2011 y el Roadmap 2012. Además, se dispone de la siguiente información que nos va a permitir dimensionar el modelo con datos reales, para poder realizar la simulación del ejercicio del Roadmap 2011 para el proceso de mantenimiento y postventa:

- El número de peticiones de desarrollo que se incluyeron en el ejercicio del Roadmap del 2011 fue veinticuatro.
- Los recursos que se utilizaron por parte de la factoría de software para la implementación de las veinticuatro peticiones fueron: dos gestores de la demanda, dos gestores de desarrollo y seis desarrolladores.
 El integrador, el certificador y el implantador son personas que se comparten con otros procesos de negocio. Más adelante se comentará este caso concreto.

Como resumen de esta sección, queda definido el alcance de la simulación que se va a realizar sobre el modelo de factoría de software definido.

Concretamente se va a realizar la simulación del ejercicio del Roadmap 2011 para el proceso de negocio de mantenimiento y postventa.

4.3 IDENTIFICACION DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Una vez que se ha definido la cantidad y tipo de recursos con los que cuenta el modelo para realizar la simulación, se deben de identificar las distribuciones de probabilidad tanto en la llegada de entidades al modelo, como de los tiempos medios de espera de cada tarea de tipo "Process" que se haya incluido en el modelo de factoría. Para la identificación de las distribuciones asociadas a los tiempos de espera de cada proceso, tal y como se ha comentado en detalle en el Capítulo 2, se va a utilizar la herramienta "Input Analyzer", la cuál va a identificar cual es la distribución probabilística que más se ajusta a la muestra de tiempos de espera reales que se le va a suministrar por cada uno de los procesos que se ha definido en el modelo de factoría de software.

4.4 LLEGADA DE PETICIONES DE DESARROLLO

Como se ha indicado en capítulos anteriores, todas las peticiones de desarrollo llegan a la vez al modelo y como el ejercicio a simular es el del Roadmap del año 2011 para el proceso de mantenimiento y postventa, el número concreto de peticiones para desarrollar que llegan es de veinticuatro, por lo que se define la tarea de recepción de demandas tal y como se muestra en la Figura 4.1.

Debido a las características específicas del modelo que se ha definido no es necesario identificar una distribución de probabilidad para la llegada de las peticiones, ya que llegan todas a la vez.

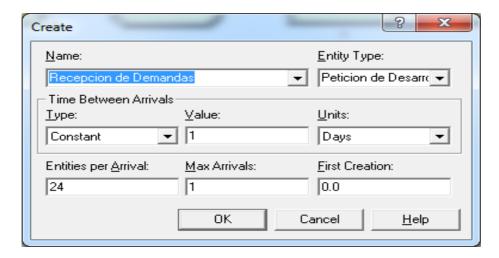


Figura 4.1: Ventana de llegada de peticiones de desarrollo al modelo.

4.5 ESPECIFICACIÓN FUNCIONAL

Para determinar el tiempo que tarda el gestor de la demanda en realizar la especificación funcional, se coge el tiempo empleado en dicha actividad por cada una de las cuarenta demandas de muestra y se procesan con la herramienta Input Analyzer. En la Figura 4.2 se muestra el resultado obtenido.

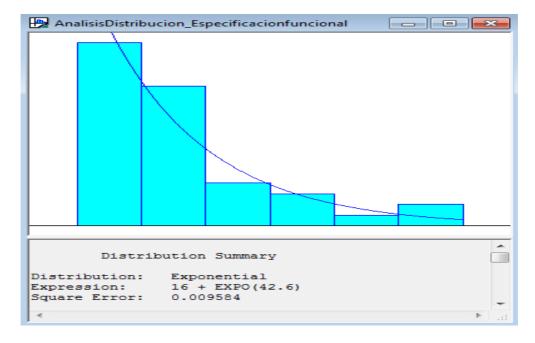


Figura 4.2: Distribución asociada a la especificación funcional.

El proceso de especificación funcional queda definido en Arena según se muestra en la Figura 4.3.

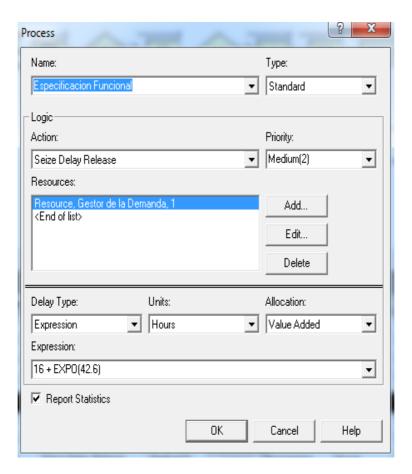


Figura 4.3: Detalle del proceso de especificación funcional en Arena.

4.6 INTEGRACIÓN FUNCIONAL

De idéntica manera que en el proceso anterior, se cogen los tiempos reales que tarda el integrador funcional en la realizar la tarea de integración funcional y se procesan con Input Analyzer.

En la Figura 4.4 se puede ver cuál es la distribución que mejor se ajusta a los tiempos reales del proceso.

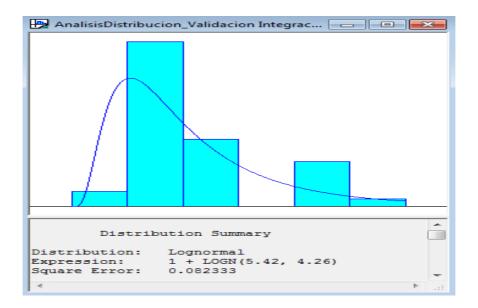


Figura 4.4: Distribución asociada a la fase de validación de integración funcional.

El proceso de validación de Integración funcional queda definido en Arena según se muestra en la Figura 4.5.

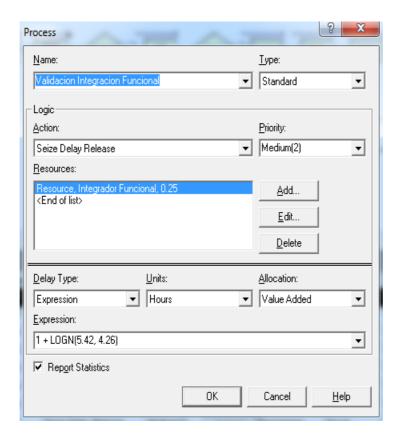


Figura 4.5: Detalle del proceso de validación de integración funcional en Arena.

4.7 ANÁLISIS DE VIABILIDAD

De la muestra de peticiones de desarrollo de la que se dispone, se cogen los tiempos reales que tarda el gestor de desarrollo en determinar si cada petición es viable o no. Se incluyen estos tiempos en el Input Analyzer para qué se procesen y se obtiene la distribución que mejor se ajusta a los tiempos incluidos.

En la Figura 4.6 se puede observar la gráfica de la distribución, que mejor se ajusta a la muestra proporcionada.

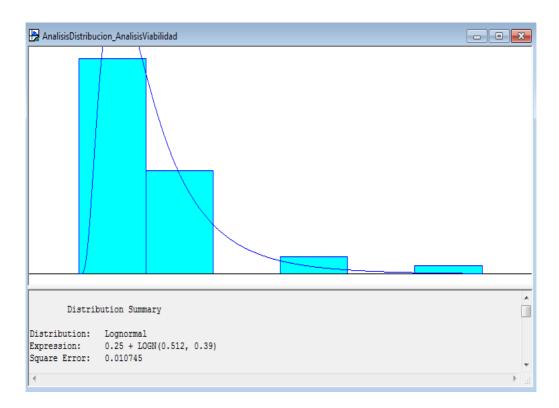


Figura 4.6: Distribución asociada a la fase de análisis de viabilidad.

El proceso de análisis de viabilidad queda definido en Arena según se muestra en la Figura 4.7. En dicha figura se pueden apreciar el valor de todas las propiedades del proceso.

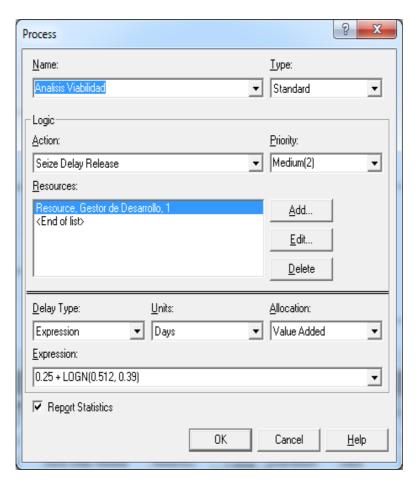


Figura 4.7: Detalle del proceso de análisis de viabilidad en Arena.

4.8 DISEÑO TÉCNICO

Al igual que en los procesos anteriores, la estrategia a seguir es la misma. Se cogen los tiempos reales que tarda el gestor de desarrollo en realizar la tarea de diseño técnico, de cada una de las peticiones de desarrollo de la muestra de datos reales. Se procesan con Input Analyzer para que la herramienta determine cuál es la distribución que mejor se ajusta a los tiempos proporcionados.

En la Figura 4.8 se puede observar la gráfica de la distribución, que mejor se ajusta a la muestra proporcionada.

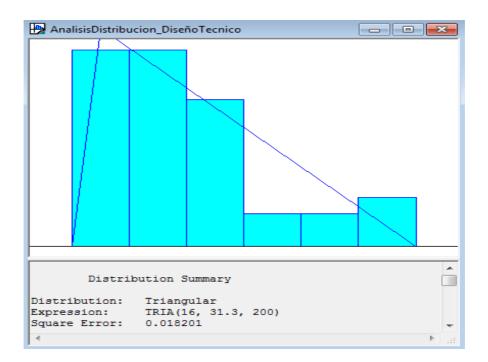


Figura 4.8: Distribución asociada a la fase de diseño técnico.

El proceso queda definido en Arena según se muestra en la Figura 4.9.

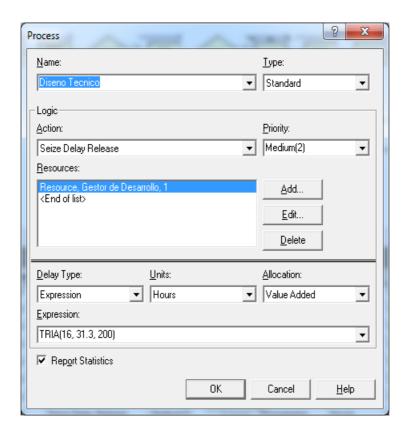


Figura 4.9: Detalle del proceso de diseño técnico en Arena.

4.9 VALORACIÓN DEL DESARROLLO

La distribución a aplicar en este proceso se obtiene cogiendo los tiempos que tarda el suministrador de desarrollo en valorar el desarrollo para cada una de las cuarenta peticiones de desarrollo que se tienen de muestra. Dichos tiempos se incluyen en Input Analyzer y se obtiene la distribución que mejor se ajusta.

En la Figura 4.10 se puede observar la gráfica de la distribución asociada al proceso.

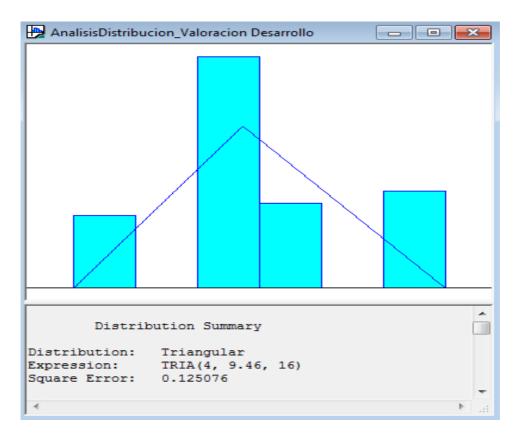


Figura 4.10: Distribución asociada a la fase de valoración de desarrollo.

El proceso de valoración de desarrollo queda definido en Arena con todas sus propiedades según se muestra en la Figura 4.11.

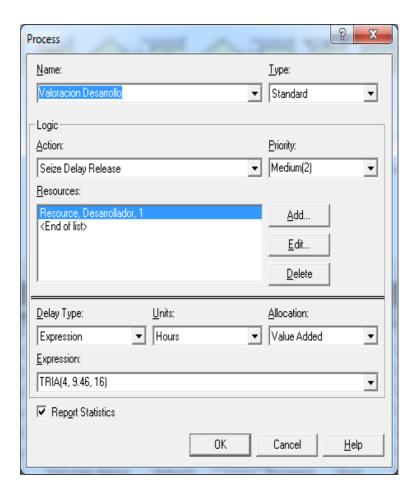


Figura 4.11: Detalle del proceso de valoración de desarrollo en Arena.

4.10 VALORACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN

Se recogen los tiempos que el certificador ha tardado en realizar la valoración de lo que costaría realizar las pruebas de certificación, de cada una de las peticiones de desarrollo de la muestra de datos reales. Se incluyen en Input Analyzer y se obtiene la distribución a aplicar en el proceso.

En la Figura 4.12 se puede apreciar cual es el gráfico de la distribución que más se ajusta a la muestra proporcionada.

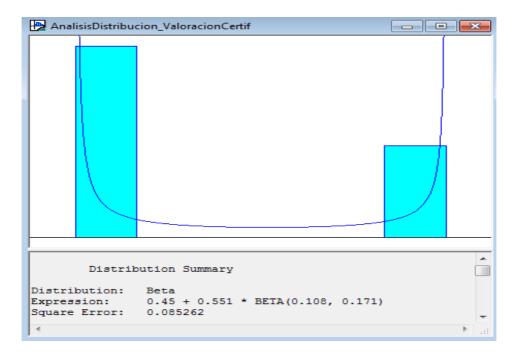


Figura 4.12: Distribución asociada al fase de valoración de certificación.

El proceso quedaría definido en Arena según se muestra en la Figura 4.13.

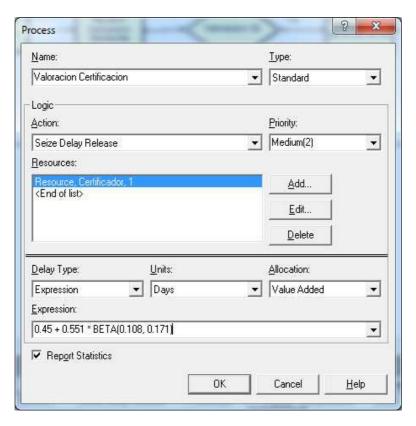


Figura 4.13: Detalle del proceso de valoración de certificación en Arena.

4.11 REVISIÓN DE LA VALORACIÓN

Se obtienen los tiempos que el gestor de desarrollo tarda en realizar la valoración de la revisión, de cada una de las peticiones de desarrollo de la muestra de datos reales. Para determinar la distribución a aplicar en este proceso se incluyen en Input Analyzer y se siguen los pasos indicados en el Capitulo 2.

En la Figura 4.14 se puede apreciar cual es la distribución idónea para el proceso.

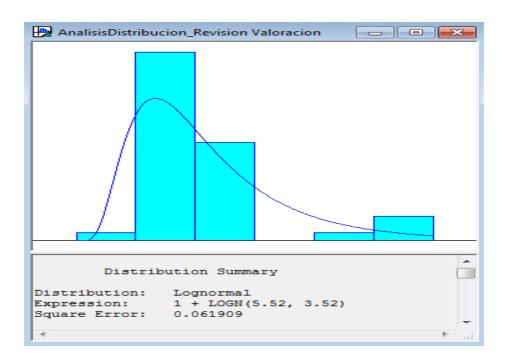


Figura 4.14: Distribución asociada al fase de revisión de la valoración.

El proceso quedaría definido en Arena según se muestra en la Figura 4.15, donde se pueden apreciar los valores que han tomado cada uno de los atributos que definen el proceso de revisión de la valoración.

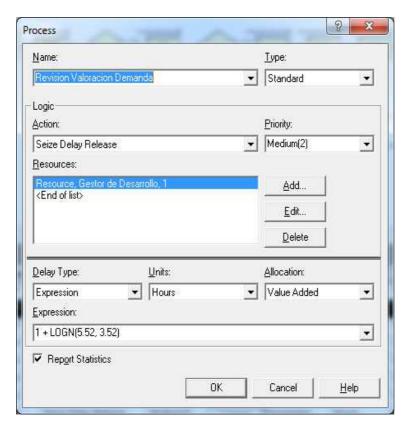


Figura 4.15: Detalle del proceso de revisión de la valoración en Arena.

4.12 PLANIFICACIÓN

Para poder identificar cual es la distribución a aplicar en este proceso, se cogen los tiempos de duración que el gestor de desarrollo tarda en planificar. Estos datos se cogen de la lista de tiempos de peticiones de desarrollo reales de la que se dispone. Se incluyen en Input Analyzer y la herramienta calcula la distribución que mejor se ajusta a la muestra proporcionada.

En la Figura 4.16 se puede apreciar la gráfica de la distribución que mejor se ajusta al proceso.

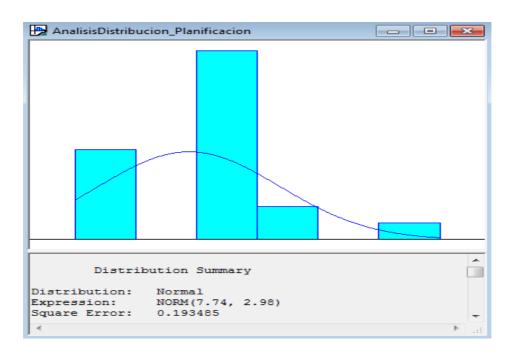


Figura 4.16: Distribución asociada al fase de planificación.

El proceso quedaría definido en Arena según se muestra en la Figura 4.17.

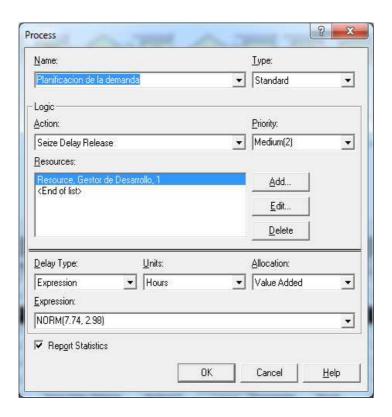


Figura 4.17: Detalle del proceso de planificación en Arena.

4.13 REVISIÓN DE LA PLANIFICACIÓN

Para determinar la distribución de este proceso, hay que obtener los tiempos que tarda el gestor de la demanda en revisar la planificación proporcionada por el gestor de desarrollo, de cada una de las peticiones de desarrollo de la muestra de datos reales. A continuación se introducirán en la herramienta Input Analyzer y está los procesará para identificar la distribución que mejor se ajusta.

En la Figura 4.18 se puede apreciar cual es la gráfica asociada a la distribución identificada como idónea para el proceso.

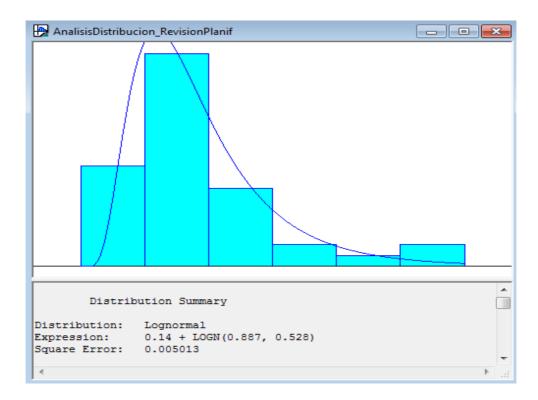


Figura 4.18: Distribución asociada a la fase de revisión de la planificación.

El proceso queda definido en Arena según se muestra en la Figura 4.19, donde se puede apreciar los valores para cada propiedad del proceso.

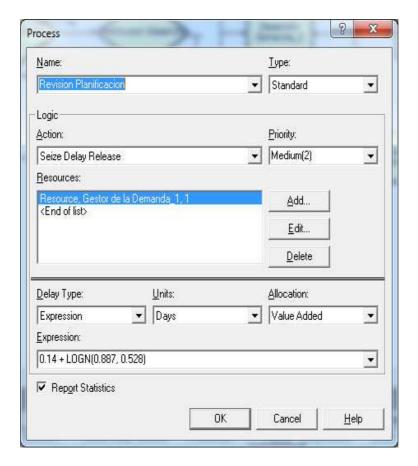


Figura 4.19: Detalle del proceso de revisión de la planificación en Arena.

4.14 DESARROLLO

Al igual que en los procesos anteriores, la estrategia a seguir es la misma. Se cogen los tiempos reales que tarda el suministrador de desarrollo en realizar el desarrollo, de cada una de las peticiones de la muestra de datos reales. Se procesan con Input Analyzer, para que la herramienta determine cuál es la distribución que mejor se ajusta a los tiempos proporcionados.

En la Figura 4.20 se puede observar la gráfica de la distribución, que mejor se ajusta a la muestra proporcionada.

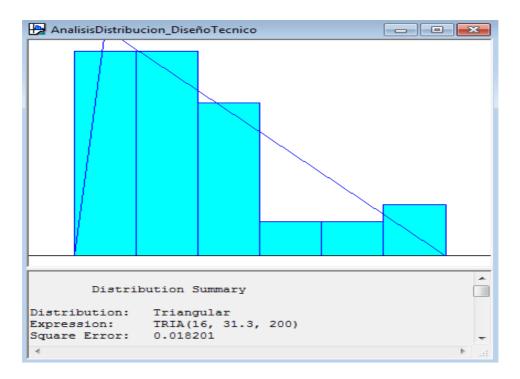


Figura 4.20: Distribución asociada a la fase de desarrollo.

El proceso quedaría definido en Arena según se muestra en la Figura 4.21.

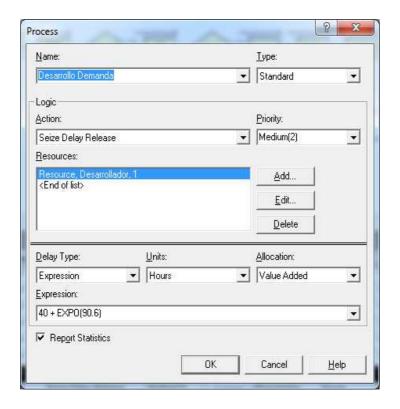


Figura 4.21: Detalle del proceso de desarrollo en Arena.

4.15 PRUEBAS DE CERTIFICACIÓN

De la muestra de tiempos de peticiones de desarrollo disponibles, se cogen los tiempos reales que tarda el certificador en realizar las pruebas de certificación. Se incluyen estos tiempos en Input Analyzer para que se procesen y se identifica cual es la distribución que mejor se ajusta a los mismos.

En la Figura 4.22 se puede observar la gráfica asociada a la distribución obtenida.

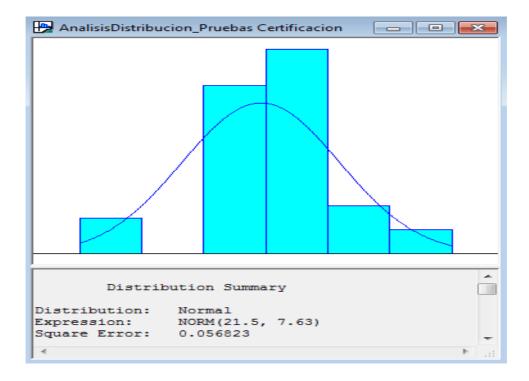


Figura 4.22: Distribución asociada a la fase de pruebas de certificación.

El proceso quedaría definido en Arena según se muestra en la Figura 4.23, dónde se pueden observar los valores para cada uno de los atributos del proceso.

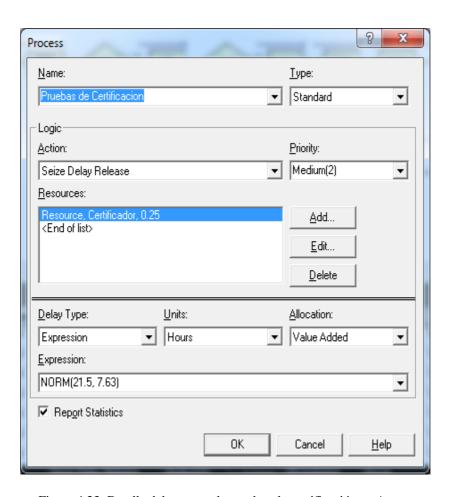


Figura 4.23: Detalle del proceso de pruebas de certificación en Arena.

4.16 IMPLANTACIÓN DEL DESARROLLO

Para determinar la distribución de este proceso, hay que obtener los tiempos que tarda el implantador en implantar el desarrollo en el entorno de producción, de cada una de las peticiones de desarrollo de la muestra de datos reales. A continuación se introducirán en la herramienta Input Analyzer y está los procesará para identificar la distribución que mejor se ajusta.

En la Figura 4.24 se puede apreciar cual es la gráfica asociada a la distribución identificada como idónea para el proceso.

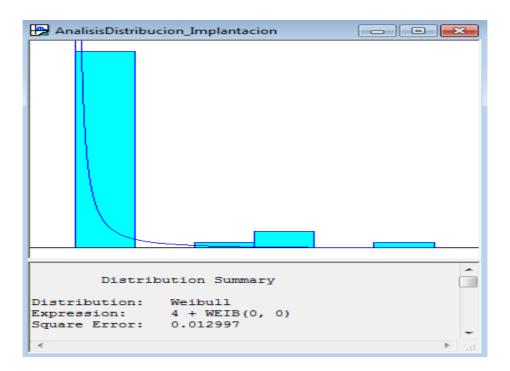


Figura 4.24: Distribución asociada a la fase de implantación.

El proceso quedaría definido en Arena según se muestra en la Figura 4.25.



Figura 4.25: Detalle del proceso de implantación en Arena.

4.17 CONCLUSIONES

Una vez definido el modelo estándar de factoría de software en el Capítulo 3, en este capítulo se ha comenzado la particularización de un escenario específico. Concretamente, se han modelado las entradas y los tiempos de espera de los procesos que componen el flujo del modelo de factoría, para simular el proceso del Roadmap del año 2011 para el proceso de negocio de mantenimiento y postventa. El siguiente paso para poder realizar el ejercicio de simulación de dicho escenario, sería incluir la información referente al número, tipo y coste de los recursos que van a intervenir en el modelo para el escenario escogido.

Modelado y Simulación de una Factoria de Software					

Capítulo 5

Validación del Modelo

5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se va a continuar la parametrización del modelo de factoría estándar que se definió en el Capítulo 3 y que se empezó a particularizar en el Capítulo 4 para el escenario concreto del Roadmap del año 2011 del proceso de negocio de mantenimiento y postventa.

El primer paso será incluir la información referente a los recursos que participaron realmente en el ejercicio del Roadmap del año 2011, para el proceso de negocio de mantenimiento y postventa, en cuanto a número, rol y coste asociado al recurso. Una vez incluida esta información, podremos considerar el proceso de configuración del modelo de factoría de software para el proceso de mantenimiento y postventa del Roadmap del año 2011 finalizado.

El siguiente paso será definir los criterios de validación para el escenario concreto replicado en el modelo. Se realizará la simulación y se compararan los resultados generados por el ejercicio de simulación con los datos reales del escenario en cuestión, para determinar si el modelo refleja fielmente el sistema replicado o no.

Para realizar esta actividad se utilizarán los informes predefinidos que vienen en el panel "Reports" de Arena y que se alimentan tras cada simulación del modelo. En el Capitulo 2 se incluye una descripción detallada de esta utilidad de Arena.

5.2 MODELADO DE LOS COSTES

Para comprender los datos de costes resultantes, es necesario indicar que, en la actual política de gestión de la unidad de sistemas de información, los recursos implicados y con función dentro de la factoría de software son personal subcontratado. El hecho de utilizar este tipo de personal se debe a la flexibilidad que supone para la Operadora cada año poder ajustar el número de personas que necesita para realizar el ejercicio del Roadmap, en función del presupuesto existente o de la carga de trabajo demandada.

A continuación, se detallan los costes para cada uno de los tipos de recursos definidos en el modelo para el escenario específico elegido:

- Gestor de Demanda: como hemos indicado anteriormente, el hecho de que este perfil sea la cara visible de la unidad de sistemas de información ante el área de negocio, y el que va a participar en todas las reuniones de requisitos y seguimiento de los evolutivos, hace que sea imprescindible tenerlo contratado a jornada completa. El tipo de perfil suele ser el de un jefe de proyecto y el coste por jornada (8 horas) actual está en torno a los 420 euros por jornada laboral, que traducido a nuestro modelo serian 52.50 Euros/hora. En este caso el coste aplica tanto si está ocupado como si no.
- Gestor de Desarrollo: este perfil es el que da soporte al gestor de la demanda y gestiona los equipos de desarrollo que también están subcontratados, en este caso a una empresa distinta a la suya, para que no haya conflicto de competencias. El tipo de perfil suele ser el de un jefe de proyecto y el coste por jornada (8 horas) actual está en torno a los 400 euros por jornada laboral.

Traducido a nuestro modelo serían 50 Euros/hora. En este caso el coste aplica tanto si está ocupado como si no.

- Integrador funcional: perfil independiente, cuya tarea es más administrativa que operativa, ya que consiste básicamente en comprobar que los sistemas afectados por la petición de desarrollo no se encuentran en vías de apagado y que la inversión a realizar está alineada con el plan de evolución de sistemas. El coste por jornada (8 horas) actual está en torno a los 200 euros por jornada laboral, que traducido a nuestro modelo serían 25 Euros/hora. En este caso se contrata a jornada completa, pero se comparte entre varios procesos de negocio, por lo que inicialmente en el modelo definido se le asignará una capacidad del 50%.
- Certificador: como se ha indicado con anterioridad, realiza las pruebas de certificación de los desarrollos El tipo de perfil suele ser el de un Programador Senior y el coste por jornada (8 horas) actual está en torno a los 290 euros por jornada laboral, que traducido a nuestro modelo serían 36.25 Euros/hora. En este caso, el coste aplica tanto si está ocupado como si no y se contrata a jornada completa, pero compartido entre varios procesos de negocio. Inicialmente se le asignará una capacidad del 50%.
- Implantador: realiza las implantaciones de los desarrollos en el entorno de producción. El tipo de perfil suele ser el de un Técnico de Sistemas y el coste por jornada (8 horas) actual está en torno a los 250 euros por jornada laboral, que traducido a nuestro modelo serian 31,25 Euros/hora. En este caso se contrata a jornada completa, pero compartido entre varios procesos de negocio. Inicialmente se le asignará una capacidad del 50%.

• Desarrollador: en este caso concreto no se contratan personas, sino se contratan jornadas de desarrollo. El coste por jornada de desarrollo es de 320 Euros, lo que traducido a nuestro modelo son 40 Euros la hora. En este caso al no contratarse personas sino jornadas de desarrollo, cuando la persona no está ocupada no incurre en coste en el modelo, por lo que definimos el coste cuando el recurso no está ocupado igual a cero.

Por lo que finalmente la definición del tipo de recurso, número de recursos por tipo y costes que cada tipo de recurso imputa al modelo en el proceso de simulación en Arena sería el mostrado en la Figura 5.1.

Resource - Basic Process						
	Name	Туре	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use
1	Integrador Funcional	Fixed Capacity	0.5	25.0	25.0	0.0
2	Gestor de Desarrollo	Fixed Capacity	2	50	50	0.0
3	Certificador	Fixed Capacity	0.5	36.25	36.25	0.0
4	Implantador	Fixed Capacity	0.5	31.25	31.25	0.0
5	Desarrollador	Fixed Capacity	6	40	0	0.0
6	Gestor de la Demanda	Fixed Capacity	2	52.50	52.50	0.0

Figura 5.1: Detalle de los recursos asignados al modelo en Arena. Los costes son en Euros.

5.3 CRITERIOS DE VALIDACIÓN DEL MODELO

Se definen los siguientes criterios de validación para el modelo de factoría de software. Los dos primeros, el coste y el tiempo, son los fundamentales. El ultimo es un criterio secundario.

El coste: se refiere al coste total que supondría el procesamiento de todas las
peticiones de desarrollo recogidas para un determinado año, para el proceso de
negocio de mantenimiento y postventa (modelo definido), tanto en las peticiones

que finalmente se implementen, como el coste invertido en aquellas peticiones que se cancelen durante el proceso, ya que hasta el momento de la cancelación también se ha invertido esfuerzo. Para considerar válido el escenario implementado en nuestro modelo, el coste total para el ejercicio del Roadmap 2011 debería de estar en torno a los 470.000 Euros.

- El tiempo: el tiempo total que dura el procesamiento de todas las peticiones de desarrollo solicitadas, se hayan implantado o cancelado. Para considerar el modelo definido válido, el tiempo total no debería ser inferior a los 6 meses, ni superior a los 9 meses. Este rango es debido a que el proceso completo del Roadmap viene a durar un año, pero tres meses se emplean en identificar toda la demanda de las áreas de negocio y realizar los ejercicios de priorización necesarios hasta que lo solicitado tenga cabida en el presupuesto existente para evolutivos. Hay que tener en cuenta que el ejercicio del Roadmap sólo se contemplan las tareas de mantenimiento evolutivo de los sistemas actuales.
- Porcentaje de peticiones implantadas sobre las solicitadas: el objetivo es comprobar si el porcentaje de peticiones de desarrollo realizadas del total de solicitadas se ajusta a la realidad. Se deben de tener en cuenta tareas canceladas por no estar alineadas con el mapa de sistemas, por ser inviables técnicamente o rechazadas por costosas. El porcentaje debe de situarse en torno al 90 %.

Para facilitar la realización de la validación del modelo definido, se ha incluido un módulo de tipo "Record" por cada uno de los criterios definidos a excepción del coste.

Para el cálculo del tiempo medio de realización del Roadmap se ha configurado el módulo record tal y como se puede ver en la Figura 5.2.



Figura 5.2: Detalle módulo Record para el cálculo del tiempo de demandas realizadas.

El atributo "Tiempo de llegada", tal y como se definió en el módulo de tipo "Assign", guarda el tiempo de llegada de una petición de desarrollo al modelo con la variable "TNow" y al llegar a este punto, calcula el intervalo de tiempo transcurrido.

Para los otros tres indicadores, sólo se muestra la configuración de uno, ya que los otros dos son exactamente iguales a excepción de que calculan casuísticas distintas. Son meros contadores de las entidades que circulan por ellos.



Figura 5.3: Detalle módulo Record para el conteo de peticiones canceladas por valoración excesiva.

5.4 CONFIGURACION DEL EXPERIMENTO

Para garantizar que las conclusiones sobre los datos resultantes de la simulación del modelo definido tienen un grado de fiabilidad alto, se establece un número de réplicas significativo: 15. Así se configura en Arena dentro de la opción de menú "Run" en el apartado "Setup". Además, se le indica que la unidad base de tiempo es la hora y que después de cada replica reinicie el sistema y el cálculo de estadísticas. En la Figura 5.4 se puede apreciar la configuración de los parámetros del proyecto.

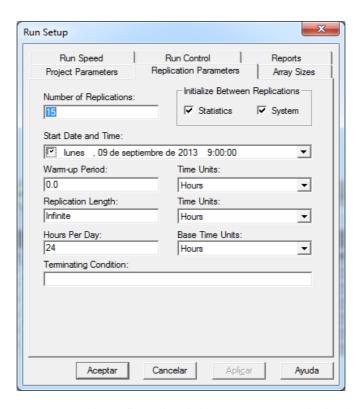


Figura 5.4: Ventana de configuración de los parámetros para la simulación.

5.5 PRIMER EJERCICIO DE SIMULACIÓN DEL MODELO

Tras ejecutar la simulación del modelo, se obtienen los valores de las variables que se han identificado como criterios de validación del modelo. Para la obtención de los datos nos apoyamos en el modulo "Reports" de Arena. Para la validación del coste total medio obtenido tras la ejecución de todas las réplicas del proceso de negocio de Mantenimiento y postventa para el ejercicio del Roadmap del año 2011, obtenemos los datos a contrastar del informe "Category Overview" del modulo "Reports" de Arena se muestra en la Figura 5.5.

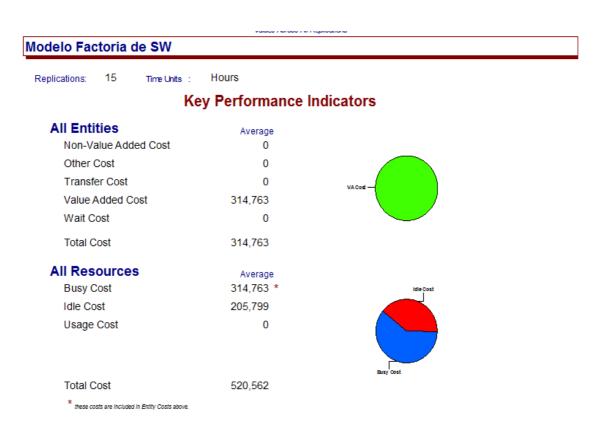


Figura 5.5: Salida del informe "Category Overview" tras la simulación.

Analizando los resultados obtenidos tras la ejecución del modelo de factoría definido, en lo que a la variable del coste total se refiere, se identifica que no se ajusta a lo esperado, teniendo una desviación significativa del 11% con respecto al dato de referencia, por lo que se procederá a revisar la asignación de costes al modelo, tratando de identificar la causa de la desviación.

Para la validación del tiempo total empleado en cada replica, se va a obtener del registro de la variable incluida en la tarea de tipo "Record" denominada "Tiempo Demandas Realizadas". Esta variable se ha definido en el capítulo anterior y se guarda en el fichero de salida de todos los datos estadísticos del proyecto "Modelo Factoria_SW.out". Los datos en horas obtenidos del fichero se pueden observar en la Figura 5.6.

Replica	nt Identifier	Average	Minimum	Maximum	Observation
1	Tiempo Demandas Realizadas	994.67	781.61	1292.5	22
2	Tiempo Demandas Realizadas	1193.2	692.17	1827.0	21
3	Tiempo Demandas Realizadas	1201.1	747.56	1823.7	21
4	Tiempo Demandas Realizadas	1069.7	808.57	1366.4	21
5	Tiempo Demandas Realizadas	1024.5	809.55	1242.2	24
6	Tiempo Demandas Realizadas	1072.9	745.64	1545.8	22
7	Tiempo Demandas Realizadas	1508.6	913.51	1860.1	21
8	Tiempo Demandas Realizadas	1413.3	815.22	1673.7	22
9	Tiempo Demandas Realizadas	1274.4	722.56	1553.6	20
10	Tiempo Demandas Realizadas	1433.9	737.28	2028.1	23
11	Tiempo Demandas Realizadas	1265.1	775.75	1844.5	23
12	Tiempo Demandas Realizadas	947.45	730.26	1369.5	22
13	Tiempo Demandas Realizadas	1127.9	760.91	1665.6	22
14	Tiempo Demandas Realizadas	1206.9	807.81	1635.5	20
15	Tiempo Demandas Realizadas	1149.2	741.03	1508.3	19

Figura 5.6: Tiempo total en horas de la realización de las demandas por cada una de las replicas.

Se procede a calcular la media de los valores en horas obtenidos de las 15 réplicas realizadas en el ejercicio de simulación. El resultado se muestra en la Figura 5.7.

Nº Replicat.	Identifier	Average Minimum Maximum Observa	ations
15	Tiempo Demandas Realizadas	1192.18 772.62 1493.96	21.50

Figura 5.7: Media de los tiempos en horas de las 15 replicas realizadas en la simulación.

Para interpretar y poder validar el criterio del tiempo total empleado, hay que tener en cuenta que los datos vienen en horas y que se tienen que transformar a jornadas de trabajo. Para ello, se toma como dato de referencia la jornada de trabajo semanal estándar de 40 horas. Realizando el cálculo oportuno se tiene que:

- Duración media: 30 semanas, lo que supone aproximadamente 7 meses y medio.
- Duración mínima: 20 semanas, lo que supone aproximadamente 5 meses.
- Duración máxima: 37 semanas, lo que supone aproximadamente 9 meses y medio.

Por lo que al ajustarse los datos obtenidos a los rangos establecidos para este criterio de validación (Capitulo 5.1), se concluye que el modelo cumple con dicho criterio.

Para la validación del criterio referente al porcentaje de demandas realizadas con respecto a las demandas solicitadas, se calcula dicho porcentaje en función de la media de demandas realizadas en las 15 réplicas: 21.5 y el número de solicitudes procesadas: 24. El porcentaje resultante es de un 89.6 % el cual supone una desviación del 0.4 % sobre el dato de referencia (90%), por lo que se concluye que el modelo cumple con este criterio de validación.

5.6 AJUSTES SOBRE EL MODELO

La conclusión obtenida del capítulo anterior es que se cumplen dos de los tres criterios de validación que se han establecido para el modelo. Únicamente el criterio referente al coste total establecido no cumple. Se procede a revisar la asignación de costes al modelo para tratar de identificar algún tipo de error.

Finalmente y tras confirmar que todos los importes en Euros incluidos son correctos, se identifica el error en la asignación de capacidades a aquellos actores que se comparten con otros procesos de negocio. La compartición de estos tipos de recursos es más amplia que la especificada en nuestro modelo. Se procede a disminuir la dedicación a este proceso de negocio de los siguientes actores: Integrador funcional, certificador e implantador, de un 50% a un 25 %.

Por lo que la definición de recursos en Arena queda finalmente como se describe en la Figura 5.8.

	Name	Туре	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use
1	Integrador Funcional	Fixed Capacity	0.25	25.0	25.0	0.0
2	Gestor de Desarrollo	Fixed Capacity	2	50	50	0.0
3	Certificador	Fixed Capacity	0.25	36.25	36.25	0.0
4	Implantador	Fixed Capacity	0.25	31.25	31.25	0.0
5	Desarrollador	Fixed Capacity	6	40	0	0.0
6	Gestor de la Demanda	Fixed Capacity	2	52.50	52.50	0.0

Figura 5.8: Detalle de los recursos asignados al modelo en Arena. Los costes son en Euros.

Se vuelve a ejecutar la simulación del modelo con la configuración especificada para la primera ejecución, pero incluyendo las modificaciones en los costes para los recursos compartidos. Los nuevos resultados se pueden observar en la figura 5.9.

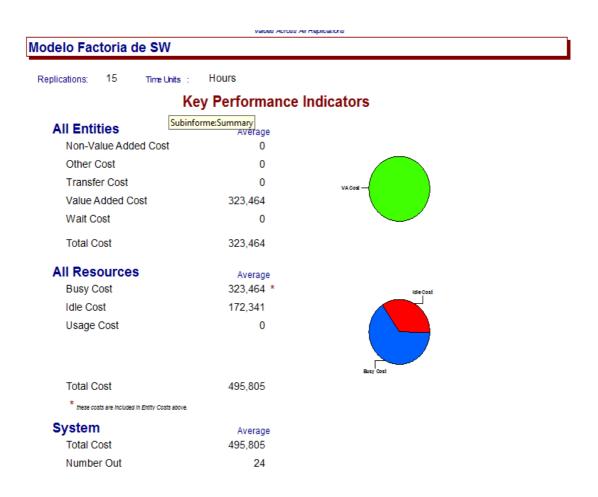


Figura 5.9: Salida del informe "Category Overview" tras la nueva simulación.

Como se puede comprobar, el coste total obtenido ha disminuido ostensiblemente la desviación, situándose en torno a un 5% sobre el dato de referencia, lo que se considera un margen aceptable y se da por cumplido el criterio de validación.

Se obtienen de nuevo los datos para el cálculo del tiempo total empleado en el proceso y de las peticiones de desarrollo implantadas, para revisar que los otros dos criterios de validación no se han visto afectados de manera significativa por la modificación incluida, mostrándose los datos de los mismos en la Figura 5.10.

Replica	Identifier	Average	Minimum	Maximum	Observation
1	Tiamas Damandas Baslinadas	1200.2	770.72	10162	22
1	Tiempo Demandas Realizadas	1288.2	772.73	1916.3	23
2	Tiempo Demandas Realizadas	1379.8	644.87	1735.0	21
3	Tiempo Demandas Realizadas	1379.8	644.87	1735.0	21
4	Tiempo Demandas Realizadas	1436.1	793.38	1883.9	24
5	Tiempo Demandas Realizadas	1096.1	783.00	1352.9	19
6	Tiempo Demandas Realizadas	1059.5	805.16	1294.4	22
7	Tiempo Demandas Realizadas	1322.9	927.54	1641.1	21
8	Tiempo Demandas Realizadas	1167.2	708.19	1398.0	16
9	Tiempo Demandas Realizadas	1297.1	655.48	1769.2	21
10	Tiempo Demandas Realizadas	1390.1	563.02	1946.8	23
11	Tiempo Demandas Realizadas	1270.4	749.82	1821.8	23
12	Tiempo Demandas Realizadas	1089.2	847.64	1421.3	22
13	Tiempo Demandas Realizadas	1150.6	750.87	1680.7	23
14	Tiempo Demandas Realizadas	1174.6	791.94	1488.6	22
15	Tiempo Demandas Realizadas	1366.5	749.40	1775.9	22

Figura 5.10: Tiempo total en horas de la realización de las demandas por cada una de las replicas.

Se procede a calcular la media de los valores en horas obtenidos de las 15 réplicas realizadas en el ejercicio de simulación. El resultado se muestra en la Figura 5.11.

Replications	s Identifier	Average	Minimum	Maximum	Observations
15	Tiempo Demandas Realizadas	1257.8	745.86	1657.33	21.53

Figura 5.11: Media de los tiempos en horas de las 15 replicas realizadas en la simulación.

El dato medio sobre las duraciones totales del proceso asciende ligeramente y pasa de 30 semanas a 31, lo cual no supone una variación significativa del criterio y se sigue manteniendo en los límites establecidos. Respecto al porcentaje de demandas realizadas sobre demandas solicitadas, el dato es prácticamente el mismo, por lo que tampoco sufre variación este criterio. Con estos resultados se puede concluir que el modelo de Factoría de Software realizado cumple los criterios de validación establecidos.

5.7 VARIACIONES EN EL NÚMERO DE PETICIONES

Por último y con el objetivo de confirmar que el modelo definido es un modelo valido, se van a realizar dos experimentos más que servirán para comprobar que el modelo de factoría de software tiene un comportamiento coherente ante variaciones significativas del número de peticiones de desarrollo que procesa.

• Se va a reducir el número de peticiones de desarrollo a procesar en un 25%. Concretamente se pasa de 24 demandas que teníamos definidas como entrada del modelo a 18. El comportamiento esperado será una reducción más o menos proporcional del coste y el tiempo total de ejecución que se han obtenido en el procesamiento de 24 peticiones de desarrollo. Al ejecutar el modelo se producen los resultados que se pueden observar en la Figura 5.12.

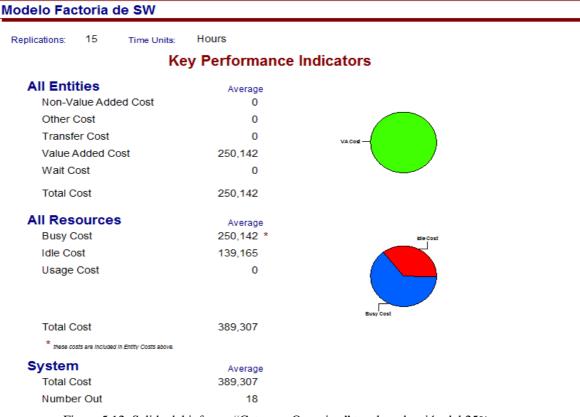


Figura 5.12: Salida del informe "Category Overview" tras la reducción del 25%.

Los resultados en cuanto al criterio del coste total del procesamiento de las demandas suponen una reducción del coste respecto del escenario anterior que alcanza el 21.5 %, por lo que podemos concluir que esta variable se ha comportado según lo esperado ante una reducción significativa del número de demandas a procesar.

Respecto al criterio del tiempo total empleado, se procede según el caso estándar a recoger los tiempos de las 15 replicas realizadas. Podemos observar los resultados en las Figuras 5.13 y 5.14.

Replica	Identifier	Average	Minimum 1	Maximum O	bservation
1	Tiomno Domandos Doolizados	020.26	616.06	1205 1	1.5
1	Tiempo Demandas Realizadas	929.26		1205.1	15
2	Tiempo Demandas Realizadas	893.46		1208.5	16
3	Tiempo Demandas Realizadas	906.80	562.09	1150.8	15
4	Tiempo Demandas Realizadas	1021.80	729.20	1283.9	17
5	Tiempo Demandas Realizadas	924.78	508.52	1255.6	17
6	Tiempo Demandas Realizadas	1005.82	632.17	1324.6	17
7	Tiempo Demandas Realizadas	979.08	639.10	0 1358.2	2 16
8	Tiempo Demandas Realizadas	952.67	734.41	1436.4	17
9	Tiempo Demandas Realizadas	1086.5	707.44	1678.0	18
10	Tiempo Demandas Realizadas	822.83	589.58	1162.5	18
11	Tiempo Demandas Realizadas	887.17	594.24	1104.7	16
12	Tiempo Demandas Realizadas	958.67	725.02	1154.9	16
13	Tiempo Demandas Realizadas	940.49	616.17	1327.1	18
14	Tiempo Demandas Realizadas	1039.1	506.11	1432.3	16
15	Tiempo Demandas Realizadas	1028.8	525.9	6 1323.2	15

Figura 5.13: Tiempo total en horas tras la reducción del 25% de peticiones por replica.

Replication	s Identifier	Average	Minimum	Maximum	Observations
15	Tiempo Demandas Realizadas	958.37	620.48	1293.72	16.4

Figura 5.14: Media de los tiempos en horas de las 15 replicas tras la reducción del 25%.

El tiempo medio total empleado en el procesamiento de las demandas se reduce en un 23.8% y el de los valores mínimo y máximo en un 17.8% y 22 % respectivamente, por lo se puede decir que el comportamiento de esta variable es el esperado para el nuevo escenario probado. El criterio referente al porcentaje de demandas realizadas sobre demandas solicitadas no varía, manteniéndose en torno al 90% (91%), ya que las variaciones en el número de demandas no deberían verse alteradas porque el número de demandas varié.

 La siguiente prueba consiste en aumentar en un 25% el número de demandas con respecto al escenario inicial que teníamos, concretamente se pasa a procesar 30 demandas Se ejecuta el modelo observándose los resultados en la Figura 5.15.

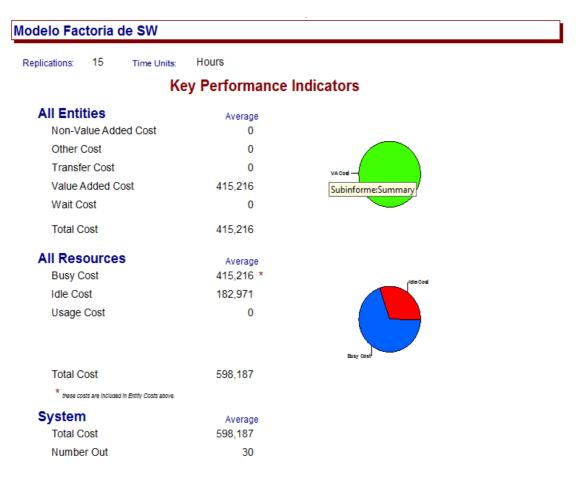


Figura 5.15: Salida del informe "Category Overview" tras el aumento del 25%.

Los resultados en cuanto al criterio del coste total del procesamiento de las demandas suponen un aumento del coste respecto del escenario inicial que alcanza el 17.1 %, por lo que podemos concluir que esta variable se ha comportado según lo esperado ante un aumento significativo del número de demandas a procesar. Aunque no se acerca al 25% de aumento, este dato se deberá tener en cuenta para el próximo capítulo, en cuanto a cómo enfocar la optimización del modelo.

Respecto al criterio del tiempo total empleado, procedemos según el caso estándar a recoger los tiempos de las 15 replicas realizadas. Los resultados los podemos observar en las Figuras 5.16 y 5.17.

Repli	ca Identifier	Average	Minimun	Maximun	Observ.
1	Tiempo Demandas Realizadas	1476.9	1129.8	2012.7	26
2	Tiempo Demandas Realizadas	1358.3	905.27	1832.5	28
3	Tiempo Demandas Realizadas	1450.0	952.49	2004.8	27
4	Tiempo Demandas Realizadas	1597.8	967.88	2104.9	27
5	Tiempo Demandas Realizadas	1491.1	949.11	1954.3	28
6	Tiempo Demandas Realizadas	1296.6	943.33	1731.0	26
7	Tiempo Demandas Realizadas	1610.2	1317.1	2008.2	26
8	Tiempo Demandas Realizadas	1556.3	900.53	2139.1	27
9	Tiempo Demandas Realizadas	1406.3	1005.4	1724.5	26
10	Tiempo Demandas Realizadas	1388.2	715.35	1818.0	27
11	Tiempo Demandas Realizadas	1849.8	1068.1	2497.5	28
12	Tiempo Demandas Realizadas	1458.7	920.27	1952.5	28
13	Tiempo Demandas Realizadas	1388.4	880.18	1896.8	27
14	Tiempo Demandas Realizadas	1451.8	1054.7	1813.7	28
15	Tiempo Demandas Realizadas	1455.6	981.40	1886.1	28

Figura 5.16: Tiempo total en horas tras el aumento del 25% de las peticiones por replica.

Replications	s Identifier	Average	Minimum	Maximum	Observations
15	Tiempo Demandas Realizadas	1482.34	979.394	1958.44	27.1

Figura 5.17: Media del Tiempo total en horas tras el aumento del 25% de las peticiones.

El tiempo medio total empleado en el procesamiento de las demandas aumenta en un 16%, y el de los valores mínimo y máximo en un 23% y 16% respectivamente, por lo se puede decir que el comportamiento de esta variable es el esperado para el nuevo escenario probado. El criterio referente al porcentaje de demandas realizadas sobre demandas solicitadas no varía, manteniéndose en torno al 90% (90.3%).

5.8 CONCLUSIONES

Es este capítulo se ha elegido como escenario concreto para poder comprobar si el modelo de factoría de software es válido: el ejercicio del Roadmap del año 2011, para el proceso de negocio de mantenimiento y postventa de la operadora. La razón de la elección ha sido por disponer de los datos reales de dicho proceso en dicho ejercicio. A continuación, se ha configurado el modelo definido con los datos de dicho proceso y se ha realizado la simulación del proceso.

Se han analizados los datos obtenidos de todos los casos realizados y tras dicho análisis se ha podido concluir que el modelo de factoría de software diseñado reproduce fielmente el funcionamiento de una factoría de software. Por lo tanto, se ha confirmado que el modelo es válido.

En el directorio "modelos Arena\Modelo Validado\Informes Resumen" del CD contiene el análisis exhaustivo de los datos referentes a procesos, entidades, recursos, colas, etc. del modelo de Factoría de Software referente al caso inicial en el que se procesan las 24 demandas que constituyen el ejercicio del Roadmap 2011.

Esta documentación será objeto de análisis y constituirá el punto de partida de la siguiente fase de este proyecto, que es analizar si es posible optimizar el modelo de Factoría de Software tal y como se ha definido. Esta fase se desarrollará en el próximo capítulo de esta memoria. En el Anexo B de esta memoria se pueden consultar con detalle los informes proporcionados por Arena con respecto a la simulación del modelo validado.

Capítulo 6

Experimentación y Optimización

6.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene por objetivo comprobar si el modelo de factoría de software particularizado para el proceso de negocio de mantenimiento del Roadmap 2011 estaba optimizado o si por el contrario es optimizable.

Para conseguir este objetivo se van a aplicar técnicas de diseño estadístico de experimentos. El diseño de experimentos constituye una aproximación estructurada al estudio del impacto que tienen los parámetros del modelo sobre su respuesta. Dado que en el modelo definido los procesos son intocables, los factores a estudiar serán el uso de los recursos empleados en el modelo.

La optimización que se pretende conseguir es la reducción del coste total del modelo particularizado, sin que se supere el umbral del tiempo establecido para este criterio de validación: 9 meses. Para el análisis de los resultados de cada experimento se utilizarán los informes predefinidos que vienen en el panel "Reports" de Arena y que se alimentan tras cada simulación del modelo.

6.2 DISEÑO DE LOS EXPERIMENTOS

Como ya se ha indicado en la introducción, el elemento clave en estos experimentos es el uso de los recursos humanos. La razón es que el coste obtenido de ejecutar el modelo es el coste asociado al uso de los recursos humanos en los diferentes procesos que lo componen. Luego la pregunta a la que deberán de contestar los experimentos será, si el modelo está correctamente dimensionado en referencia a los recursos humanos que participan en él o puede ser optimizado.

Al analizar el grafico de tarta de porcentaje de utilización de los recursos del modelo validado (Figura 6.1), se puede apreciar cual es el porcentaje del coste en el que el conjunto de recursos está ocupado y cual el coste en el que el recurso no está ocupado (color rojo) y el importe que dicho coste repercute en el modelo: 172.341 Euros, un 34.7% del coste total.

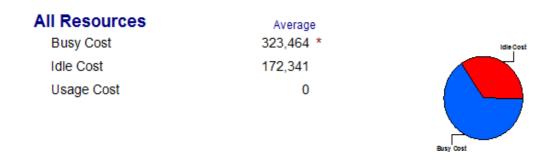


Figura 6.1: Desglose de los costes de recursos del modelo validado.

Para profundizar en el detalle de este coste cuando el recurso no está ocupado, se utilizará uno de los módulo del panel de procesos avanzados de Arena. Concretamente, el módulo "Statistics" y se definirán una serie de indicadores para recoger los porcentajes de ocupación de cada tipo de recurso definido en el modelo. Véase la Figura 6.2.

	Name	Type	Frequency Type	Resource Name	Report Label
1	Uso GC_1	Frequency	State	Gestor de la Demanda	Uso Gestor Demanda
2	Uso GD_1	Frequency	State	Gestor de Desarrollo	Uso Gestor desarrollo
3	Uso_Integrador	Frequency	State	Integrador Funcional	Uso_Integrador
4	Uso Desarrollador_1	Frequency	State	Desarrollador	Uso Desarrollador
5	Uso_Certificador	Frequency	State	Certificador	Uso Certificador
6	Uso Implantador	Frequency	State	Implantador	Uso Implantador

Figura 6.2: Definición de los indicadores de uso de los tipos de recurso en el módulo Statistics.

Volvemos a ejecutar el modelo validado y en uno de los informes que proporciona la herramienta "Reports" de Arena denominado "Frequencies" se encuentran los valores para cada indicador definido para una de las replicas. Véase en la Figura 6.3.

delo Factoria de SW			F	Replications: 15
Replication 1	Start Time:	0,00 Stop Time:	1.916,40 Tir	me Units: Hours
Uso Certificador	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percen
BUSY	27	23.3370	32.88	32,88
IDLE	28	45.9392	67.12	67,12
Uso Desarrollador	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percen
BUSY	12	111.49	69.81	69,81
IDLE	13	44.5039	30.19	30,19
Uso Gestor Demanda	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percen
BUSY	15	58.5923	45.86	45,86
IDLE	15	69.1675	54.14	54,14
Uso Gestor desarrollo	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percen
BUSY	1	1,296.23	67.64	67,64
IDLE	2	310.09	32.36	32,36
Uso Implantador	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percen
BUSY	23	4.0752	4.89	4,89
IDLE	23	79.2464	95.11	95,11
Uso Integrador	FrequencyQry.Nur	mObs (Numérico) me	Standard Percent	Restricted Percen
BUSY	22	7.2856	8.36	8,36
IDLE	23	76.3527	91.64	91,64

Figura 6.3: Informe "Frequencies" con los indicadores definidos en el módulo "Statistics".

Una vez analizados los datos de las diferentes réplicas se procede a identificar aquellos experimentos que interesa realizar. Los agruparemos por tipo de recurso.

El gestor de la demanda tiene un tiempo de ocupación entorno al 45%. Se debe
de realizar la simulación del proceso reduciendo en uno el número de recursos y
añadiendo uno, para ver si se puede optimizar su uso. Habrá que tener en cuenta
la variación en los criterios de coste y tiempo total del proceso.

- El gestor de desarrollo está más aprovechado: en torno a un 70%. No obstante se hará un estudio similar por si fuera posible optimizar su participación en el proceso.
- En el caso del desarrollador, se deberá experimentar con el impacto que en el modelo tenga la inclusión de más recursos de este tipo.
- No tiene sentido como se está facturando el coste del integrador en el modelo.
 Tiene porcentajes de desocupación en torno al 91%. Obviamente este modelo de contratación no tiene mucha lógica y aporta un coste innecesario al proceso. Se debe de emplear un tipo de contratación más eficiente.
- El caso del implantador es el mismo que el anterior, llegando incluso a porcentajes de desocupación del 95%.
- En el caso del certificador al ser dos tareas diferentes se opta por bajar un 50% su capacidad de disponibilidad. Se debe de probar el modelo asignando al recurso una capacidad del 12.5 %.

6.3 EXPERIMENTOS DEL PERFIL GESTOR DE LA DEMANDA

El objetivo de estos experimentos es determinar si el número de gestores de la demanda que se han incluido en el modelo que se ha validado en el punto anterior, es el más óptimo o no. Para ello se simulará el modelo de factoría de software particularizado con 1 gestor de la demanda y posteriormente con 3 gestores de la demanda.

Al ejecutar el modelo de factoría de software definido con un solo gestor de la demanda, las variaciones en cuanto al coste obtenidas son las mostradas en la Figura 6.4.

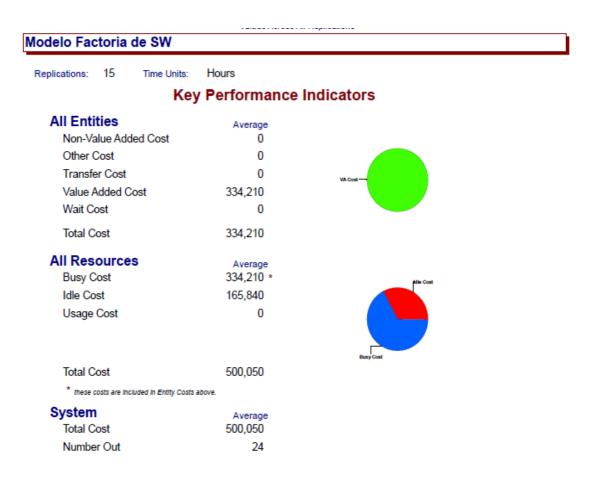


Figura 6.4: Salida del informe "Category Overview" con 1 gestor de la demanda.

En cuanto al criterio del coste, se produce un aumento del mismo poco significativo: menos del 1%. Respecto al criterio del tiempo total empleado en la demanda, obtenemos el dato medio de las 15 replicas del fichero ".OUT" correspondiente. Véase la Figura 6.5.

Replica	Identifier	Average	Minimun Ma	aximun Ob	serv.
15	Tiempo Demandas Realizadas	1812.6	1358.7	2121.4	22.1

Figura 6.5: Media de los tiempos de realización de las demandas con 1 gestor de la demanda.

Esto supone un aumento del 30% del tiempo con respecto al tiempo total empleado en el modelo validado.

La conclusión es clara: la reducción a un gestor de la demanda aumenta el coste y el tiempo total empleado, por lo que es una medida ineficiente que no optimiza el modelo.

Se ejecuta el modelo de factoría de software particularizado con tres gestores de la demanda. Las variaciones en cuanto al coste se pueden observar en la Figura 6.6.

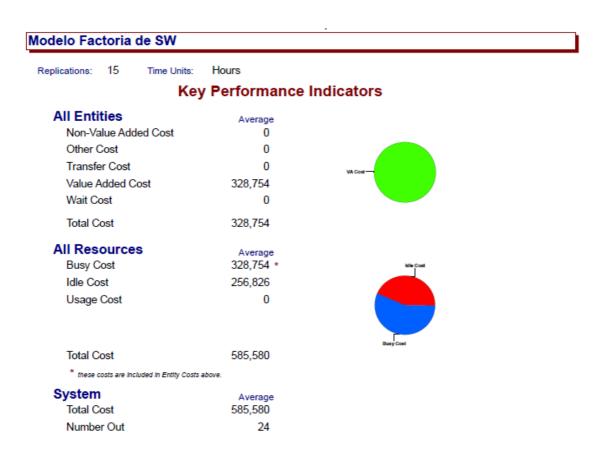


Figura 6.6: Salida del informe "Category Overview" con 3 gestores de la demanda.

Al analizar los costes se identifica un aumento en los mismos en valor porcentual del 15% que no es asumible, por lo que no tiene sentido analizar ya el impacto en el tiempo total.

Se puede concluir, tras analizar los resultados de estos dos experimentos, que el número de gestores de la demanda del modelo validado es el óptimo, no identificándose ninguna medida que pueda optimizar el modelo con respecto a este perfil.

6.4 EXPERIMENTOS DEL PERFIL GESTOR DE DESARROLLO

El objetivo de estos experimentos es determinar si el número de gestores de desarrollo que se han incluido en el modelo validado es el óptimo o no. Para ello se procederá a ejecutar el proceso de simulación del modelo de factoría de software con 1 gestor de desarrollo y con 3 gestores de desarrollo.

Al ejecutar el modelo de factoría de software definido con un solo gestor de desarrollo, la variación en cuanto al coste se puede observar en la Figura 6.7.

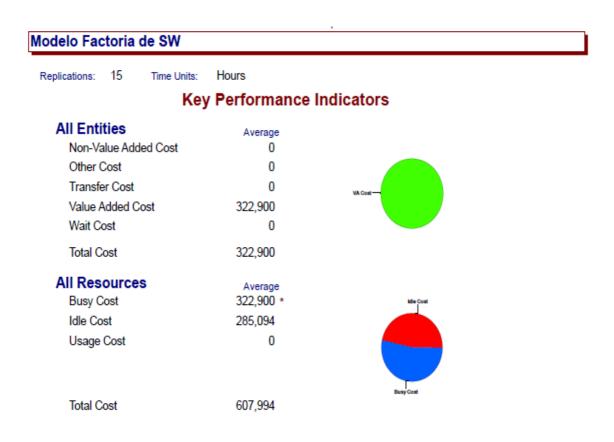


Figura 6.7: Salida del informe "Category Overview" con 1 gestor de desarrollo.

Al analizar los costes se identifica un aumento en los mismos en valor porcentual del 18.4% que no es asumible, por lo que no tiene sentido analizar ya el impacto en el tiempo total.

Entrando en detalle, el coste que se dispara es el de desocupación, esto se debe a que al reducir un gestor de desarrollo se incrementan los tiempos de espera en los procesos que atiende, produciéndose un retraso en los procesos posteriores a lo largo de toda la cadena. Esto supone que el resto de perfiles pasen más tiempo desocupados, a la espera de que puedan que actuar.

Al ejecutar el modelo de factoría de software definido con tres gestores de desarrollo, las variaciones en cuanto al coste obtenidas se muestran en la Figura 6.8.

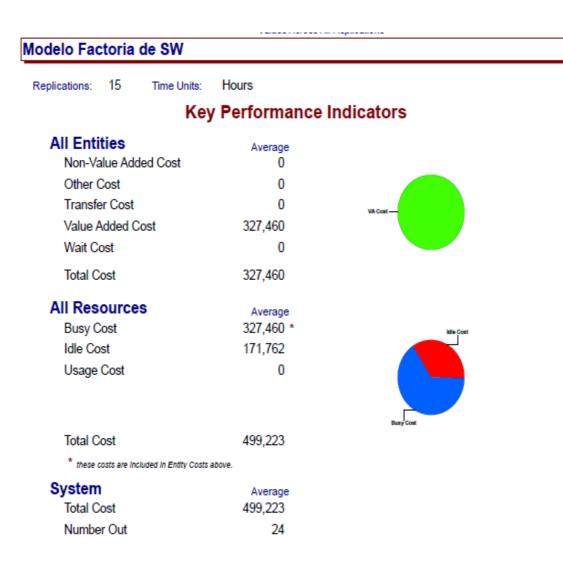


Figura 6.8: Salida del informe "Category Overview" con 3 gestores de desarrollo.

En cuanto al criterio del coste, se produce un aumento del mismo pero muy poco significativo: en torno al 0.6%. Respecto al criterio del tiempo total empleado en la demanda, obtenemos el dato medio de las 15 replicas del fichero ".OUT" correspondiente y que se muestra en la Figura 6.9. Comparado con los tiempos del modelo validado que se muestran en la Figura 6.10, suponen una reducción del 17.1% del tiempo con respecto al tiempo total empleado. La conclusión tras analizar los resultados es que, con un aumento insignificante del coste, se produce una reducción considerable del tiempo total empleado, por lo que la medida mejora la eficiencia del modelo validado.

Replica	Identifier	Average	Minimun	Maximun	Observ.
15	Tiempo Demandas Realizadas	1043.4	758.99	1373.74	22.46

Figura 6.9: Media de los tiempos de realización de las demandas con 3 gestores de desarrollo.

Replica	Identifier	Average	Minimun	Maximun	Observ.
15	Tiempo Demandas Realizadas	1257.8	745.86	1657.33	21.53

Figura 6.10: Media de los tiempos de realización de las demandas del modelo validado.

6.5 EXPERIMENTOS DEL PERFIL INTEGRADOR FUNCIONAL

En este caso concreto, donde se pueden identificar porcentajes del 91% de desocupación. El experimento va a consistir en incluir una contratación por servicio. El servicio consistirá en realizar la función que el integrador realiza en el modelo definido, pero a diferencia de antes, se facturara por demanda procesada.

A través de la hoja de tiempos reales invertidos en cada fase del proceso de realización de las demandas, se obtiene el tiempo medio que necesita un integrador para realizar su función y que exactamente es de 6.44 horas. Teniendo en cuenta que el coste por hora es de 25 euros, se calcula que el coste por actuación asciende a 161 Euros.

Se debe de probar el modelo cambiando la asignación de costes de este perfil, pasando a imputar un coste fijo por demanda procesada. Se refleja el nuevo modelo de contratación en el modulo "Resource" del modelo. Véase la Figura 6.11.

	Name	Туре	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Us
1	Integrador Funcional	Fixed Capacity	0.25	0	0	161
2	Gestor de Desarrollo	Fixed Capacity	2	50	50	0.0
3	Certificador	Fixed Capacity	0.25	36.25	36.25	0.0
4	Implantador	Fixed Capacity	0.25	31.25	31.25	0
5	Desarrollador	Fixed Capacity	6	40	0	0.0
6	Gestor de la Demanda	Fixed Capacity	2	52.5	52.5	0.0

Figura 6.11: Módulo de recursos modificado para el experimento.

Se ejecuta el modelo y se observa un descenso en el coste del proyecto. Concretamente se reduce el coste total en torno a un 2%, lo que supone unos 9.000 Euros aproximadamente. Al no modificar la capacidad del recurso en el modelo no tiene impacto en el tiempo total empleado en el mismo. Véase la Figura 6.12.

Como conclusión se identifica que la medida mejora la eficiencia del modelo validado, ya que reduce el coste total del mismo y los tiempos de desocupación del tipo de recurso no afectando al tiempo total de duración del proceso de simulación.

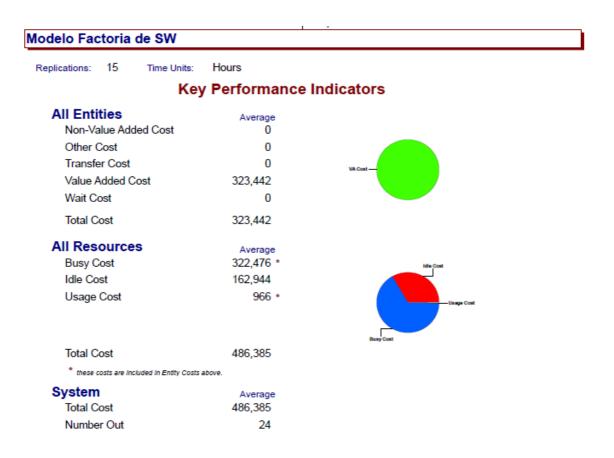


Figura 6.12: Salida del informe "Category Overview" con cambio del modelo de coste del integrador.

6.6 EXPERIMENTOS DEL PERFIL IMPLANTADOR

Es un caso similar al del integrador, en donde se llega a porcentajes de desocupación del 95%. El experimento va a consistir en incluir una contratación por servicio.

A través de la hoja de tiempos reales invertidos en cada fase del proceso de realización de las demandas, se obtiene el tiempo medio que necesita el implantador para realizar su función y que exactamente es de 4.43 horas. Teniendo en cuenta que el coste por hora es de 31.25 euros, se calcula que el coste por actuación asciende a 139 Euros. Se debe de probar el modelo cambiando la asignación de costes de este perfil, pasando a imputar un coste fijo por demanda procesada.

Se refleja el nuevo modelo de contratación en el modulo "Resource" de Arena, tal y como se muestra en la Figura 6.13.

	Name	Туре	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Us
1	Integrador Funcional	Fixed Capacity	0.25	25	25	0
2	Gestor de Desarrollo	Fixed Capacity	2	50	50	0.0
3	Certificador	Fixed Capacity	0.25	36.25	36.25	0.0
4	Implantador	Fixed Capacity	0.25	0	0	139
5	Desarrollador	Fixed Capacity	6	40	0	0.0
6	Gestor de la Demanda	Fixed Capacity	2	52.5	52.5	0.0

Figura 6.13: Módulo de recursos modificado para el experimento.

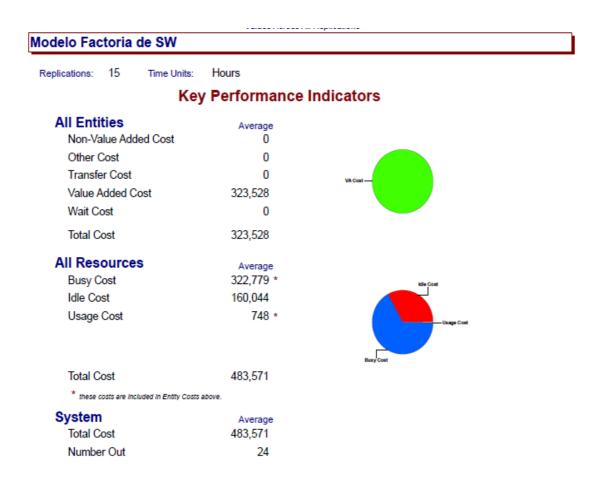


Figura 6.14: Salida del informe "Category Overview" con cambio del modelo de coste del implantador.

Se ejecuta el modelo y se puede observar en la Figura 6.14, un descenso en el coste del proyecto. Concretamente se reduce el coste total en torno a un 2.5%, lo que supone unos 12.000 Euros aproximadamente. Al no modificar la capacidad del recurso en el modelo, no tiene impacto en el tiempo total empleado en el mismo. Como conclusión se identifica que la medida mejora la eficiencia del modelo validado, ya que reduce el coste total del mismo y los tiempos de desocupación del tipo de recurso no afectando al tiempo total de duración del proceso de simulación.

6.7 EXPERIMENTOS DEL PERFIL CERTIFICADOR

Como ya se adelantaba en el análisis preliminar, el experimento a realizar en el caso del certificador consiste en bajar un 50% su capacidad de disponibilidad. Se debe de probar el modelo asignando al recurso una capacidad del 12.5 %.

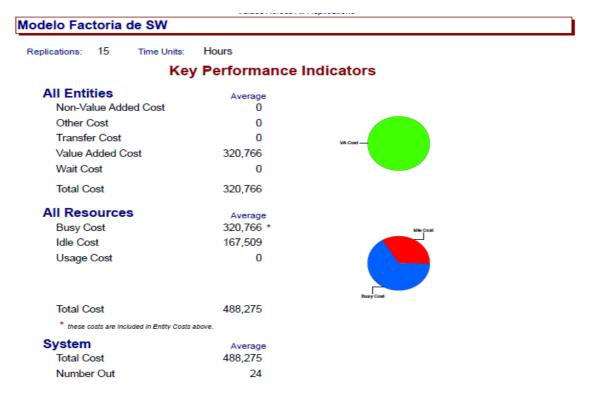


Figura 6.15: Salida del informe "Category Overview" con cambio del modelo de coste del certificador.

Se ejecuta el modelo con esta modificación y se obtienen los resultados que se muestran en la Figura 6.15. Como era de esperar, se produce un descenso en el coste del proyecto. Concretamente se reduce el coste total en torno a un 1.5%, lo que supone unos 7.000 Euros aproximadamente.

Al modificarse la capacidad del recurso en el modelo hay que analizar si tiene impacto en el tiempo total empleado en el mismo. Se obtienen los datos medios de las quince réplicas del tiempo total empleado, que se pueden observar en la Figura 6.16. Comparando estos datos con los del modelo validado que se muestran en la Figura 6.17, se puede comprobar que el impacto sobre el tiempo total empleado es casi nulo, por lo que se concluye que al no tener la medida un impacto sobre el tiempo total empleado y si conllevar una reducción del coste total, se identifica como una medida que mejora la eficiencia del modelo validado.

Replica	a Identifier	Average	Minimun	Maximun	Observ.
15	Tiempo Demandas Realizadas	1262.38	744.63	1661.68	21.53

Figura 6.16: Media de los tiempos de realización con el cambio de disponibilidad del certificador.

Replica	Identifier	Average	Minimun	Maximun	Observ.
15	Tiempo Demandas Realizadas	1257.8	745.86	1657.33	21.53

Figura 6.17: Media de los tiempos de realización del modelo validado.

6.8 EXPERIMENTO DEL PERFIL DESARROLLADOR

Al igual que con los perfiles de gestor de desarrollo y gestor de la demanda, en este caso se van a realizar los experimentos orientados a aumentar y disminuir el número de recursos de este tipo de perfil, para comprobar si alguna de estas variaciones produce una optimización de la relación coste-tiempo con respecto al modelo validado.

El primer experimento consistirá en aumentar a 7 el número de desarrolladores que participan en el modelo. Tras modificar el dato en el modulo "Resource", tal y como se indica en la Figura 6.18.

	Name	Туре	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use
1	Integrador Funcional	Fixed Capacity	0.25	25.0	25.0	0.0
2	Gestor de Desarrollo	Fixed Capacity	2	50	50	0.0
3	Certificador	Fixed Capacity	0.25	36.25	36.25	0.0
4	Implantador	Fixed Capacity	0.25	31.25	31.25	0.0
5	Desarrollador	Fixed Capacity	7	40	0	0.0
6	Gestor de la Demanda	Fixed Capacity	2	52.50	52.50	0.0

Figura 6.18: Módulo de recursos modificado para 7 desarrolladores.

Al ejecutarse el modelo validado con 7 desarrolladores, se produce un descenso en el coste del proyecto. Concretamente se reduce el coste total en torno a un 1,9%, lo que supone unos 9.000 Euros aproximadamente. El detalle completo de los resultados en cuanto al coste se muestran en la Figura 6.19.

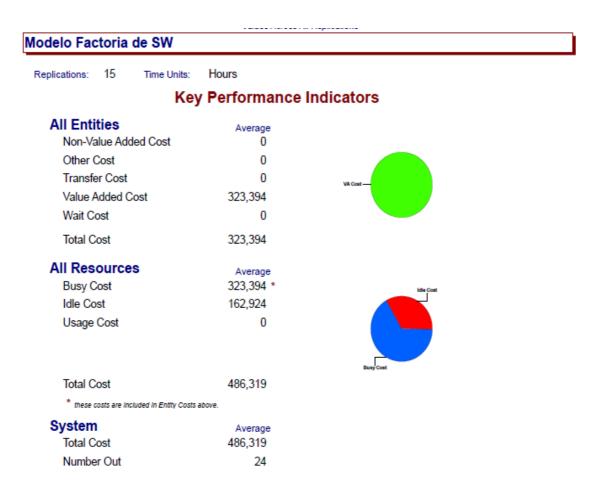


Figura 6.19: Salida del informe "Category Overview" incluyendo 7 desarrolladores.

Al modificarse la capacidad del recurso en el modelo hay que analizar si tiene impacto en el tiempo total empleado en el mismo. Se pueden observar los datos medios de las quince replicas en la Figura 6.20. Comparando dichos datos con los datos del modelo validado (Figura 6.21), se puede observar que el impacto de la medida en el tiempo total empleado es inexistente.

Al no tener la medida un impacto sobre el tiempo total empleado, y si conllevar una reducción sobre coste total, se identifica como una medida que mejora la eficiencia del modelo validado.

Replica	Identifier	Average	Minimun	Maximun	Observ.
15	Tiempo Demandas Realizadas	1257,30	747,69	1619,48	21,60

Figura 6.20: Media de los tiempos de realización del modelo con 7 desarrolladores.

Replica	Identifier	Average	Minimun	Maximun	Observ.
15	Tiempo Demandas Realizadas	1257,8	745,86	1657,33	21,53

Figura 6.21: Media de los tiempos de realización del modelo validado.

Tras estos resultados no es necesario realizar la prueba de reducir el número de desarrolladores a 5. Por el contrario se va a realizar la prueba de aumentar a 8 el número de desarrolladores dado el resultado tan positivo que ha tenido el aumento a 7.

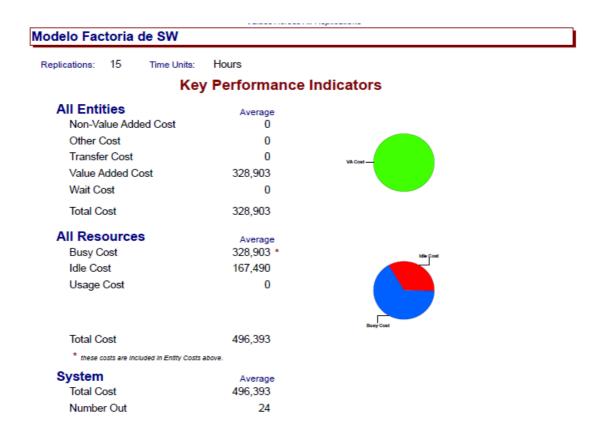


Figura 6.22: Salida del informe "Category Overview" incluyendo 8 desarrolladores.

Como se puede observar en la Figura 6.22, se produce un aumento de coste casi insignificante del 0,1%. Se analiza el impacto en el tiempo total empleado, siendo los resultados los mostrados en la Figura 6.23. Al comparar estos datos con los del modelo validado que se muestra en la Figura 6.24, se puede observar que la variación en el tiempo empleado también es insignificante, por lo que se podría definir la medida como neutra, ya que no supone una variación significativa tanto en el coste como en el tiempo total empleado.

Replica	Identifier	Average	Minimun	Maximun	Observ.
15	Tiempo Demandas Realizadas	1259,24	745,52	1641,64	21,53
	Figura 6.23: Media de los tiempos de realizació	n del modelo	con 8 desarr	olladores.	
Replica	Identifier	Average	Minimun	Maximun	Observ.
15	Tiempo Demandas Realizadas	1257,8	745,86	1657,33	21,53

Figura 6.24: Media de los tiempos de realización del modelo validado.

6.9 OPTIMIZACION DEL MODELO

En este punto se van a aplicar todas las medidas que se han identificado como eficientes para optimizar el modelo validado en el Capítulo 5 y que concretamente son:

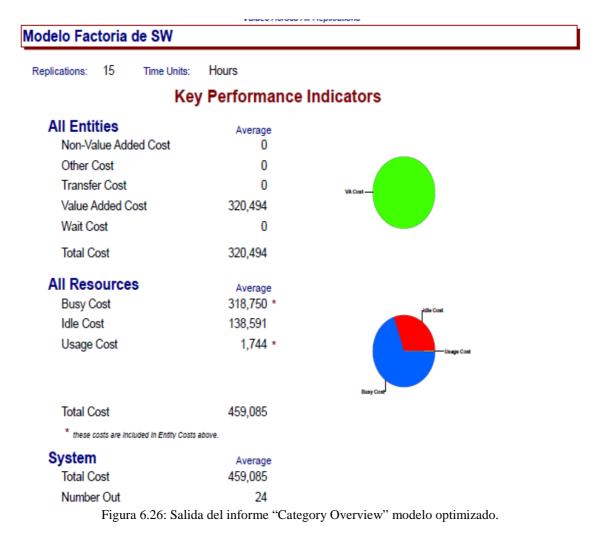
- Aumentar a 3 el número de gestores de desarrollo en el modelo.
- Aumentar a 7 el número de desarrolladores en el modelo.
- Reducir la dedicación del certificador a un 12.5% su capacidad.
- Cambiar el modelo de coste actual para el perfil del integrador y el implantador pasando a tener un modelo de imputación de costes por evolutivo procesado.

Pasando a ser el modulo de recursos del modelo para el caso definido, el mostrado en la Figura 6.25.

	Name	Туре	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use
1	Integrador Funcional	Fixed Capacity	0.25	0	0	161
2	Gestor de Desarrollo	Fixed Capacity	3	50	50	0.0
3	Certificador	Fixed Capacity	0.125	36.25	36.25	0.0
4	Implantador	Fixed Capacity	0.25	0	0	139
5	Desarrollador	Fixed Capacity	7	40	0	0.0
6	Gestor de la Demanda	Fixed Capacity	2	52.5	52.5	0.0

Figura 6.25: Módulo de recursos modificado con las medidas eficientes.

Tras incluir estos nuevos datos en el modelo, se vuelve a realizar el ejercicio de simulación y los resultados obtenidos se muestran en la Figura 6.26.



126

La reducción de coste conseguida es exactamente de 36.720 Euros, que en porcentaje viene a suponer una reducción del 7.5% respecto al modelo que se validó.

Respecto al tiempo total empleado, los datos obtenidos se muestran en la figura 6.27. Al comparar estos tiempos con los del modelo validado se observa una reducción del tiempo medio empleado. Esta reducción concretamente es de un 17.4%, lo que equivale en términos absolutos de tiempo a una reducción de 31 semanas a 26.

Replica	Identifier	Average	Minimun	Maximun	Observ.
15	Tiempo Demandas Realizadas	1037.78	757.50	1322.64	22.40

Figura 6.27: Media de los tiempos de realización del modelo optimizado.

6.10 CONCLUSIONES

En este capítulo se han diseñado y realizado todos los experimentos que se consideraban significativos de cara a comprobar si el modelo que se ha validado en el Capítulo 5 era optimizable o no. Todos estaban relacionados con el uso de los recursos, que es el factor del modelo que se ha identificado como crítico por su impacto en el mismo.

Tras realizar todos los experimentos que se han diseñado, se han identificado las siguientes como medidas eficientes que optimizan el modelo validado:

- Aumentar a 3 el número de gestores de desarrollo en el modelo.
- Aumentar a 7 el número de desarrolladores en el modelo.
- Reducir la dedicación del certificador a un 12.5% su capacidad.
- Cambiar el modelo de coste actual para el perfil del integrador y el implantador,
 pasando a tener un modelo de imputación de costes por evolutivo procesado.

Finalmente, se han incluido todas las medidas en el modelo de manera conjunta y se ha realizado nuevamente la simulación del Roadmap 2011 para el proceso de mantenimiento y postventa, produciéndose las siguientes mejoras sobre los criterios de validación del modelo:

- Reducción de un 7.5 % en el coste total del proceso.
- Reducción de un 17.4% del tiempo total empleado en el proceso.

Por lo que ha quedado demostrado que el modelo validado en el Capítulo 5 era optimizable y se han identificado cuáles son las medidas concretas que lo optimizan. En el Anexo C de esta memoria se pueden consultar con detalle los informes proporcionados por Arena con respecto a la simulación del modelo optimizado. Al disponer de los mismos informes para el modelo validado en el Anexo B, se puede comparar con todo detalle el impacto de las variaciones incluidas en el modelo optimizado.

Capítulo **7**

Conclusiones y Trabajos Futuros

7.1 INTRODUCCION

En este capítulo se va a realizar una revisión de todos los objetivos que se planteaban al principio del proyecto y que quedaron reflejados en la sección 1.2 de esta memoria. Se revisará uno a uno todos los objetivos, con el fin de comprobar si se han alcanzado o no

Posteriormente y en función de los objetivos que se hayan alcanzado se identificarán cuáles son las posibles acciones futuras que se pueden impulsar con el proyecto realizado.

7.2 CONCLUSIONES

A continuación se va a realizar un seguimiento de los objetivos que se han planteado en este proyecto de fin de carrera, y por cada uno se va comprobar si se ha cumplido o no.

El primer objetivo que se establece es desarrollar un modelo matemático probabilístico de eventos discretos en la herramienta Arena, que permita reproducir el proceso de desarrollo de software según el enfoque de factoría. Se puede concluir que este objetivo se ha alcanzado y el modelo de factoría estándar se ha construido en la herramienta Arena. El detalle de este modelo se puede consultar en el Capítulo 3 de esta memoria.

El segundo objetivo es que el modelo deberá de poder configurarse para adaptarse a las características de cualquier Roadmap de cualquier proceso de negocio de la operadora de telecomunicaciones. Se puede concluir que este objetivo se ha alcanzado. El modelo estándar de factoría se ha particularizado para el Roadmap del año 2011 del proceso negocio de mantenimiento y postventa. Esta labor se ha detallado en los Capítulos 4 y 5 de esta memoria.

El tercer objetivo es demostrar que el modelo particularizado es válido y que reproduce fielmente el comportamiento del sistema real. Se puede concluir que el objetivo se ha cumplido. Se ha demostrado con los criterios de validación establecidos a tal efecto (coste total y tiempo total empleado), que el comportamiento del modelo, particularizado para el proceso y Roadmap detallado en el punto anterior, reproduce fielmente el comportamiento del sistema real. Esta labor se ha detallado en el Capítulo 5 de esta memoria.

El cuarto objetivo es emplear el modelo particularizado en Arena como una herramienta para la optimización de la gestión del ciclo de desarrollo del software para el proceso de negocio y Roadmap para el que se ha particularizado. Se puede concluir que el objetivo se ha alcanzado. Se han identificado mediante técnicas de diseño estadístico de experimentos, un conjunto de medidas que optimizaban el modelo particularizado. Se han aplicado y con ello se ha conseguido una reducción del coste total y del tiempo total empleado en realizar el proceso. Esto se ha detallado en el Capítulo 6 de esta memoria.

7.3 TRABAJOS FUTUROS

Dado que se han alcanzado todos los objetivos que se plantearon en este proyecto fin de carrera, el resultado es que se dispone de una herramienta que permitirá realizar una previsión del coste y tiempo total que llevaría realizar las peticiones de desarrollo solicitadas para cada uno de los proceso de negocio y Roadmap concreto, permitiendo identificar, en función de la carga de trabajo a realizar, el equipo óptimo en cuanto a número y tipo de recurso a emplear.

El trabajo futuro consistirá en distribuir esta herramienta entre los responsables de cada uno de los proceso de negocio en el área de Sistemas de Información, con el objetivo de que la utilicen. Deberán particularizarla con los datos del proceso de negocio del que son responsables. Realizando el mismo ejercicio que se ha realizado en este proyecto, les permitirá tener una previsión del coste total y el tiempo total que les llevará desarrollar la lista de peticiones del proceso en cuestión para el Roadmap del año 2014. Les permitirá también identificar la composición óptima de los recursos que llevarán a cabo el ciclo de desarrollo del software.

Tomando como ejemplo el ahorro conseguido en el ejemplo que se ha particularizado en este proyecto y que concretamente ascendía a 36.720 y teniendo en cuenta que el número de procesos de negocio totales está en torno a 22, la realización de este ejercicio le podría suponer a la operadora unos ahorros en torno a los 807.840 Euros.

LISTA DE REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

- [Bra87] Bratley, P., Fox, B. L., Schrage, L. (1987), "A Guide to Simulation", Sprnger.
- [Ban96] Banks, J., Carson J. S., Nelson, B. L. (1996), "Discrete-Event System Simulation", Prentice Hall.
- [Cas99] Cassandras, C. G., Laforntune, S. (1999), "Introduction to Discrete Event Systems", Kluwer Academic Publishers.
- [Sha76] Robert Shannon, James D. Johannes. (1976), "Systems simulation: the art and science" IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Vol.6(10). pp. 723-724. (1976)
- [Urq03] Alfonso Urquia. (2003) "Simulacion. Texto Base de Teoria". Texto base de la asignatura Simulacion.. Departamento de Informática y Automática, E. T. S. de Ingeniería Informática, UNED..
- [Kel02] Kelton, W. D., Sadowski, R. P., Sadowski, D. A. (2002), "Simulation Whith Arena", 2ª edición, Mc Graw Hill.
- [Urq06] Alfonso Urquía, A., (2006), "Simulación, Solución a una Serie de Problemas, Enunciado del Proyecto y Exámenes de Anteriores Convocatorias". Departamento de Informática y Automática, E. T. S. de Ingeniería Informática, UNED.
- [Fab07] Aldo Fabregas, Rodrigo Wadnipar. (2007), "Simulación de Sistemas Productivos con Arena", Uninorte.
- [Alt07] Altiok, y B. Melamed. (2007) Simulation modeling and analysis with Arena, Elsevier.

Modelado y Simulación de una Factoria de Software						

ANEXO A. CODIGO SIMAN DEL MODELO DE FACTORIA

PROJECT. "Modelo Factoria de SW", "UNED", "Yes, Yes, Yes, Yes, Yes, No, No, Yes, No, No, No; ATTRIBUTES: tiempo de llegada: Prioridad; VARIABLES: Analisis Viabilidad.WaitCost,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Desarrollo Demanda.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Implantacion Demanda. VACost, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Implantacion Demanda.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): $Especificacion\ Funcional. WIP, CLEAR (System), CATEGORY ("Exclude-Exclude"), DATATYPE (Real): \\$ Diseno Tecnico.WIP,CLEAR(System),CATEGORY("Exclude-Exclude"),DATATYPE(Real): Especificacion Funcional. VACost, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Cierre de la Demanda.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Analisis Viabilidad.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Valoracion Certificacion.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Valoracion Desarrollo.NumberIn, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Revision Planificacion.VACost,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Validacion Integracion Funcional.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Planificacion de la demanda.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Revision Valoracion Demanda. WaitCost, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Viable Ok.NumberOut True.CLEAR(Statistics).CATEGORY("Exclude"): Analisis Viabilidad.VACost,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Desarrollo Demanda.VACost,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Desarrollo Demanda.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Pruebas de Certificacion.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): $Revision\ Planificacion. WIP, CLEAR (System), CATEGORY ("Exclude-Exclude"), DATATYPE (Real): \\$ Valoracion Desarrollo.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Implantacion Demanda. WaitCost, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Viable Ok.NumberOut False, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Valoracion Certificacion.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Valoracion Certificacion.VACost,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Pruebas de Certificacion.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Mapa Sistemas. NumberOut False, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Diseno Tecnico. VATime, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Diseno Tecnico.NumberIn, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Revision Planificacion.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Pruebas de Certificacion.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Analisis Viabilidad.WIP,CLEAR(System),CATEGORY("Exclude-Exclude"),DATATYPE(Real): Implantacion Demanda.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Recepcion de Demandas. NumberOut, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Validacion Integracion Funcional.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Valoracion Certificacion.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Especificacion Funcional.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Implantacion Demanda.WIP,CLEAR(System),CATEGORY("Exclude-Exclude"),DATATYPE(Real): Revision Planificacion. NumberIn, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Valoracion Desarrollo.WaitCost,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Desarrollo Demanda.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Planificacion de la demanda. NumberIn, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Validacion Integracion Funcional.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Pruebas de Certificacion. WaitTime, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Revision Valoracion Demanda. VATime, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Valoracion Desarrollo.WIP,CLEAR(System),CATEGORY("Exclude-Exclude"),DATATYPE(Real): Planificacion de la demanda.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"): Pruebas de Certificacion. VACost, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Valoracion Ok.NumberOut False, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):

Diseno Tecnico.VACost, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Valoracion Certificacion. Number Out, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"): Revision Planificacion. Wait Time, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):

Diseno Tecnico.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):

```
Planificacion \ de \ la \ demanda. Wait Time, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
       Analisis Viabilidad.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Validacion Integracion Funcional. WaitTime, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
       Desarrollo\ Demanda. Number Out, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
        Validacion Integracion Funcional.VACost,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Valoracion Certificacion.WaitCost,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Valoracion Desarrollo.VATime, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
       Revision Valoracion Demanda. NumberIn, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
       Desarrollo Demanda. WaitCost, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
       Especificacion Funcional.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
       Mapa Sistemas.NumberOut True, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
       Cancelacion demanda.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Pruebas de Certificacion.WaitCost,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Valoracion Certificacion.WIP,CLEAR(System),CATEGORY("Exclude-Exclude"),DATATYPE(Real):
        Valoracion Ok.NumberOut True, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
        Revision Valoracion Demanda. VACost, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
       Planificacion de la demanda.VACost,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
       Planificacion de la demanda.WIP,CLEAR(System),CATEGORY("Exclude-Exclude"),DATATYPE(Real):
        Analisis Viabilidad.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
       Especificacion Funcional.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
       Revision Planificacion. WaitCost, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
       Implantacion Demanda.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
       Diseno Tecnico.WaitCost,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Revision Valoracion Demanda.WIP,CLEAR(System),CATEGORY("Exclude-
Exclude"), DATATYPE(Real):
        Validacion Integracion Funcional.WIP,CLEAR(System),CATEGORY("Exclude-
Exclude"), DATATYPE(Real):
       Planificacion de la demanda. WaitCost, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
       Especificacion Funcional.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
       Planificacion Ok.NumberOut True, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
        Validacion Integracion Funcional. WaitCost, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
        Revision Planificacion.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Valoracion Desarrollo.VACost,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
       Implantacion Demanda.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
       Especificacion Funcional.WaitCost,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Revision Valoracion Demanda.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Diseno Tecnico.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Revision Valoracion Demanda. NumberOut, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
       Desarrollo Demanda.WIP,CLEAR(System),CATEGORY("Exclude-Exclude"),DATATYPE(Real):
       Planificacion Ok.NumberOut False, CLEAR (Statistics), CATEGORY ("Exclude"):
        Valoracion Desarrollo.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
       Pruebas de Certificacion.WIP,CLEAR(System),CATEGORY("Exclude-Exclude"),DATATYPE(Real):
       Analisis Viabilidad.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude");
QUEUES: Valoracion Certificacion.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):
       Validacion Integracion Funcional.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):
       Planificacion de la demanda. Queue, FIFO,, AUTOSTATS (Yes,,):
        Revision Valoracion Demanda. Queue, FIFO,, AUTOSTATS (Yes,,):
        Revision Planificacion.Queue,LVF(Prioridad),,AUTOSTATS(Yes,,):
       Pruebas de Certificacion.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):
       Diseno Tecnico.Queue,LVF(Prioridad),,AUTOSTATS(Yes,,):
        Analisis Viabilidad.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):
        Valoracion Desarrollo. Queue, FIFO, AUTOSTATS (Yes,,):
       Desarrollo Demanda.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):
       Implantacion Demanda.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):
       Especificacion Funcional.Queue,LVF(Prioridad),,AUTOSTATS(Yes,,);
PICTURES: Picture.Airplane:
```

Picture.Green Ball:

Picture.Blue Page: Picture. Telephone: Picture.Blue Ball: Picture. Yellow Page: Picture.EMail: Picture. Yellow Ball: Picture.Bike: Picture.Report: Picture.Van: Picture. Widgets: Picture.Envelope: Picture.Fax: Picture.Truck: Picture.Person: Picture.Letter: Picture.Box: Picture.Woman: Picture.Package:

Picture.Man:
Picture.Diskette:
Picture.Boat:
Picture.Red Page:
Picture.Ball:
Picture.Green Page:
Picture.Red Ball;

RESOURCES:

Certificador, Capacity(0.25),,,COST(36.25,36.25,0.0),CATEGORY(Resources),,AUTOSTATS(Yes,,):
Gestor de Desarrollo,Capacity(2),,,COST(50,50,0.0),CATEGORY(Resources),,AUTOSTATS(Yes,,):
Desarrollador,Capacity(6),,,COST(40,0.0),CATEGORY(Resources),,AUTOSTATS(Yes,,):
Integrador Funcional,Capacity(0.25),,,COST(25.0,25.0,0.0),CATEGORY(Resources),,AUTOSTATS(Yes,,):
Gestor de la

Demanda, Capacity(2),,,COST(52.50,52.50,0.0),CATEGORY(Resources),,AUTOSTATS(Yes,,): Implantador, Capacity(0.25),,,COST(31.25,31.25,0.0),CATEGORY(Resources),,AUTOSTATS(Yes,,);

COUNTERS: Registro Valoraciones Rechazadas,,,,DATABASE(,"Count","User Specified","Registro Valoraciones Rechazadas"):

Registro Demandas Inviables,,,,DATABASE(,"Count","User Specified","Registro Demandas Inviables"):
Registro Rechazos Mapa Sistemas,,,,DATABASE(,"Count","User Specified","Registro Rechazos Mapa Sistemas"):

Registro Demandas Realizadas,,,,DATABASE(,"Count","User Specified","Registro Demandas Realizadas");

TALLIES: Desarrollo Demanda. Total Cost Per Entity, "DATABASE(,"Total Cost Per Entity", "Process", "Desarrollo Demanda"):

Analisis Viabilidad.WaitCostPerEntity,,DATABASE(,"Wait Cost Per Entity","Process","Analisis Viabilidad"):

Revision Valoracion Demanda.VACostPerEntity,,DATABASE(,"VA Cost Per Entity","Process", "Revision Valoracion Demanda"):

Especificacion Funcional.WaitTimePerEntity,,DATABASE(,"Wait Time Per

Entity", "Process", "Especificacion Funcional"):

Pruebas de Certificacion.TotalCostPerEntity,,DATABASE(,"Total Cost Per Entity","Process", "Pruebas de Certificacion"):

Diseno Tecnico.TotalCostPerEntity,,DATABASE(,"Total Cost Per Entity","Process", "Diseno Tecnico"):

 $Valoracion\ Desarrollo. VACost Per Entity,, DATABASE (, "VACost\ Per\ Entity", "Process", "Valoracion\ Desarrollo"):$

Valoracion Certificacion.VATimePerEntity,,DATABASE(,"VA Time Per Entity","Process","Valoracion Certificacion"):

Implantacion Demanda. Total Cost Per Entity, "DATABASE (,"Total Cost Per Entity", "Process", "Implantacion Demanda"):

Diseno Tecnico.WaitTimePerEntity,,DATABASE(,"Wait Time Per Entity","Process","Diseno Tecnico"): Implantacion Demanda.VACostPerEntity,,DATABASE(,"VA Cost Per Entity","Process","Implantacion Demanda"):

Pruebas de Certificacion.WaitCostPerEntity,,DATABASE(,"Wait Cost Per Entity","Process","Pruebas de Certificacion"):

Revision Planificacion.VACostPerEntity,,DATABASE(,"VA Cost Per Entity","Process","Revision Planificacion"):

Revision Planificacion. Wait Time Per Entity, "DATABASE(,"Wait Time Per Entity", "Process", "Revision Planificacion"):

Valoracion Certificacion.TotalTimePerEntity,,DATABASE(,"Total Time Per Entity","Process",

"Valoracion Certificacion"):

Planificacion de la demanda. WaitCostPerEntity,,DATABASE(,"Wait Cost Per Entity", "Process", "Planificacion de la demanda"):

Validacion Integracion Funcional.VATimePerEntity,,DATABASE(,"VA Time Per Entity","Process", "Validacion Integracion Funcional"):

Planificacion de la demanda.VATimePerEntity,,DATABASE(,"VA Time Per Entity","Process", "Planificacion de la demanda"):

Implantacion Demanda.WaitTimePerEntity,,DATABASE(,"Wait Time Per Entity","Process","Implantacion Demanda"):

Valoracion Certificacion.WaitCostPerEntity,,DATABASE(,"Wait Cost Per Entity","Process","Valoracion Certificacion"):

Validacion Integracion Funcional.TotalCostPerEntity,,DATABASE(,"Total Cost Per Entity","Process", "Validacion Integracion Funcional"):

Analisis Viabilidad.VACostPerEntity,,DATABASE(,"VA Cost Per Entity","Process","Analisis Viabilidad"): Planificacion de la demanda.TotalTimePerEntity,,DATABASE(,"Total Time Per Entity","Process",

"Planificacion de la demanda"):
Pruebas de Certificacion.VACostPerEntity,,DATABASE(,"VA Cost Per Entity","Process","Pruebas de Certificacion"):

Especificacion Funcional.VACostPerEntity,,DATABASE(,"VA Cost Per Entity","Process","Especificacion Funcional"):

Diseno Tecnico.VACostPerEntity,,DATABASE(,"VA Cost Per Entity","Process","Diseno Tecnico"):

Validacion Integracion Funcional.WaitCostPerEntity,,DATABASE(,"Wait Cost Per Entity","Process", "Validacion Integracion Funcional"):

Especificacion Funcional. Total Time Per Entity, "DATABASE(, "Total Time Per Entity", "Process", "Especificacion Funcional"):

Analisis Viabilidad.TotalCostPerEntity,,DATABASE(,"Total Cost Per Entity","Process","Analisis Viabilidad"):

Revision Planificacion. Total Cost Per Entity, "DATABASE(,"Total Cost Per Entity", "Process", "Revision Planificacion"):

Revision Valoracion Demanda. WaitCostPerEntity,,DATABASE(,"Wait Cost Per Entity","Process", "Revision Valoracion Demanda"):

 $Desarrollo\ Demanda. Total Time Per Entity,, DATABASE (, "Total\ Time\ Per\ Entity", "Process", "Desarrollo\ Demanda"):$

Valoracion Desarrollo.VATimePerEntity,,DATABASE(,"VA Time Per Entity","Process","Valoracion Desarrollo"):

Desarrollo Demanda.WaitCostPerEntity,,DATABASE(,"Wait Cost Per Entity","Process","Desarrollo Demanda"):

 $Analisis\ Viabilidad. WaitTimePerEntity,, DATABASE (, "Wait\ Time\ Per\ Entity", "Process", "Analisis\ Viabilidad"):$

Revision Valoracion Demanda.VATimePerEntity,,DATABASE(,"VA Time Per Entity","Process", "Revision Valoracion Demanda"):

Desarrollo Demanda.VACostPerEntity,,DATABASE(,"VA Cost Per Entity","Process","Desarrollo Demanda"):

Implantacion Demanda.VATimePerEntity,,DATABASE(,"VA Time Per Entity","Process","Implantacion Demanda"):

Valoracion Desarrollo.WaitCostPerEntity,,DATABASE(,"Wait Cost Per Entity","Process","Valoracion Desarrollo"):

Pruebas de Certificacion.WaitTimePerEntity,,DATABASE(,"Wait Time Per Entity","Process","Pruebas de Certificacion"):

 $Prue bas \ de \ Certificacion. Total Time Per Entity,, DATABASE (, "Total \ Time \ Per \ Entity", "Process", and the process of the process$

"Pruebas de Certificacion"):

Planificacion de la demanda. WaitTimePerEntity, "DATABASE(, "Wait Time Per Entity", "Process", "Planificacion de la demanda"):

 $Valoracion\ Desarrollo. Total Cost Per Entity,, DATABASE (, "Total\ Cost\ Per\ Entity", "Process", "Valoracion\ Desarrollo"):$

Diseno Tecnico. Total Time Per Entity, "DATABASE (, "Total Time Per Entity", "Process", "Diseno Tecnico"): Implantacion Demanda. Total Time Per Entity, "DATABASE (, "Total Time Per Entity", "Process", "Implantacion Demanda"):

Revision Valoracion Demanda. Total Cost Per Entity, "DATABASE(,"Total Cost Per Entity", "Process", "Revision Valoracion Demanda"):

Especificacion Funcional.WaitCostPerEntity,,DATABASE(,"Wait Cost Per

Entity", "Process", "Especificacion Funcional"):

Valoracion Certificacion.WaitTimePerEntity,,DATABASE(,"Wait Time Per Entity","Process","Valoracion Certificacion"):

Revision Planificacion.VATimePerEntity,,DATABASE(,"VA Time Per Entity","Process","Revision Planificacion"):

Valoracion Certificacion.VACostPerEntity,,DATABASE(,"VA Cost Per Entity","Process","Valoracion Certificacion"):

Diseno Tecnico.WaitCostPerEntity,,DATABASE(,"Wait Cost Per Entity","Process","Diseno Tecnico"): Tiempo Demandas Realizadas,,DATABASE(,"Interval","User Specified","Tiempo Demandas Realizadas"):

Pruebas de Certificacion.VATimePerEntity,,DATABASE(,"VA Time Per Entity","Process","Pruebas de Certificacion"):

Valoracion Certificacion.TotalCostPerEntity,,DATABASE(,"Total Cost Per Entity","Process", "Valoracion Certificacion"):

Revision Planificacion. Total Time Per Entity, DATABASE (,"Total Time Per Entity", "Process", "Revision Planificacion"):

Validacion Integracion Funcional. Total Time Per Entity, "DATABASE(,"Total Time Per Entity", "Process", "Validacion Integracion Funcional"):

Validacion Integracion Funcional.VACostPerEntity,,DATABASE(,"VA Cost Per Entity","Process", "Validacion Integracion Funcional"):

Analisis Viabilidad.VATimePerEntity,,DATABASE(,"VA Time Per Entity","Process","Analisis Viabilidad"):

Planificacion de la demanda.VACostPerEntity,,DATABASE(,"VA Cost Per Entity","Process", "Planificacion de la demanda"):

Implantacion Demanda.WaitCostPerEntity,,DATABASE(,"Wait Cost Per Entity","Process","Implantacion Demanda"):

Especificacion Funcional.VATimePerEntity,,DATABASE(,"VA Time Per Entity","Process","Especificacion Funcional"):

Diseno Tecnico.VATimePerEntity,,DATABASE(,"VA Time Per Entity","Process","Diseno Tecnico"): Validacion Integracion Funcional.WaitTimePerEntity,,DATABASE(,"Wait Time Per Entity","Process", "Validacion Integracion Funcional"):

Revision Planificacion.WaitCostPerEntity,,DATABASE(,"Wait Cost Per Entity","Process","Revision Planificacion"):

Analisis Viabilidad. Total Time Per Entity, "DATABASE(, "Total Time Per Entity", "Process", "Analisis Viabilidad"):

Revision Valoracion Demanda. WaitTimePerEntity,,DATABASE(,"Wait Time Per Entity","Process", "Revision Valoracion Demanda"):

Valoracion Desarrollo. Total Time Per Entity, "DATABASE(,"Total Time Per Entity", "Process", "Valoracion Desarrollo"):

Especificacion Funcional. Total Cost Per Entity, "DATABASE(,"Total Cost Per Entity", "Process", "Especificacion Funcional"):

Desarrollo Demanda.WaitTimePerEntity,,DATABASE(,"Wait Time Per Entity","Process","Desarrollo Demanda"):

Revision Valoracion Demanda. Total Time Per Entity, "DATABASE(,"Total Time Per Entity", "Process", "Revision Valoracion Demanda"):

Planificacion de la demanda. Total Cost Per Entity, "DATABASE (, "Total Cost Per Entity", "Process", "Planificacion de la demanda"):

Desarrollo Demanda.VATimePerEntity,,DATABASE(,"VA Time Per Entity","Process","Desarrollo Demanda"):

Valoracion Desarrollo.WaitTimePerEntity,,DATABASE(,"Wait Time Per Entity","Process","Valoracion Desarrollo");

FREQUENCIES: State(Certificador), Uso Certificador, "", DATABASE(, "Frequency", "User Specified", "Uso Certificador"):

State(Gestor de Desarrollo), Uso Gestor desarrollo, "", DATABASE(, "Frequency", "User Specified", "Uso Gestor desarrollo"):

State(Desarrollador), Uso Desarrollador, "", DATABASE(, "Frequency", "User Specified", "Uso Desarrollador"):

 $State (Integrador Funcional), Uso_Integrador, "", DATABASE (, "Frequency", "User Specified", "Uso_Integrador"):$

State(Gestor de la Demanda), Uso Gestor Demanda,"", DATABASE(,"Frequency", "User Specified", "Uso Gestor Demanda"):

State(Implantador), Uso Implantador, "", DATABASE(, "Frequency", "User Specified", "Uso Implantador");

OUTPUTS: Analisis Viabilidad.WaitCost,,Analisis Viabilidad Accum Wait Cost,DATABASE(,"Accum Wait Cost","Process",

"Analisis Viabilidad"):

Validacion Integracion Funcional. WaitTime + Validacion Integracion Funcional. VATime,

Validacion Integracion Funcional Total Accum Time, DATABASE (,"Total Accum Time", "Process", "Validacion Integracion Funcional"):

Desarrollo Demanda.VATime,,Desarrollo Demanda Accum VA Time,DATABASE(,"Accum VA Time","Process",

"Desarrollo Demanda"):

Implantacion Demanda.VACost,,Implantacion Demanda Accum VA Cost,DATABASE(,"Accum VA Cost", "Process",

"Implantacion Demanda"):

Revision Valoracion Demanda.WaitCost + Revision Valoracion Demanda.VACost,,

Revision Valoracion Demanda Total Accum Cost, DATABASE(, "Total Accum Cost", "Process", "Revision Valoracion Demanda"):

 $Implantacion\ Demanda. Wait Time,, Implantacion\ Demanda\ Accum\ Wait\ Time, DATABASE (, "Accum\ Wait\ Time", "Process",$

"Implantacion Demanda"):

Especificacion Funcional.VACost,,Especificacion Funcional Accum VA Cost,DATABASE(,"Accum VA Cost", "Process",

"Especificacion Funcional"):

 $Analisis\ Viabilidad. WaitCost + Analisis\ Viabilidad. VACost,, Analisis\ Viabilidad\ Total\ Accum\ Cost, DATABASE(,$

"Total Accum Cost", "Process", "Analisis Viabilidad"):

 $Valoracion\ Desarrollo. Wait Time + Valoracion\ Desarrollo. VATime,, Valoracion\ Desarrollo\ Total\ Accum\ Time, DATABASE(,$

"Total Accum Time", "Process", "Valoracion Desarrollo"):

Analisis Viabilidad.NumberOut,,Analisis Viabilidad Number Out,DATABASE(,"Number Out","Process", "Analisis Viabilidad"):

Valoracion Certificacion.VATime,,Valoracion Certificacion Accum VA Time,DATABASE(,"Accum VA Time","Process",

"Valoracion Certificacion"):

Valoracion Desarrollo.NumberIn,, Valoracion Desarrollo Number In, DATABASE(,"Number In", "Process", "Valoracion Desarrollo"):

Revision Planificacion.VACost,,Revision Planificacion Accum VA Cost,DATABASE(,"Accum VA Cost", "Process",

"Revision Planificacion"):

Validacion Integracion Funcional.NumberOut,,Validacion Integracion Funcional NumberOut,DATABASE(,"Number Out",

"Process", "Validacion Integracion Funcional"):

Planificacion de la demanda.NumberOut,,Planificacion de la demanda Number Out,DATABASE(,"Number Out","Process".

"Planificacion de la demanda"):

Revision Valoracion Demanda.WaitCost,,Revision Valoracion Demanda Accum Wait Cost,DATABASE(,"Accum Wait Cost",

"Process", "Revision Valoracion Demanda"):

Planificación de la demanda. WaitCost + Planificación de la demanda. VACost,

Planificacion de la demanda Total Accum Cost, DATABASE (, "Total Accum Cost", "Process", "Planificacion de la demanda"):

Diseno Tecnico.WaitTime + Diseno Tecnico.VATime,,Diseno Tecnico Total Accum Time,DATABASE(,"Total Accum Time",

"Process", "Diseno Tecnico"):

 $Valoracion\ Certificacion. Wait Time + Valoracion\ Certificacion. VATime,, Valoracion\ Certificacion\ Total\ Accum\ Time,$

DATABASE(,"Total Accum Time","Process","Valoracion Certificacion"):

Analisis Viabilidad.VACost,,Analisis Viabilidad Accum VA Cost,DATABASE(,"Accum VA Cost","Process",

"Analisis Viabilidad"):

Revision Valoracion Demanda. WaitTime + Revision Valoracion Demanda. VATime,

Revision Valoracion Demanda Total Accum Time, DATABASE (,"Total Accum Time", "Process", "Revision Valoracion Demanda"):

Desarrollo Demanda.VACost,,Desarrollo Demanda Accum VA Cost,DATABASE(,"Accum VA Cost", "Process",

"Desarrollo Demanda"):

Desarrollo Demanda.NumberIn,,Desarrollo Demanda Number In,DATABASE(,"NumberIn","Process","Desarrollo Demanda"):

Pruebas de Certificacion. Number
Out,,Pruebas de Certificacion Number Out,DATABASE(,"Number Out
","Process",

"Pruebas de Certificacion"):

 $Valoracion\ Desarrollo. Wait Time, Valoracion\ Desarrollo\ Accum\ Wait\ Time, DATABASE (, "Accum\ Wait\ Time", "Process",$

"Valoracion Desarrollo"):

Implantacion Demanda.WaitCost,,Implantacion Demanda Accum Wait Cost,DATABASE(,"Accum Wait Cost","Process",

"Implantacion Demanda"):

Especificacion Funcional.WaitCost + Especificacion Funcional.VACost,,Especificacion Funcional Total Accum Cost.

DATABASE(,"Total Accum Cost","Process","Especificacion Funcional"):

 $Valoracion\ Certificacion. Number In, Valoracion\ Certificacion\ Number\ In, DATABASE (, "Number\ In", "Process",$

"Valoracion Certificacion"):

 $Implantacion\ Demanda. Wait Time + Implantacion\ Demanda. VA Time, Implantacion\ Demanda\ Total\ Accum\ Time, DATABASE(,$

"Total Accum Time", "Process", "Implantacion Demanda"):

Valoracion Certificacion.VACost,, Valoracion Certificacion Accum VA Cost, DATABASE(, "Accum VA Cost", "Process",

"Valoracion Certificacion"):

Pruebas de Certificacion.VATime,,Pruebas de Certificacion Accum VA Time,DATABASE(,"Accum VA Time","Process",

"Pruebas de Certificacion"):

Diseno Tecnico.VATime,,Diseno Tecnico Accum VA Time,DATABASE(,"Accum VA

Time", "Process", "Diseno Tecnico"):

Diseno Tecnico.NumberIn,,Diseno Tecnico Number In,DATABASE(,"Number In","Process","Diseno Tecnico"):

Diseno Tecnico.WaitCost + Diseno Tecnico.VACost,,Diseno Tecnico Total Accum

Cost,DATABASE(,"Total Accum Cost",
"Process","Diseno Tecnico"):

 $Revision\ Planificacion. Number Out,, Revision\ Planificacion\ Number\ Out, DATABASE (, "Number\ Out", "Process", "Number\ Out", "Number\ Ou$

"Revision Planificacion"):

Pruebas de Certificacion. Number
In,,Pruebas de Certificacion Number In,DATABASE(,"Number In
","Process",

"Pruebas de Certificacion"):

Planificacion de la demanda. WaitTime + Planificacion de la demanda. VATime,

Planificacion de la demanda Total Accum Time, DATABASE (, "Total Accum

Time", "Process", "Planificacion de la demanda"):

Validacion Integracion Funcional.WaitCost + Validacion Integracion Funcional.VACost,,

Validacion Integracion Funcional Total Accum Cost, DATABASE(,"Total Accum Cost", "Process",

"Validacion Integracion Funcional"):

Implantacion Demanda.NumberOut,,Implantacion Demanda Number Out,DATABASE(,"Number Out","Process",

"Implantacion Demanda"):

 $Desarrollo\ Demanda. Wait Cost + Desarrollo\ Demanda. VACost,, Desarrollo\ Demanda\ Total\ Accum\ Cost, DATABASE(,$

"Total Accum Cost", "Process", "Desarrollo Demanda"):

Validacion Integracion Funcional.VATime,,Validacion Integracion Funcional Accum VA Time,DATABASE(,"Accum VA Time",

"Process", "Validacion Integracion Funcional"):

Valoracion Certificacion. WaitTime,, Valoracion Certificacion Accum Wait Time, DATABASE (,"Accum Wait Time", "Process",

"Valoracion Certificacion"):

Especificacion Funcional.NumberIn,,Especificacion Funcional Number In,DATABASE(,"Number In"."Process".

"Especificacion Funcional"):

 $Revision\ Planificacion. Wait Cost + Revision\ Planificacion. VACost,, Revision\ Planificacion\ Total\ Accum\ Cost, DATABASE(,$

"Total Accum Cost", "Process", "Revision Planificacion"):

Revision Planificacion.NumberIn,,Revision Planificacion Number In,DATABASE(,"Number In","Process", "Revision Planificacion"):

Valoracion Desarrollo.WaitCost,,Valoracion Desarrollo Accum Wait Cost,DATABASE(,"Accum Wait Cost","Process",

"Valoracion Desarrollo"):

 $Desarrollo\ Demanda. Wait Time, Desarrollo\ Demanda\ Accum\ Wait\ Time, DATABASE (, "Accum\ Wait\ Time", "Process",$

"Desarrollo Demanda"):

Planificacion de la demanda.NumberIn,,Planificacion de la demanda Number In,DATABASE(,"Number In","Process",

"Planificacion de la demanda"):

Validacion Integracion Funcional.NumberIn,,Validacion Integracion Funcional Number In,DATABASE(,"Number In",

"Process", "Validacion Integracion Funcional"):

Pruebas de Certificacion.WaitTime,,Pruebas de Certificacion Accum Wait Time,DATABASE(,"Accum Wait Time","Process",

"Pruebas de Certificacion"):

Revision Valoracion Demanda. VATime,, Revision Valoracion Demanda Accum VA

Time, DATABASE (,"Accum VA Time", "Process",

"Revision Valoracion Demanda"):

Pruebas de Certificacion.WaitCost + Pruebas de Certificacion.VACost,,Pruebas de Certificacion Total Accum Cost,

DATABASE(,"Total Accum Cost","Process","Pruebas de Certificacion"):

 $Especificacion\ Funcional. Wait Time + Especificacion\ Funcional. VATime, Especificacion\ Funcional\ Total\ Accum\ Time,$

DATABASE(,"Total Accum Time", "Process", "Especificacion Funcional"):

Planificacion de la demanda.VATime,,Planificacion de la demanda Accum VA Time,DATABASE(,"Accum VA Time","Process",

"Planificacion de la demanda"):

Pruebas de Certificacion.VACost,,Pruebas de Certificacion Accum VA Cost,DATABASE(,"Accum VA Cost", "Process",

"Pruebas de Certificacion"):

Valoracion Desarrollo.WaitCost + Valoracion Desarrollo.VACost,,Valoracion Desarrollo Total Accum Cost,DATABASE(,

"Total Accum Cost", "Process", "Valoracion Desarrollo"):

Diseno Tecnico.VACost,,Diseno Tecnico Accum VA Cost,DATABASE(,"Accum VA Cost","Process","Diseno Tecnico"):

 $Valoracion\ Certificacion. Number\ Out, Valoracion\ Certificacion\ Number\ Out, DATABASE (, "Number\ Out", "Process",$

"Valoracion Certificacion"):

Revision Planificacion. Wait Time, Revision Planificacion Accum Wait Time, DATABASE (,"Accum Wait Time", "Process".

"Revision Planificacion"):

Diseno Tecnico.WaitTime,,Diseno Tecnico Accum Wait Time,DATABASE(,"Accum Wait Time","Process","Diseno Tecnico"):

 $Desarrollo\ Demanda. Wait Time + Desarrollo\ Demanda. VATime,, Desarrollo\ Demanda\ Total\ Accum\ Time, DATABASE(,$

"Total Accum Time", "Process", "Desarrollo Demanda"):

Planificacion de la demanda. Wait Time,, Planificacion de la demanda Accum Wait

Time, DATABASE (,"Accum Wait Time",

"Process", "Planificacion de la demanda"):

 $Analisis\ Viabilidad. Wait Time + Analisis\ Viabilidad. VATime,, Analisis\ Viabilidad\ Total\ Accum\ Time. DATABASE(.$

"Total Accum Time", "Process", "Analisis Viabilidad"):

Analisis Viabilidad.NumberIn,,Analisis Viabilidad Number In,DATABASE(,"NumberIn","Process","Analisis Viabilidad"):

Validacion Integracion Funcional. Wait Time, Validacion Integracion Funcional Accum Wait Time, DATABASE(,

"Accum Wait Time", "Process", "Validacion Integracion Funcional"):

Desarrollo Demanda.NumberOut,,Desarrollo Demanda Number Out,DATABASE(,"Number Out","Process","Desarrollo Demanda"):

Validacion Integracion Funcional.VACost,,Validacion Integracion Funcional Accum VA Cost,DATABASE(,"Accum VA Cost",

"Process", "Validacion Integracion Funcional"):

Valoracion Certificacion.WaitCost,,Valoracion Certificacion Accum Wait Cost,DATABASE(,"Accum Wait Cost", "Process",

"Valoracion Certificacion"):

Valoracion Desarrollo.VATime,,Valoracion Desarrollo Accum VA Time,DATABASE(,"Accum VA Time","Process",

"Valoracion Desarrollo"):

Revision Valoracion Demanda.NumberIn,,Revision Valoracion Demanda NumberIn,DATABASE(,"Number In","Process",

"Revision Valoracion Demanda"):

Desarrollo Demanda.WaitCost,,Desarrollo Demanda Accum Wait Cost,DATABASE(,"Accum Wait Cost","Process",

"Desarrollo Demanda"):

Especificacion Funcional. WaitTime, Especificacion Funcional Accum Wait Time, DATABASE (,"Accum Wait Time", "Process",

"Especificacion Funcional"):

Implantacion Demanda.WaitCost + Implantacion Demanda.VACost,,Implantacion Demanda Total Accum Cost,DATABASE(,

"Total Accum Cost", "Process", "Implantacion Demanda"):

 $\label{lem:pruebas} Pruebas \ de \ Certificacion. Wait Cost, Pruebas \ de \ Certificacion \ Accum \ Wait \ Cost, DATABASE (, "Accum \ Wait \ Cost", "Process", \ Accum \ Wait \ Cost", "Process", \ Accum \ Wait \ Cost", "Process", \ Accum \ Wait \ Cost", \ Accum \ Wait \ Cost, \ Accum \ Cost, \ Accum \ Wait \ Cost, \ Accum \ Cost,$

"Pruebas de Certificacion"):

Revision Valoracion Demanda. VACost,, Revision Valoracion Demanda Accum VA

Cost, DATABASE (,"Accum VA Cost", "Process",

"Revision Valoracion Demanda"):

Planificacion de la demanda.VACost,,Planificacion de la demanda Accum VA Cost,DATABASE(,"Accum VA Cost","Process",

"Planificacion de la demanda"):

 $Revision\ Planificacion. Wait Time + Revision\ Planificacion. VATime, Revision\ Planificacion\ Total\ Accum\ Time, DATABASE(,$

"Total Accum Time", "Process", "Revision Planificacion"):

Analisis Viabilidad.WaitTime,,,Analisis Viabilidad Accum Wait Time,DATABASE(,"Accum Wait Time","Process",

"Analisis Viabilidad"):

Pruebas de Certificacion.WaitTime + Pruebas de Certificacion.VATime,,Pruebas de Certificacion Total Accum Time.

DATABASE(,"Total Accum Time","Process","Pruebas de Certificacion"):

Especificacion Funcional.NumberOut,,Especificacion Funcional Number Out,DATABASE(,"Number Out","Process",

"Especificacion Funcional"):

Revision Planificacion.WaitCost,,Revision Planificacion Accum Wait Cost,DATABASE(,"Accum Wait Cost","Process",

"Revision Planificacion"):

Implantacion Demanda.VATime,,Implantacion Demanda Accum VA Time,DATABASE(,"Accum VA Time","Process",

"Implantacion Demanda"):

Diseno Tecnico.WaitCost,,Diseno Tecnico Accum Wait Cost,DATABASE(,"Accum Wait Cost","Process","Diseno Tecnico"):

Planificacion de la demanda.WaitCost,,Planificacion de la demanda Accum Wait

Cost, DATABASE (,"Accum Wait Cost",

"Process", "Planificacion de la demanda"):

 $Especificacion\ Funcional. VATime,, Especificacion\ Funcional\ Accum\ VA\ Time, DATABASE(, "Accum\ VA\ Time", "Process",$

"Especificacion Funcional"):

Validacion Integracion Funcional.WaitCost,,Validacion Integracion Funcional Accum WaitCost,DATABASE(.

"Accum Wait Cost", "Process", "Validacion Integracion Funcional"):

Revision Planificacion.VATime,,Revision Planificacion Accum VA Time,DATABASE(,"Accum VA Time","Process",

"Revision Planificacion"):

Valoracion Desarrollo.VACost,,Valoracion Desarrollo Accum VA Cost,DATABASE(,"Accum VA Cost", "Process",

"Valoracion Desarrollo"):

 $Implantacion\ Demanda. Number In, Implantacion\ Demanda\ Number\ In, DATABASE (, "Number\ In", "Process",$

"Implantacion Demanda"):

Especificacion Funcional.WaitCost,,Especificacion Funcional Accum Wait Cost,DATABASE(,"Accum Wait Cost", "Process",

"Especificacion Funcional"):

Revision Valoracion Demanda. Wait Time, Revision Valoracion Demanda Accum Wait Time, DATABASE (,"Accum Wait Time",

"Process", "Revision Valoracion Demanda"):

Diseno Tecnico.NumberOut,,Diseno Tecnico Number Out,DATABASE(,"Number Out","Process","Diseno Tecnico"):

 $Valoracion\ Certificacion. WaitCost + Valoracion\ Certificacion. VACost,, Valoracion\ Certificacion\ Total\ Accum\ Cost,$

DATABASE(,"Total Accum Cost","Process","Valoracion Certificacion"):

Revision Valoracion Demanda. Number Out, Revision Valoracion Demanda Number

Out, DATABASE (,"Number Out", "Process",

"Revision Valoracion Demanda"):

 $Valoracion\ Desarrollo. Number Out,, Valoracion\ Desarrollo\ Number\ Out, DATABASE (, "Number\ Out", "Process", Number\ Out", Number\ Out", "Process", Number\ Out", "Number\ Out",$

"Valoracion Desarrollo"):

Analisis Viabilidad.VATime,,Analisis Viabilidad Accum VA Time,DATABASE(,"Accum VA Time","Process",

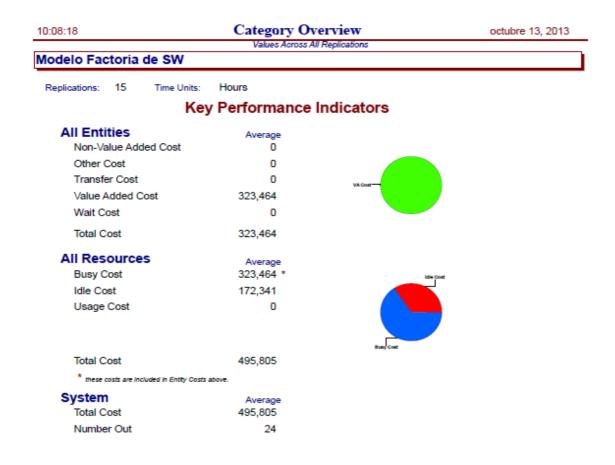
"Analisis Viabilidad");

REPLICATE, 15,,,Yes,Yes,,,,24,Hours,No,No,,DATETIME("Sep 09, 2013 09:00:00"),Yes;

ENTITIES: Peticion de Desarrollo, Picture. Report, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, AUTOSTATS (Yes,,);

ANEXO B. DETALLE INFORMES MODELO VALIDADO

En este anexo se muestra el detalle completo del informe de salida de la simulación del modelo validado en el Capítulo 5 de esta memoria:



10:08:18 Category Overview octubre 13, 2013

Values Across All Replications

Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Entity

Time						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximun Value
Peticion de Desarrollo	319.89	16,45	272.24	369.05	27.9857	735.4
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	882.95	72,29	695.38	1092.80	0.00	1532.8
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximun Value
Peticion de Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximun Valu
Peticion de Desarrollo Cost	1202.84	82,42	987.62	1436.16	37.0840	1946.8
Cost						
VA Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	13477.67	670,50	11533.18	15490.31	1162.25	31655.4
NVA Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Wait Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Other Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelos ARENA\Modelo Validado\Mode Page 2 of 17

Half Width

Half Width

670,50

0,00

Average

Average

13477.67

0.00

Minimum

Average

Minimum

Average

11533.18

0.00

Maximum

Maximum

Average

15490.31

Average

0.00

Minimum

Minimum Value

1162.25

Value

0.00

Maximum

Maximum Value

31655.42

Value

0.00

Transfer Cost

Total Cost

Peticion de Desarrollo

Peticion de Desarrollo

10:08:18	Category Overview						octubre 13, 2013		
		Va	alues Across All Re	eplications					
Modelo Factoria de SW									
Replications: 15	Time Units:	Hours							
Entity									
Other									
Number In		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average				
Peticion de Desarrollo		24.0000	0,00	24.0000	24.0000				
Number Out		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average				
Peticion de Desarrollo		24.0000	0,00	24.0000	24.0000				
WIP		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value		
Peticion de Desarrollo		17.4146	0,53	15.5824	18.7500	0.00	24.0000		

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelos ARENA\Modelo Validado\Mode Page 3

10:08:18		gory Over			octubre	13, 2013		
Values Across All Replications Modelo Factoria de SW								
Replications: 15 Time Ur	nits: Hours							
Process								
Time per Entity								
VA Time Per Entity			Minimum	Maximum	Minimum	Maxim		
VA Time Fer Entry	Average	Half Width	Average	Average	Value	Va		
Analisis Viabilidad	6.1983	0,31	5.3525	7.0285	4.0033	17.13		
Desarrollo Demanda	125.20	12,57	89.5532	155.64	40.2636	580		
Diseno Tecnico	84.8309	5,95	68.9685	104.40	21.2133	196		
Especificacion Funcional	54.7743	4,36	40.7639	67.5787	16.1409	240		
Implantacion Demanda	4.0697	0,03	4.0136	4.2269	4.0000	6.56		
Planificacion de la demanda	7.9296	0,31	7.0494	8.8666	0.00	15.16		
Pruebas de Certificacion	21.5311	1,30	16.4067	25.1391	0.4095	41.68		
Revision Planificacion	8.3529	0,61	6.5822	10.2697	3.3330	48.10		
Revision Valoracion Demanda	6.7299	0,37	5.4544	7.7338	1.9139	28.18		
Validacion Integracion Funcional	6.5888	0,26	5.9272	7.5650	1.5575	27.3		
Valoracion Certificacion	5.8653	0,19	5.2127	6.6252	4.0000	7.9		
Valoracion Desarrollo	9.8551	0,38	8.5166	11.0555	4.6292	15.2		
Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maxim Va		
Analisis Viabilidad	112.05	18,24	70.4157	199.26	0.00	415		
Desarrollo Demanda	20.8083	6,41	2.8984	38.3461	0.00	195		
Diseno Tecnico	134.69	30,07	49.5003	209.65	0.00	505		
Especificacion Funcional	298.42	31,71	226.89	443.88	0.00	797		
Implantacion Demanda	0.01425341	0,02	0.00	0.1715	0.00	3.60		
Planificacion de la demanda	115.31	22,77	53.6421	184.97	0.00	502		
Pruebas de Certificacion	19.8000	7,24	2.6790	44.6002	0.00	134		
Revision Planificacion	52.8233	20,97	4.2559	118.00	0.00	630		
Revision Valoracion Demanda	148.13	34,62	47.6280	249.99	0.00	499		
Validacion Integracion Funcional	0.6961	0,22	0.1543	1.5637	0.00	22.5		
Valoracion Certificacion	6.3418	3,48	0.6069	19.4491	0.00	89.8		
Valoracion Desarrollo	1.5327	1,96	0.00	13.1234	0.00	71.3		
Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maxim Va		
Analisis Viabilidad	118.25	18,29	76.1826	205.26	4.0161	420		
Desarrollo Demanda	146.00	16,00	92.4516	188.02	40.3373	594		
Diseno Tecnico	219.52	34,99	120.05	311.51	21.2133	615		
Especificacion Funcional	353.19	35,27	267.65	511.46	16.1746	834		
Implantacion Demanda	4.0839	0,04	4.0136	4.2314	4.0000	7.6		
Planificacion de la demanda	123.24	22,80	62.0181	192.36	0.00	508		
Pruebas de Certificacion	41.3311	8,20	24.1265	69.1884	3.1229	166		
Revision Planificacion	61.1761	20,75	13.6310	126.45	3.3421	641		
Revision Valoracion Demanda	154.86	34,57	53.8653	256.96	2.4977	501		
Validacion Integracion Funcional	7.2849	0,34	6.6370	8.3260	1.6270	27.3		
Valoracion Certificacion	12.2072	3,51	6.3783	25.3542	4.0000	93.8		
Valoracion Desarrollo	11.3878	1,94	8.5166	22.2703	4.6458	83.5		

Category Overview 10:08:18 octubre 13, 2013 Values Across All Replications Modelo Factoria de SW Replications: 15 Time Units: Hours **Process Accumulated Time** Accum VA Time Minimum. Maximum Half Width Average Average Average Analisis Viabilidad 144.30 8,01 118.82 168.68 Desarrollo Demanda 2693.84 306,28 1970.17 3579.68 Diseno Tecnico 1930.54 150,39 1481.44 2401.16 Especificacion Funcional 1314.58 104,72 978.33 1621.89 Implantacion Demanda 87.6508 4.54 64.3656 97.6787 Planificacion de la demanda 182.44 8.71 159.14 212.42 Pruebas de Certificacion 462.15 30.38 360.95 534.69 Revision Planificacion 193.07 151.39 250.06 18,52 9,85 Revision Valoracion Demanda 153.16 114.54 179.54 Validacion Integracion Funcional 142.25 158.13 6,22 181.56 Valoracion Certificacion 133.27 4,68 115.73 148.97 Valoracion Desarrollo 259.04 224.20 11,34 192.09 2800.000 Analys Vabilized Cheanale Demanda 2400,000 Expedituation Functional ☐ Disease Tecnico 2000,000 Planificacion de la demanda 1600,000

1200,000

800,000

400,000

0,000

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelos ARENA\Modelo Validado\Mod+ Page 5 of

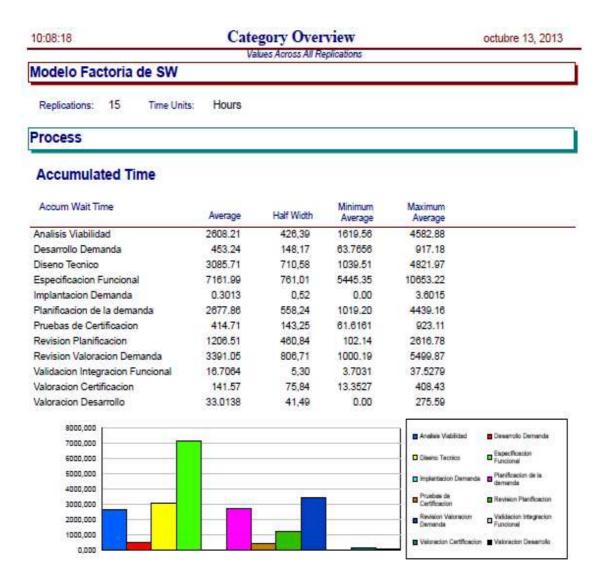
17

Revision Planificacion

Validacion integracion Funcional

■ Valoracion Desarrollo

Revision Valoracion Demanda



10:08:18 Category Overview octubre 13, 2013

Values Across All Replications

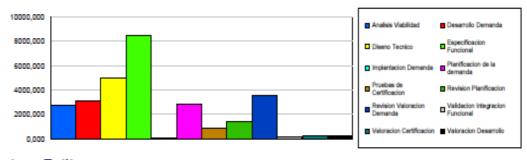
Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Process

Accumulated Time

Total Accum Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Analisis Viabilidad	2752.50	428,12	1752.20	4720.90
Desarrollo Demanda	3147.08	400,05	2033.94	4324.58
Diseno Tecnico	5016.25	842,93	2520.95	7164.81
Especificacion Funcional	8476.57	846,43	6423.68	12275.11
mplantacion Demanda	87.9521	4,53	64.3656	97.6787
Planificacion de la demanda	2860.30	562,04	1178.34	4616.65
ruebas de Certificacion	876.86	156,12	536.28	1418.06
evision Planificacion	1399.58	455,64	327.14	2800.75
levision Valoracion Demanda	3544.20	807,34	1131.17	5653.07
alidacion Integracion Funcional	174.84	8,08	159.29	199.82
aloracion Certificacion	274.84	75,10	140.32	532.44
aloracion Desarrollo	257.21	38,65	195.88	467.68



Cost per Entity

VA Cost Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad	309.91	15,28	267.62	351.42	200.16	856.60
Desarrollo Demanda	5007.81	502,77	3582.13	6225.53	1610.54	23209.36
Diseno Tecnico	4241.54	297,60	3448.42	5219.90	1060.67	9834.82
Especificacion Funcional	2875.65	229,07	2140.10	3547.88	847.40	12613.39
Implantacion Demanda	31.7945	0,24	31.3560	33.0230	31.2500	51.3087
Planificacion de la demanda	396.48	15,66	352.47	443.33	0.00	758.35
Pruebas de Certificacion	195.13	11,80	148.69	227.82	3.7109	377.75
Revision Planificacion	438.53	31,84	345.56	539.16	174.98	2525.52
Revision Valoracion Demanda	336.50	18,52	272.72	386.69	95.6936	1409.26
Validacion Integracion Funcional	41.1802	1,62	37.0449	47.2815	9.7343	170.98
Valoracion Certificacion	53.1547	1,72	47.2398	60.0404	36.2500	72.4978
Valoracion Desarrollo	394.20	15,29	340.66	442.22	185.17	609.17

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelos ARENA\Modelo Validado\Mode Page 7 of 17

Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Process

Cost per Entity

Wait Cost Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Desarrollo Demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diseno Tecnico	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Especificacion Funcional	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Implantacion Demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Planificacion de la demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pruebas de Certificacion	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Revision Planificacion	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Revision Valoracion Demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Validacion Integracion Funcional	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valoracion Certificacion	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valoracion Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Cost Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad	309.91	15,28	267.62	351.42	200.16	856.60
Desarrollo Demanda	5007.81	502,77	3582.13	6225.53	1610.54	23209.36
Diseno Tecnico	4241.54	297,60	3448.42	5219.90	1060.67	9834.82
Especificacion Funcional	2875.65	229,07	2140.10	3547.88	847.40	12613.39
Implantacion Demanda	31.7945	0,24	31.3560	33.0230	31.2500	51.3087
Planificacion de la demanda	396.48	15,66	352.47	443.33	0.00	758.35
Pruebas de Certificacion	195.13	11,80	148.69	227.82	3.7109	377.75
Revision Planificacion	438.53	31,84	345.56	539.16	174.98	2525.52
Revision Valoracion Demanda	336.50	18,52	272.72	386.69	95.6936	1409.26
Validacion Integracion Funcional	41.1802	1,62	37.0449	47.2815	9.7343	170.98
Valoracion Certificacion	53.1547	1,72	47.2398	60.0404	36.2500	72.4978
Valoracion Desarrollo	394.20	15,29	340.66	442.22	185.17	609.17

Accumulated Cost

10:08:18 Category Overview octubre 13, 2013

Values Across All Replications

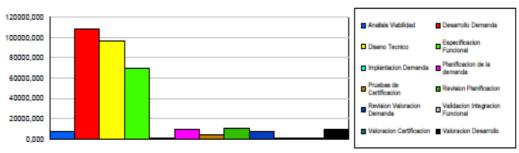
Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Process

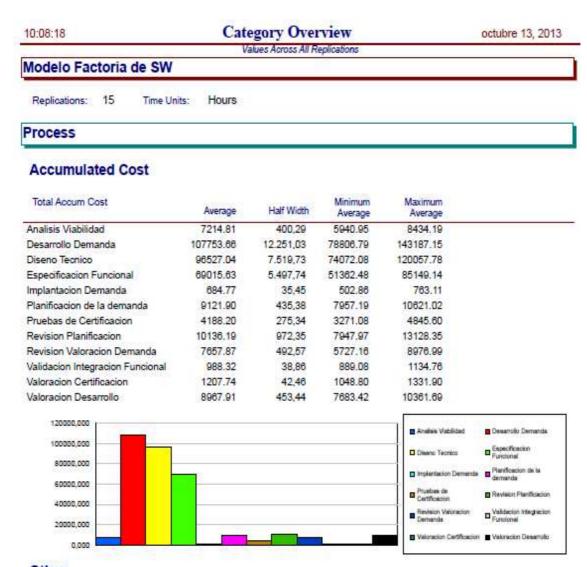
Accumulated Cost

Accum VA Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Analisis Viabilidad	7214.81	400,29	5940.95	8434.19
Desarrollo Demanda	107753.66	12.251,03	78806.79	143187.15
Diseno Tecnico	96527.04	7.519,73	74072.08	120057.78
Especificacion Funcional	69015.63	5.497,74	51362.48	85149.14
Implantacion Demanda	684.77	35,45	502.86	763.11
Planificacion de la demanda	9121.90	435,38	7957.19	10621.02
Pruebas de Certificacion	4188.20	275,34	3271.08	4845.60
Revision Planificacion	10136.19	972,35	7947.97	13128.35
Revision Valoracion Demanda	7657.87	492,57	5727.16	8976.99
Validacion Integracion Funcional	988.32	38,86	889.08	1134.76
Valoracion Certificacion	1207.74	42,46	1048.80	1331.90
Valoracion Desarrollo	8967.91	453,44	7683.42	10361.69



Accum Wait Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	
Analisis Viabilidad	0.00	0,00	0.00	0.00	
Desarrollo Demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	
Diseno Tecnico	0.00	0,00	0.00	0.00	
Especificacion Funcional	0.00	0,00	0.00	0.00	
Implantacion Demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	
Planificacion de la demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	
Pruebas de Certificacion	0.00	0,00	0.00	0.00	
Revision Planificacion	0.00	0,00	0.00	0.00	
Revision Valoracion Demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	
Validacion Integracion Funcional	0.00	0,00	0.00	0.00	
Valoracion Certificacion	0.00	0,00	0.00	0.00	
Valoracion Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelos ARENA\Modelo Validado\Mode Page 9 of 17



Other

Category Overview 10:08:18 octubre 13, 2013 Values Across All Replications Modelo Factoria de SW Replications: 15 Time Units: Hours **Process** Other Number In Minimum Maximum Half Width Average Average Average Analisis Viabilidad 23.2667 0.39 22.0000 24 0000 Desarrollo Demanda 16 0000 24 0000 21.5333 1.09 Diseno Tecnico 22.7333 0.53 21.0000 24.0000 Especificacion Funcional 24.0000 0,00 24.0000 24.0000 Implantacion Demanda 16.0000 24.0000 21.5333 1,09 Planificacion de la demanda 26.0000 23.0667 1,10 19.0000 Pruebas de Certificacion 24.0000 21.5333 1,09 16,0000 Revision Planificacion 23.0667 1,10 19.0000 26,0000 Revision Valoracion Demanda 22.7333 0,53 21.0000 24.0000 Validacion Integracion Funcional 24.0000 0,00 24.0000 24.0000 Valoracion Certificacion 22.7333 0,53 21.0000 24.0000 Valoracion Desarrollo 22.7333 0,53 21.0000 24.0000 24,000 Analisis Viabilidad ■ Desarrollo Demanda 23,600 Especificacion Funcional Diseno Tecnico 23,200 22,800 22,400 Revision Planificacion 22.000 Validacion Integracion Funcional 21,600 Valoracion Certificacion Valoracion Desarrollo 21,200 Number Out Minimum Maximum Average Half Width Average Average Analisis Viabilidad 23.2667 0,39 22.0000 24.0000 Desarrollo Demanda 21.5333 1,09 16.0000 24.0000 Diseno Tecnico 22.7333 0.53 21.0000 24.0000 Especificacion Funcional 24.0000 0,00 24.0000 24.0000 Implantacion Demanda 21.5333 1,09 16.0000 24.0000 Planificacion de la demanda 23.0667 19.0000 26.0000 1,10 Pruebas de Certificacion 16.0000 24.0000 21.5333 1,09 Revision Planificacion 23.0667 1,10 19.0000 26.0000 Revision Valoracion Demanda 22.7333 0,53 21.0000 24.0000 Validacion Integracion Funcional 24.0000 0.00 24.0000 24.0000 Valoracion Certificacion 22.7333 0.53 21.0000 24.0000 Valoracion Desarrollo 22.7333 0.53 21.0000 24.0000

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelos ARENA\Modelo Validado\Mode Page 11

Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad.Queue	112.05	18,24	70.4157	199.26	0.00	415.66
Desarrollo Demanda.Queue	20.8083	6,41	2.8984	38.3461	0.00	195.94
Diseno Tecnico.Queue	134.69	30,07	49.5003	209.65	0.00	505.75
Especificacion Funcional.Queue	298.42	31,71	226.89	443.88	0.00	797.43
Implantacion Demanda.Queue	0.01425341	0,02	0.00	0.1715	0.00	3.6015
Planificacion de la demanda.Queue	115.31	22,77	53.6421	184.97	0.00	502.19
Pruebas de Certificacion.Queue	19.8000	7,24	2.6790	44.6002	0.00	134.21
Revision Planificacion.Queue	52.8233	20,97	4.2559	118.00	0.00	630.10
Revision Valoracion Demanda.Queue	148.13	34,62	47.6280	249.99	0.00	499.09
Validacion Integracion Funcional.Queue	0.6961	0,22	0.1543	1.5637	0.00	22.5887
Valoracion Certificacion.Queue	6.3418	3,48	0.6069	19.4491	0.00	89.8565
Valoracion Desarrollo.Queue	1.5327	1,96	0.00	13.1234	0.00	71.3704

Cost

Waiting Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Desarrollo Demanda.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diseno Tecnico.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Especificacion Funcional.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Implantacion Demanda.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Planificacion de la demanda.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pruebas de Certificacion.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Revision Planificacion.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Revision Valoracion Demanda.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Validacion Integracion Funcional.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valoracion Certificacion.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valoracion Desarrollo.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelos ARENA\Modelo Validado\Mode Page 12

Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Queue

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad.Queue	1.5627	0,21	1.1218	2.5469	0.00	12.0000
Desarrollo Demanda.Queue	0.2650	0,08	0.04486344	0.5214	0.00	9.0000
Diseno Tecnico.Queue	1.8068	0,34	0.7683	2.7151	0.00	11.0000
Especificacion Funcional.Queue	4.4048	0,62	2.7970	6.4914	0.00	22.0000
Implantacion Demanda.Queue	0.00017516	0,00	0.00	0.00203555	0.00	1.0000
Planificacion de la demanda.Queue	1.5755	0,25	0.7533	2.2802	0.00	10.0000
Pruebas de Certificacion.Queue	0.2596	0,10	0.03382094	0.6264	0.00	6.0000
Revision Planificacion.Queue	0.7746	0,33	0.05246595	1.6996	0.00	9.0000
Revision Valoracion Demanda.Queue	1.9822	0,39	0.7393	3.1698	0.00	11.0000
Validacion Integracion Funcional.Queue	0.00999248	0,00	0.00273717	0.02113066	0.00	1.0000
Valoracion Certificacion.Queue	0.0931	0,05	0.00769562	0.3019	0.00	5.0000
Valoracion Desarrollo.Queue	0.02313641	0,03	0.00	0.2037	0.00	5.0000

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelos ARENA\Modelo Validado\Mode Page 13 17

Modelo Factoria de SW

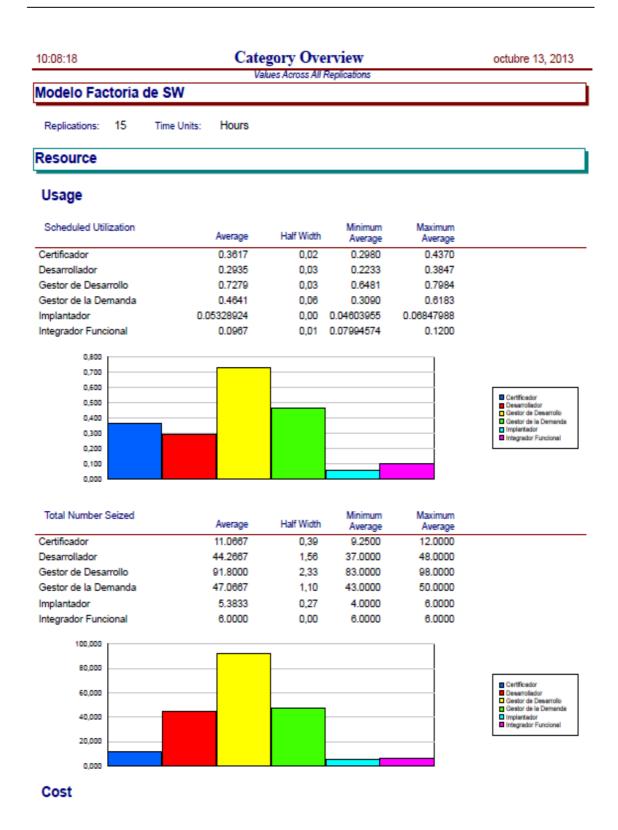
Replications: 15 Hours Time Units:

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Certificador	0.3617	0,02	0.2980	0.4370	0.00	1.0000
Desarrollador	0.2935	0,03	0.2233	0.3847	0.00	1.0000
Gestor de Desarrollo	0.7279	0,03	0.6481	0.7984	0.00	1.0000
Gestor de la Demanda	0.4641	0,06	0.3090	0.6183	0.00	1.0000
Implantador	0.05328924	0,00	0.04603955	0.06847988	0.00	1.0000
Integrador Funcional	0.0967	0,01	0.07994574	0.1200	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Certificador	0.0904	0,01	0.07449400	0.1092	0.00	0.2500
Desarrollador	1.7612	0,15	1.3401	2.3081	0.00	6.0000
Gestor de Desarrollo	1.4559	0,05	1.2962	1.5969	0.00	2.0000
Gestor de la Demanda	0.9281	0,11	0.6181	1.2366	0.00	2.0000
Implantador	0.01332231	0,00	0.01150989	0.01711997	0.00	0.2500
Integrador Funcional	0.02418736	0,00	0.01998643	0.02998966	0.00	0.2500
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Certificador	0.2500	0,00	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500
Desarrollador	6.0000	0,00	6.0000	6.0000	6.0000	6.0000
Gestor de Desarrollo	2.0000	0,00	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Gestor de la Demanda	2.0000	0,00	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Implantador	0.2500	0,00	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500
Integrador Funcional	0.2500	0,00	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelos ARENA\Modelo Validado\Mode Page 17



Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelos ARENA\Modelo Validado\Mode Page 15 of 17

Category Overview 10:08:18 octubre 13, 2013 Values Across All Replications Modelo Factoria de SW Replications: 15 Time Units: Hours Resource Cost **Busy Cost** Minimum Maximum Half Width Average Average Average Certificador 5395.94 284,76 4460.85 6112.55 Desarrollador 116721.57 12.377.89 88977.81 153264.20 Gestor de Desarrollo 120521.63 7.946.96 95210.44 142986.58 Gestor de la Demanda 79151.82 5.329,86 63175.04 94807.88 Implantador 684.77 35,45 502.88 763.11 Integrador Funcional 988.32 38,86 889.08 1134.76 140000,000 120000,000 100000.000 Certificador Desarrollador Gestor de Desarrollo Gestor de la Demanda Implantador Integrador Funcional 80000,000 60000,000 40000,000 0.000 Idle Cost Minimum Maximum Half Width Average Average Average Certificador 9663.54 948,17 6903.14 12093.71 Desarrollador 0.00 0,00 0.00 0.00 Gestor de Desarrollo 45652.02 6.748,86 26089.26 65463.92 Gestor de la Demanda 95330.51 15.399,94 52475.67 141242.78 Implantador 12297.54 918,65 9420.17 14488.47 Integrador Funcional 749,69 7164.18 11134.88 9397.53 100000,000 80000,000 Certificador 60000,000 Desarrollador Gestor de Desarrollo Gestor de la Demanda 40000.000 Implantador Integrador Funcional 20000,000 0.000

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelos ARENA\Modelo Validado\Mode Page 16 of 17

Category Overview 10:08:18 octubre 13, 2013 Values Across All Replications Modelo Factoria de SW Replications: 15 Time Units: Hours Resource Cost Usage Cost Minimum Maximum Half Width Average Average Average Certificador 0.00 0,00 0.00 0.00 Desarrollador 0.00 0,00 0.00 0.00 0,00 Gestor de Desarrollo 0.00 0.00 0.00 Gestor de la Demanda 0.00 0.00 0.00 0.00 Implantador 0.00 0,00 0.00 0.00 Integrador Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 User Specified Tally Interval Maximum Minimum Value Minimum Maximum Half Width Average Value Average Average Tiempo Demandas Realizadas 1262.43 72.37 1059.55 1447.48 563.02 1946.84 Counter Count Minimum Maximum Average Half Width Average Average 1.2000 5.0000 Registro Valoraciones 0,70 0.00 Rechazadas Registro Demandas Inviables 0.5333 0,35 0.00 2.0000 16.0000 24.0000 Registro Demandas Realizadas 21.5333 1.09 Registro Rechazos Mapa 0.7333 0,39 0.00 2.0000 Sistemas 24,000 20,000 Registro Valoracione Rechazadas 16,000 Registro Demendes 12,000 Invisbles
Registro Demendes
Realizades
Registro Rechazos
Mapa Sistemas 8,000 4,000

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelos ARENA\Modelo Validado\Mode Page 17

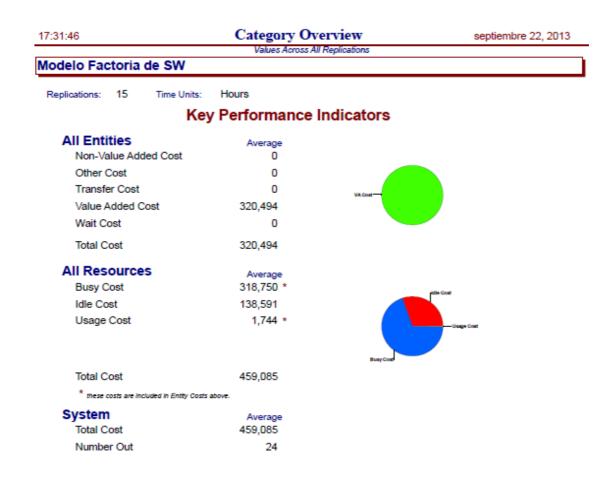
0,000

of

Modelado y Simul	lación de una F	actoria de Sof	tware	

ANEXO C. DETALLE INFORMES MODELO OPTIMIZADO

En este anexo se muestra el detalle completo del informe de salida de la simulación del modelo optimizado en el Capítulo 6 de esta memoria:



	Va	ilues Across All Re	eplications			
Modelo Factoria	de SW					
Replications: 15	Time Units: Hours					
ntity						
Time						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	320.44	11,83	290.16	371.34	31.8335	710.8
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	682.66	44,94	532.09	796.20	0.00	1098.7
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	1003.09	49,19	838.92	1125.68	37.0840	1558.7
Cost						
VA Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	13353.92	537,04	11941.23	15614.52	1461.16	29950.7
NVA Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Wait Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Other Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Transfer Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.0
Total Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo	13353.92	537,04	11941.23	15614.52	1461.16	29950.7

17:31:46		Cate	gory Over	view		septiembre :	22, 2013
		Va	ilues Across All Re	eplications			
Modelo Factoria	de SW						
Replications: 15	Time Units:	Hours					
Entity							
Other							
Number In		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Peticion de Desarrollo	2	24.0000	0,00	24.0000	24.0000		
Number Out		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Peticion de Desarrollo	2	24.0000	0,00	24.0000	24.0000		
WIP		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximur Valu
Peticion de Desarrollo		18.2177	0.49	16.6024	19.4355	0.00	24.000

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelo ARENA optimizado\Modelo Fac Page 3

Category Overview
Values Across All Replications 17:31:46 septiembre 22, 2013

Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Process

Time per Entity

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad	6.4162	0,28	5.7472	7.3816	4.0039	17.7011
Desarrollo Demanda	117.23	7,63	98.0157	144.20	40.3168	527.29
Diseno Tecnico	81.6681	6,01	67.4402	102.64	20.2331	190.94
Especificacion Funcional	56.2638	5,19	43.6589	72.4754	16.0179	275.79
Implantacion Demanda	4.0926	0,05	4.0214	4.3984	4.0000	7.4047
Planificacion de la demanda	7.6448	0,35	6.4386	8.4406	0.00	16.8607
Pruebas de Certificacion	21.8723	0,76	19.9174	24.7255	2.8277	42.1803
Revision Planificacion	8.6560	0,79	6.6583	11.9777	3.2798	55.2310
Revision Valoracion Demanda	6.2610	0,22	5.7108	7.0239	1.9745	22.8222
Validacion Integracion Funcional	6.8732	0,55	5.6875	9.1558	1.6902	45.6847
Valoracion Certificacion	5.6861	0,18	5.1650	6.4252	4.0000	8.0000
Valoracion Desarrollo	9.8369	0,20	9.3206	10.3696	4.4047	15.7155
Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad	37.8743	12,56	1.8897	74.4179	0.00	178.70
Desarrollo Demanda	26.2165	14,29	0.3607	70.4518	0.00	210.16
Diseno Tecnico	34.6722	14,25	1.3644	86.3645	0.00	192.45
Especificacion Funcional	304.78	32,28	186.98	407.30	0.00	807.29
Implantacion Demanda	0.00693571	0,01	0.00	0.05328775	0.00	1.1723
Planificacion de la demanda	35.4341	12,93	3.0612	75.9754	0.00	218.37
Pruebas de Certificacion	49.1339	10,86	21.6442	80.4072	0.00	193.58
Revision Planificacion	138.30	50,30	35.2360	306.25	0.00	767.13
Revision Valoracion Demanda	39.9601	15,31	0.8616	89.1820	0.00	206.72
Validacion Integracion Funcional	0.6619	0,38	0.1570	2.9239	0.00	26.9551
Valoracion Certificacion	12.8202	3,24	5.1312	26.4562	0.00	142.49
Valoracion Desarrollo	8.6254	3,48	1.5093	19.9648	0.00	219.92
Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad	44.2905	12,50	9.2712	81.6775	4.0039	189.04
Desarrollo Demanda	143.44	16,38	102.41	199.94	40.3297	704.34
Diseno Tecnico	116.34	18,85	68.8046	189.00	20.5251	344.95
Especificacion Funcional	361.04	36,79	230.64	478.88	16.1746	890.17
Implantacion Demanda	4.0995	0,06	4.0214	4.4492	4.0000	7.5198
Planificacion de la demanda	43.0789	12,88	11.2259	82.8467	0.00	222.34
Pruebas de Certificacion	71.0062	11,03	43.0385	104.86	4.6470	213.64
Revision Planificacion	146.95	50,36	43.6663	314.14	3.4015	773.87
Revision Valoracion Demanda	46.2211	15,33	7.1680	96.0009	2.1237	215.03
Validacion Integracion Funcional	7.5351	0,88	5.9514	12.0797	1.6902	45.6847
Valoracion Certificacion	18.5064	3,28	10.4826	32.0976	4.0000	149.38
Valoracion Desarrollo	18.4623	3,53	11.5047	29.6171	4.4047	230.84

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelo ARENA optimizado\Modelo Fac Page 4 of 18

Category Overview 17:31:46 septiembre 22, 2013 Values Across All Replications Modelo Factoria de SW Replications: 15 Time Units: Hours **Process Accumulated Time** Accum VA Time Minimum Maximum Half Width Average Average Average Analisis Viabilidad 149.97 5.71 137.93 174.23 Desarrollo Demanda 2625,46 2130.31 3316.56 187,00 Diseno Tecnico 1483.68 1906.29 148,49 2463.27 Especificacion Funcional 1350.33 124,48 1047.81 1739.41 Implantacion Demanda 91.8641 2,81 82.4052 99.49 Planificacion de la demanda 188.51 12,48 160.97 236.34 Pruebas de Certificacion 489.91 21,99 429.64 554.19 Revision Planificacion 215.09 28,03 153.14 335.38 Revision Valoracion Demanda 146.13 6,31 127.33 168.57 Validacion Integracion Funcional 164.96 13,22 136.50 219.74 Valoracion Certificacion 132.61 121.47 144.79 4,30 229.54 205.05 Valoracion Desarrollo 6,60 248.29 2800,000 Anelsis Vieblided Deserrolo Demenda 2400,000 ☐ Diseno Tecnico 2000,000 mplantacion Demenda Prenificacion de la demenda 1600,000 1200,000 Pruebas de Certificacion Revision Pterificacion □ Validacion Integracion Funcional 800,000 400,000

0,000

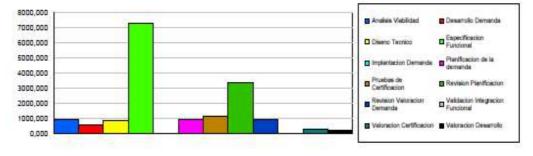
18

🗑 Veloración Certificación . 🖀 Vatoración Desarrollo



Accumulated Time

Accum Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	
Analisis Viabilidad	889.48	295,92	43.4625	1786.03	
Desarrollo Demanda	581.33	315,84	7.9356	1549.94	
Diseno Tecnico	815.76	336,69	30.0177	2072.75	
Especificacion Funcional	7314.71	774,68	4487.43	9775.12	
Implantacion Demanda	0.1526	0,22	0.00	1.1723	
Planificacion de la demanda	888.41	328,35	64.2860	1910.76	
Pruebas de Certificacion	1098.64	241,67	476.17	1768.96	
Revision Planificacion	3340.70	1.133,35	845.66	6856.06	
Revision Valoracion Demanda	939.03	360,74	18.9542	2140.37	
Validacion Integracion Funcional	15.8865	9,08	3.7691	70.1747	
Valoracion Certificacion	300.23	77,40	112.89	634.95	
Valoracion Desarrollo	199.40	79,81	34.7136	479.15	



Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelo ARENA optimizado\Modelo Fac Page 6 of 18

Category Overview Values Across All Replications 17:31:46 septiembre 22, 2013

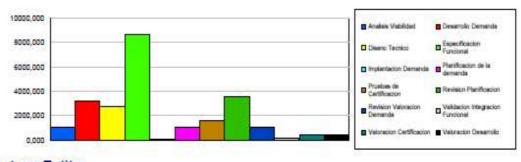
Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Process

Accumulated Time

Total Accum Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	
Analisis Viabilidad	1039.45	295,20	213.24	1960.26	
Desarrollo Demanda	3206.79	362,50	2353.67	4398.74	
Diseno Tecnico	2722.05	456,36	1513.70	4536.01	
Especificacion Funcional	8665.04	883,08	5535.25	11493.02	
Implantacion Demanda	91.8167	2,84	82.4052	99.49	
Planificacion de la demanda	1076.92	331,04	235.74	2107.43	
Pruebas de Certificacion	1588.55	246,70	989.89	2306.86	
Revision Planificacion	3555.79	1.133,97	1047.99	7039,99	
Revision Valoracion Demanda	1085.16	362,18	157.70	2304.02	
Validacion Integracion Funcional	180.84	21,09	142.83	289.91	
Valoracion Certificacion	432.84	78,91	241.10	770.34	
Valoracion Desarrollo	428.94	79,53	265.83	710.81	



Cost per Entity

VA Cost Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad	320.81	13,86	287.36	369.08	200.19	885.06
Desarrollo Demanda	4689.04	305,04	3920.63	5767.93	1612.67	21091.72
Diseno Tecnico	4083.40	300,49	3372.01	5131.80	1011.66	9547.07
Especificacion Funcional	2953.85	272,31	2292.09	3804.96	840.94	14479.20
Implantacion Demanda	34.7500	0,00	34.7500	34.7500	34.7500	34.7500
Planificacion de la demanda	382.24	17,34	321.93	422.03	0.00	843.03
Pruebas de Certificacion	99.11	3,44	90.2508	112.04	12.8132	191.13
Revision Planificacion	454.44	41,47	349.56	628.83	172.19	2899.63
Revision Valoracion Demanda	313.05	11,18	285.54	351.20	98.7237	1141.11
Validacion Integracion Funcional	40.2500	0,00	40.2500	40.2500	40.2500	40.2500
Valoracion Certificacion	25.7654	0,83	23.4037	29.1141	18.1250	36.2500
Valoracion Desarrollo	393.48	8,20	372.82	414.78	176.19	628.62

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelo ARENA optimizado\Modelo Fac Page 18

Category Overview

Values Across All Replications 17:31:46 septiembre 22, 2013

Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Process

Cost per Entity

Wait Cost Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Desarrollo Demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diseno Tecnico	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Especificacion Funcional	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Implantacion Demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Planificacion de la demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pruebas de Certificacion	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Revision Planificacion	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Revision Valoracion Demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Validacion Integracion Funcional	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valoracion Certificacion	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valoracion Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Cost Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad	320.81	13,86	287.36	369.08	200.19	885.06
Desarrollo Demanda	4689.04	305,04	3920.63	5767.93	1612.67	21091.72
Diseno Tecnico	4083.40	300,49	3372.01	5131.80	1011.66	9547.07
Especificacion Funcional	2953.85	272,31	2292.09	3804.96	840.94	14479.20
Implantacion Demanda	34.7500	0,00	34.7500	34.7500	34.7500	34.7500
Planificacion de la demanda	382.24	17,34	321.93	422.03	0.00	843.03
Pruebas de Certificacion	99.11	3,44	90.2506	112.04	12.8132	191.13
Revision Planificacion	454.44	41,47	349.56	628.83	172.19	2899.63
Revision Valoracion Demanda	313.05	11,18	285.54	351.20	98.7237	1141.11
Validacion Integracion Funcional	40.2500	0,00	40.2500	40.2500	40.2500	40.2500
Valoracion Certificacion	25.7654	0,83	23.4037	29.1141	18.1250	36.2500
Valoracion Desarrollo	393.48	8,20	372.82	414.78	176.19	628.62
Accumulated Cost						

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelo ARENA optimizado\Modelo Fac Page 8 18 17:31:46 Category Overview septiembre 22, 2013

Values Across All Replications

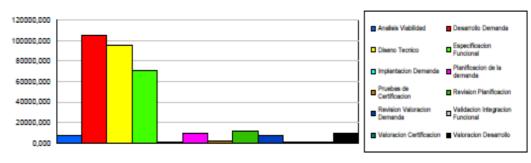
Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Process

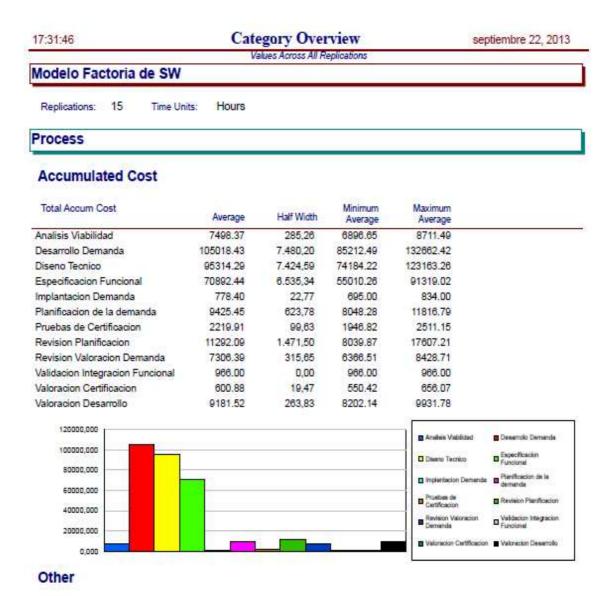
Accumulated Cost

Accum VA Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Analisis Viabilidad	7498.37	285,26	6896.65	8711.49
Desarrollo Demanda	105018.43	7.480,20	85212.49	132662.42
Diseno Tecnico	95314.29	7.424,59	74184.22	123163.26
Especificacion Funcional	70892.44	6.535,34	55010.26	91319.02
Implantacion Demanda	778.40	22,77	695.00	834.00
Planificacion de la demanda	9425.45	623,78	8048.28	11816.79
Pruebas de Certificacion	2219.91	99,63	1946.82	2511.15
Revision Planificacion	11292.09	1.471,50	8039.87	17607.21
Revision Valoracion Demanda	7306.39	315,65	6366.51	8428.71
Validacion Integracion Funcional	966.00	0,00	966.00	966.00
Valoracion Certificacion	600.88	19,47	550.42	656.07
Valoracion Desarrollo	9181.52	263,83	8202.14	9931.78



Desarrollo Demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Diseno Tecnico 0.00 0,00 0.00 0.00 Especificacion Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 Implantacion Demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Planificacion de la demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Pruebas de Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00 Revision Planificacion 0.00 0,00 0.00 0.00 Revision Valoracion Demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Validacion Integracion Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 Valoracion Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00	Accum Wait Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	
Diseno Tecnico 0.00 0,00 0.00 0.00 Especificacion Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 Implantacion Demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Planificacion de la demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Pruebas de Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00 Revision Planificacion 0.00 0,00 0.00 0.00 Revision Valoracion Demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Validacion Integracion Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 Valoracion Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00	Analisis Viabilidad	0.00	0,00	0.00	0.00	
Especificacion Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 Implantacion Demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Planificacion de la demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Pruebas de Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00 Revision Planificacion 0.00 0,00 0.00 0.00 Revision Valoracion Demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Validacion Integracion Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 Valoracion Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00	Desarrollo Demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	
Implantacion Demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Planificacion de la demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Pruebas de Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00 Revision Planificacion 0.00 0,00 0.00 0.00 Revision Valoracion Demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Validacion Integracion Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 Valoracion Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00	Diseno Tecnico	0.00	0,00	0.00	0.00	
Planificacion de la demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Pruebas de Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00 Revision Planificacion 0.00 0,00 0.00 0.00 Revision Valoracion Demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Validacion Integracion Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 Valoracion Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00	Especificacion Funcional	0.00	0,00	0.00	0.00	
Pruebas de Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00 Revision Planificacion 0.00 0,00 0.00 0.00 Revision Valoracion Demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Validacion Integracion Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 Valoracion Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00	Implantacion Demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	
Revision Planificacion 0.00 0,00 0.00 0.00 Revision Valoracion Demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Validacion Integracion Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 Valoracion Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00	Planificacion de la demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	
Revision Valoracion Demanda 0.00 0,00 0.00 0.00 Validacion Integracion Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 Valoracion Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00	Pruebas de Certificacion	0.00	0,00	0.00	0.00	
Validacion Integracion Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 Valoracion Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00	Revision Planificacion	0.00	0,00	0.00	0.00	
Valoracion Certificacion 0.00 0,00 0.00 0.00	Revision Valoracion Demanda	0.00	0,00	0.00	0.00	
	Validacion Integracion Funcional	0.00	0,00	0.00	0.00	
Valoracion Desarrollo 0.00 0.00 0.00 0.00	Valoracion Certificacion	0.00	0,00	0.00	0.00	
	Valoracion Desarrollo	0.00	0,00	0.00	0.00	

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelo ARENA optimizado\Modelo Fac Page 9 of 18



Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelo ARENA optimizado\Modelo Fac Page 10

.

17:31:46 Category Overview septiembre 22, 2013

Values Across All Replications

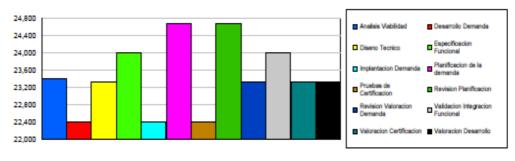
Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Process

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	
Analisis Viabilidad	23.4000	0,41	22.0000	24.0000	
Desarrollo Demanda	22.4000	0,66	20.0000	24.0000	
Diseno Tecnico	23.3333	0,45	22.0000	24.0000	
Especificacion Funcional	24.0000	0,00	24.0000	24.0000	
Implantacion Demanda	22.4000	0,66	20.0000	24.0000	
Planificacion de la demanda	24.6667	1,18	21.0000	29.0000	
Pruebas de Certificacion	22.4000	0,66	20.0000	24.0000	
Revision Planificacion	24.6667	1,18	21.0000	29.0000	
Revision Valoracion Demanda	23.3333	0,45	22.0000	24.0000	
Validacion Integracion Funcional	24.0000	0,00	24.0000	24.0000	
Valoracion Certificacion	23.3333	0,45	22.0000	24.0000	
Valoracion Desarrollo	23.3333	0,45	22.0000	24.0000	



Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	
Analisis Viabilidad	23.4000	0,41	22.0000	24.0000	
Desarrollo Demanda	22.4000	0,66	20.0000	24.0000	
Diseno Tecnico	23.3333	0,45	22.0000	24.0000	
Especificacion Funcional	24.0000	0,00	24.0000	24.0000	
Implantacion Demanda	22.4000	0,66	20.0000	24.0000	
Planificacion de la demanda	24.6667	1,18	21.0000	29.0000	
Pruebas de Certificacion	22.4000	0,66	20.0000	24.0000	
Revision Planificacion	24.6667	1,18	21.0000	29.0000	
Revision Valoracion Demanda	23.3333	0,45	22.0000	24.0000	
Validacion Integracion Funcional	24.0000	0,00	24.0000	24.0000	
Valoracion Certificacion	23.3333	0,45	22.0000	24.0000	
Valoracion Desarrollo	23.3333	0,45	22.0000	24.0000	

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelo ARENA optimizado\Modelo Fac Page 11 of 18

Category Overview 17:31:46 septiembre 22, 2013

Values Across All Replications

Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad.Queue	37.8743	12,56	1.8897	74.4179	0.00	178.70
Desarrollo Demanda.Queue	26.2165	14,29	0.3607	70.4518	0.00	210.16
Diseno Tecnico.Queue	34.6722	14,25	1.3644	86.3645	0.00	192.45
Especificacion Funcional.Queue	304.78	32,28	186.98	407.30	0.00	807.29
Implantacion Demanda.Queue	0.00693571	0,01	0.00	0.05328775	0.00	1.1723
Planificacion de la demanda.Queue	35.4341	12,93	3.0612	75.9754	0.00	218.37
Pruebas de Certificacion.Queue	49.1339	10,86	21.6442	80.4072	0.00	193.58
Revision Planificacion.Queue	138.30	50,30	35.2360	306.25	0.00	767.13
Revision Valoracion Demanda.Queue	39.9601	15,31	0.8616	89.1820	0.00	206.72
Validacion Integracion Funcional Queue	0.6619	0,38	0.1570	2.9239	0.00	26.9551
Valoracion Certificacion.Queue	12.8202	3,24	5.1312	26.4562	0.00	142.49
Valoracion Desarrollo.Queue	8.6254	3,48	1.5093	19.9648	0.00	219.92

Cost

Waiting Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Desarrollo Demanda.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diseno Tecnico.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Especificacion Funcional.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Implantacion Demanda.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Planificacion de la demanda.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pruebas de Certificacion.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Revision Planificacion.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Revision Valoracion Demanda.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Validacion Integracion Funcional.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valoracion Certificacion.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valoracion Desarrollo.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelo ARENA optimizado\Modelo Fac Page 12

Category Overview

Values Across All Replications 17:31:46 septiembre 22, 2013

Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Queue

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Analisis Viabilidad.Queue	0.6844	0,23	0.03131703	1.2593	0.00	7.0000
Desarrollo Demanda.Queue	0.4228	0,22	0.00671538	1.0731	0.00	12.0000
Diseno Tecnico.Queue	0.6283	0,26	0.02162936	1.4522	0.00	6.0000
Especificacion Funcional.Queue	5.5259	0,50	3.7974	6.9395	0.00	22.0000
Implantacion Demanda.Queue	0.00011901	0,00	0.00	0.00099252	0.00	1.0000
Planificacion de la demanda.Queue	0.6847	0,26	0.04632145	1.5430	0.00	6.0000
Pruebas de Certificacion.Queue	0.8344	0,18	0.3591	1.3371	0.00	8.0000
Revision Planificacion.Queue	2.4880	0,80	0.7013	4.9778	0.00	18.0000
Revision Valoracion Demanda.Queue	0.7205	0,27	0.01365748	1.4996	0.00	6.0000
Validacion Integracion Funcional.Queue	0.01228898	0,01	0.00310387	0.05938423	0.00	2.0000
Valoracion Certificacion.Queue	0.2312	0,06	0.08013880	0.4948	0.00	6.0000
Valoracion Desarrollo.Queue	0.1480	0,06	0.02937587	0.3085	0.00	3.0000

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelo ARENA optimizado\Modelo Fac Page 18 13

Category Overview

Values Across All Replications 17:31:46 septiembre 22, 2013

Modelo Factoria de SW

Replications: 15 Time Units: Hours

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Certificador	0.4741	0,03	0.4040	0.5670	0.00	1.0000
Desarrollador	0.3095	0,02	0.2423	0.3792	0.00	1.0000
Gestor de Desarrollo	0.6060	0,04	0.4716	0.7229	0.00	1.0000
Gestor de la Demanda	0.5914	0,03	0.4964	0.6906	0.00	1.0000
Implantador	0.06974273	0,00	0.05757524	0.08132024	0.00	1.0000
Integrador Funcional	0.1260	0,01	0.0975	0.1860	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Certificador	0.05926627	0,00	0.05050404	0.07087555	0.00	0.1250
Desarrollador	2.1662	0,14	1.6963	2.6545	0.00	7.0000
Gestor de Desarrollo	1.8181	0,13	1.4149	2.1687	0.00	3.0000
Gestor de la Demanda	1.1828	0,07	0.9927	1.3812	0.00	2.0000
Implantador	0.01743568	0,00	0.01439381	0.02033006	0.00	0.2500
Integrador Funcional	0.03150299	0,00	0.02438680	0.04648768	0.00	0.2500
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Certificador	0.1250	0,00	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
Desarrollador	7.0000	0,00	7.0000	7.0000	7.0000	7.0000
Gestor de Desarrollo	3.0000	0,00	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
Gestor de la Demanda	2.0000	0,00	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Implantador	0.2500	0,00	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500
Integrador Funcional	0.2500	0,00	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelo ARENA optimizado\Modelo Fac Page 14

Category Overview 17:31:46 septiembre 22, 2013 Values Across All Replications Modelo Factoria de SW Replications: 15 Hours Time Units: Resource Usage Scheduled Utilization Minimum Maximum Average Half Width Average Average Certificador 0.4741 0,03 0.4040 0.5670 Desarrollador 0.3095 0.02 0.2423 0.3792 Gestor de Desarrollo 0.6060 0.04 0.4716 0.7229 Gestor de la Demanda 0.5914 0,03 0.4964 0.6906 Implantador 0.06974273 0,00 0.05757524 0.08132024 Integrador Funcional 0.1260 0,01 0.0975 0.1860 0,700 0,600 0,500 ■ Certificador Deserrolledor Deserrolledor Gestor de Deserrollo Gestor de la Demanda Implantedor Integrador Funcional 0.400 0,300 0,200 0.100 Total Number Seized Minimum Maximum Average Half Width Average Average Certificador 5.7167 0,13 5.2500 6.0000 Desarrollador 45.7333 1,01 42.0000 48.0000 Gestor de Desarrollo 94.7333 2,11 88.0000 101.00 Gestor de la Demanda 48.6667 1,18 45.0000 53.0000 Implantador 5.6000 0,16 5.0000 6.0000 Integrador Funcional 6.0000 6.0000 6.0000 0,00 100,000 80,000 Certificador Desarrollador Gestor de Desarrollo Gestor de la Demanda 60,000 40,000 Implantador Integrador Funcional 20,000 0,000

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC_JABRUN\Modelo ARENA optimizado\Modelo Fac Page 15 of 18

Cost

17:31:46

Category Overview Values Across All Replications Modelo Factoria de SW Replications: 15 Time Units: Hours Resource Cost **Busy Cost** Minimum Maximum Half Width Average Average Average Certificador 2820.79 108,01 2540.79 3143.42 Desarrollador 114199.95 7.533,70 94164.93 141927.01 Gestor de Desarrollo 119544.49 7.671,80 98182.98 149891.25 102140.55 Gestor de la Demanda 82184.52 6.438,87 65632.35 Implantador 0.00 0,00 0.00 0.00 Integrador Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 120000,000 100000,000 Certificador Desarrollador Gestor de Desarrollo Gestor de la Demanda Implantador Integrador Funcional 80000.000 60000,000 40000,000 20000,000 0,000 Idle Cost Minimum Maximum Half Width Average Average Average Certificador 3170.24 304,77 2339.35 3969.66 Desarrollador 0.00 0,00 0.00 0.00 Gestor de Desarrollo 78779.04 11.366,84 49118.29 122563.82 Gestor de la Demanda 56641.95 5.358,67 45705.19 75679.45 Implantador 0.00 0,00 0.00 0.00 Integrador Funcional 0.00 0,00 0.00 0.00 80000,000 70000,000 60000.000 Certificador Desarrollador Gestor de Desarrollo Gestor de la Demanda Implantador Integrador Funcional 50000.000 40000,000 30000,000 20000,000 10000,000 0,000

septiembre 22, 2013

Model Filename: D:\JaBrun\UNED\PFC\PFC JABRUN\Modelo ARENA optimizado\Modelo Fac Page 18 16

Category Overview 17:31:46 septiembre 22, 2013 Values Across All Replications Modelo Factoria de SW Replications: 15 Time Units: Hours Resource Cost Usage Cost Minimum Maximum Average Half Width Average Average Certificador 0.00 0,00 0.00 0.00 Desarrollador 0.00 0.00 0.00 0.00 Gestor de Desarrollo 0.00 0,00 0.00 0.00 Gestor de la Demanda 0.00 0.00 0.00 0.00 Implantador 778.40 22,77 695.00 834.00 Integrador Funcional 966.00 966.00 966.00 0,00 1000,000 800,000 Certificador Desarrollador Gestor de Desarrollo Gestor de la Demanda Implantador Integrador Funcional 600,000 400,000 200,000

0,000

17:31:46	Cate	egory Over	view		septiembre	22, 2013
		alues Across All Re	eplications			
Modelo Factoria de SV	V					
Replications: 15 Time	Units: Hours					
User Specified						
Tally						
Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tiempo Demandas Realizadas	1037.81	54,09	890.55	1195.63	589.79	1558.75
Counter						
Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Registro Valoraciones Rechazadas	0.9333	0,49	0.00	2.0000		
Registro Demandas Inviables	0.06666667	0,14	0.00	1.0000		
Registro Demandas Realizadas	22.4000	0,66	20.0000	24.0000		
Registro Rechazos Mapa Sistemas	0.6000	0,41	0.00	2.0000		
24,000						
20.000						
16,000					Registro \ Rechezed	Valoraciones
					Registro D	emandas
12,000					Registro D	
8,000					Registro R Mapa Sist	
4,000						
0.000						

ANEXO D. PLANIFICACIÓN Y COSTE DEL PROYECTO

En este anexo se incluirá lo que se podría definir como la memoria económica del proyecto, incluyendo tanto la planificación en el tiempo que se ha venido realizando, como un cálculo del coste aproximado en función de las horas empleadas y aplicando 60 Euros como coste por hora.

En la Figura D.1 se puede apreciar la lista tareas en las que se ha dividido el proyecto fin de carrera:

	□ PFC: Modelado Simulación Factoria de Software	293 días	mié 03/10/12	vie 15/11/13
√	□ Inicio	11 días	mié 03/10/12	mié 17/10/12
V	Anteproyecto	11 días	mié 03/10/12	mié 17/10/12
V	☐ Desarrollo Proyecto	205,88 días	lun 03/12/12	lun 16/09/13
V	Recogida de Documentación	44 días	lun 03/12/12	jue 31/01/13
✓	Realización del Modelo	75 días	lun 04/02/13	vie 17/05/13
✓ _	Validación del Modelo	45 días	lun 20/05/13	vie 19/07/13
V	Optimización del Modelo	41 días	lun 22/07/13	lun 16/09/13
	☐ Cierre del Proyecto	43,88 días	mar 17/09/13	vie 15/11/13
	Revisión y finalización Memoria	25 días	mar 17/09/13	lun 21/10/13
	Deposito de Proyecto	5,88 días	mar 22/10/13	mar 29/10/13
	Defensa del Proyecto	13 días	mié 30/10/13	vie 15/11/13

Figura D.1: Listado de las tareas que componen el proyecto fin de carrera.

En la Figura D.2 se muestra el diagrama Gantt de las tareas en el proyecto:

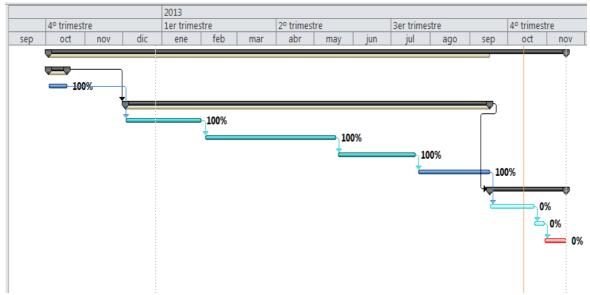


Figura D.2: Diagrama GANT de las tareas que componen el proyecto fin de carrera.

En la Figura D.3 se muestra el coste total del proyecto desglosado entre las distintas actividades que lo componen.

Actividad	Horas	Coste
Inicio		
Anteproyecto	10	600€
Desarrollo Proyecto		
Recogida de Documentación	18	1.080€
Realización del Modelo	48	2.880€
Validación del Modelo	36	2.160€
Optimización del Modelo	24	1.440€
Cierre del Proyecto		
Revisión y finalización Memoria	18	1.080€
Deposito de Proyecto	6	360€
Defensa del Proyecto	5	300€
Totales	165	9.900€

Figura D.3: Desglose costes del proyecto fin de carrera.