

Universidad Autónoma de Baja California
Facultad de Ingeniería
Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería



**“VISUALIZADOR GRÁFICO FLEXIBLE
PARA LA PLANIFICACIÓN DE RECURSOS EN TALLERES DE FLUJO”**

TESIS

**Que para obtener el grado de
MAESTRO EN INGENIERÍA**

Presenta

Rodolfo Ruiz Nangusé

Director: Dra. Larisa Burtseva

Co-Director: Dr. Gabriel López Morteo

Mexicali, B. C.

Marzo, 2009

RESUMEN de la Tesis de RODOLFO RUIZ NANGUSÉ, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN INGENIERÍA en CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN. Mexicali, Baja California, México. Marzo de 2009.

VISUALIZADOR GRAFICO FLEXIBLE PARA LA PLANIFICACION DE
RECURSOS EN TALLERES DE FLUJO

Resumen aprobado por:



Dra. Larisa Burtseva

Directora de Tesis

El desarrollo de un visualizador para la planificación de recursos en talleres de flujo, requiere de aspectos importantes a considerar, como técnicas de visualización, metodologías de desarrollo de software, una arquitectura que se adopte a las características de diferentes modelos de talleres.

La investigación pasa por las siguientes fases: análisis, diseño y desarrollo, pruebas y conclusiones. En la fase de análisis, se perciben aspectos relevantes para contemplarlos en los requerimientos del proyecto. Además, se estudian técnicas que se utilizan para manipular, explorar e interactuar con los datos, con la finalidad de obtener información útil. De igual manera, se describen las metodologías en el desarrollo de software. En la fase de diseño y desarrollo, se caracterizan los usuarios, se definen los requerimientos y alcance del proyecto, además, se establece la arquitectura del software y se codifica el sistema. Para identificar que los requerimientos solicitados sean cubiertos, en la fase de pruebas y conclusiones se realiza un plan de pruebas.

El visualizador proporciona al usuario una interfaz amigable para explorar los resultados de los algoritmos utilizando técnicas de visualización como: radar, escala, filtrado, acercamiento.

Palabras Clave: Planificación, Talleres de flujo, Visualización gráfica, Visualización múltiple, Metodologías ágiles.

ABSTRACT of the Thesis of RODOLFO RUIZ NANGUSÉ, presented as a partial requirement to obtain the MASTER IN ENGINEERING degree in COMPUTER SCIENCE. Mexicali, Baja California, México. March 2009.

FLEXIBLE GRAPHIC VISUALIZER FOR PLANNING RESOURCES IN
FLOWSHOPS

Approved by:



Dra. Larisa Burtseva

Directora de Tesis

To develop a visualizer for planning resources in flow shop, many aspects need to be considered, like visualization techniques, software development methodologies and an architecture that adapts according to the characteristics of different flow shop models.

This research has the following stages: analysis, design and development, testing and conclusions. In the analysis stage, some relevant aspects are perceived for the project requirements. Furthermore, a detailed study of many techniques was made in order to manipulate, explore and interact with data, with the objective to find useful information.

In addition, software developing methodologies are described. In design y development stages, users are characterized, project requirements and scope are defined, software architecture is established and the system is finally codified. To verify if the requirements were covered in the testing and concluding stages a precisely testing plan is followed.

The visualizer provides to the user a friendly interface that allows him to explore the algorithms results using visualization techniques like: radar view, scale, filter, zoom.

Key Words: Scheduling, Flow shops, Graphic Visualization, Multiple visualization, Agile approaches.

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos por su gran apoyo.

**A mi esposa Candy y mi nena Sofía que
juntas son mi gran inspiración.**

**Tío "pepe", por la enseñanza que
me dejaste en momentos
difíciles (q.e.p.d).**

**A Dios, por permitirme concluir
una meta mas.**

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de Tesis, Larisa Burtseva por sus comentarios, observaciones y paciencia durante todo el estudio de la maestría.

A mis sinodales y maestros Brenda Flores, Gabriel López, Marcela Rodríguez, Jorge Ibarra por sus enseñanzas que permitieron realizar este trabajo.

A mis compañeros y amigos de la maestría: Rene, Lorena, Emmanuelle, Elia, Rainier, Leo, por su retroalimentación y compañía durante más de dos años

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico durante el estudio de la maestría.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema y justificación.....	4
1.3 Objetivos.....	6
1.4 Metodología.....	7
1.5 Esquema general del documento.....	8

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL VISUALIZADOR GRÁFICO APLICADO A LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

2.1 Estado del arte.....	9
2.1.1 Visualizadores de Software en la planificación de la producción.....	9
2.1.2 Técnicas de la Visualización en la comprensión de datos.....	12
2.1.3 Metodologías usadas para el desarrollo de software.....	18
2.1.4 Ubicación conceptual de la investigación.....	21
2.2 Análisis de visualización gráfica de recursos en talleres de flujo.....	21
2.2.1 Descripción del proceso de la generación de calendarios en la planificación de la producción.....	22
2.2.2 Clasificación de requerimientos.....	26
2.2.3 Elección de una metodología para el desarrollo de software.....	28
2.2.4 Diagrama de casos de uso.....	30
2.2.5 Técnicas de visualización.....	31
2.2.6 Técnicas de interacción.....	32
2.2.7 Aspectos del análisis.....	33
2.3 Comprensión de la información a partir de la visualización gráfica.....	34
2.4 Diseño del visualizador.....	35
2.4.1 Prototipo de la Interfaz gráfica.....	35
2.4.2 Formato de entrada.....	36
2.4.3 Modelo vista control.....	39
2.4.4 Arquitectura del VGF.....	41
2.4.5 Subsistema Interfaz de Usuario.....	42

2.4.6 Subsistema Administración.....	44
2.4.7 Subsistema Diagrama.....	45
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL VISUALIZADOR GRÁFICO FLEXIBLE	
3.1 Interfaz gráfica del VGF.....	50
3.2 Librerías y herramientas utilizadas.....	53
3.3 Componente VGF.....	54
3.4 Módulo de referencias de PLARETF.....	64
CAPÍTULO 4. PRUEBAS Y RESULTADOS	
4.1 Plan de Pruebas.....	69
4.2 Evaluaciones.....	71
4.3 Resultados de Pruebas.....	76
4.4 Matriz de rastreabilidad.....	83
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO	
5.1 Conclusiones.....	84
5.2 Trabajo futuro.....	85
5.3 Productos generados en el desarrollo de la tesis.....	86
REFERENCIAS.....	87
ANEXOS	
A. Documento de especificación de requerimientos del VGF.....	93
B. Documento de especificación de casos de uso.....	106
C. Prototipo de pantallas del sistema.....	111
D. Diagramas de secuencia del diseño del VGF.....	114
E. Diagrama de clases del VGF.....	125
F. Diseño de la Encuesta aplicada a usuarios.....	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Taller de Flujo (Línea de Producción).....	3
2. Taller de Flujo Híbrido de m etapas y varias máquinas en cada etapa.....	4
3. Arquitectura del sistema integral PLARETF.....	6
4. Adquisición del conocimiento a partir de datos.....	12
5. Fases en la Adquisición del conocimiento.....	14
6. Fases de transformación de un conjunto de datos hacia formas visuales.....	14
7. Proceso de Extracción de Conocimiento.....	15
8. Elementos de la teoría de la visualización.....	17
9. Metodologías tradicionales en el desarrollo del software.....	19
10. Metodologías ágiles en el desarrollo del software.....	20
11. Ubicación conceptual del VGF.....	21
12. Planeación de la Producción en un ámbito industrial.....	24
13. Planeación de la Producción en un ámbito de investigación.....	25
14. Rol del VGF en la planificación de la producción.....	25
15. Modelo incremental para el desarrollo del VGF.....	29
16. Diagrama de casos de uso del VGF.....	30
17. Aspectos del análisis del VGF.....	33
18. Comprensión de la información de la planeación de la producción a través del VGF.....	34
19. Prototipo de la interfaz de usuario principal.....	35
20. Formato de entrada del VGF: a) Sección de notaciones; b) características de calendario; c) especificación de recursos; d) Matriz de procesamiento de trabajos en taller de flujo.....	38
21. Arquitectura del VGF.....	40
22. Subsistemas del VGF.....	42
23. Clases del subsistema Interfaz Usuario.....	43
24. Clases del Subsistema Administración.....	45
25. Clases del subsistema Modelo.....	46
26. Diagrama de clases global de los subsistemas.....	47

27. Diagrama de secuencia de la solicitud de un diagrama Gantt.....	49
28. Interfaz del VGF: a) selección de la raíz del árbol; b) selección de la máquina; c) selección del trabajo.....	52
29. Obtener un diagrama de Gantt por medio del componente VGF.....	54
30. Diagrama de secuencia para obtener una vista de Gantt.....	55
31. Obtener un diagrama de vista de Radar por medio del componente VGF.....	57
32. Vista de radar al explorar la zona Gantt de la interfaz de usuario.....	58
33. Vista de radar al desplazar la ventana de exploración.....	58
34. Orden jerárquico de la vista de árbol.....	59
35. Diagrama de secuencia de selección de un nodo en la vista de Árbol.....	60
36. Diagrama de secuencia al aplicar el filtrado en un diagrama de Gantt.....	62
37. Diagrama de secuencia al aplicar zooming en el diagrama de Gantt.....	62
38. Diagrama de Clases del componente VGF.....	63
39. Estructura lógica para la organización de los recursos.....	66
40. Ficha bibliográfica con los atributos del recurso de información.....	66
41. Plan de Pruebas del VGF.....	69
42. Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM).....	70
43. Pantalla Principal del diagramador de Gráfica de Gantt. (P-1).....	111
44. Pantalla Abrir Diagrama (P-2).....	111
45. Pantalla Exportar el diagrama de Gantt (P-3).....	112
46. Pantalla de Impresión de diagrama de Gantt (P-4).....	112
47. Pantalla para cargar el archivo de configuración (P-6).....	113
48. Pantalla de Resumen con la información para a mostrarse en el diagrama de Gantt (P-7).....	113
49. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Cargar Formato.....	114
50. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama Subflujo Abrir Diagrama.....	115
51. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama Subflujo Exportar Diagrama.....	115
52. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama Subflujo Imprimir Diagrama.....	116
53. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama Subflujo	

Guardar Diagrama.....	116
54. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama Subflujo Explorar Diagrama.....	117
55. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama Subflujo Modificar Zoom.....	117
56. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama Subflujo Filtrar Diagrama.....	118
57. Diagrama de clases de los subsistemas de administración e interfaz de usuario.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
I. Relación de visualizadores orientados a la planificación de la producción....	11
II. Descripción de usuarios.....	22
III. Clases del subsistema Interfaz Usuario.....	43
IV. Clases del subsistema Administración.....	44
V. Clases del subsistema Diagrama por módulos.....	46
VI. Resultado de consulta de acuerdo a las combinaciones de las opciones de búsqueda en la Biblioteca Virtual especializada.....	67
VII. Características del ámbito de la información del VGF.....	72
VIII. Preguntas aplicadas en la encuesta.....	75
IX. Análisis de las respuestas recibidas por el grupo de usuarios.....	76
X. Interpretación de los resultados de la encuesta.....	78
XI. Factor de impacto de errores u observaciones en pruebas de integración y unidad.....	82
XII. Matriz de rastreabilidad.....	83
XIII. Historial de revisión del documento de especificación de requerimientos.....	93
XIV. Descripción del problema.....	96
XV. Posición del producto.....	96
XVI. Listado de Stakeholders.....	97
XVII. Listado de Usuarios.....	98
XVIII. Perfil de especialista en planificación de talleres de Flujo.....	99
XIX. Perfil del desarrollador de algoritmos de planificación.....	100
XX. Perfil de analista de algoritmos de planificación.....	100
XXI. Perfil de Gerente de planificación.....	101
XXII. Necesidades del usuario.....	101
XXIII. Beneficios para el cliente.....	102
XXIV. Historial de revisión del documento de especificación de casos de uso.....	106

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Actualmente existe una diversidad de empresas orientadas a la manufactura, cuyos productos tienen un ciclo de vida muy corto con frecuentes cambios en sus especificaciones. Asimismo, las exigencias de los clientes derivan en pedidos, los últimos disminuyen en tamaño, pero aumentan en frecuencia y se reducen en los tiempos de entrega. La gestión de un nuevo producto en tiempo limitado, es un proceso complejo, en el cual es recomendable hacer uso de métodos formales matemáticos para reducir la probabilidad de “cuellos de botella” y “tiempos muertos”. Esto produce una reducción de la eficiencia de la empresa. La aplicación de métodos y algoritmos de la planificación de la producción (*scheduling*) permite organizar el proceso de producción de tal manera que la carga de las máquinas que procesan trabajos sea óptima.

La planificación de la producción implica la asignación de los recursos para realizar un conjunto de tareas. Estos recursos representan máquinas en una línea de producción, estaciones de trabajo, etc. El término de recurso también se aplica en el contexto informático como un conjunto de procesadores en un clúster o nodos en un *grid* computacional. Cada pedido de producción se considera como un *trabajo*, que a su vez implica varias *tareas* u operaciones. Todo trabajo debe ser procesado en un sistema de recursos.

De acuerdo con [Pinedo et al., 2002], un problema de planificación de la producción viene determinado por:

- el número de trabajos y operaciones a procesar,
- el número y tipo de máquinas disponibles,
- la ruta tecnológica de las operaciones en las máquinas,
- el criterio(s) de optimización,

- las condiciones especiales que caracterizan el problema.

Según [Błażewich et al., 1996], los criterios más comunes de calendarización

son:

- minimización de la fecha máxima de finalización. Este criterio de optimización es el más utilizado en la literatura.
- minimización del tiempo medio de finalización.
- minimización del adelanto máximo del retraso máximo. Con esto se busca minimizar el máximo retraso con respecto a la fecha de finalización.
- minimización del tiempo que una máquina pasa sin procesar trabajos.
- minimización del número de trabajos retrasados, etc.

De tal manera, la calendarización incluye los siguientes pasos principales:

- 1) la asignación (*assignment*) de las tareas a las máquinas,
- 2) la secuenciación (*sequencing*) de las tareas a cada máquina,
- 3) la planificación, entonces, la posterior obtención de los tiempos de inicio y finalización de cada tarea (*timing*).

Según Portmann [1997], los problemas de la planificación de la producción se clasifican de la siguiente manera.

- Problemas de una máquina:

Cada trabajo tiene una sola operación. No existe el problema de asignación pero si el de secuenciación.

- Problemas de máquinas paralelas.

Más de una máquina. Cada trabajo tiene una sola operación y se procesa en una de m máquinas. Si el número de máquinas es mayor que el número de trabajos. No existe el problema de secuenciación pero si el de asignación.

Las máquinas paralelas son:

- Idénticas (*identical parallel machine*): P_m . Ejecutan las mismas operaciones y procesan los trabajos a la misma velocidad.

- Proporcionales o Uniformes (*Uniform parallel machine*): Q_m . Tienen velocidades diferentes pero con un factor de proporción.

- No relacionadas (*unrelated parallel machine*): R_m . Incluyen m máquinas diferentes. La velocidad de procesamiento depende de la máquina y la tarea procesada. Es un caso general que engloba a los dos anteriores.

Problemas de tipo “Taller” (*Shop*)

Se dispone de varias máquinas; cada trabajo tiene un número de operaciones para ser ejecutadas en un número de máquinas. Entre algunas tareas existe una *relación de precedencia*, a esta relación se le denomina “ruta”. De acuerdo a las características de las rutas, los talleres se clasifican de la siguiente manera.

Taller de Flujo (*Flow Shop*).

Todos los trabajos tienen la misma ruta en las máquinas. Se busca una ordenación de los trabajos que es la misma en todas las máquinas (Figura 1).



Figura 1. Taller de Flujo (Línea de Producción)

Taller de Flujo Flexible, ó Híbrido (*Hybrid Flow Shop*) (Figura 2).

Es la generalización del caso anterior con un número de grupos de máquinas (etapas) en serie y cada trabajo debe ser procesado en la misma sucesión en

cada grupo, pero en una sola máquina. Las Figuras 3 y 4 muestran los casos particulares bajo estudio.

Taller Abierto (*Open Shop*).- No existe ninguna restricción en la ruta. Las operaciones se realizan en cualquier orden.

Taller de Trabajo (*Job Shop*).- Cada trabajo tiene su propia ruta a seguir en las máquinas.

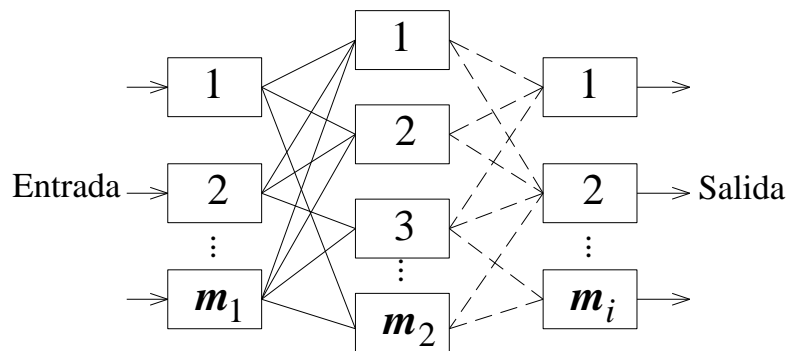


Figura 2. Taller de Flujo Híbrido de m etapas y varias máquinas en cada etapa

1. 2 Planteamiento del problema y justificación

En el área de cómputo científico, ubicado en el Instituto de Ingeniería de la UABC, se utiliza un sistema computacional denominado Planificador de Recursos en Talleres de Flujo (PLARETF) [Romero, 2007]. Este planificador se utiliza para investigaciones en el área de la planificación de la producción, encontrando soluciones a distintos modelos de talleres de flujo.

El PLARETF entrega los resultados en formato texto, involucrando numerosas líneas de caracteres que dificultan la interpretación ágil de la solución. Esto provoca que la apreciación y aplicación de una posible solución sea tediosa y compleja porque cada carácter del archivo de texto tiene que interpretarse y posteriormente dibujarse de manera manual para poder observar el resultado. El problema se incrementa si se pretende observar soluciones de diferentes algoritmos, por lo que el encargado de la planificación tendría que repetir las actividades de revisión previamente mencionadas. Debido a esto, se requiere de un software que muestre de manera gráfica los resultados de los algoritmos

implementados de manera automatizada, además de ofrecer herramientas que auxilien en la comprensión de la información de los modelos de talleres de flujo.

Debido a la complejidad en la generación de calendarios, el software existente está diversificado en dos clases. La primera, es el software de planificación con fines de lucro por empresas que proporcionan soluciones integrales. La segunda clase está enfocada a software especializado, desarrollado a modelos de estudio específicos para investigaciones en el área de la planificación de la producción. La descripción del estado del arte del software utilizado para la visualización de la planificación de la producción se abordará en el capítulo 2.

La necesidad en desarrollar un visualizador gráfico flexible (VGF) es el complementar al sistema PLARETF, que genera resultados para talleres de flujo, y de esta manera crear un software integral de planificación de la producción.

El sistema integral PLARETF está compuesto de 5 módulos: interfaz de usuario, entrada, contenedor de algoritmos, referencia y salida (ver Figura 3).

La interfaz de usuario permite la interacción entre el usuario y el sistema. Se presentan los resultados de los algoritmos de las planificaciones de la producción, pantallas de configuración del sistema y pantallas para la carga de archivos.

El módulo entrada, permite configurar el sistema y especificar el modelo a tratar, si éste proviene del banco de datos (*benchmark*) almacenado en el sistema o corresponde a un modelo de taller de flujo incorporado por el usuario.

El módulo contenedor de algoritmos agrega algoritmos y heurísticas que solucionan ciertos problemas en talleres de flujo y que se incorporan para proveer una solución buena satisfaciendo los criterios pertinentes. Permite agregar, combinar o elegir algoritmos independientes para cuestiones de investigación.

Módulo de referencia, contiene un banco de pruebas aprobado por la comunidad de planificación de la producción en [Taillard, 1989] para realizar casos de estudio de modelos de talleres de flujo en un entorno de investigación. Además almacena archivos referentes al sistema, los cuales el usuario utiliza para la consulta e historial de la aplicación.

Por último, en el modulo de salida se generan los resultados de los diferentes algoritmos de la planificación de la producción, contiene un módulo **adaptador** que transforma la salida del sistema PLARETF al formato que reconoce el componente VGF, permitiendo la comunicación entre los dos sistemas y de esta manera agregar la representación visual de los resultados.

Los resultados son representados por la interfaz visual para que el usuario pueda apreciar la solución al modelo de taller de flujo incorporado.

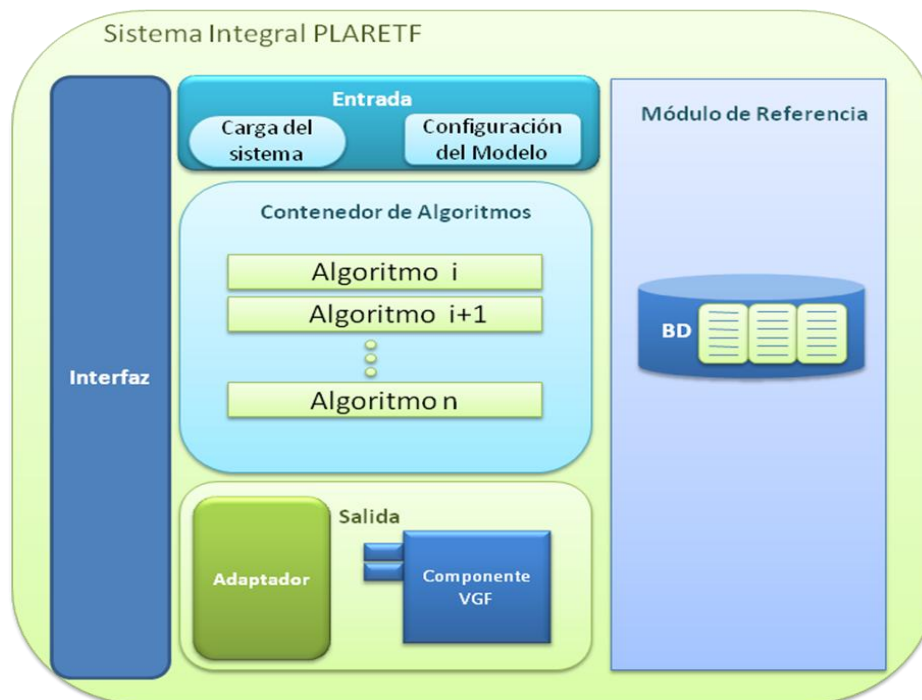


Figura 3. Arquitectura del sistema integral PLARETF

1.3. Objetivos

El objetivo general de la tesis es el siguiente:

- Desarrollar un Visualizador Gráfico Flexible para representar los resultados de algoritmos especializados en talleres de flujo.

Además se presentan los siguientes objetivos particulares:

- Incorporar herramientas de comprensión de la información implicadas en la teoría de la visualización en la interfaz del VGF.
- Agregar la característica de visualización múltiple para ofrecer diversas perspectivas de la misma información.

1.4 Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo de la tesis incluye tres fases: investigación, diseño y desarrollo, pruebas y conclusiones.

Investigación. La información obtenida se clasificó en tres aspectos. El primer aspecto es referente al software aplicado en la visualización de la planificación de la producción, en el ámbito tanto comercial y particular, con la finalidad de recabar aspectos relevantes y contemplarlos en los requerimientos del proyecto. Otro aspecto a investigar fue el estado del arte de la tecnología de la visualización, sobre las técnicas que se utilizan para manipular, explotar e interactuar con la información contenida en los datos, se analizaron diversos enfoques de áreas de estudio como la minería de datos, el *Knowledge Discovery in Databases* (KDD) y teoría de la visualización, para obtener información útil a partir de un conjunto de datos. Por último, se describieron las metodologías en el desarrollo de software conocidas, tanto tradicionales como ágiles.

Diseño y desarrollo. En esta fase se realizó la definición de los participantes, requerimientos, y el alcance del proyecto. Posteriormente, se adoptó la metodología de desarrollo de software incremental, con el propósito de generar una arquitectura robusta.

Pruebas y conclusiones. Se diseñó un plan de pruebas al software para identificar que los requerimientos del usuario fueran cubiertos. Además, se aplicó pruebas de usabilidad a los usuarios finales para captar la percepción que se tiene sobre el software. En base a las pruebas realizadas, se obtuvieron los resultados y las conclusiones del presente trabajo.

1.5 Esquema general del documento

Este trabajo está estructurado de la siguiente manera: El capítulo II, contiene el estado del arte de las investigaciones realizadas sobre visualizadores que se utilizan en la planificación de la producción, técnicas de la visualización y metodologías en el desarrollo de software. En el mismo capítulo se describe la identificación de los requerimientos y características del proyecto, además, se presenta el diseño de la arquitectura del VGF. En el capítulo III, se exhibe el proceso de desarrollo y las funciones principales del sistema. Posteriormente, el capítulo IV presenta el modelo de pruebas, que incluye el plan de pruebas para asegurar la calidad del software y que cumpla con los requerimientos especificados por los usuarios. En el capítulo V, se muestran las conclusiones y futuras líneas de investigación, así como los productos generados durante el desarrollo de la tesis. Por último, se encuentra la sección de anexos que complementan la información del presente documento. Los anexos se describen a continuación: El Anexo A, contiene un artefacto del Proceso Unificado del Racional (RUP, por sus siglas en inglés) para obtener los requerimientos de los usuarios. El Anexo B, presenta el documento de especificación de casos de uso donde se presenta la interacción del sistema a través del usuario. El Anexo C, exhibe todos los prototipos de las pantallas del sistema. El Anexo D, se presentan los diagramas de secuencia del diseño del VGF para visualizar la forma en que los elementos interactúan para ofrecer una funcionalidad. El Anexo E, muestra el diagrama de clases del VGF y por último en el Anexo F, contiene el diseño de la encuesta aplicada a usuarios para obtener la percepción de los usuarios en cuanto a la usabilidad y la función del sistema.

Capítulo 2

ANÁLISIS Y DISEÑO DEL VISUALIZADOR GRÁFICO APLICADO A LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

A continuación se presenta el estado del arte en el área de la investigación. Se describen a los visualizadores de la planificación de la producción predominantes en el sector industrial y de investigación, clasificados en una perspectiva de acuerdo a sus propiedades y la funcionalidad que ofrecen en la planeación. Además, se exponen diversos enfoques en la comprensión de la información involucrando la teoría de la visualización y las tecnologías que ésta ofrece para la manipulación, interpretación y exploración de los datos.

Por último se muestran las metodologías en el proceso de desarrollo de software para elegir la adecuada de acuerdo a las características del proyecto.

2.1 Estado del arte

2.1.1 Visualizadores de Software en la planificación de la producción

Los sistemas de visualización disponibles dentro de un enfoque comercial y de investigación, fueron diseñados para resolver problemas de interpretación de información masiva para los usuarios en una forma gráfica. Considerando las propiedades y el funcionamiento, los visualizadores se clasifican en tres categorías: *visualizadores de trazado*, *visualizadores automatizados* y *visualizadores de soluciones empresariales*.

Visualizadores de trazado proveen al usuario un conjunto de herramientas, como líneas y formas, para generar diagramas o mapas conceptuales de una manera manual [Microsoft, 2003], [Mindjet, 2007].

Visualizadores automatizados involucran una interface con el usuario; el visualizador se adapta a un contexto específico para expresar los resultados de manera automática. Este tipo de visualizadores ofrecen diversas herramientas

para la exploración de datos. [Aqua, 2007], [Microsoft, 2007], [Pinedo, 2008], [Ruiz, 2008].

Visualizadores de soluciones empresariales, integrados en paquetes de aplicaciones, ofrecen un conjunto de soluciones globales por medio de software enfocado a diversas áreas, como el departamento de finanzas, planeación de la producción, recursos humanos, etc. Para estos visualizadores por su tendencia al abarcar diversas áreas es característico que sean muy generales. La especialización y la robustez de este tipo de visualizadores están en proporción con el costo y el prestigio del fabricante. [Deister, 2007], [Visual Consulting, 2007], [SAP, 2007], [Oracle, 2007]

Debido a la complejidad en la generación de calendarios para la planificación de la producción [Garey, 1976], no existe software de distribución libre que grafique los resultados de algoritmos especializados de la planificación de la producción. Los visualizadores comerciales están orientados a compañías e involucran un alto costo. Los visualizadores particulares con fines de estudio o investigación, por ejemplo [Pinedo et al., 2008], [Ruiz, 2007], son desarrollados para casos muy específicos, por lo tanto no se adaptan a otros enfoques o áreas de interés dentro del mismo campo de la planificación de la producción.

La investigación de algoritmos y la visualización de sus resultados para modelos complejos de la planificación de la producción implican una variedad de elementos a ser representados en una misma gráfica. De esta manera, la implementación de un visualizador en la industria requiere representar toda la gama de características de un modelo de taller de flujo en un calendario con el propósito de adquirir conclusiones validas sobre el proceso productivo de los recursos.

En la Tabla I. se presenta el software existente para visualizar la planificación de la producción.

Tabla I. Relación de visualizadores orientados a la planificación de la producción

Visualizadores			Desarrollador	Características Principales
Trazado	Automatizados	Soluciones empresariales		
		Axlonal ERP	Deister	Establece dependencias entre tareas de un proyecto o entre tareas de diferentes proyectos, con o sin días de compensación. Detección y resolución automática de conflictos de fechas entre tareas con relación de dependencia.
		Visual manufacturing	Visual Consulting	Considera fechas de entrega, prioridades y disponibilidad de recursos y materiales Ofrece información de cuellos de botella en los procesos, determinando cuál de estos debe modificarse para aumentar la productividad
		MySAP PLM	SAP Business	Administración completa del ciclo de vida del producto
		Aqua EBS 2007	Aqua	Herramientas de gestión que permite elaborar reportes analíticos, resúmenes financieros o información sobre los flujos de trabajos. Entorno de desarrollo a través de MS Visual Basic y MS SQL, para adaptarse a los requerimientos específicos de la empresa.
		E-Business	Oracle	Seguimiento detallado a los recursos (personas, equipo, material, recursos financieros) desplegando información sobre su calendario, costo sobre tiempo Despliega las tareas del plan de trabajo de manera jerárquica, en forma de lista o través de diagrama de Gantt, identificando fechas, dependencias, progreso y recursos asignados
Mind Manager			Mindjet	Ofrece herramientas para construir mapas conceptuales y diagramas de Actividades
Visio			Microsoft	Provee herramientas para la creación de diagramas que auxilia en la documentación y organización de ideas, procesos y sistemas complejos.
	Project		Microsoft	Ofrece herramientas de administración de proyectos mediante la integración con aplicaciones de Microsoft

Visualizadores	Desarrollador	Características Principales
LEKIN	Stem School of Business, NY	Personaliza requerimientos específicos de un proyecto mediante Visual Basic para Aplicaciones Herramienta didáctica para el estudio de la teoría de la calendarización y sus aplicaciones
SPSS Decision Tree 3.0	Answer Tree	Escenifica y crea patrones de datos fácilmente. Consigue información profunda de un modelo de calendarización mediante algoritmos de árboles.

2.1.2 Técnicas de la Visualización en la comprensión de datos

La visualización es la creación de una imagen mental a partir de un concepto abstracto [Dursteler, 2001]. Es el medio, por el cual se perciben las características de los datos bajo estudio. Existen diversas perspectivas acerca de la adquisición del conocimiento, ubicando a la visualización como una capa entre el ser humano y la información. En las fuentes, referidas a continuación, se analiza, cómo se obtiene conocimiento a partir de datos brutos en la forma visual; Según [Wurman, 1997], el proceso de adquirir el conocimiento; está compuesto por cuatro elementos conceptuales, los cuales evolucionan en el tiempo, involucrando la comprensión dentro de un contexto (Figura 4).

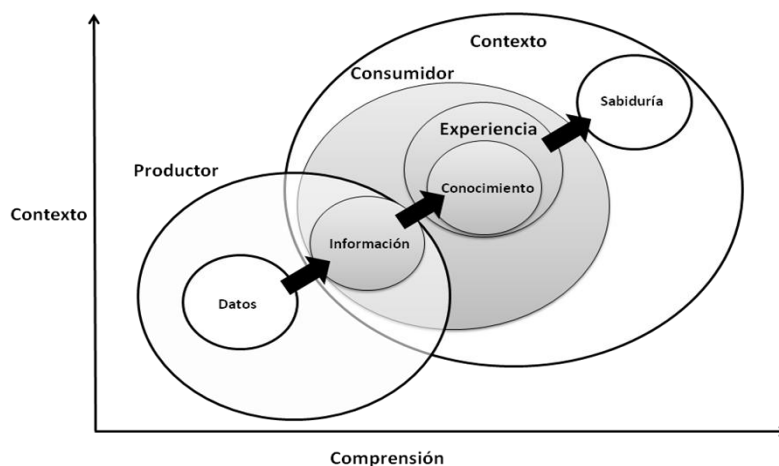


Figura 4. Adquisición del conocimiento a partir de datos

En la parte más baja, se encuentran los datos crudos almacenados solamente como un conjunto de caracteres. En el siguiente nivel se le agregan metadatos, que aplican a los datos crudos un contexto particular, entonces representan y expresan un contenido, al cual se le denomina información.

Hasta este punto los datos crudos y la información son denominados productores debido a que producen la información acerca de un contexto. En un nivel más alto, la información entra en un proceso de interacción con el ser humano. Los datos se interpretan al colocarse en un contexto. En base a la experiencia se logra el conocimiento. En este punto al conocimiento y la información se les denomina consumidores.

Por último llega un concepto llamado sabiduría que se logra al usar y combinar el conocimiento de diferentes formas y situaciones dentro del contexto del individuo.

Otro enfoque, propuesto en [Colins, 1999], (Figura 5) distingue cuatro fases básicas que se retroalimentan. La primera fase consiste en la recolección y almacenaje de los datos, la segunda fase pre-procesa y transforma los datos en información de acuerdo al entorno del individuo, la tercera fase despliega gráficamente la información que activa el sistema visual y cognitivo humano. Un analista interactúa con la información en tres aspectos. El primero es la recolección de los datos desde cualquier entorno físico donde están almacenados, y un entorno social que determina su interpretación; el segundo y tercer aspecto que son la exploración y manipulación de los datos respectivamente, involucran la interacción del ser humano con un hardware de visualización que incluye una interfaz por la cual se logra el entendimiento de los datos.



Figura 5. Fases en la Adquisición del conocimiento

En [Card, 1999] (Figura 6) se describen las fases de transformación de un conjunto de datos hacia formas visuales para perceptores humanos. En la primera fase, los datos en bruto se convierten en tablas de datos a través de agregación de metadatos. La siguiente fase es agregar una estructura visual a las tablas de datos produciendo una representación visual. Esto se logra a través de correspondencias visuales (*visual mappings*). La última fase involucra la interpretación de las correspondencias visuales para mostrarlas al usuario a través de un dispositivo visual. El usuario retroalimenta el sistema mediante el cambio de parámetros que controlan las tres fases de transformación mencionadas.

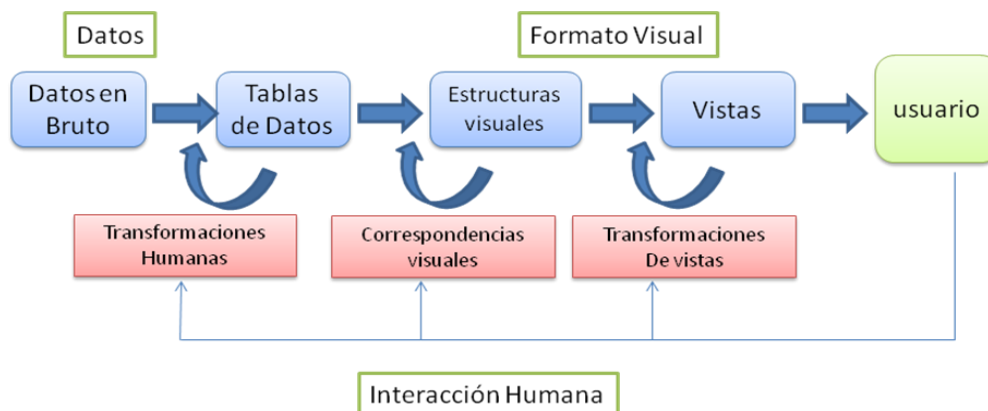


Figura 6. Fases de transformación de un conjunto de datos hacia formas visuales

En [Fayad, 1996] se explica el proceso de transformación de datos en conocimiento a través del KDD (*Knowledge Discovery from Databases*). El KDD es el proceso no trivial que se utiliza para identificar patrones válidos, novedosos, potencialmente útiles y en última instancia comprensibles a partir de los datos. Engloba una serie de fases (Figura 7):



Figura 7. Proceso de Extracción de Conocimiento

- Determinación de las fuentes de información con características útiles y el lugar donde se localizan.
- Diseño del esquema de un almacén de datos (*Data Warehouse*) que consiga unificar de manera operativa toda la información recogida.
- Implantación del almacén de datos que permita la navegación y visualización previa de sus datos, para discernir cuáles son de interés.
- Selección, limpieza y transformación de los datos que se van a analizar.
- Elección del método de minería de datos apropiado y aplicarlo.
- Interpretación, transformación y representación de los patrones extraídos.
- Difusión y uso del nuevo conocimiento.

Las primeras fases del KDD han cobrado gran relevancia en el área de sistemas de información. Determinan si las fases sucesivas son capaces de

extraer conocimiento válido y útil a partir de la información original. Generalmente la información que se requiere investigar sobre un cierto dominio de un contexto se encuentra en una base de datos u otras fuentes.

El analista decide qué tipo de patrones quiere descubrir (asociación, dependencia, segmentación, etc.) a partir de los datos de interés elegidos en un almacén de datos. En este punto, la elección del tipo de conocimiento que se desea extraer, determina la técnica de minería de datos a utilizar (estadísticas, Neuronales Artificiales, Lógica Difusa, Árboles de decisión, etc.).

Por último, la visualización de los datos se utiliza por dos motivos principales: el aprovechar la capacidad humana de extraer patrones a partir de imágenes, y ayudar al usuario a comprender de manera más rápida patrones descubiertos automáticamente por un sistema KDD.

Los dos motivos presentados marcan dos momentos diferentes del uso de la visualización de los datos:

- Visualización previa (*Visual Data Mining*): se utiliza para mejor comprensión de los datos y la sugerencia de posibles patrones o tipos de herramientas KDD a utilizar.
- Visualización posterior: se utiliza para mostrar los resultados de los patrones y entenderlos.

Exploración visual de datos

La tecnología de exploración de datos de manera visual está compuesta de tres procesos: *primer panorama*, *acercamientos y filtrado*, *detalles sobre demanda* [Keim, 2002]. Primero, el usuario necesita conseguir el *primer panorama* de los datos, donde el usuario identifica patrones y se enfoca en uno o más de ellos. Para analizar patrones, se necesita profundizar y acceder a los detalles de los datos. El usuario identifica un subconjunto de datos, profundiza el panorama a través de *acercamiento y filtrado*, descompone el subconjunto y explora sus elementos para obtener *detalles sobre demanda*. Es importante hacer notar que las técnicas de la visualización no solo proveen las bases para efectuar los tres

procesos de la exploración de datos, sino también cumple la función de puente entre ellos.

Keim [2002] clasifica las técnicas de visualización de acuerdo a tres criterios:

- 1) Las características de los datos a representar,
- 2) La técnica de visualización utilizada,
- 3) La técnica de interacción con los datos.

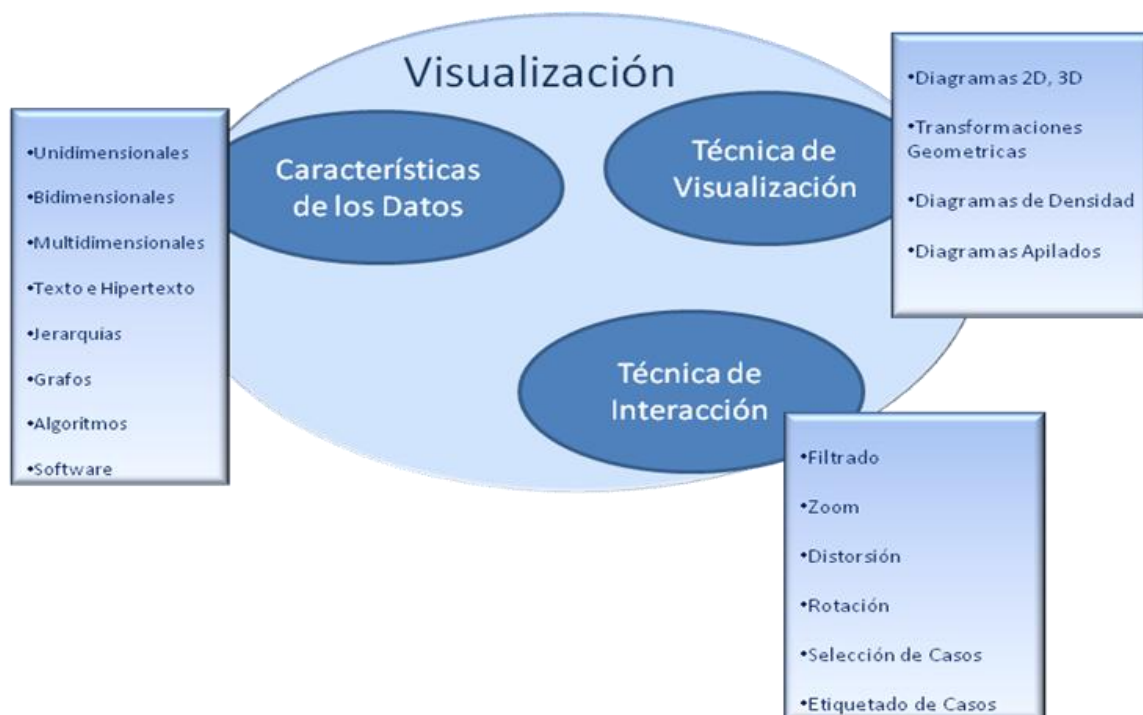


Figura 8. Elementos de la teoría de la visualización

En [Keim, 1997] (Figura 8) se hace un profundo análisis acerca de las técnicas de visualización y del contexto en el que son apropiadas: gráficas 2D, gráficas 3D, transformaciones geométricas, representaciones icónicas, diagramas de densidad de píxeles, diagramas apilados son un ejemplo de ellas. En el mismo documento se analizan las herramientas que se ofrecen para que los datos puedan ser explorados y manipulados, llamadas técnicas de interacción, como el filtrado, aplicación de *acercamiento*, distorsión.

Las características de los datos especifica el tipo de datos que se representan: datos unidimensionales, bidimensionales, texto, hipertexto, jerarquías, grafos, algoritmos, y software.

2.1.3 Metodologías usadas para el desarrollo de software

El proceso de desarrollo de software "es aquel en que las necesidades del usuario son traducidas en requerimientos de software, estos requerimientos transformados en diseño y el diseño implementado en código, el código es probado, documentado y certificado para su uso operativo" [Jacobson, 1999]. Concretamente "define quién está haciendo qué, cuándo hacerlo y cómo alcanzar un cierto objetivo" [Jacobson, 1999].

El desarrollo de un software involucra a un conjunto de conceptos, metodología y lenguaje, conocido como el ciclo de vida del software. De acuerdo a las fases del RUP, está constituido en cuatro fases: concepción, elaboración, construcción y transición. La concepción define el alcance del proyecto y desarrolla un caso de negocio. La elaboración se refiere al plan del proyecto, especifica las características y fundamenta la arquitectura. La construcción crea el producto y la transición libera el producto a los usuarios [Jacobson, 1999].

Las metodologías aplicadas al desarrollo del software se dividen en:

- Las metodologías *tradicionales*, las cuales se centran en el control estricto de los procesos, documentación robusta y prácticas rigurosas [Boehm, 1988], [Braude, 2003], [Brooks, 1975].
- Las metodologías *ágiles*, las cuales se orientan en los individuos que participan en el desarrollo de un proyecto de software y permiten aplicar un desarrollo ágil pero eficaz [Manifiesto, 2001a], [Manifiesto, 2001b], [Highsmith, 2002], [Gib, 2004], [Charette, 2001], [Agilalliance, 2007], [Ambler, 2007].

Aunque estas metodologías tienen enfoques distintos, ambas tienen un mismo objetivo: lograr un producto de calidad a través del proceso de desarrollo del software (Figura 9 y 10).

Metodologías			
	Modelo	Proceso	Características
Tradicionales	Lineal secuencial	Ingeniería/modelado, Análisis, Diseño, Código, Prueba	Se considera que los requerimientos del sistema son fijos y que serán definitivos a lo largo del proyecto, considerando los cambios como situaciones no favorables.
	Construcc. Prototipos	Escuchar al Cliente, Construir/ Revisar, El cliente aprueba el prototipo.	Construye varios prototipos del sistema hasta que se satisface la necesidades del usuario.
	Desarrollo Rapido Aplicaciones (RAD)	Modelado de gestión, modelado de datos, modelado de procesos, generación de aplicaciones, prueba y entrega	Utiliza ciclos de desarrollo cortos, con un enfoque de desarrollo orientado a componentes, utiliza lenguajes 4G. Requiere suficiente personal para creación de equipos.
	Incremental	Ingeniería/modelado, Análisis, Diseño, Código, Prueba (Por Incrementos)	Se desarrollan pequeños incrementos del sistema con el Proceso del modelo lineal secuencial, estos incrementos no se desechan y se la añaden nuevas características a través de los incrementos hasta obtener el producto final.
	Espiral	Comunicación, Planificación, Análisis de riesgos, Ingeniería, Construcción y adaptación, Evaluación del cliente.	El proyecto se divide en tareas dentro de las seis actividades estructurales, girando al sentido de las manecillas del reloj, si el proyecto permanece inactivo en un proceso se puede retomar el desarrollo a partir de la actividad donde se suspendió.
	Ensamblaje Componentes	Comunicación, Planificación, Análisis de riesgos, Ingeniería, Construcción y adaptación, Evaluación del cliente.	Enfoque orientado a componentes, define clases y las busca en un repositorio de clases, si existe se utiliza, si no, se crean y se guardan, este procedimiento se aplica en las seis actividades estructurales del modelo en espiral.
	Desarrollo Concurrente	Se definen actividades del proyecto en tareas las cuales tienen estados asociados a ellas.	Cada Actividad definida en el proyecto se desgloza en tareas, las cuales tienen varios estados de transición, la concurrencia ocurre porque otras actividades están implementandose y se encuentran en un estado diferente.
	Metodos Formales	Notacion rigurosa y matemática.	Son exactos, elimina la ambigüedad e inconsistencias en el proyecto.

Figura 9. Metodologías tradicionales en el desarrollo de software

Metodologías			
	Modelo	Proceso	Características
Ágiles	Extreme Programming (XP)	Exploración, Planificación de la Entrega, Iteraciones, Producción, Mantenimiento, Finalización.	Establece equipos de desarrollo pequeños (3 a 10 personas), comunicación frecuente entre el cliente y los programadores, exige la reestructuración del código en todo momento, diseño simple, entregas pequeñas y frecuentes de aplicaciones prototipo.
	Scrum	Planeamiento, Montaje, Juego o Desarrollo, Liberación.	Reuniones diarias del equipo de 15 minutos para coordinación e integración, desarrollo de incrementos ejecutables cada 30 días, Implementa técnicas de control de proceso, se utiliza como complemento de otras metodologías.
	Evolutionary Project Management (EVO)	Metas-valores-costos, Soluciones, Estimación de Impacto, Entrega evolutiva del Proyecto, definición de funciones.	Define, cuantifica, estima y mide los requerimientos del proyecto utilizando técnicas rigurosas para obtener requerimientos reales (Planguage), cada iteración es sometida a evaluación en busca de la mejor en relación costo-beneficio.
	Crystal	Planificación del Proyecto, se divide en iteraciones.	Se selecciona una metodología de acuerdo al tamaño del proyecto, define reuniones semanales con el usuario, creación de un esqueleto ambulante por iteración, iteraciones no mayores de tres meses, reuniones de pie entre los integrantes del equipo.
	Feature Driven Development (FDD)	Diseño, implementación.	Los requerimientos ya deben estar establecidos, a través de ellos se definen funcionalidades o rasgos que el usuario requiere en el sistema y se ordenan según su prioridad y dependencia, se crean los paquetes de diseño para que se liberen por medio de iteraciones, la duración de las iteraciones es de hasta dos semanas.
	Dynamic Systems Development Method (DSDM)	Estudio de factibilidad, Estudio del negocio, Iteración del modelo funcional, Iteración de diseño y construcción, Despliegue	Define un framework para desarrollar aplicaciones RAD, se adaptan las funcionalidades en base al tiempo y recursos, los procesos son iterativos e incrementales, existe retroalimentación en todas las fases.
	Adaptive Software Development (ASD)	Especulación, colaboración y aprendizaje	Desarrollo orientado a componentes, tolerante a los cambios. No proporciona un método para el desarrollo de software, proporciona una cultura tolerante a los cambios.
	Agile Modeling (AM)		Complementa el modelado y la documentación para otras metodologías.
	Lean Development (LD)		Cubre aspectos de modelado y documentación, no proporciona métodos para el desarrollo de software.

Figura 10. Metodologías ágiles en el desarrollo de software

2.1.4 Ubicación conceptual de la investigación

La revisión del estado del arte nos da una perspectiva sobre los elementos que debe contener ésta investigación (Figura 11). En la etapa de análisis, se identifican las técnicas de visualización disponibles para lograr la comprensión de la información, además se realiza una clasificación de los visualizadores de la planificación para enfocar posibles requerimientos para el VGF, por último se analizan las metodologías de desarrollo de software. El visualizador está interrelacionado con las tres áreas mencionadas, tomando aspectos de cada una para el proceso de su desarrollo.

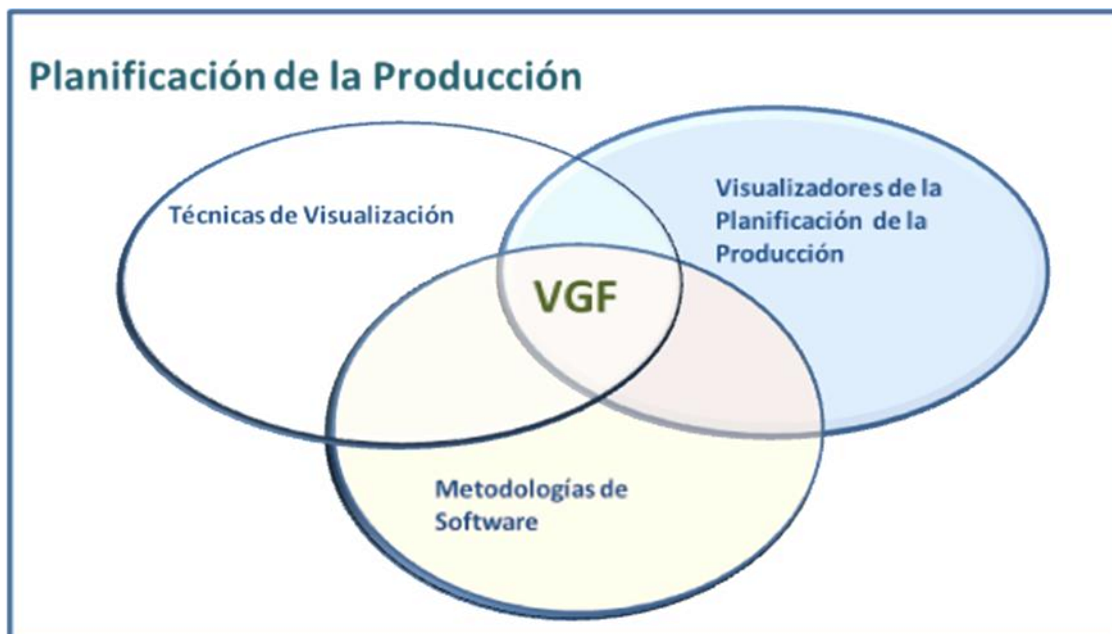


Figura 11. Ubicación conceptual del VGF

2.2 Análisis de visualización gráfica de recursos en talleres de flujo

El VGF es una aplicación desarrollada ante la necesidad de representar gráficamente los resultados de los algoritmos obtenidos en el PLARETF [Romero, 2007]. El software VGF es orientado a empresas y áreas particulares de investigación con necesidades en el área de planificación de recursos.

2.2.1 Descripción del proceso de la generación de calendarios en la planificación de la producción

El uso del VGF está orientado a usuarios que conocen conceptos de la calendarización, enfocado a un ámbito empresarial o de investigación. El VGF se desarrolla con el objetivo de ofrecer una herramienta que muestre visualmente los resultados de algoritmos para interpretarlos y explorarlos de manera ágil.

De acuerdo al trabajo en campo en [Yaurima, 2008], los usuarios identificados son (ver Tabla II):

- Coordinador de la planificación,
- Planificador,
- Investigador.

Tabla II. Descripción de usuarios

Usuario	Descripción	Responsabilidad
Coordinador de la planificación	Encargado de dirigir, organizar y validar la planificación de los recursos para la producción de una empresa	Generar reportes Coordinar los trabajos
Planificador	Obtener las características de la producción necesarias para la planeación.	Capturar los datos de entrada para un modelo real de Taller de Flujo
Investigador	Buscar soluciones para un área de estudio, probando hipótesis	Generar reportes En el área de la calendarización busca obtener la mejor solución para un determinado modelo de la Taller de Flujo

El proceso de la planificación de la producción varía de acuerdo al contexto donde se utilice. El VGF es una herramienta desarrollada para utilizarse en un contexto con las siguientes características:

- **Ámbito Industrial**
 - El personal requerido para llevar a cabo una planificación de recursos en talleres de flujo está formado por especialistas.
 - El procedimiento de la planificación comienza con una planeación inicial y se hacen ajustes en periodos cortos.
 - Se utiliza software para realizar cálculos, llevar el historial de planeaciones de la producción y cotejar los resultados mediante análisis estadístico.

- **Ámbito científico**
 - Se estudia un problema de planificación de la producción en específico, se obtiene un modelo de taller de flujo con sus características y se aplican algoritmos especializados para encontrar un calendario que satisfaga criterios de optimización.

A continuación se presentan los escenarios donde se desea utilizar el VGF, se presenta la situación actual del proceso de generación de la planificación de la producción en dos contextos: escenario de ámbito industrial y el escenario en el ámbito científico.

Escenario: ámbito industrial

El coordinador de la producción organiza y distribuye la planeación mensual a cada uno de los planificadores, con el objetivo de obtener calendarios de las áreas de producción de la empresa. Posteriormente, cada planificador obtiene un modelo con características de los recursos. En base a su experiencia y análisis estadístico genera un calendario tentativo como resultado. Se busca un calendario que aproveche al máximo las características del modelo del taller de flujo. El coordinador revisa cada calendario tentativo y lo evalúa, si es rechazado, se regresa para comenzar el proceso de análisis por el usuario planificador, si se acepta, se archiva con todos los calendarios generados por los usuarios planificadores. Por último, organiza una reunión donde se analizan todos los

calendarios aceptados y se elabora el calendario definitivo para aplicarse al área operativa (ver Figura 12).

Escenario: ámbito científico

El investigador estudia un modelo particular del área de la calendarización de taller de flujo, desarrolla un algoritmo que le genera conclusiones interesantes para su investigación, lo programa y lo ejecuta. Para ver la calidad del resultado, el algoritmo genera el calendario con un formato que el VGF reconoce y que interpreta para poder desplegar visualmente los resultados de los calendarios generados (ver Figura 13).

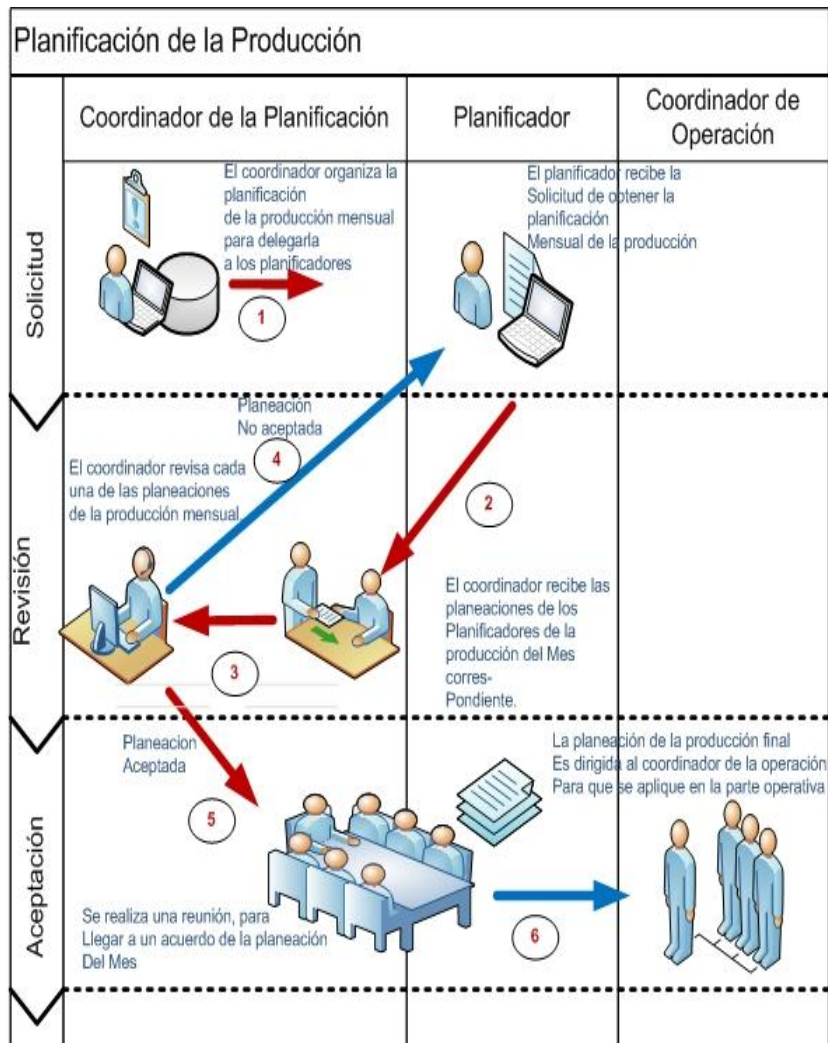


Figura 12. Planeación de la producción en un ámbito industrial

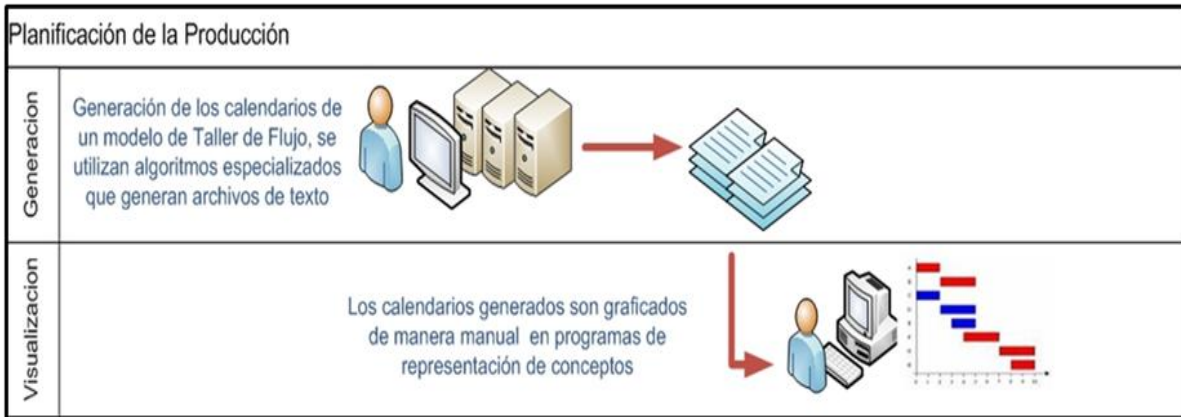


Figura 13. Planeación de la producción en un ámbito de investigación

Rol del VGF

El proceso de la planeación de la producción varía de acuerdo al contexto donde se aplique. Lo que no cambia es el rol que cumple el VGF. Este se utiliza como herramienta en la última etapa en la generación de calendarios, para representar visualmente los resultados de los algoritmos especializados en talleres de flujo (Figura 14).



Figura 14. Rol del VGF en la planificación de la producción

El proceso comienza con el análisis y la creación de un modelo de taller de flujo por el planificador de la producción. El modelo generado se introduce a un sistema computacional que contiene algoritmos especializados para obtener los calendarios que significan una solución a un determinado taller de flujo.

Posteriormente los resultados obtenidos se expresan en forma de varias líneas de caracteres. Es necesario interpretarlas para leer el resultado e implementarlo en la línea de operación. En este punto el sistema VGF lee los caracteres entregados por los algoritmos y los representa visualmente a un usuario, ofreciendo herramientas de exploración y manipulación de datos.

2.2.2 Clasificación de requerimientos

Los requerimientos representan necesidades de un usuario o grupo de ellos. En este caso, los requerimientos se obtienen a partir de los trabajos [Yaurima et al., 2008], [Romero, 2007], donde se analizan casos reales y se identifican los elementos a visualizar en un entorno de la planeación. Los requerimientos se clasifican en funcionales y no funcionales. En esta sección se presentan los requerimientos para el VGF.

Requerimientos Funcionales:

- **REQ 1:** Capturar un formato de entrada, por el cual se expresen las características de las máquinas, los trabajos y criterios de optimización. El Visualizador toma la información del formato para representarla en forma visual.
- **REQ 2:** Representar los resultados en Diagrama de Gantt:
 - **REQ 2.1:** Los tiempos de procesamiento, tiempo de inicio y límite estricto de las tareas.
 - **REQ 2.2:** Los tiempos de ajuste para que un trabajo inicie a ejecutarse.
 - **REQ 2.3:** Los tiempos de interrupciones de acuerdo a prioridades establecidas por otras tareas que requieren ejecutarse primero.
 - **REQ 2.4:** Los diferentes modelos de talleres (taller de flujo, taller de flujo híbrido y taller de flujo flexible).
 - **REQ 2.5:** Numero de etapas.
 - **REQ 2.6:** Numero de máquinas por etapa.
 - **REQ 2.7:** Número de trabajos.

- **REQ 2.8:** Conjunto de trabajos asignados a cada máquina.
- **REQ 2.9:** Instantes de entrada de los trabajos.
- **REQ 2.10:** Tiempos de bloqueo de la máquina.
- **REQ 2.11:** Máquinas no disponibles.
- **REQ 2.12:** Tiempo suave limite de ejecución de trabajo.
- **REQ 2.13:** Tiempo estricto limite de ejecución de trabajo.
- **REQ 2.14:** Tiempo de ejecución de todos los trabajos.

Requerimientos de usabilidad

- **REQ 3:** Generar la documentación para el usuario que describa la arquitectura del sistema, guía de uso del sistema, métodos de resolución de errores.
- **REQ 4:** Modificar el acercamiento, filtrar las características de los elementos para un mejor análisis y permitir la exploración por zonas del diagrama.
- **REQ 5:** Imprimir representaciones gráficas.

Requerimientos de soporte

- **REQ 6:** Debe ser orientado a componentes para agregar nuevas funcionalidades al sistema en un futuro, como validación de usuario, nuevas gráficas, tipo de exportación.

Requerimientos de implementación

- **REQ 7:** Debe ser multiplataforma, para permitir a los clientes trabajar en diferentes sistemas operativos.

Requerimientos de la Documentación

- **REQ 8:** Elaborar el Manual del usuario.
 - **REQ 8.1:** Configuración mínima del sistema para su instalación.
 - **REQ 8.2:** Manual de soporte técnico en caso de errores en la aplicación.

- **REQ 8.3:** Formato de los datos de entrada.

En el Anexo A se incorpora el documento de especificación de requerimientos de software (SRS por sus siglas en ingles) para el VGF.

2.2.3 Elección de una metodología para el desarrollo de software

De acuerdo a los requerimientos de usuario, donde se define el tipo de proyecto a desarrollar y en base a ello, elaborar un plan de acción en la etapa de análisis, se elige la metodología incremental que se caracteriza por las siguientes propiedades:

- adaptación de nuevos requerimientos a lo largo del proceso.
- liberación de módulos funcionales del software de manera incremental al usuario satisfaciendo prioridades de funcionalidad, hasta obtener el producto final.

El modelo incremental de desarrollo del VGF (Figura 15) consiste en iniciar con el proceso de análisis:

1. estudiar el proceso de planificación de la producción y recabar los requerimientos de los usuarios involucrados,
2. crear el diseño de acuerdo al análisis,
3. desarrollar módulos específicos con funcionalidad,
4. involucrar al usuario para la revisión de los módulos generados y percibir posibles nuevos requerimientos,
5. los módulos son entregados mediante una versión del software que otorga una funcionalidad limitada,
6. las versiones generadas del software de manera incremental agregan un mayor número de módulos independientes hasta obtener el producto final.

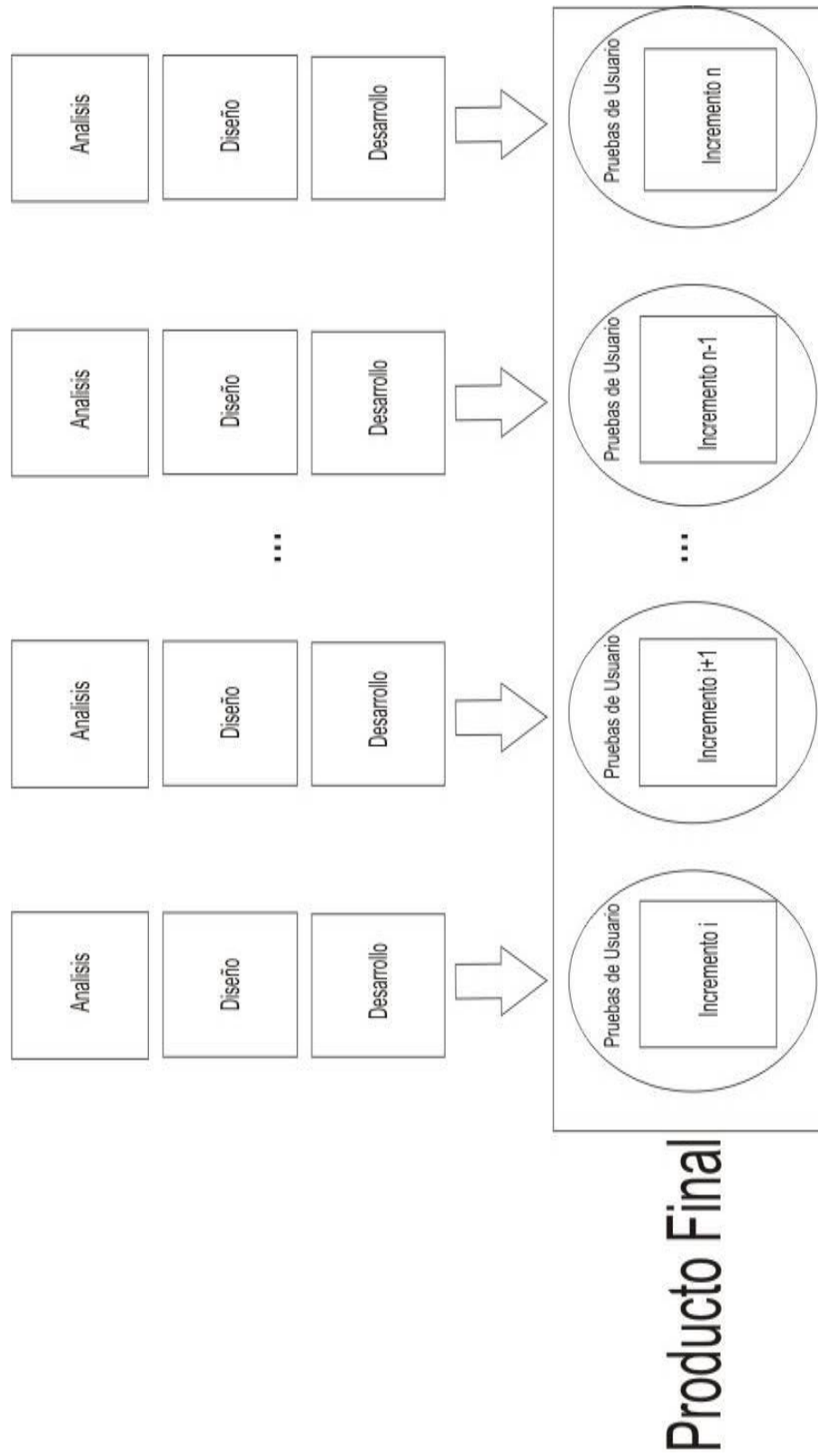


Figura 15. Modelo incremental para el desarrollo del VGF

2.2.4 Diagrama de casos de uso

De acuerdo a los requerimientos establecidos por los usuarios, se define el siguiente diagrama de casos de uso (Figura 16):

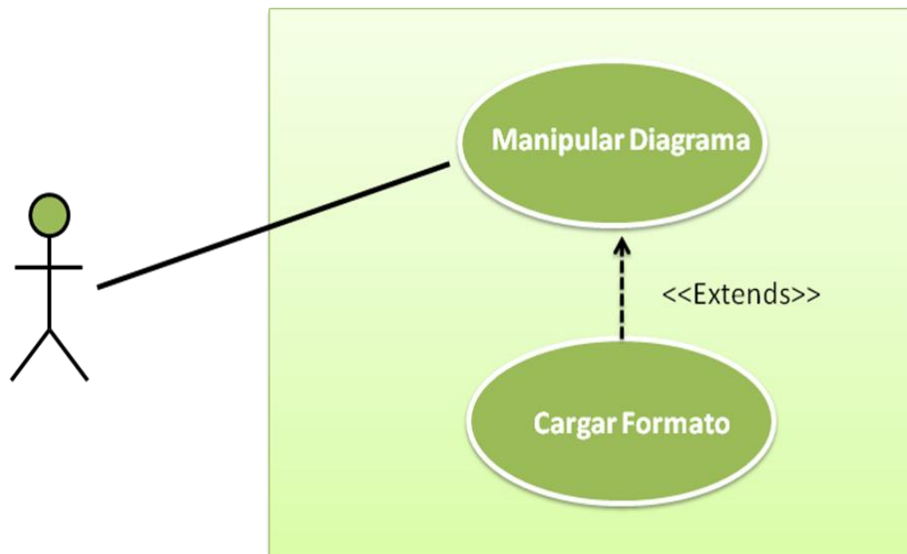


Figura 16. Diagrama de casos de uso del VGF

El usuario está caracterizado por un planificador de la producción en el ámbito industrial o un investigador en el sector particular que utilice el sistema para diagramar o consultar un modelo de taller de flujo en forma visual. Se identifican dos funcionalidades principales o casos de uso:

Manipular diagrama: El propósito es obtener y manipular un diagrama de Gantt con opciones de acercamiento, exportación, guardado e impresión en cada parte del diagrama (**REQ2**), (**REQ4**), (**REQ5**). El usuario inicia este caso de uso, abre o genera un diagrama de Gantt.

Cargar formato: La finalidad de este caso de uso es obtener el archivo que contiene la información a diagramar (**REQ1**). Se inicia por el caso de uso *Manipular Diagrama*. El usuario elige un archivo con la información que se va a diagramar. El sistema extrae los datos del archivo y muestra al usuario para seleccionar la información que quiere representar en el diagrama. La descripción completa del diagrama de casos de uso se presenta en el Anexo B.

2.2.5 Técnicas de visualización

La comprensión ágil de un taller de flujo a través del VGF se alcanza mediante la aplicación de tecnologías de interacción que auxilian el aprendizaje. A continuación, se describen algunos aspectos de las técnicas de la visualización en el contexto de planificación de la producción.

El VGF utiliza las siguientes técnicas de la visualización [Keim, 2002]: características de los datos y diagramas de visualización (Figura 8).

Las características de los datos utilizados para el VGF son texto, datos bidimensionales, datos jerárquicos. El texto se utiliza para definir etiquetas y comentarios. Las fechas de procesamiento de trabajos se definen como datos bidimensionales de tipo texto; es una matriz en la cual cada renglón describe momentos de inicio y fin de procesamiento de un trabajo en cada máquina. Los datos involucrados en la representación del taller son jerárquicos, en forma de árbol, cuya raíz es el taller, las máquinas ocupan un segundo nivel y los trabajos son las hojas.

Los diagramas de visualización aplicables para el VGF son:

- diagrama de Gantt.
- diagrama vista de radar.
- diagrama de árbol.

Como el medio principal, para la visualización de resultados de algoritmos, que proporciona PLARETF, se utilizan diagramas de Gantt por la facilidad de representar características y restricciones de calendarios. Los diagramas de Gantt visualizan de manera ágil el orden de procesamiento de los trabajos en taller, indicando la máquina y los instantes de inicio y del fin para cada operación de los trabajos.

El Diagrama vista de radar, obtiene a escala un diagrama de Gantt para dar al usuario una perspectiva total de la imagen, cuando un calendario original es muy extenso y no se despliega en su totalidad por la pantalla. Por ejemplo, si se tiene un número grande de etapas, máquinas, trabajos; valores grandes de

tiempos; numerosas restricciones y características. Este tipo de diagramas ofrece la posibilidad de ir a un punto en específico de la imagen de Gantt y observar a detalle las características de un subconjunto de datos.

La tercera técnica de visualización implementada es un diagrama de árbol, el cual aprovecha las características jerárquicas de los datos y despliega al árbol un directorio de elementos, cuyos tres niveles son el taller, las máquinas y los trabajos. Además que permite observar la estructura completa del taller.

2.2.6 Técnicas de Interacción

Las técnicas de interacción definidas para el VGF son:

- Acercamiento.
- Filtrado.
- Linking y Brushing.

Las técnicas de interacción agregan al visualizador las herramientas que permiten al analista interactuar con la información a través de una interfaz [Wainer y Velleman, 2001].

- 1) El *Acercamiento* proporciona un manejo de la escala del diagrama en dos sentidos:

acercamiento a los datos para mostrar información a detalle sobre ciertas zonas de la imagen;

reducción de la imagen para dar una perspectiva amplia.

En dependencia del tamaño original, el diagrama de Gantt ofrece 25, 50, 75, 100, 150, 200% de escalas de reducción y acercamiento de visualización.

- 2) *Filtrado* consiste en seleccionar un sub-conjunto de datos de interés para el analista y observar los detalles de información elegida, por ejemplo, mostrar la carga asignada a cada máquina.

3) *Linking and brushing* proporcionan visualización simultánea de la información en diagramas relacionados, también es llamada visualización múltiple [Swayne et al., 2003], [Young, 2006] lo que otorga la facultad de explorar y manipular la información.

2.2.7 Aspectos del análisis

En el proceso de análisis del VGF se identifica una serie de aspectos para lograr la funcionalidad requerida. En la Figura 17, se muestran tres elementos principales que aportan las bases para el desarrollo del sistema. El VGF se clasifica como un visualizador automatizado por sus propiedades de desplegar gráficamente cualquier modelo de taller de flujo y entregar los resultados de manera automática mediante un archivo de entrada. La técnica de visualización que se utiliza es la visualización múltiple que proporciona al usuario la información en diferentes maneras para interpretar la información mediante una serie de diagramas (vista radar, diagrama de Gantt, vista de árbol). Además se seleccionan técnicas de interacción (acercamiento, filtrado) para la manipulación y exploración de los datos. Se elige la metodología incremental para el desarrollo del software debido a que permite entregar versiones funcionales al usuario. De esta manera, la aplicación se arma mediante la agregación de funciones en versiones liberadas hasta completar los requerimientos solicitados.



Figura 17. Aspectos del análisis del VGF

2.3 Comprensión de la información a partir de la visualización gráfica

El modelo de comprensión de resultados a través de la visualización describe cómo los datos generados por un algoritmo se comprenden por un analista. Está compuesto por tres procesos de transformación y un proceso de retroalimentación (Figura 18).

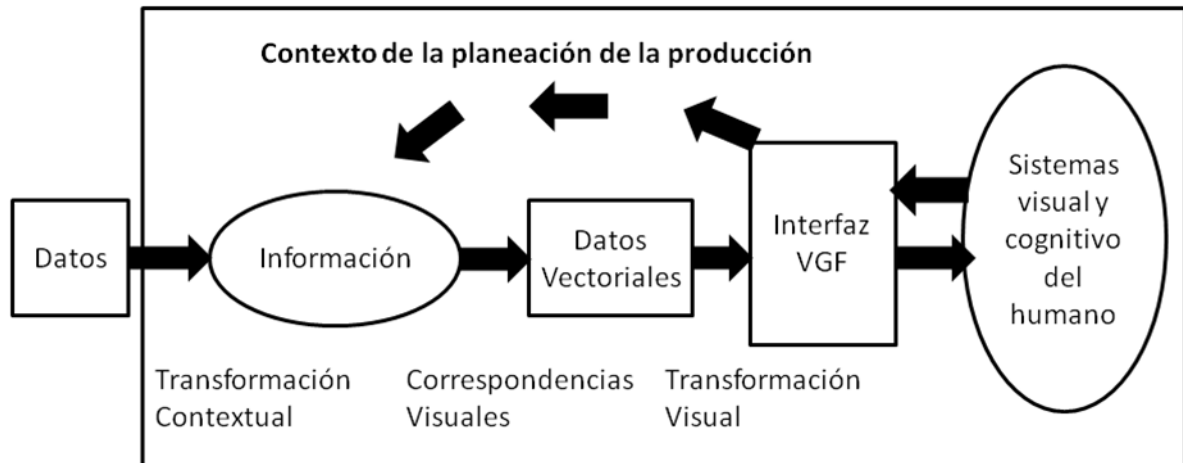


Figura 18. Comprensión de la información de la planeación de la producción a través del VGF

En el proceso de *transformación contextual*, datos de salida de un algoritmo, almacenados en un archivo de texto en el formato de entrada del VGF, se interpretan en el contexto de scheduling. Los datos crudos se transforman en información. El componente VGF, transforma la información escalar a la vectorial agregando *correspondencias visuales*. Posteriormente se *transforma visualmente* la información vectorial por medio de la interfaz en un dispositivo y se despliega mostrando los resultados de los algoritmos en forma gráfica. Además, la interfaz del VGF ofrece una gama de herramientas que permite al usuario interactuar con la información. En este punto, el proceso de *retroalimentación* posibilita recolectar los calendarios en formato de texto, manipular la información y explorarla a detalle, activando los sistemas cognitivo y visual del usuario. Los procesos de transformación y retroalimentación están inmersos dentro del contexto de scheduling.

2.4 Diseño del visualizador

Al terminar el proceso de análisis, se diseña el VGF considerando todo el estudio realizado. En primer lugar se establece el modelo de comprensión de la información para el usuario a través de herramientas de interacción y de visualización para activar sus sistemas cognitivo y visual. Posteriormente se crea una pantalla prototipo en la que se plasman las tecnologías de visualización y requerimientos correspondientes al análisis.

2.4.1 Prototipo de la interfaz gráfica

En el análisis del VGF se identificaron tres zonas principales y una zona complementaria.

Las zonas principales son:

- zona de filtrado,
- zona de exploración,
- zona de Gantt.

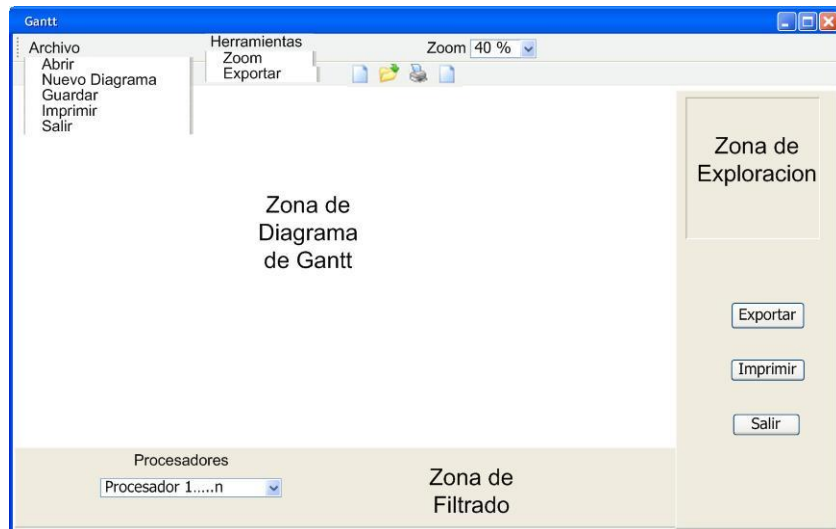


Figura 19. Prototipo de la interfaz de usuario principal

La zona complementaria es la zona de barra de herramientas y menús (Figura 19), la cual ofrece las funcionalidades básicas de abrir, guardar, imprimir,

exportar archivos, aplicar acercamiento, salir del software. Además se presenta el formato de entrada, el cual otorga al VGF la propiedad de flexibilidad al incorporar la información a partir de diversos conceptos en la planificación de la producción.

La zona de exploración proporciona una vista a escala de la imagen completa para dar al usuario una perspectiva total del dibujo, y además la posibilidad de desplazarse por medio de la imagen a escala a zonas específicas del diagrama maximizado.

La zona Gantt, presenta el calendario generado por un algoritmo especializado de taller de flujo de manera visual en un diagrama de Gantt, con las características del modelo introducido por el planificador de la producción.

Por último, la zona de filtrado ofrece la oportunidad de explorar la información visual presentado en el grafico de Gantt. Los talleres involucran etapas en las cuales se procesan trabajos en máquinas especificadas. Esta función del sistema permite al usuario explorar determinadas etapas y así profundizar en la información que ofrece el algoritmo. Las pantallas prototipo completas del sistema se presentan en el Anexo C.

2.4.2 Formato de entrada

En sistemas computacionales, los datos que entregan los algoritmos, no proporcionan al usuario la agilidad de comprender el resultado, debido a la extensión de información involucrada en un calendario de taller de flujo. Los resultados son almacenados en archivos de texto y su interpretación por parte del usuario es laboriosa, debido a la necesidad de identificar conceptos, tiempos, y entonces abstraer el resultado a un diagrama de Gantt. Esta tarea es ardua, consume mucho tiempo y en este caso solo se involucra un modelo en particular en un tiempo específico. Si fuese necesario resolver múltiples modelos, el proceso sería caótico. El VGF propone un formato de entrada en el cual da la facilidad a sistemas legados de representar los calendarios de manera visual de una manera ágil, con herramientas para explorar y manipular los resultados.

El formato de entrada del VGF contiene propiedades que otorga la flexibilidad al sistema de visualización adaptándolo a cualquier contexto de

planificación de la producción. El formato se divide en cuatro secciones (Figura 20).

La primera sección contiene notaciones. Indica los conceptos de planificación de la producción para su representación visual (Figura 20a).

La segunda sección expresa el modelo del taller de flujo a ser representado: el tipo de taller (FS, FFS o HFS), tipos de máquinas (paralelas, idénticas, uniformes, no relacionadas). Se especifican características de los trabajos y criterios de optimización (Figura 20b).

La tercera sección describe los recursos del taller, detalla el número de etapas y el número de máquinas por etapa, así como la cantidad total de trabajos en el taller (Figura 20c).

La cuarta sección es el área de especificación de tiempos para diagramado. Se crea una matriz, la cual contiene el tiempo de procesamiento de los trabajos por cada máquina. El concepto de "ítem" (Figura 20d) se refiere a características del modelo de la planificación de la producción que se procesan en un tiempo en una máquina, como: procesamiento de trabajos (*timing*), inicio de procesamiento (*release time*), ajuste de la máquina antes del procesamiento (*setup times*), bloqueo de las máquinas (*blocking*), etc.

Las columnas son organizadas por triadas. Para un ítem 1, la primera triada está compuesta por: el número de máquina, tiempo de inicio de procesamiento en la máquina y tiempo de finalización de procesamiento. La segunda triada se compone de los mismos elementos, y así sucesivamente, las triadas están en relación al número de etapas especificadas en el modelo de taller de flujo.

La forma de representar el procesamiento de los tiempos en una matriz de triadas y elementos (ítems), proporciona la característica al VGF de ser flexible, dado que permite representar cualquier concepto que procese tiempo en una máquina o procesador independientemente del modelo de taller de flujo.

El sistema permite agregar conceptos de entrada que no se definen en la Sección 1 del formato de entrada, como: tiempo de ajuste de la máquina (*setup times*), tiempos de inicio y fin de los trabajos en las máquinas (*timing*), bloqueo de las máquinas (*blocking*), etc., los cuales se necesitan representar en un diagrama

2.4.3 Modelo vista control

Como patrón de arquitectura del VGF se utiliza el MVC (*Modelo Vista Control*). Este patrón de software consiste en dividir la funcionalidad del sistema por capas [Weitzenfeld, 2005], otorgando modularidad en el funcionamiento del software.

El VGF tiene tres capas en su arquitectura (Figura 21).

La primera capa (Vista) representa la interfaz, por la cual el usuario observa visualmente los resultados de los algoritmos e interactúa con la información, para manipularla y explorarla.

La segunda capa (Control) funciona como administrador, monitorea las acciones del usuario, y cuando existe una solicitud, asigna la tarea al módulo correspondiente del software.

La tercera capa (Modelo) contiene al componente VGF que se divide en tres módulos: motor de interpretación, datos de tipo entidad y correspondencias visuales.

Motor de interpretación, se encarga de leer toda la información del archivo de texto de entrada (que representa a un calendario con todas sus características y restricciones), para incorporar la información al sistema.

Datos de tipo entidad, almacenan la información que contiene el calendario en los módulos del sistema. Este módulo se encarga de dar a conocer al sistema el modelo de taller de flujo que se requiere visualizar.

Módulo de correspondencias visuales, toma la información almacenada en los *datos de tipo entidad*. El siguiente proceso es transformar la información escalar a información vectorial, con la finalidad de expresarla en gráficos de dos dimensiones 2D, por último se construye el calendario en forma del diagrama de Gantt.

La relación entre capas es la siguiente. Por medio de la interfaz el usuario realiza una solicitud (crear nuevo diagrama, abrir diagrama, imprimir, etc.). El módulo de administración observa y toma la decisión sobre el módulo indicado del VGF para responder a la petición, si las peticiones del usuario corresponden a funciones de imprimir, exportar, guardar, abrir. En la comunicación se involucran

únicamente las capas de *interfaz de usuario* y *administración*. La capa *modelo* participa cuando se requiere utilizar aspectos gráficos sobre un calendario, referente a las vistas múltiples del sistema (como diagrama de Gantt, diagrama vista radar, vista de árbol) y las herramientas de interacción (acercamiento y filtrado).

El componente VGF está situado en la capa *Model* del MVC. Es la esencia del sistema. Proporciona la funcionalidad de visualizar los resultados de planificación de la producción en un diagrama de Gantt, almacena la información de los archivos incorporados por los usuarios y ofrece herramientas de interacción con los datos de la planeación.

Cuando se solicita representar visualmente un archivo con los resultados de un taller de flujo, el componente VGF regresa un objeto (calendario) que representa un diagrama de Gantt para mostrarse en la interfaz del sistema.

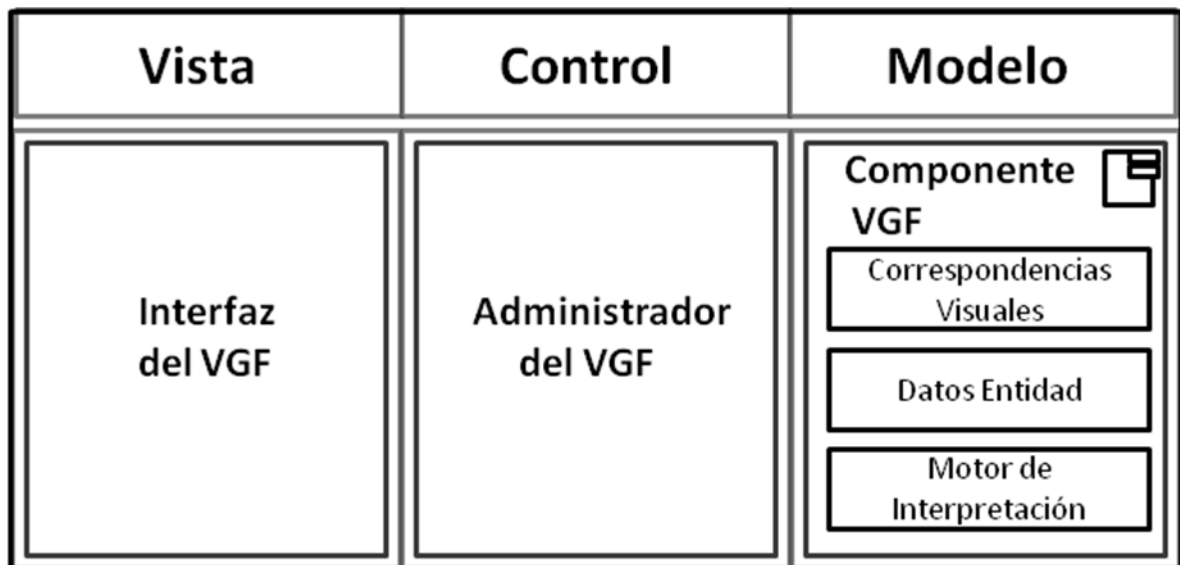


Figura 21. Arquitectura del VGF

El componente VGF es independiente de otros módulos del sistema (administración y visualización), proporciona gráficos de Gantt, listado de los elementos de la solución del taller de flujo, vista radar y herramientas de exploración y manipulación de la información. Éste componente es incorporable y aprovechable en otros sistemas si se requiere puesto que aporta a la comunidad

de investigación en la planificación de la producción para la visualización gráfica de resultados.

2.4.4 Arquitectura del VGF

Un subsistema de software involucra procedimientos que realizan en conjunto una función o funciones específicas, que por medio de un contrato proporcionan un servicio a otros subsistemas. El motivo de dividir en subsistemas es el agrupar lógicamente los procedimientos del VGF para asegurar la cohesión y bajo acoplamiento entre subsistemas diferentes.

El VGF está compuesto de 3 subsistemas: Interfaz de Usuario, Administración y Diagrama.

El Subsistema Interfaz de Usuario despliega una pantalla solicitada por una acción del usuario, realizada por el contrato *desplegar pantalla*.

El Subsistema Administración administra el comportamiento del sistema monitoreando y atendiendo las solicitudes del usuario por medio del contrato *manejarEvento*.

El Subsistema Diagrama atiende todas las solicitudes gráficas de usuario (acercamiento, filtrado, mostrar diagrama Gantt, etc). Contiene los contratos *manejarEvento* y *getCalendario*.

Los subsistemas están relacionados a través de contratos que se ofrecen a otros subsistemas. De este modo el sistema VGF proporciona la funcionalidad de representación visual de los resultados de algoritmos en talleres de flujo (Figura 22).

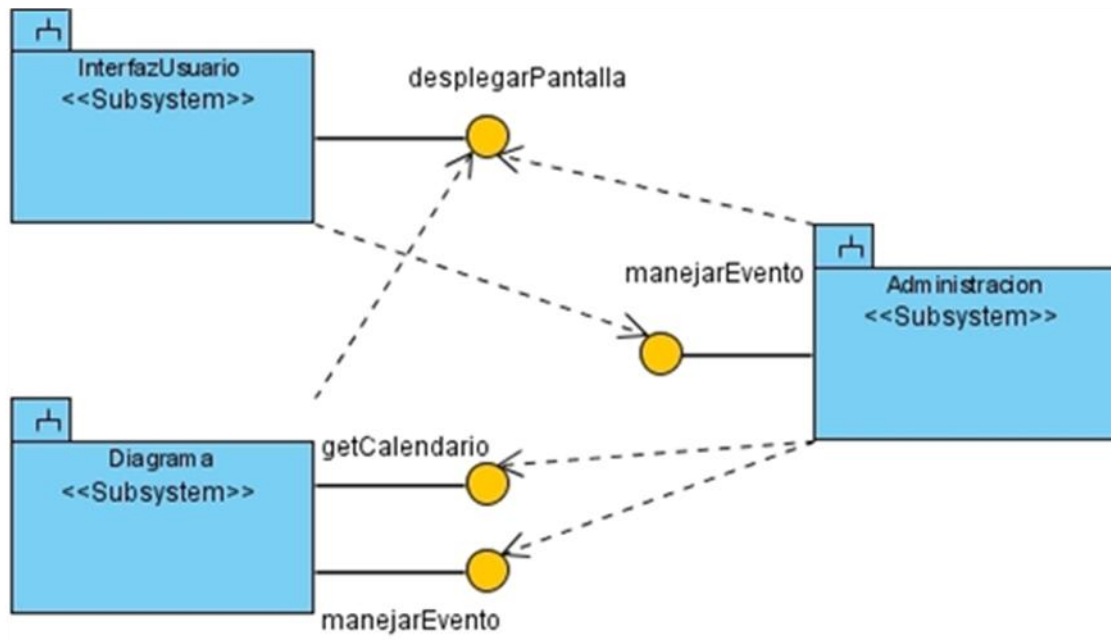


Figura 22. Subsistemas del VGF

2.4.5 Subsistema Interfaz de Usuario

El subsistema Interfaz de Usuario del VGF proporciona a los usuarios el medio para interactuar con el sistema. Se encarga de recibir solicitudes y mostrar los resultados gráficamente. Además es la ventana en donde se manipulan y exploran los elementos de la solución obtenida.

Las clases principales del subsistema son las siguientes:

- **Interfaz Usuario:** Esta clase es quien monitorea las acciones del usuario, y las envía al subsistema *administración*. Es un contenedor de las pantallas del sistema.
- **Pantalla:** Es una clase de tipo abstracto, generaliza el contenido de todas las pantallas (botones, etiquetas, métodos de abrir, cerrar e inicialización de pantallas).
- **Pantalla Principal:** Es la clase donde se visualizan gráficamente los resultados de la planificación de la producción de talleres de flujo y herramientas de manipulación y exploración de los datos.

Existen otras clases que corresponden a todas las pantallas que contiene el VGF. Las clases que contiene el subsistema se presentan en la siguiente tabla:

Tabla III. Clases del subsistema Interfaz Usuario

Clases	
<i>Interfazusuario</i>	<i>PantallaDirectorioArchivos</i>
<i>PantallaPrincipal</i>	<i>PantallaCargarformato</i>
<i>Pantalla</i>	<i>PantallaImpresion</i>
<i>PantallaGuardar</i>	<i>PantallaExportar</i>
<i>PantallaAbrirArchivo</i>	

El diseño global del subsistema, establece a la clase *interfaz usuario* como un contenedor que está compuesto de todas las pantallas del sistema (ver Figura 23).

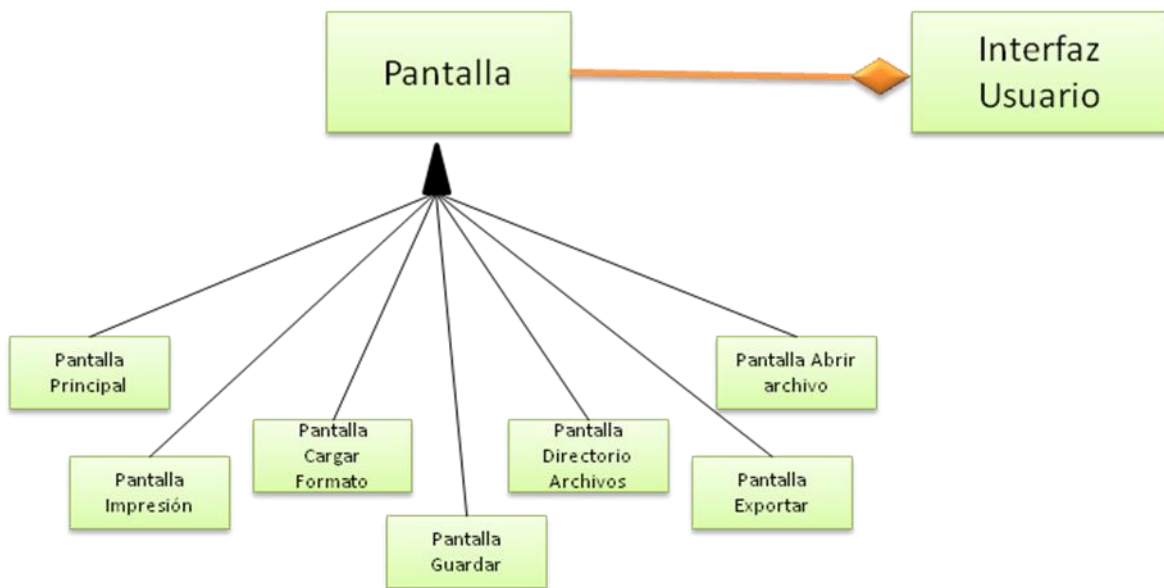


Figura 23. Clases del subsistema Interfaz Usuario

2.4.6 Subsistema Administración

El subsistema administración recibe las solicitudes del usuario y las dirige al módulo o módulos responsables para atenderlas. Tiene relación con los subsistemas de *Interfaz Usuario* que le informa de las acciones realizadas por el usuario y el subsistema *Diagrama* que atiende y envía las respuestas gráficas del sistema.

Las clases de este subsistema son (Tabla IV):

- **Manejador.** Es una clase abstracta que incorpora los métodos generales en los manejadores del sistema, que dirigen las solicitudes a los módulos responsables para su atención.
- **Manejador Principal.** Ésta clase se encarga de atender las solicitudes de la interfaz del usuario y la pantalla principal.
- **Manejador Diagrama.** Responde a las peticiones gráficas de los usuarios (desplegar diagramas, vista de radar, acercamiento, filtrado).
- **Servidor.** Proporciona los servicios de imprimir, guardar, abrir, y exportar un diagrama visualizado en el sistema.
- **Entorno.** Se establecen las variables de personalización del sistema gráfico (distancias entre etapas, color de líneas, márgenes, etc.).

Tabla IV. Clases del subsistema Administración

Clases	
Manejador	Servidor
ManejadorPrincipal	Entorno
Manejador Diagrama	

El esquema global del subsistema se muestra en la Figura 24.

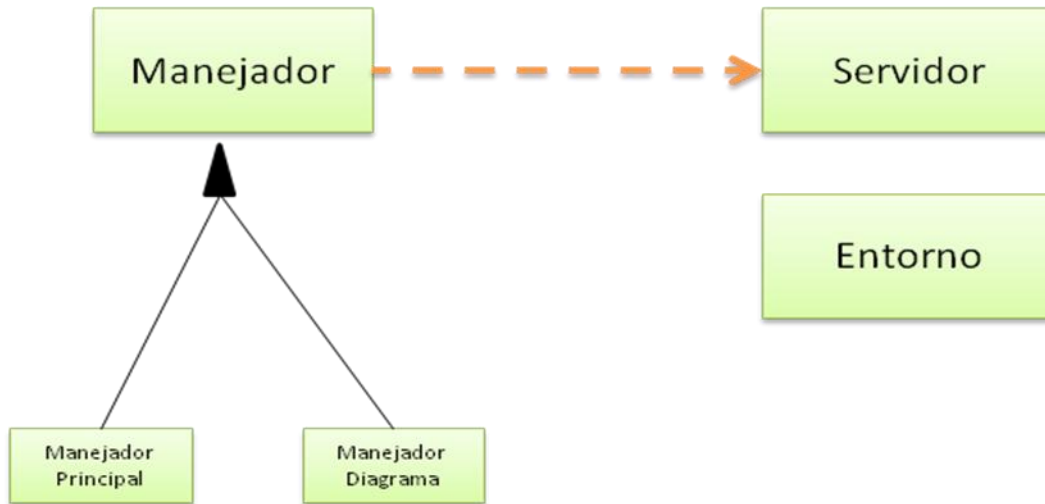


Figura 24. Clases del Subsistema Administración.

2.4.7 Subsistema Diagrama

El subsistema Diagrama contiene un componente llamado *VGF* compuesto de tres módulos que proporcionan la funcionalidad de representar gráficamente los resultados de los talleres de flujo y ofrecen herramientas de exploración y de manipulación de los datos en la solución. Los módulos son los siguientes:

- Módulo entidad: Contiene clases que son particulares de los talleres de flujo, estas clases almacenan la información del archivo de texto introducido por el usuario.
- Módulo de interpretación de datos: Este módulo se encarga de leer el archivo de texto con el formato del sistema, que interpreta de tal manera que almacena la información necesaria para representar visualmente los datos en la planificación de la producción.
- Módulo de representación gráfica: Utiliza la información almacenada en las clases entidad y la utiliza para crear un objeto calendario, que es la representación gráfica de un modelo de taller de flujo.

Las clases que contienen los módulos se muestran en la siguiente Tabla V:

Tabla V. Clases del subsistema Diagrama por módulos

<i>Módulo entidad</i>
Taller de Flujo
Taller de Flujo Flexible
Taller de Flujo Híbrido
Trabajo
Maquina
Criterio
<i>Módulo interpretación de los datos</i>
Interprete
<i>Módulo representación gráfica</i>
Calendario
Diagrama

El esquema completo del subsistema se muestra en la Figura 25.

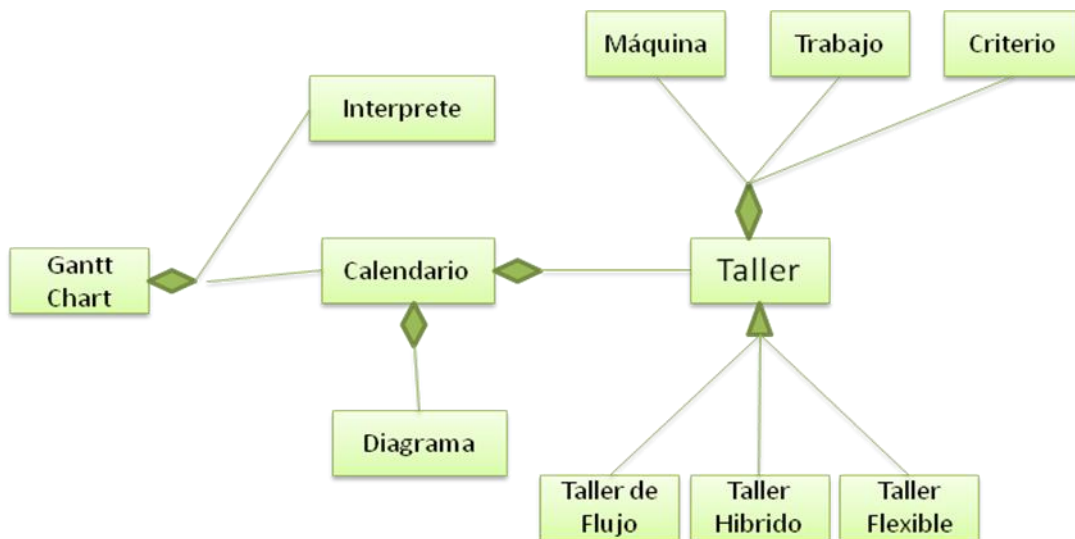


Figura 25. Clases del subsistema Modelo.

En el diseño del VGF se obtienen las clases necesarias para su implementación. El diagrama general de clases se muestra en la Figura 26.

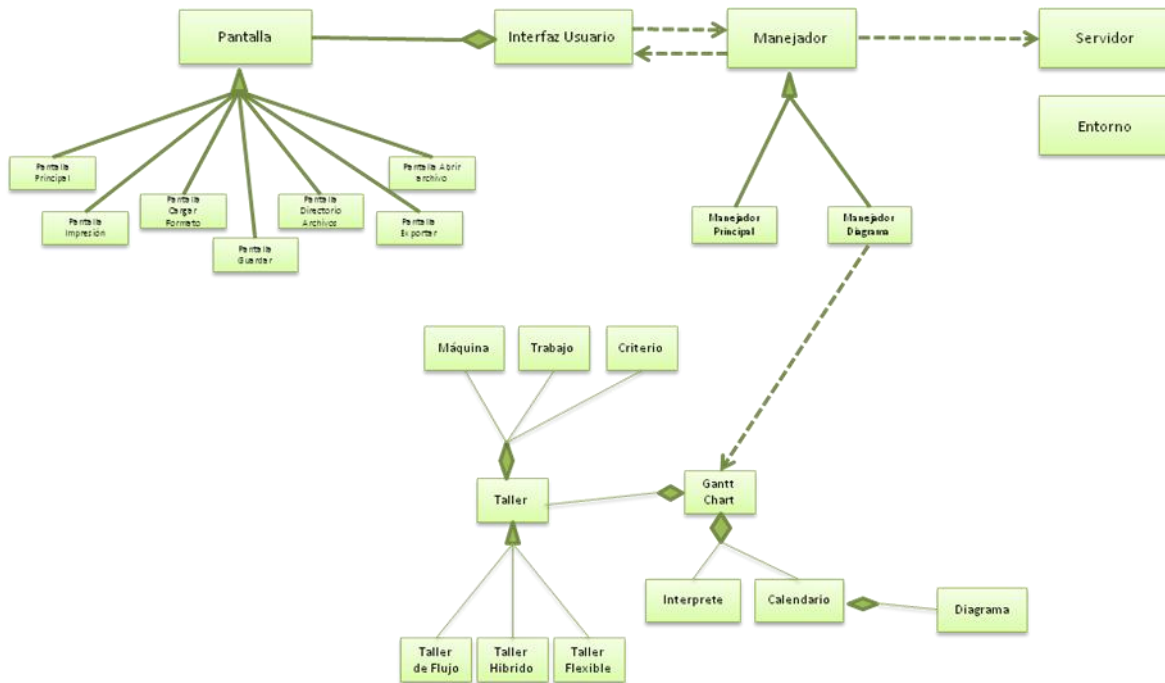


Figura 26. Diagrama de clases global de los subsistemas

Se utilizan diagramas de secuencia para corroborar la comunicación entre las clases e identificar responsabilidades en el intercambio de mensajes. En la Figura 27, se presenta el diagrama de secuencia en la solicitud de mostrar gráficamente los datos de un archivo de texto, correspondiente al flujo principal del caso de uso *Manipular Diagrama* ubicado en el Anexo B. Esta figura es mostrada debido a que refleja la funcionalidad principal del VGF, que es desplegar gráficamente los resultados de la planificación de talleres de flujo, el resto de los diagramas de secuencia de la etapa de diseño se encuentran en el Anexo D.

A continuación se comenta el proceso de comunicación mostrado en la figura 27:

1. El proceso inicia cuando el usuario solicita a la Interfaz del Usuario crear un “nuevo diagrama”.
2. La Interfaz Usuario notifica al Manejador Principal de la solicitud.
3. El Manejador observa que la acción corresponde a la pantalla principal y entonces le solicita a la interfaz que muestre la pantalla para cargar el archivo al usuario.

4. El usuario a través de la pantalla de cargar formato busca el archivo en su computadora y lo introduce en el sistema.
5. La Interfaz Usuario notifica al Manejador Principal que el archivo ha sido cargado.
6. El Manejador Principal observa la solicitud del usuario y asigna la responsabilidad de cargar el archivo al Manejador Diagrama.
7. Éste observa que se ha solicitado una acción gráfica y manda la información al componente *VGF* en su método desplegar diagrama.
8. El componente lee la información mediante el intérprete y almacena la información en las clases de tipo entidad.
9. Posteriormente la información en el sistema se utiliza para crear los gráficos mediante la clase Calendario que crea diagramas por cada etapa de un taller de flujo.
10. Al finalizar, el componente *VGF* regresa un objeto Calendario, y lo regresa al Manejador Diagrama.
11. Éste recibe el objeto y lo despliega a la interfaz usuario en la pantalla principal terminando el proceso de la carga de información a partir de un archivo de texto.

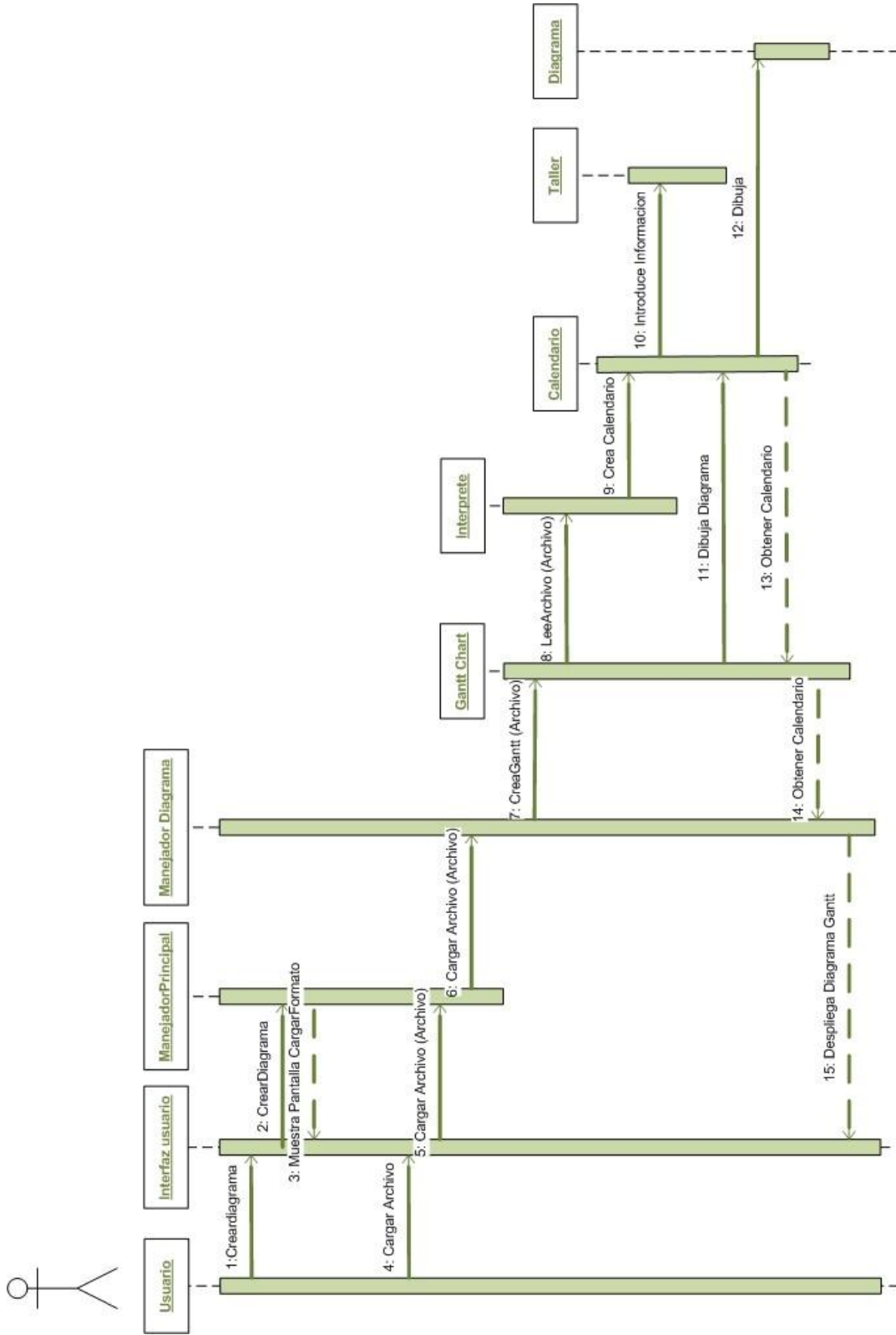


Figura 27. Diagrama de secuencia de la solicitud de un diagrama Gantt

Capítulo 3

DESARROLLO DEL VISUALIZADOR GRÁFICO FLEXIBLE

Este capítulo presenta el proceso de desarrollo del VGF, donde se diseña la interfaz final del usuario. Se describen las librerías de software utilizadas, el proceso de desarrollo para las técnicas de visualización implementadas, la comunicación entre las clases del componente VGF de principales funciones. Por último, se muestra la arquitectura final de las clases del componente VGF.

3.1 Interfaz gráfica del VGF

La interfaz del VGF es generada de acuerdo a las pantallas prototipo de la etapa de análisis y diseño e integrando técnicas de visualización y de interacción correspondientes a las tecnología de la visualización.

La pantalla se divide en cinco zonas (Figura 28):

- menús y accesos directos,
- diagrama de Gantt,
- árbol de taller,
- vista de Radar,
- propiedades de calendario.

La Zona de menús y accesos directos incorpora los menús de la aplicación con acciones básicas: abrir, guardar, imprimir, exportar un calendario graficado, así como los accesos directos para proporcionar mayor agilidad en el manejo del sistema.

El diagrama de árbol corresponde a una estructura jerárquica del taller, teniendo el taller como raíz, en segundo nivel se ubican las máquinas con los trabajos como hojas. Este diagrama está relacionado con los diagramas de Gantt, zona de radar y las propiedades del calendario, de la forma siguiente. Cuando el usuario selecciona un nodo del árbol, este se sombrea en el diagrama de Gantt y en diagrama de vista de radar. Además, se presentan los detalles de la

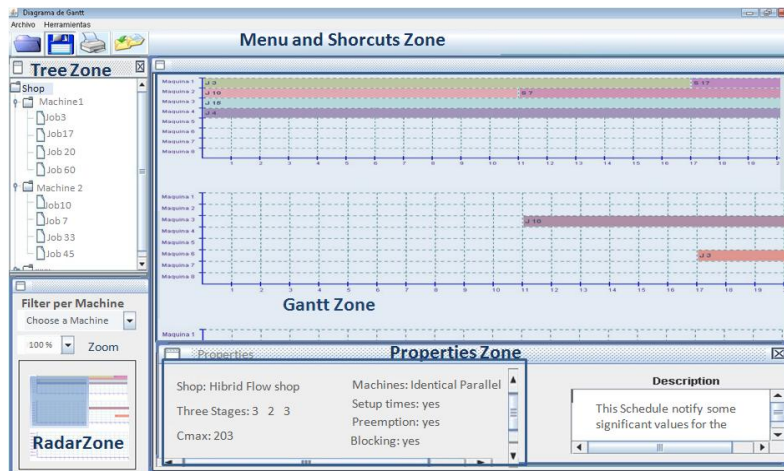
información del nodo seleccionado de acuerdo al contexto del elemento. Por ejemplo, si se selecciona la raíz del árbol, el diagrama de Gantt se resaltará, y las características del taller se muestran en la zona de propiedades: tipo de taller (taller de flujo simple, híbrido o flexible), característica de máquinas (máquinas paralelas, idénticas, uniformes o no relacionadas), etc. (Figura 28a). Si se especifica una máquina, entonces en la zona de propiedades se muestran las características de la máquina indicada como: números de trabajos asignados a procesar en esta máquina, tiempo de procesamiento de todos los trabajos, trabajos por etapa con sus respectivos tiempo de procesamiento (Figura 28b). En caso de seleccionar un trabajo específico, en las propiedades se muestran los instantes de su tiempo de inicio de ejecución en el taller, comienzo y fin del tiempo de configuración y el tiempo de procesamiento (Figura 28c).

En la zona de diagrama de Gantt se despliega el calendario con todas sus características definidas en el archivo de entrada del VGF: momentos de inicio y fin para cada trabajo y operaciones adyacentes con respecto a las máquinas. En este espacio se permite insertar anotaciones del analista sobre el calendario.

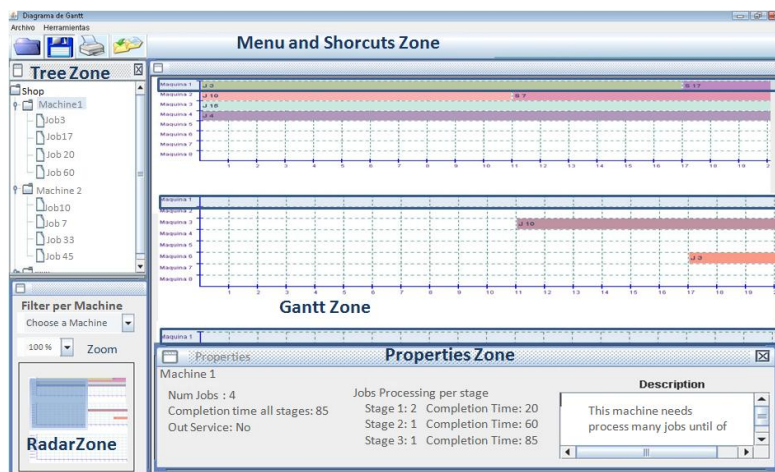
Zona de radar muestra el diagrama de Gantt completo, adaptado al tamaño de la zona, utilizando una escala reducida. Ofrece una perspectiva amplia del diagrama, y permite desplazarse a partes especificadas de la representación gráfica en la zona de Gantt.

En zona de propiedades de calendario se muestran algunas propiedades del calendario de acuerdo a nivel seleccionado en la zona de árbol de taller. También permite al analista anotar algunos comentarios.

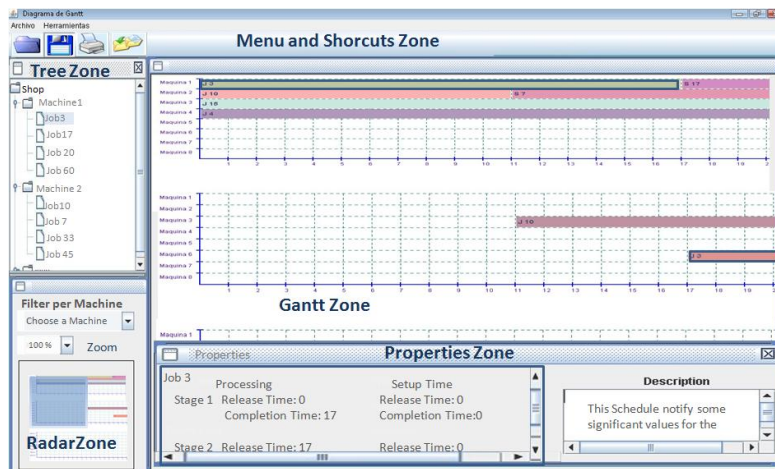
Todos los diagramas que aparecen en la interfaz del VGF están ligados entre sí para ofrecer panoramas diferentes de la misma información, como lo prescribe el uso de la visualización múltiple, y de tal manera proporcionar mayor detalle en el análisis de los datos [Ledesma, 2007] [Young, 1993].



a)



b)



c)

Figura 28. Interfaz del VGF: a) selección de la raíz del árbol; b) selección de la máquina; c) selección del trabajo

3.2 Librerías y herramientas utilizadas

En el desarrollo de VGF se consideran aspectos necesarios para la implantación de las tecnologías de visualización y técnicas de interacción. Se necesita un ambiente de desarrollo para realizar un producto con características gráficas en dos dimensiones y que sea portable. Se elige como herramienta de desarrollo el software Netbeans en su versión 5.5.1 utilizando java como lenguaje de programación, que como propiedad cumple con el requisito de producir software portable (**REQ 7**).

El lenguaje de programación Java posee un conjunto de clases para crear gráficos avanzados en dos dimensiones llamado *Java2D*. Esta extiende las capacidades de la librería Abstract Windowing Toolkit (AWT), puesto que proporciona funcionalidad para dibujar formas arbitrarias (rectángulos, círculos, polígonos, etc), texto e imágenes, ofreciendo una serie de herramientas para realizar efectos sobre las estructuras de los gráficos.

Se utiliza el toolkit de la librería Swing para crear la interfaz gráfico de usuario (GUI por sus siglas en ingles). Esta proporciona una serie de herramientas en tiempo de diseño que proporciona al programador componentes para la elaboración de pantallas de manera sencilla, liberándolo de la extenuante tarea de construcción de la interfaz a código limpio. De esta manera se agiliza la programación enfocándose a áreas vitales del proyecto.

Previo al desarrollo se revisó otra librería, Piccolo [HCIL, 2006], que ofrece herramientas de desarrollo 2D, técnicas de interacción como acercamiento y desplazamiento por los gráficos. La desventaja es que Piccolo no tiene soporte para componentes Swing. Debido a esto es necesario desarrollar los requerimientos de funcionalidad gráfica utilizando solamente el API de Java2D y la librería AWT.

3.3 Componente VGF

El componente VGF se encarga de realizar todos los procesos de graficación del sistema y de proveer los mecanismos para las herramientas de acercamiento, filtrado y exploración de los datos (**REQ 4**).

En esta sección se comenta el proceso de desarrollo de las herramientas que el sistema provee y la comunicación entre los elementos del componente para proveer la funcionalidad requerida.

Visualización múltiple y técnicas de interacción

La visualización múltiple consiste en entregar al usuario diferentes perspectivas de la información, las cuales están relacionadas y sincronizadas para representar cualquier cambio en todas las vistas desplegadas.

Las vistas implementadas en el componente VGF son: diagrama de Gantt, vista de radar, vista de árbol y vista de propiedades.

Diagrama de Gantt: La vista del diagrama de Gantt proporciona el resultado visual de los tiempos de procesamiento inicial y final de conjunto de trabajos que una máquina realiza sobre ellos. Se utiliza la librería AWT y Java 2D para crear un diagrama de Gantt en la pantalla del usuario.

El componente VGF proporciona un método que recibe la información del usuario y regresa un diagrama de Gantt para mostrarse en la interfaz del usuario (**REQ 1**) (Figura 29).

Línea 1: Método `getCalendario()` para obtener un objeto `Calendario`.

Línea 2: Objeto que recibe la información del archivo de entrada.

Línea 3: Se recibe un objeto `Calendario` con información escalar.

Línea 4: Se invoca al método `LoadCalendario` para obtener el diagrama de Gantt correspondiente.

Línea 5: Se envía el calendario para desplegarse en la Interfaz del usuario.

```
public Object getCalendario(String filex) {
    objdatosEntrada=new Informacion(filex);
    objcalendario=objdatosentrada.getCalendario();
    objcalendario.LoadCalendario();
    return calendario;
}
```

Figura 29. Obtener un diagrama de Gantt por medio del componente VGF

El proceso para obtener un diagrama de Gantt inicia cuando el Manejador Principal recibe la solicitud proveniente de la Interfaz Usuario. El Manejador Principal envía la solicitud al Manejador Diagrama. Éste invoca al método *getCalendario()* del componente VGF. El método recibe el archivo de entrada incorporado por el usuario. Posteriormente, se crea un objeto *objdatosEntrada* que almacena la información del usuario en clases de tipo entidad del sistema. El objeto *objdatosEntrada* crea un *Calendario* con toda la información escalar incorporada. Se crea un diagrama de Gantt por medio del método *LoadCalendario()* del objeto *Calendario*. Un objeto *Calendario* está compuesto de objetos de tipo *Diagrama*, cada uno representa una etapa del taller de flujo. La responsabilidad de un objeto *Diagrama* es transformar la información escalar en información vectorial, calculando los datos requeridos para representar un dibujo con la librerías AWT y Java2D. Por último el objeto *Calendario* utiliza sus objetos de tipo *Diagrama* para realizar la representación gráfica de un diagrama de Gantt sobre un *JPanel* en su método *paint()* (Figura 30). El diagrama de secuencia corresponde al caso de uso *Manipular Diagrama* subflujo 2.2.1 ubicado en el Anexo B.

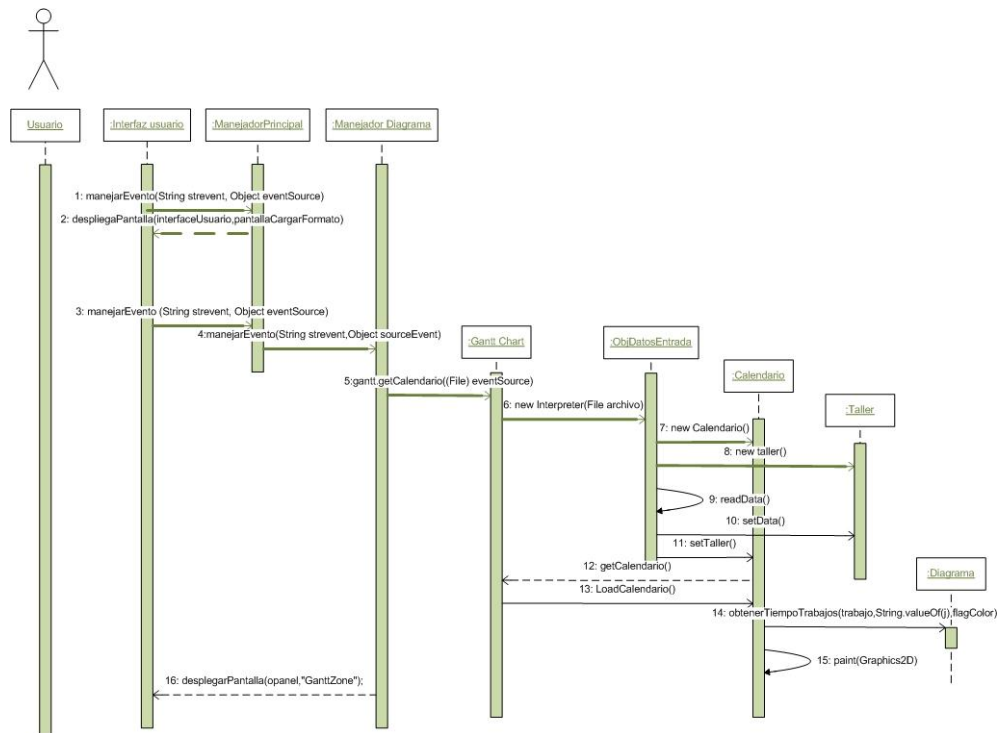


Figura 30. Diagrama de secuencia para obtener una vista de Gantt

Vista de radar: presenta una vista reducida del diagrama de Gantt proporcionando una perspectiva completa del taller de flujo y facilitando la exploración de zonas específicas en el calendario.

Las características de la vista de radar del VGF son:

- Afecta el acercamiento de la imagen original.
- Recorre zonas específicas a través del desplazamiento de una ventana de exploración incorporada.
- Muestra la ruta tecnológica de los trabajos.

El componente VGF mediante el método *getRadarView()* (Figura 31) regresa un diagrama a escala de la imagen de Gantt original para incorporarse en la interfaz del usuario. La escala es proporcional al área de vista de radar y área de Gantt de la interfaz de usuario, lo cual lo hace portable a otras interfaces de usuario.

La ventana de exploración de la vista de radar es creada por el método *setDimensionRadarwindow()* (Figura 31), éste método recibe actualizaciones de tamaño y locación del área de Gantt de la interfaz de usuario para reflejarlo en la vista de radar.

El proceso para reflejar el movimiento de la zona Gantt en la zona de radar comienza cuando el usuario carga el archivo de entrada al sistema o abre un diagrama guardado. Si el usuario recorre la zona de Gantt, la zona de radar refleja el movimiento mediante la ventana de exploración de la siguiente manera (Figura 32): El Manejador Principal detecta el movimiento en la zona de Gantt, este asigna la responsabilidad al Manejador Diagrama. Posteriormente este informa las coordenadas y dimensiones de la zona Gantt al componente VGF. El componente VGF mediante el método *setDimensionRadarwindow()* ubica la ventana de exploración en la zona radar, indicando de esta forma en que zona del calendario el usuario está situado.

Otra variante, es cuando la ventana de exploración de la zona de radar es desplazada o redimensionada, estas acciones son reflejadas en la zona Gantt.

```

public Object getRadarView(Dimension zonaRadar, Dimension zonaGantt){

    double windowX=this.getDimensionX(zonaRadar.getWidth(), zonaGantt.getWidth());
    double windowY=this.getDimensionY(zonaRadar.getHeight(), zonaGantt.getHeight());
    double escalaX=this.getScaleX(zonaRadar.getWidth(), zonaGantt.getWidth());
    double escalaY=this.getScaleY(zonaRadar.getHeight(), zonaGantt.getHeight());

    objradar=new Calendario();
    objradar.setEscala(escalaX,escalaY);
    objradar.LoadCalendario();
    objradar.setDimensionRadarwindow(0,0>windowX>windowY);
    objradar.setFlagRadar(true);
    return objradar;
}

```

Línea 1: Método `getRadarView()` para obtener un objeto Radar.

Línea 2,3,4,5: Se obtiene el tamaño del objeto radar y la ventana de exploración

Línea 6: Se crea un objeto Calendario llamado radar

Línea 7: Se aplica la escala calculada para el objeto calendario y desplegarlo en la interface de usuario en la zona radar

Línea 8: Se invoca al método LoadCalendario para obtener el diagrama de Gantt correspondiente al taller de flujo analizado.

Línea 9: Se asigna las dimensiones y posición de la ventana de exploración.

Línea 10: Se le indica al objeto de tipo calendario que es utilizado en la zona de radar.

Línea 11 Se envía el objeto para desplegarse en la zona de radar.

Figura 31. Obtener un diagrama de vista de Radar por medio del componente VGF

En el desplazamiento de la ventana de exploración (Figura 33), el Manejador Principal envía al Manejador Diagrama las coordenadas del movimiento realizado por el usuario. El Manejador Diagrama envía al componente VGF la nueva posición de la ventana de exploración para que lo refleje en el diagrama de radar. Por último, el Manejador Principal aplica el movimiento de manera proporcional en la zona de Gantt.

El redimensionamiento de la ventana de exploración de la zona de radar implica aplicar un acercamiento al gráfico de la zona Gantt de acuerdo al tamaño que el usuario aplique sobre la ventana. Por lo cual el diagrama de secuencia correspondiente se mostrará más adelante en la técnica de interacción de acercamiento.

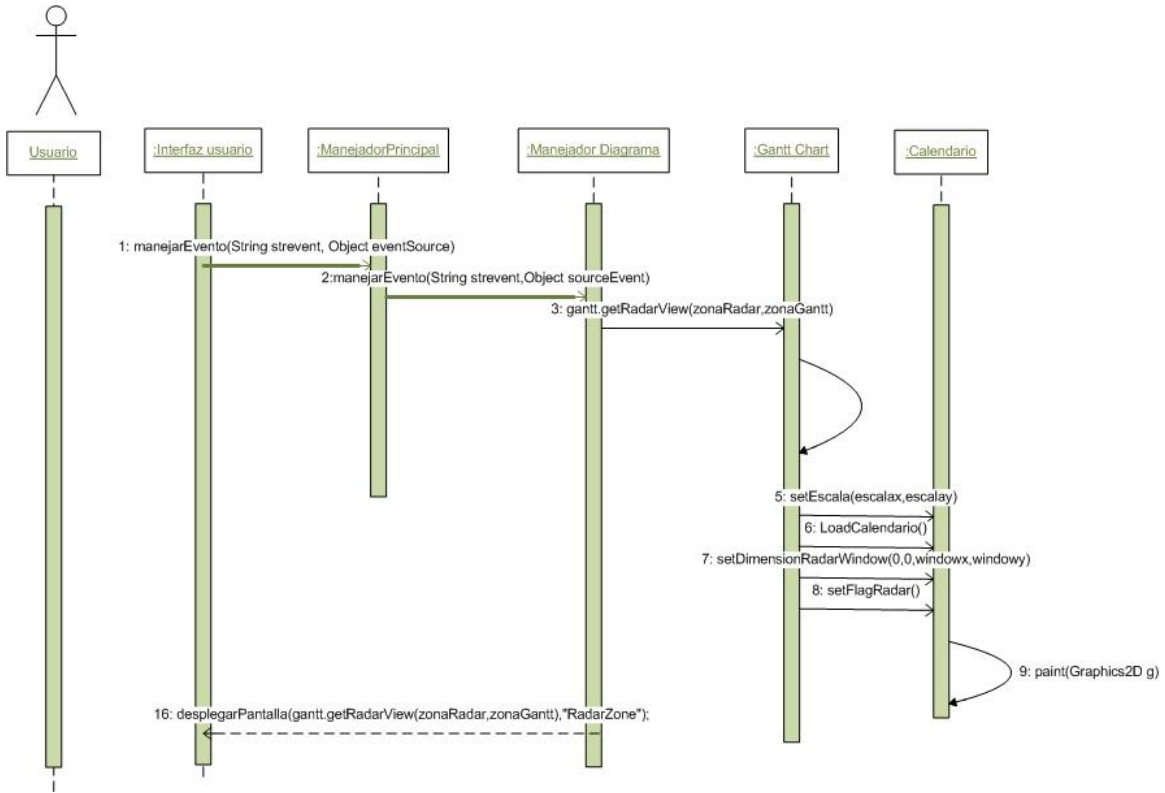


Figura 32. Vista de radar al explorar la zona Gantt de la interfaz de usuario

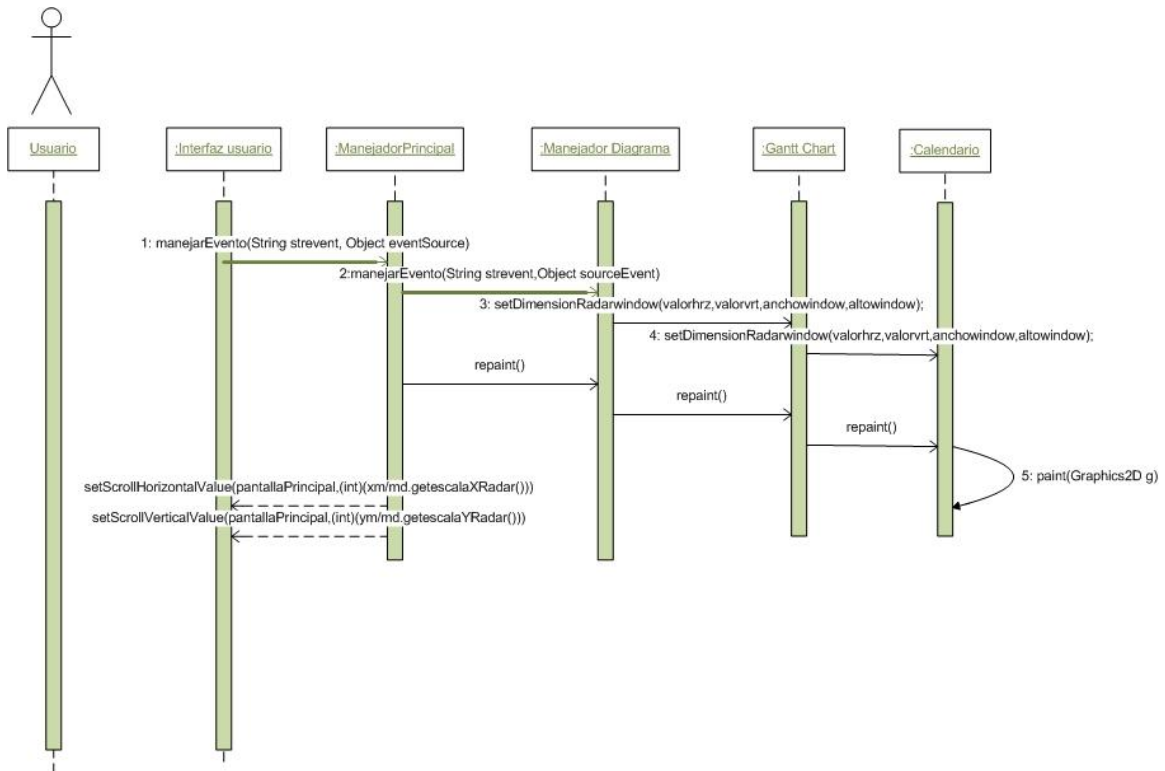


Figura 33. Vista de radar al desplazar la ventana de exploración

Vista de árbol: enlista los recursos de un taller de flujo (máquinas y trabajos) de acuerdo a un orden jerárquico: tipo de taller, etapa, máquina y trabajos procesados (Figura 34).



Figura 34. Orden jerárquico de la vista de árbol

Una vista de árbol permite dar al usuario una perspectiva de los recursos que contiene un modelo de taller de flujo y de qué manera están distribuidos para proporcionar la solución requerida. La vista de árbol está relacionada con la vista de diagrama de Gantt, la vista de radar y la vista de propiedades en las zonas correspondientes en la interfaz de usuario. En la Figura 35, muestra el diagrama de secuencia del proceso de señalar un nodo del árbol y cómo se involucran las demás vistas para proporcionar al usuario información valiosa. Comienza con la acción del usuario al señalar un nodo en particular. El Manejador Principal detecta la acción e identifica al elemento señalado. El Manejador Principal envía el identificador del elemento al Manejador Diagrama para que se encargue de notificar al componente VGF, mediante el método *applySelectionNode()*. Además el componente VGF realiza la consulta de las propiedades del recurso señalado mediante el método *getInfoProperties()* en las clases de tipo entidad.

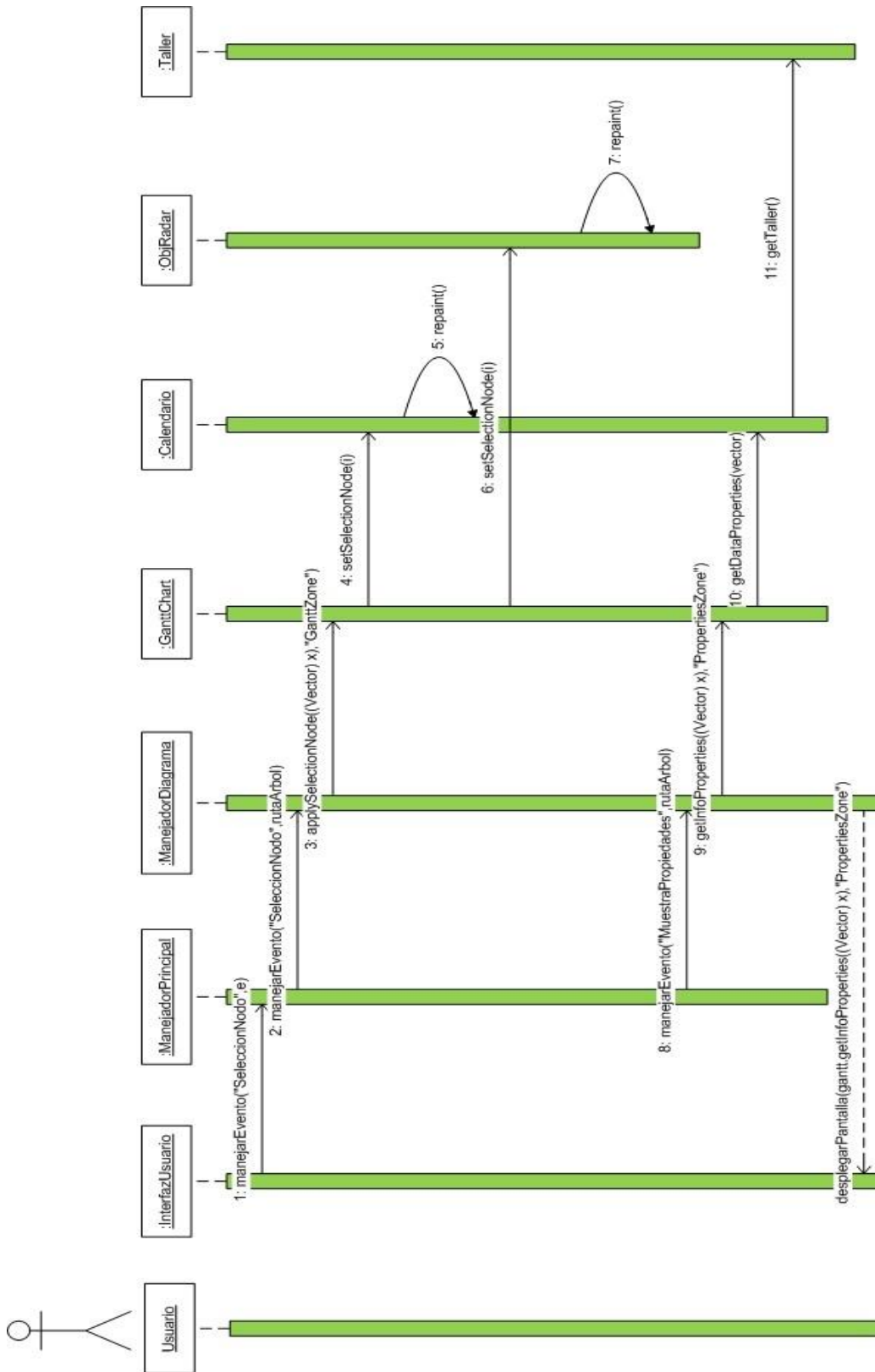


Figura 35. Diagrama de secuencia de selección de un nodo en la vista de árbol

Las técnicas de interacción proporcionan una herramienta para el usuario para poder explorar la información que se presenta, y de ésta manera tener un mejor entendimiento de la misma.

Las técnicas de interacción implementadas son: filtrado de la información y acercamiento.

Filtrado de la información: El objetivo de esta herramienta es mostrar al usuario los trabajos procesados en una etapa específica. El componente VGF proporciona esta funcionalidad a través del método `applyDiagramaFilter()`, en el cual recibe como argumento la etapa que se requiere analizar. El diagrama de secuencia se muestra en la Figura 36, el proceso comienza cuando el usuario notifica por medio de la interfaz de usuario la etapa que requiere analizar. El Manejador Principal detecta la solicitud y envía al Manejador Diagrama la petición. El Manejador Diagrama utiliza el método `applyDiagramaFilter()` del objeto calendario creado para ese taller de flujo. Por último el objeto calendario es actualizado para que aplique los cambios en la interfaz de usuario.

Acercamiento: Proporciona un manejo del tamaño (en reducción o aumento) de la visibilidad del diagrama de Gantt en la interfaz de usuario. El componente VGF mediante el método `applyZoom()` recibe la escala deseada por el usuario para que se aplique en el objeto Calendario correspondiente al taller de flujo investigado. La Figura 37, muestra el diagrama de secuencia resultante de la solicitud de aplicar acercamiento al diagrama de Gantt desplegado. Se inicia por la solicitud del usuario de aplicar un porcentaje de redimensionamiento al diagrama de la zona Gantt. El Manejador Principal detecta la solicitud y envía el porcentaje al Manejador Diagrama. El Manejador Diagrama es el responsable de notificar al componente VGF del tamaño solicitado. El componente VGF asigna el valor de la escala al calendario referente al modelo de taller de flujo. Por último actualiza la interfaz del usuario para aplicar el acercamiento al diagrama de Gantt.

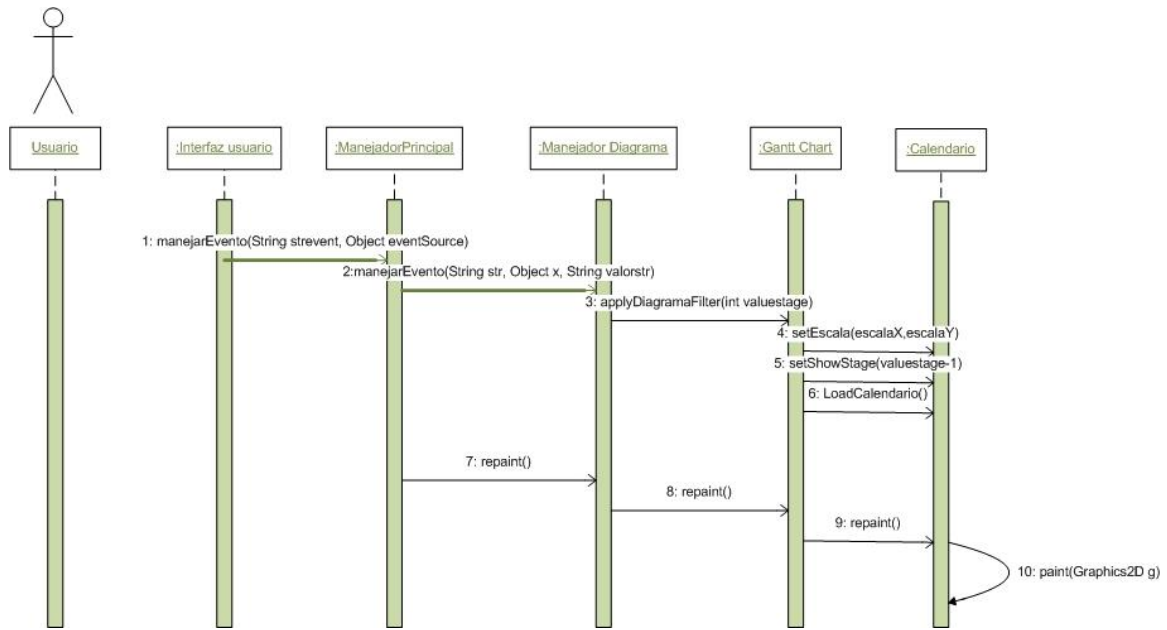


Figura 36. Diagrama de secuencia al aplicar el filtrado en un diagrama de Gantt

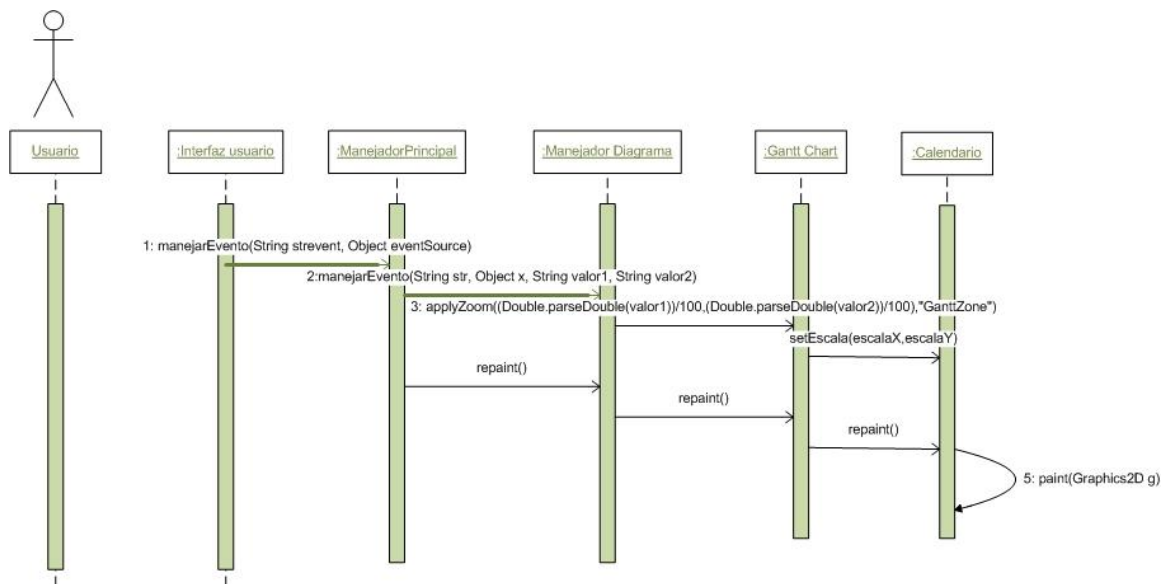


Figura 37. Diagrama de secuencia al aplicar acercamiento en el diagrama de Gantt

La arquitectura de clases final del componente VGF se presenta en la Figura 38.

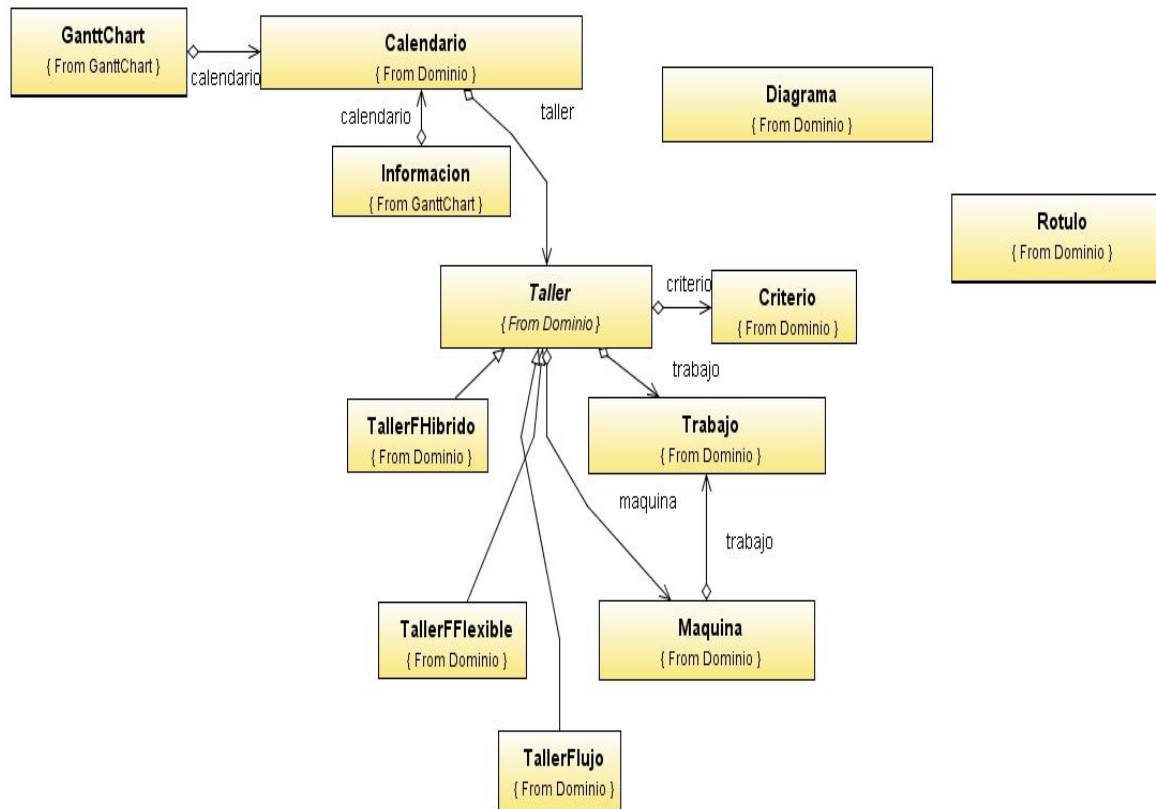


Figura 38. Diagrama de Clases del componente VGF

En el Anexo E se muestra el diagrama de clases completo del VGF.

A continuación se describe el módulo de referencias integrado en la arquitectura del sistema integral PLARETF, visto en la figura 3 del capítulo 1.

3.4 Módulo de referencias de PLARETF

El avance tecnológico exige que el manejo y la organización de la información digital tengan que adecuarse a nuevas necesidades de consulta. Esto ha originado a la creación de tecnología de software cuyas características varían y se adecuen a aspectos (económicos, infraestructura, etc.) de la problemática de un área en específico. Por estas razones se desarrolló un módulo para facilitar el proceso de investigación proporcionando la organización de información de manera fácil y oportuna en un contexto de la planificación de la producción.

El acceso a la información es una necesidad vital para cumplir con las actividades de investigación para diversos casos de estudio, por lo tanto, es importante apoyarse de teoría que sea de fácil acceso y confiable. En muchas ocasiones los investigadores complementan notas y literatura adicional que enriquecen sus casos de estudio, permitiendo tener una visión más amplia para futuras referencias.

Actualmente, con el avance tecnológico, la información de diversas áreas se maneja en un formato digital (pdf, doc, html, etc). Consultar algún tema en específico es una tarea difícil, debido a la cantidad de archivos digitales y a la falta de orden de estos. Además de obtener la información se requieren técnicas que ayuden a la organización y localización de los documentos necesarios.

Ante esta problemática, se presenta el módulo de referencias del PLARETF, la cual permite organizar y compartir los recursos de información que complementan los temas de estudio, apoyando al investigador en diversas tareas.

Modulo de referencias como herramienta en la investigación

Analizando el problema de la organización de información digital se identificó que estaba distribuida en diferentes equipos de cómputo, lo que dificultaba la búsqueda y el acceso. Muchos archivos educativos se duplican, tienen versiones

diferentes, etc. Estas circunstancias ocasionan pérdidas organizacionales y económicas por adquirir documentos ya existentes, involucran mucho tiempo en la localización de información y desgaste humano por manipular una gran variedad de archivos.

Por estas razones se planteó la posibilidad de obtener o desarrollar una herramienta para facilitar el proceso de investigación proporcionando la organización de información de manera fácil y oportuna. Además se requiere que la herramienta esté vinculada con el sistema PLARETF y sus módulos para proporcionar los servicios de referencias de archivos.

Actualmente el módulo de referencias del PLARETF está implementado para necesidades del área de cómputo científico del Instituto de Ingeniería de la UABC. Provee de libros, artículos de investigación, prácticas de laboratorio, y notas de investigadores, permitiendo a los investigadores y alumnos de postgrado localizar información específica para sus actividades académicas.

Estructura y organización lógica de recursos

El módulo de Referencias contiene dos módulos, uno de los cuales realiza funciones de consulta y otro de administración de los recursos. El módulo de administración de los recursos es liberado únicamente para investigadores con la finalidad de preservar la calidad y tener un control en la incorporación de la información.

La organización de los documentos en la Biblioteca Virtual Especializada está dada por el tipo de archivo digital (libro, artículo, tesis, presentación u otro tipo de archivo), Editorial y el recurso (Figura 39). Por medio de esta organización es posible realizar consultas para lograr acceder a un recurso específico (Tabla VI).

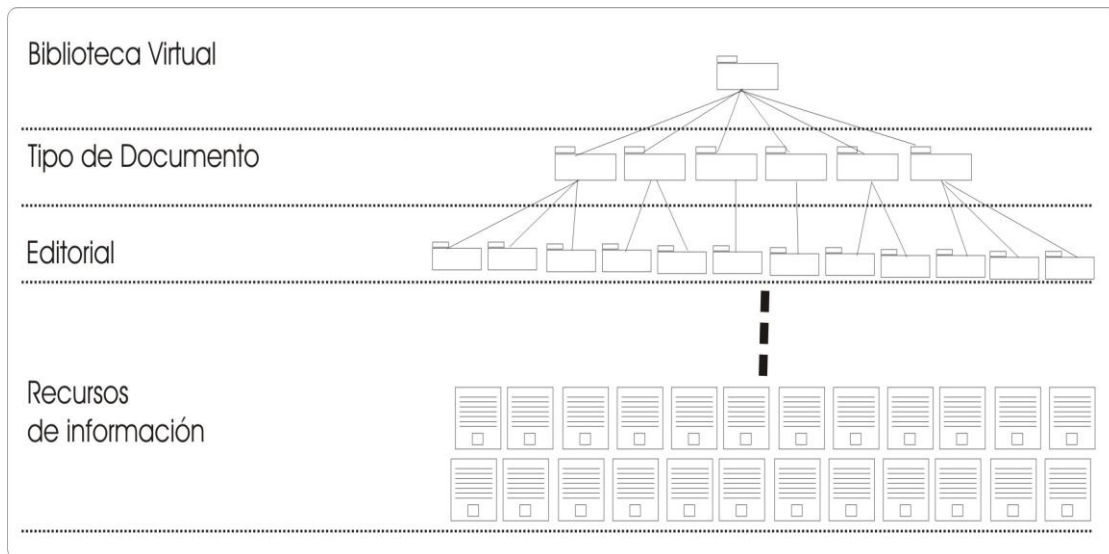


Figura 39. Estructura lógica para la organización de los recursos

Al realizar una consulta se devuelve un conjunto de recursos. Se muestra su respectiva ficha bibliográfica con información de sus atributos (Figura 40), la cual proporciona una referencia acerca del contenido y un enlace para acceder al archivo. Se permite guardar una copia en disco local.



Figura 40. Ficha bibliográfica con los atributos del recurso de información

El módulo de Administración presenta una interfaz que muestra la información de los atributos de cada recurso y permite modificar o dar de alta a nuevos recursos para ser divulgados.

Tabla VI. Resultado de consulta de acuerdo a las combinaciones de las opciones de búsqueda en la Biblioteca Virtual especializada

Especificar Documento (Libro, Notas, etc).	tipo de (Libro, o proyecto	Especificar asignatura o proyecto	Especificar Texto (palabras claves) para encontrar coincidencias en el campo de búsqueda	Habilitar casillas de verificación para determinar un criterio de consulta (Autor, año, editorial, Idioma)	Recursos Devueltos por la combinación de opciones de búsqueda.
Todos		Todos	Vació	Sin habilitar	Muestra todos los recursos existentes.
Todos		Todos	Con Texto	Sin habilitar	Devuelve un conjunto de recursos, cuyo titulo de documento coincide con el texto expresado en el campo de búsqueda
Todos		Todos	Con Texto	Habilitar	Devuelve un conjunto de recursos con características que coincidan con el criterio de búsqueda en el texto ingresado
Todos		Valor Especificado	Vació	Sin habilitar	Devuelve todos los recursos de una asignatura o proyecto en específico.
Todos		Valor Especificado	Con Texto	Sin habilitar	Devuelve el recurso, cuyo titulo de documento coincide con el texto ingresado en el campo de búsqueda de una materia o proyecto en específico.
Todos		Valor Especificado	Con Texto	Habilitar	Devuelve un conjunto de recursos de una materia o proyecto en específico con criterios de búsqueda que coincidan con el texto ingresado.
Valor Especificado		Valor Especificado	Vació	Sin habilitar	Devuelve todos los recursos de un solo tipo correspondientes a una asignatura.
Valor Especificado		Valor Especificado	Con Texto	Sin habilitar	Devuelve recursos de un solo tipo correspondientes a una asignatura y que el titulo del documento coincide con el texto ingresado

Especificar tipo de Documento (Libro, Notas, etc).	Especificar asignatura o proyecto	Especificar Texto (palabras claves) para encontrar coincidencias en el campo de búsqueda	Habilitar casillas de verificación para determinar un criterio de consulta (Autor, año, editorial, Idioma)	Recursos Devueltos por la combinación de opciones de búsqueda.
				en el campo de búsqueda.
Valor Especificado	Valor Especificado	Con Texto	Habilitar	Devuelve recursos de un solo tipo correspondientes a una asignatura y cuyos criterios de búsqueda coincidan con el texto ingresado en el campo de búsqueda.
Valor Especificado	Todos	Vació	Sin habilitar	Devuelve todos los recursos de un solo tipo para todas las asignaturas o proyectos.
Valor Especificado	Todos	Con Texto	Sin habilitar	Devuelve recursos de un solo tipo, cuyo título de documento coincida con el texto ingresado.
Valor Especificado	Todos	Con Texto	Habilitar	Devuelve recursos cuyo criterios de búsqueda coincidan con el expresado en el campo de búsqueda

Capítulo 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Plan de Pruebas

El objetivo de las pruebas es encontrar el mayor número posible de errores con una cantidad razonable de esfuerzo, aplicado sobre un lapso realista [Pressman, 2001]. Para asegurar la confiabilidad, estabilidad y utilidad del sistema se sigue el siguiente plan de pruebas para el VGF (Figura 41).



Figura 41. Plan de Pruebas del VGF

1. Pruebas de unidad: En el software orientado a objetos la menor unidad a considerar para realizar una prueba es la clase. Para [Pressman, 1998], la prueba de clases en el ámbito de software OO es equivalente a la prueba de unidad realizada al software tradicional. Esta prueba está fundamentalmente dirigida a las operaciones encapsuladas por la clase, así como al estado y comportamiento del objeto que se implementa en ella. Como se explica en [Bashir, 1999], el énfasis de la prueba de unidad es verificar que esta pequeña

unidad trabaje correctamente en forma aislada, antes de proceder a integrarla en el sistema.

2. Pruebas de integración: Consiste en evaluar la comunicación entre las clases. Para esto se utilizan escenarios de uso, se solicita el proceso de una función del sistema donde involucra la comunicación entre un conjunto de clases.
3. Pruebas de sistema (validación): Se aplican técnicas de caja negra. La validación se centra en las entradas y salidas del sistema hacia al usuario.
4. Pruebas de usabilidad: Se enfoca en la percepción que tiene el usuario al usar el sistema y su grado de disponibilidad en utilizarlo [Shen et al. 2000] [Malhotra, 1999]. Esta prueba está basado en el modelo de aceptación de la tecnología (TAM, por sus siglas en ingles). Se aplican encuestas o entrevistas para lograr medir la percepción de facilidad de uso, la percepción de utilidad, actitud hacia el uso, intenciones de conducta y el uso actual del sistema (ver Figura 42).

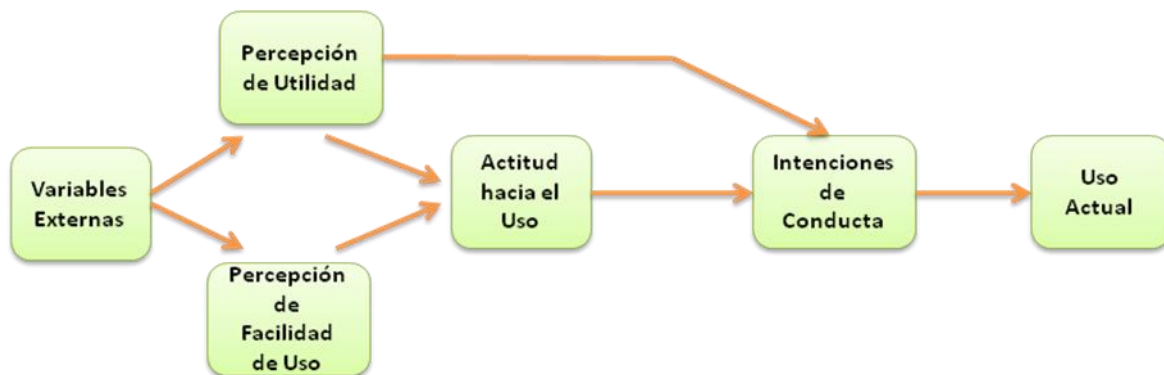


Figura 42. Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM)

Conforme se detectan defectos en cada una de las etapas, es necesario corregirlos, lo que hace que este proceso se vuelva iterativo, es decir, se pueden repetir las pruebas dentro de una misma etapa y regresar a etapas anteriores en caso que así se requiera. En este capítulo se presenta las evaluaciones de usabilidad, sistema e integración aplicadas al VGF. Posteriormente, se presentan los resultados de las pruebas realizadas.

4.2 Evaluaciones

Las evaluaciones del sistema se clasifican de la siguiente manera:

- Pruebas de unidad e integración, se evalúan por los casos de uso requeridos en la especificación de requisitos. Se utilizan pruebas de integridad y de unidad a las clases identificadas en funciones principales del sistema.
- Pruebas de usabilidad y de sistema, se evalúan mediante la aplicación de una encuesta. Se realizan preguntas al usuario para descubrir aspectos funcionales y de usabilidad que perciben del sistema.

La encuesta aplicada en las pruebas de usabilidad y sistema se muestra en el Anexo F.

Pruebas de unidad e integración

En la primera etapa de pruebas del sistema (prueba de caja negra), se identificaron aspectos sobre las funciones del sistema o nuevos requerimientos por parte de los usuarios. Estas observaciones significaron una guía en la elaboración de pruebas de integración y unidad. Para las pruebas de integración, se establecen los siguientes escenarios de prueba:

- **Prb 1:** Mostrar un gráfico de Gantt a partir de un archivo de texto.
- **Prb 2:** Operaciones sobre un gráfico mostrado (imprimir, abrir, guardar, exportar).
- **Prb 3:** Filtrado de los datos en un diagrama de Gantt.
- **Prb 4:** Aplicación de acercamiento sobre un diagrama de Gantt.
- **Prb 5:** Elementos mostrados en el diagrama de árbol.
- **Prb 6:** Propiedades mostradas de acuerdo al nodo seleccionado en el árbol.
- **Prb 7:** Guardado de observaciones del usuario en la zona de propiedades.
- **Prb 8:** Impresión de diagramas de Gantt.

Además, se hace uso de la métrica orientada a la función para determinar el factor de impacto de los valores del ámbito de la información del VGF [Pressman, 1998], en el cual se establece un valor escalar a cada una de las funciones requeridas del sistema (ver Tabla VII).

Tabla VII. Características del ámbito de la información del VGF

Característica	Factor de peso de las características del ámbito	Cuenta Total
Entradas		
1.Cargar Archivo	6	
2.Abrir Archivo	6	
Suma parcial	12	12
Salidas		
1.Diagrama de Gantt	7	
2.Vista de radar	7	
3.Pantalla imprimir	7	
4.Pantalla principal	7	
5.Pantalla error	7	
6.Pantalla guardar	7	
7.Pantalla exportar	7	
8.Pantalla abrir	7	
9.Pantalla cargar archivo	7	
Suma parcial	63	63
Peticiones al usuario		
1.Acercamiento	6	
2.Filtrado	6	
3.Exploración	6	
Suma parcial	18	18

Característica	Factor de peso de las características del ámbito	Cuenta Total
Archivos		
1.Archivo de entrada	15	
Suma parcial	15	15
TOTAL		108

En la tabla anterior, el valor del factor de peso es determinada de manera subjetiva de acuerdo a la escala mostrada en [Pressman, 1998]. Posteriormente, la métrica orientada a la función establece determinar los puntos de función (**PF**) mediante el siguiente cálculo:

$$\mathbf{PF} = \text{cuenta-total} * (.65 + .01 * \sum(F_i))$$

Donde F_i , está determinada por la sumatoria de los ajustes de complejidad basado en las respuestas de las preguntas en [Arthur, 1985]. Por lo tanto, se genera el siguiente resultado en los puntos de función.

$$\mathbf{PF} = 108 * (.65 + .01 * 53)$$

$$\mathbf{PF} = 127.44$$

Cuando se determina el valor de PF, se procede a calcular la calidad del VGF de acuerdo a los errores encontrados en la etapa de evaluación [Pressman, 1998].

$$\mathbf{Factor\ de\ Impacto} = \text{Numero de errores} / \mathbf{PF}$$

Pruebas de usabilidad y de sistema

La evaluación se divide en dos etapas, la primera etapa se aplicó en el período del 10 al 14 de Noviembre del 2008 al grupo de planificación de la producción del Instituto de Ingeniería de la UABC. El grupo está formado de 7 personas

especialistas en el área de la planificación de la producción. Esta evaluación consiste en pruebas de sistema. En el cual se solicita al usuario que revise los requerimientos funcionales (**REQ 1 al REQ 2.14**) y además se realicen observaciones acerca del funcionamiento del mismo.

La segunda etapa de las pruebas se realizó en el período del 11 al 15 de Diciembre del 2008 aplicado al grupo de planificación de la producción del Instituto de Ingeniería de la UABC. Con el objetivo de medir el grado de usabilidad del sistema y la percepción del grupo de usuarios, sobre las funciones proporcionadas en la visualización de resultados de los talleres de flujo.

Cada una de las preguntas de la encuesta utiliza escalas validadas y confirmadas en [Davis et al., 1989][Davis, 1989], aplicada a los usuarios planificadores de la producción clasificadas de acuerdo a las fases del TAM.

Se utilizan 7 escalas para medir la Percepción de facilidad de uso, la percepción de utilidad y las Intenciones de conducta con las siguientes clasificaciones:

Muy de Acuerdo	De acuerdo	Desacuerdo	Muy en desacuerdo			
7	6	5	4	3	2	1

Para medir el uso actual se realizan preguntas con respecto a la frecuencia de uso del sistema clasificado en 7 grados. Para medir el grado de actitud hacia el uso, se utilizan cuatro preguntas con 7 escalas de clasificación sobre la influencia del sistema en el trabajo del usuario. Además, cada pregunta contiene un campo de observaciones con la finalidad de obtener más información acerca de la calificación otorgada por el usuario. En la Tabla VIII se muestran los objetivos de las preguntas aplicadas en la encuesta. Las preguntas están clasificadas para obtener información en dos sentidos:

- Usabilidad y aceptación del sistema de acuerdo al TAM (preguntas 1, 2, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15).
- Errores u observaciones en el uso del sistema (preguntas 3, 7, 9).

Tabla VIII. Preguntas aplicadas en la encuesta

	Pregunta	Objetivo	Clasificación de acuerdo al TAM
1.	¿Utilizas otro sistema que te ayude en la visualización de la planificación de la producción?	Indagar sobre las características que poseen otras herramientas de planificación y que el usuario utiliza para comparar las funcionalidad y usabilidad del VGF	Percepción de utilidad e intención de conducta
2.	¿Generar el formato de entrada fue sencillo?	Obtener la opinión de los usuarios acerca de la creación del formato de entrada del VGF, y que observaciones identifican.	Percepción de facilidad de uso
3.	¿Los elementos incorporados en el formato de entrada, son mostrados en el visualizador?	Detectar errores o sugerencias en la incorporación de la información del archivo de texto en el sistema	No aplica
4.	¿Los accesos directos y menús son los idóneos para el uso de funciones específicas del sistema?	Identificar si los accesos rápidos de las funciones que ofrece el sistema son suficientes.	Percepción de utilidad
5.	¿Los diagramas presentados facilitan la interpretación de la calidad del resultado del algoritmo?	Obtener información acerca de los elementos mostrados en las vistas del sistema	Percepción de utilidad e intención de conducta
6.	¿Las herramientas de exploración proporcionadas son suficientes para la exploración de los datos?	Indagar sobre las necesidades en la profundización de los datos mostrados por las vistas. Conocer sobre técnicas de interacción solicitadas.	Percepción de utilidad e intención de conducta
7.	¿Se tuvo algún problema al utilizar el sistema?	Pruebas de caja negra en las funciones del VGF. Conocer errores en el uso.	No aplica
8.	¿Los colores mostrados son los adecuados para la interpretación de los resultados?	Identificar aspectos sobre la aceptación en la presentación de los gráficos mostrados en las vistas del sistema.	Percepción de facilidad de uso
9.	¿En qué sistema operativo se realizaron las pruebas?	Pruebas de caja negra. Conocer errores en diferentes plataformas	No aplica
10.	¿El sistema proporcionó una mayor profundización en la comprensión de los resultados generados?	Identificar si las herramientas y vistas proporcionadas cubren con las necesidades del usuario.	Percepción de utilidad e intención de conducta
11.	¿El sistema cumple con los	Indagar si las expectativas del usuario	Percepción de utilidad

	Pregunta	Objetivo	Clasificación de acuerdo al TAM
	requisitos solicitados?	son cubiertas.	
12	¿Utilizar el sistema es fácil?	Conocer la percepción del usuario acerca del uso del sistema.	Percepción de facilidad de uso
13	¿Cuántas veces cree utilizar el VGF durante el mes?	Identificar el uso que el usuario tiene del software.	Uso Actual
14	¿Con qué frecuencia cree utilizar el VGF?	Indagar sobre la preferencia del usuario del uso del software en su trabajo	Uso Actual
15	El utilizar el VGF en mi trabajo de planificación de la producción es_____idea.	Detectar la percepción del usuario que tiene del sistema	Actitud hacia el uso

4.3 Resultados de Pruebas

En esta sección se presentan los resultados de las evaluaciones realizadas al VGF. Los datos corresponden a las pruebas de usabilidad y sistema, y pruebas de unidad e integración.

Pruebas de usabilidad y sistema

En la Tabla IX Se muestran los resultados correspondientes a las encuestas aplicadas al grupo de usuarios de planificadores de la producción.

Tabla IX. Análisis de las respuestas recibidas por el grupo de usuarios

Preguntas	Muy de Acuerdo		De acuerdo		Desacuerdo		Muy en desacuerdo
	7	6	5	4	3	2	1
1. ¿Utilizas otro sistema que te ayude en la visualización de la planificación de la producción incorporando un archivo de texto con un modelo de taller de flujo?	80 %						20%
2. ¿Generar el formato de entrada fue sencillo?	40%		40%				20%
3. ¿Los elementos incorporados en el formato de entrada, son mostrados en el visualizador?	100%						

4. ¿Los accesos directos y menús son los idóneos para el uso de funciones específicas del sistema?	40%	60%					
5. ¿Los diagramas presentados facilitan la interpretación de la calidad del resultado del algoritmo?	40%	60%					
6. ¿Las herramientas de exploración proporcionadas son suficientes para la exploración de los datos?	80%	20%					
7. ¿Se tuvo algún problema al utilizar el sistema?	20%		40%				40%
8. ¿Los colores mostrados son los adecuados para la interpretación de los resultados?	100%						
9. ¿En qué sistema operativo se realizaron las pruebas?	Windows XP, Vista, Solaris, Fedora						
10. ¿El sistema proporcionó una mayor profundización en la comprensión de los resultados generados?	100%						
11. ¿El sistema cumple con los requisitos solicitados?	100%						
12. ¿Utilizar el sistema es fácil?	100%						
Preguntas	No del todo	Menos que	sobre	Dos o tres	muchas	sobre	muchas
	Una vez a la semana		Veces a la semana		Una vez al día	veces cada día	
	7	6	5	4	3	2	1
13. ¿Cuántas veces cree utilizar el VGF durante el mes?			60%	40%			
14. ¿Con qué frecuencia cree utilizar el VGF?			60%	40%			
15. El utilizar el VGF en mi trabajo de planificación de la producción es _____ idea.							
	Extremada mente	Totalmente	Ligeramente	Nada	Ligeramente	Totalmente	Extremada mente
	7	6	5	4	3	2	1
Sabio	40	60%					Insensato
Negativo						100%	Positivo
Dañino							100%
Bueno	100%						Malo

Conclusiones de la evaluación

En la Tabla X se interpretan los resultados de la evaluación. Se analizaron los comentarios incluidos por los usuarios en cada pregunta en el campo de observación.

Tabla X. Interpretación de los resultados de la encuesta

Preguntas	Mayoría de respuestas	Minoría de respuestas	Conclusiones
1. ¿Utilizas otro sistema que te ayude en la visualización de la planificación de la producción incorporando un archivo de texto con un modelo de taller de flujo?	Escala 7 80 %	Escala 1 20%	Los usuarios utilizan otro software para la planificación (Excel) para realizar el proceso de planificación de la producción, el proceso es manual (cálculos) al igual que la interpretación. Otros usuarios realizan el procedimiento de graficación de manera manual
2. ¿Generar el formato de entrada fue sencillo?	Escala 7 40%	Escala 1 20%	Generar el formato para sistemas que no poseen el mismo formato es complejo. Es necesario modificar sistemas legados para utilizar el VGF. La razón del formato es para admitir diversos modelos de talleres de flujo.
3. ¿Los elementos incorporados en el formato de entrada, son mostrados en el visualizador?	Escala 7 100%	ninguna	Todos los elementos incorporados en el formato son mostrados en el VGF.
4. ¿Los accesos directos y menús son los idóneos para el uso de funciones específicas del sistema?	Escala 6 60%	Escala 7 40%	Existen observaciones en la falta de accesos directos para las pantallas internas que contienen las vistas del VGF (radar, árbol, propiedades). Son

Preguntas	Mayoría de respuestas	Minoría de respuestas	Conclusiones
			necesarias porque si se requiere observar la imagen de Gantt de modo extendido. Al cerrar las pantallas no es posible volver abrirlas, al menos de que se reinicie el programa.
5. ¿Los diagramas presentados facilitan la interpretación de la calidad del resultado del algoritmo?	Escala 6 40%	Escala 7 60%	En general si se percibe la calidad de los resultados, como observaciones está el colocar una descripción de las notaciones mostradas en el diagrama de Gantt.
6. ¿Las herramientas de exploración proporcionadas son suficientes para la exploración de los datos?	Escala 7 80%	Escala 6 20%	Los usuarios detectan que las herramientas de exploración son las suficientes, solamente señalan aspectos menores como el tamaño de letra, posición y características de las pantallas que las contienen.
7. ¿Se tuvo algún problema al utilizar el sistema?	Escala 7 40%	Escala 1 20%	Los usuarios detectaron problemas en la usabilidad del sistema debido a que los nombres de los menús y accesos directos no proporcionaban una acción o función obvia.
8. ¿Los colores mostrados son los adecuados para la interpretación de los resultados?	Escala 7 100%	ninguno	Se acepta el diseño propuesto para mostrar los resultados de la planificación de la producción
9. ¿En qué sistema operativo se realizaron las pruebas?	Windows XP, Vista, Solaris, Fedora		Se notaron problemas con componentes AWT en solaris y fedora.

Preguntas	Mayoría de respuestas	Minoría de respuestas	Conclusiones
10. ¿El sistema proporcionó una mayor profundización en la comprensión de los resultados generados?	Escala 7 100%	ninguno	Los usuarios interpretaron de mejor manera los resultados provistos por los algoritmos de planificación de la producción.
11. ¿El sistema cumple con los requisitos solicitados?	Escala 7 100%	ninguno	Los usuarios perciben que el VGF proporciona los servicios necesarios para cumplir sus expectativas de visualización de sus resultados
12. ¿Utilizar el sistema es fácil?	Escala 7 100%	ninguno	La perspectiva del usuario hacia el sistema es que es fácil de usar.
13. ¿Cuántas veces cree utilizar el VGF durante el mes?	Escala 5 60 %	Escala 4 40 %	El VGF es utilizado cada vez que se requiera realizar un proceso de planeación
14. ¿Con qué frecuencia cree utilizar el VGF?	Escala 5 60%	Escala 4 40%	Las respuestas obtenidas indican que por lo menos dos o tres veces a la semana, debido a que se requiere realizar ajustes de la planeación mensual
15. El utilizar el VGF en mi trabajo de planificación de la producción es _____ idea.			
1	Escala 6 60%	Escala 7 40%	El VGF es concebido como
2	Escala 2 100%	ninguno	una herramienta útil en la
3	Escala 1 100%	ninguno	planificación de la producción
4	Escala 7 100%	ninguno	

De acuerdo al análisis de las respuestas obtenidas, se concluye que el usuario percibe al sistema como una herramienta útil en la visualización de resultados de la planificación de la producción. Esta deducción es realizada en base a los siguientes resultados:

Pruebas de sistema. Los errores de esta evaluación son mínimos. No afectan las funciones principales del sistema, por lo que ofrece el servicio solicitado por el usuario. Las observaciones resultantes fueron:

- La cantidad de acercamiento reportado en la casilla de manipulación de la herramienta, es erróneo, esto sucede al aplicar el redimensionamiento utilizando la ventana de exploración del área de radar.
- El uso del sistema en sistemas como Solaris y Fedora ocasiona problemas en la muestra de los menús del sistema. Esto es originado porque se desarrollaron con la librería AWT.

Pruebas de usabilidad. La finalidad de estas pruebas es buscar el grado de aceptación que tiene el usuario hacia el software. Se identificaron las siguientes observaciones:

- Diseño y distribución de las pantallas secundarias, por ejemplo, que sean minimizables, con la finalidad de obtener un espacio mayor para apreciar el diagrama de Gantt.
- Los nombres asignados en menús y accesos directos no expresan por si solos su funcionalidad o el tipo de archivos que interpretan, Es necesario una explicación previa sobre el uso del sistema.
- El grado de aceptación del formato de entrada es bajo (40% de aceptación satisfactoria), debido a que requiere que cada sistema legado posea un módulo adaptador para arrojar los resultados de algoritmos en el formato de entrada del VGF.

Como resultado de las pruebas se observa que una parte importante del VGF tiene un grado de aceptación bajo, el formato de entrada, la justificación recae que el formato de entrada del VGF está diseñado para proporcionar la flexibilidad en el modelado de los resultados de talleres de flujo. Tiene la característica de ser un modelo general al expresar solamente tiempos de inicio y fin del procesamiento de los trabajos (o cualquier concepto que se procese) en las máquinas.

Los errores y observaciones obtenidos por las pruebas realizadas fueron tomados en consideración y corregidos en la versión final del VGF.

Pruebas de unidad e integración

Para las pruebas se crearon escenarios de uso a partir de la primera etapa de pruebas del sistema (prueba de caja negra), Los escenarios de pruebas **Prb1** al **Prb8** fueron sometidos a pruebas de integración.

Las pruebas de unidad son aplicadas a las clases involucradas en los errores detectados en las pruebas de integración. Se utiliza la métrica orientada a la función para determinar el factor de impacto de errores u observaciones (ver Tabla IX). Las observaciones y errores detectados en las pruebas fueron corregidos en la entrega de la última versión del VGF.

Tabla XI. Factor de Impacto de errores u observaciones en pruebas de integración y unidad

N	Errores u observaciones	Tipo de ámbito del VGF
1	Los elementos mostrados en el diagrama de árbol no muestran la etapa a la cual corresponde.	Salida
2	La rastreabilidad de los trabajos se pierde al señalar un trabajo en el diagrama de árbol. Es deseable que se muestre la ruta tecnológica del trabajo.	Salida
3	Al realizar la operación de impresión, el sistema no muestra la ventana de impresión. Es vital saber en qué parte del proceso se encuentra el equipo.	Salida
4	La ventana de exploración del diagrama de radar, no se redimensiona al modificar la ventana principal o la ventana donde se despliega el diagrama de Gantt.	Salida
5	La cantidad equivalente al acercamiento en el componente de modificación del acercamiento del sistema es errónea.	Salida
Resultado		
Factor de Impacto (FI) =numero de errores / puntos de función (PF)		FI = (5 / 127.44) * 100 = 3.92 %

Capítulo 5

CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

5.1 Conclusiones

En este trabajo, se presentó el desarrollo y la implementación del visualizador gráfico flexible para la planificación de recursos en talleres de flujo. El objetivo de la investigación es expresar los resultados de algoritmos de planificación en una forma gráfica y proporcionar información comprensible para el usuario. Esto conlleva respaldarse en la teoría de la visualización.

Independientemente del área donde se aplique, la visualización representa la última capa en el cual un usuario percibe la información de los datos. Existen múltiples variaciones de expresar la visualización. Con la finalidad de identificar aspectos necesarios para el desarrollo del VGF fue necesario establecer los requerimientos y analizar el contexto donde trabajan los usuarios planificadores de la producción. Posteriormente se identificaron metodologías de desarrollo de software para el VGF.

El proceso de diseño consistió en crear una arquitectura que considere los requerimientos de los usuarios, además de proveer un modelo de comprensión de la información de datos de la planificación de la producción a través de la visualización integrada en el VGF. Se identificaron técnicas y herramientas necesarias para lograr un mayor entendimiento en los resultados gráficos presentados. Otra característica importante del VGF es lograr la propiedad de flexibilidad en cuanto a la capacidad de expresar los resultados de los algoritmos pertenecientes a diferentes modelos de taller de flujo. Para esto se diseñó un formato de entrada propio del visualizador, que cumple con los requerimientos de adaptabilidad de diferentes modelos de taller de flujo.

Una aportación importante del visualizador es su componente que ofrece la representación gráfica de resultados, además de proveer la vista de radar y una

lista de elementos pertenecientes a un modelo de taller de flujo estudiado. Este componente es compatible con otras investigaciones u otra interfaz de usuarios, solo necesita como entrada el formato de entrada diseñado para el visualizador con características flexibles y como salida proporciona un diagrama de Gantt que representa la solución de un algoritmo en la planificación de la producción.

Como conclusión de la fase de pruebas es que los usuarios catalogan al sistema como una herramienta útil en las tareas de la planificación de la producción. Proporciona herramientas que permiten explorar la información observando la calidad del resultado entregado por los algoritmos. En consecuencia se llega al objetivo de representar los resultados de manera visual y además se agrega herramientas de interacción para entender de una manera más precisa la información gráfica mostrada.

5.2 Trabajo futuro

El desarrollo del visualizador está orientado a satisfacer de manera visual la representación de los resultados entregados por los algoritmos contenidos en el sistema PLARETF. El sistema PLARETF es un software computacional integral de la planificación de la producción que busca resolver aspectos no solo sobre la representación visual de los resultados, sino también proporcionar el mejor resultado de acuerdo a un modelo de taller de flujo seleccionado. Como parte de futuras investigaciones queda el desarrollar el adaptador necesario con el sistema PLARETF e integrarse con los módulos del sistema (módulo contenedor de algoritmos y módulo interfaz) para proveer la funcionalidad completa en el servicio de planificación de la producción.

5.3 PRODUCTOS GENERADOS EN EL DESARROLLO DE LA TESIS

- Ruiz R., Burtseva L., López G. 2008 “Design of a Flexible Graphic Visualizer for Flowshops scheduling problems”, In: A.Gelbukh, M.Adiba Eds, Advances in Computer Science and Artificial Intelligence, Research in Computing Science. Vol 39,pp 263-276.
- Ruiz R., Burtseva L., Romero R. 2007 “Biblioteca Virtual Especializada” V Foro Nacional en Instituto Tecnológico de Mexicali “La problemática en el aprendizaje de las ciencias básicas”.
- Ruiz R., Burtseva L., López G. 2008. Presentación de poster “Design of a Flexible Graphic Visualizer for Flowshops scheduling problems” en Mexican International Conference On Computer Science, Mexicali, B.C.,

REFERENCIAS

Agile Alliance., 2007. How The Agile Alliance Operates. Disponible en Internet. <http://www.agilealliance.org/show/1646>. Consultado en Mayo del 2007.

Ambler 2007. Agile Modeling (AM) Practice V2. Disponible en Internet. <http://www.agilemodeling.com/essays/introductionToAM.htm>. Consultado en Mayo del 2007.

Aqua eSolutions. 2007 Aqua EBS 2007. Disponible en Internet. <http://www.aquaesolutions.com/index.htm>. Consultado en Mayo del 2007.

Arthur L. J., 1985. Measuring Programmer Productivity and Software Quality. Wiley-InterScience.

Bashir, I. y Goel A. "Testing object-oriented software. Life cycle solutions". Springer-Verlag New York , Inc.1999.

J. Błażewich, K. Ecker, E. Pesch, G. Schmidt, J. Węglarz. Scheduling Computer and Manufacturing Processes. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, Germany, 1996, 491 p.

Boehm B., 1988. A Spiral Model for Software Development and Enhancement. Computer vol. 21,no. 5. 61-72.

Braude E. J., 2003.Ingeniería de Software: Una perspectiva orientada a objetos. AlfaOmega. pp. 2-61.

Brooks F., 1975. The Mythical Man-Month. Addison-Wesley.

Card S. K., Mackinlay J. D., Shneiderman B., 1999. Readings in information Visualisation: Using Vision to Think, San Francisco: Morgan Kaufmann.

Charette, R., 2001. The decisión is in: Agile versus heavy methodologies. Cutre Consortium e-Project Management Advisory Service, 2, 19.

Colin W., 1999. Information Visualization: Perception for design, San Francisco: Morgan Kauffman.

Davis, F. D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology, MIS Quarterly, 13, 1989, pp. 319-340.

Davis, F. D., Bagozzi, R. P., and Warshaw, P. R. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models, Management Science, 35, 1989, pp. 982-1003.

Deister. (08, March). DEISTER ERP SUITE: Axional ERP. Disponible en Internet. <http://www.deister.es/es/products/e-erp/>. Consultado en abril del 2007.

Dursteler J. C., 2001. Visualización de información, España: Gestión 2000.

Fayyad U. M., Piatetsky-Shapiro G., Smyth P., Uthurusamy R., 1996. Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, CA :American Association for Artificial Intelligence.

Garey M.R., Johnson D.S., Sethi R., 1976. "The complexity of flowshop and jobshop scheduling", Mathematics of Operations Research, vol.1, no. 2, pp. 117-129, May.

Gilb K., 2004. Evolutionary Project Management & Product Development. Disponible en Internet. <http://www.gilb.com/Download/EvoProjectMan.pdf>. Consultado en Mayo del 2007.

Highsmith J., 2002. Agile Software Development Ecosystems. Addison Wesley. pp. 132-179.

Jacobson I., G. Booch, J. Rumbaugh., 1999. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Addison Wesley. pp.1-29.

Keim A. D., 2002. "Information Visualization and Visual Data Mining", IEEE Transactions on Visualization and computer Graphics, vol. 7, no.1, January-March.

Keim A. D., 1997. Visual Techniques for Exploring Databases. Int. Conference on Knowledge Discovery in Databases. Disponible en Internet. <http://www.dbs.informatik.uni-muenchen.de/~daniel/publication.html> . Consultado en Junio del 2008.

Ledesma R., Molina J. G., Young F. W., Valero P. M., 2007. "Desarrollo de Técnicas de visualización Multiple en el programa Vista: Ejemplo de aplicación al análisis de componentes principales", Psicothema, vol 19, no. 3, pp. 497-505.

Manifiesto, 2001a Agile manifiesto. 2001. Manifiesto for Agile Software Development. Disponible en Internet. <http://agilemanifesto.org/history.html>. Consultado en Mayo del 2007.

Manifiesto, 2001b Agile manifiesto. 2001. Manifiesto for Agile Software Development. Disponible en Internet. <http://agilemanifesto.org/>. Consultado en Mayo del 2007.

Microsoft, 2007. Información General del Producto Microsoft Office Project Standard 2007. Disponible en Internet. Consultado en Mayo del 2007. <http://office.microsoft.com/es-es/project/HA101656383082.aspx>.

Microsoft, 2003. Información General de Visio 2003. Disponible en Internet. <http://www.microsoft.com/latam/office/visio/prodinfo/overview.msp>. Consultado en abril del 2007.

Mindjet, 2007. Mindjet MindManager7. Disponible en Internet. <http://www.mindjet.com/us/products/index.php>. Consultado en Mayo del 2007.

Oracle. (07, May). Oracle E-Business Suite. Disponible en Internet. <http://www.oracle.com/applications/e-business-suite.html>. Consultado en Mayo del 2007.

Pinedo, M., Chao, X., Leung, J. Michael Pinedo web site 2008. Disponible en Internet. <http://www.stern.nyu.edu/om/software/lekin/index.htm>. Consultado en Marzo del 2008.

HCIL., 2006. Human Computer Interaction Lab "Piccolo Toolkit". Disponible en Internet. <http://www.cs.umd.edu/hcil/jazz/>. Consultado en Mayo 2007.

McKay K.N., Pinedo M., Webster S., 2002. "Practice-focused research issues for scheduling systems". Production and Operations Management vol. 11, no 2, pp. 249-258.

Malhotra Y., Galleta F. D., 1999. Extending the Technology Acceptance Model to Account for Social Influence: Theoretical Bases and Empirical Validation. Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences.

Portmann, M. C., 1997. *Scheduling methodology: optimization and compusearch approaches I*. En Artiba, A. y Elmaghraby, S. E., editores, *The Planning and Scheduling of Production Systems. Methodologies and Applications*, London. Chapman & Hall.

Pressman, 1998. R. "Ingeniería del software. Un enfoque práctico". Cuarta Edición. McGraw-Hill/Interamericana de España.

Pressman R. S., 2001. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. McGraw-Hill, fifth edition.

Romero. P., 2007. "Sistema computacional para la evaluación de algoritmos de planificación de trabajos en un taller de flujo híbrido". M.C. thesis, Engineering Institute, UABC, Mexicali, México.

Ruiz R., Şerifoğlu F.S., Urlings T., 2008. "Modeling realistic hybrid flexible flowshop scheduling problems", *Computers & Operations Research* , vol. 35, no.4, pp. 1138-1150, April.

SAP, 2007. My SAP PLM (Product Lifecycle Management). Disponible en Internet. <http://www.sap.com/mexico/solutions/business-suite/plm/index.epx>. Consultado en Mayo del 2007.

Shen X.X , Tan K.C., Xie.M., 2000. An integrated approach to innovative product development using Kano's model and QFD, *European Journal of Innovation Management*, Volume 3, Number2, 2000, pp 91-99

Swayne D., Lang D.T., Buja A., Cook D., 2003." GGOBI: Evolving from XGobi into an extensible framework for interactive data visualization", *Computational Statistics & Data Analysis*, vol. 43, no. 4, pp. 423-444.

Taillard, E., 1989. Benchmarks for basic scheduling problems. *European Journal of Operational Research*. pp. 278–285.

Visual Consulting., 2007. Módulos Base de Visual Manufacturing. Disponible en Internet. <http://www.visualconsulting.com.mx/visualmanufacturing.htm>. Consultado en Abril del 2007.

Wainer y Velleman P., 2001. “Statistical graphics: Mapping the pathways of science”. *Annual Review of Psychology*, vol. 52, pp. 305-335.

Weitzenfeld A., 2005. Ingeniería de Software orientado a objetos con UML, JAVA e Internet. Thomson. pp 67-330.

Wurman S. R., 1997. *Information Architects*, New York: Watson-Guptill Pubns.

Yaurima V., Burtseva L., Tchernykh A. 2008 “Hybrid Flowshop with Unrelated Machines, Sequence Dependent Setup Time and Availability Constraints: An Enhanced Crossover Operator for a Genetic Algorithm”. In: Wyrzykowski et al. (Eds.), *Parallel Processing and Applied Mathematics*, Springer-Verlag, pp. 609-617.

Young F.W., 2006. ViSta: The Visual Statistics System, Disponible en Internet. <http://www.visualstats.org> . Consultado en Junio del 2008.

Young F. W., Faldowski R. A., McFarlane M. M. 1993. “Multivariate statistical visualization in computational statistics”. In C.R. Rao (ed.): *Handbook of Statistics*, Amsterdam: Elsevier Science, pp. 959-998.

ANEXO A

Documento de especificación de requerimientos del VGF

Tabla XIII. Historial de revisión del documento
de especificación de requerimientos

Fecha	Versión	Descripción	Autor
<23/octubre/07>	<1.0>	<Visión del proyecto>	<Rodolfo Ruíz Nangusé, Elia Leyva Sánchez>
<09/noviembre/07>	<1.1>	< modificación de los puntos 2.1,2.3,3.1,3.3,3.7>	<Rodolfo Ruíz Nangusé, Elia Leyva Sánchez>
<28/noviembre/07>	<1.2>	< modificación de los puntos 2.3,3.1,3.2,3.5,3.7,4.2>	<Rodolfo Ruíz Nangusé, Elia Leyva Sánchez>
<04/diciembre/07>	<1.3>	< modificación de los puntos 2.3,3.1,3.2,3.5,3.7,4.2>	<Rodolfo Ruíz Nangusé, Elia Leyva Sánchez>
<05/diciembre/07>	<1.4>	< modificación de los puntos 1.4,3.1,3.2,3.5,3.7,4.2>	<Rodolfo Ruíz Nangusé, Elia Leyva Sánchez>
<05/diciembre/07>	<1.5>	< modificación de los puntos Índice, 1.4>	<Rodolfo Ruíz Nangusé, Elia Leyva Sánchez>
<05/diciembre/07>	<1.5>	< Autorización del documento de especificación>	<Larisa Burtseva>
<13/Junio/08>	<1.5>	< Requerimientos de visualización múltiple>	<Marcela Rodríguez Urrea, Gabriel López Morteo>

1 Introducción

El Visualizador Gráfico Flexible (VGF) para el Planificador de Recursos en Talleres de Flujo (PLARETF), es un software que busca cubrir las necesidades que existen en la representación gráfica de los resultados arrojados por los algoritmos que optimizan la planificación de trabajos en los talleres de flujo. La representación gráfica permite al usuario manipular los calendarios para ver detalles específicos de su información.

1.1 Propósito

El propósito de este documento es recabar, analizar y definir las necesidades prioritarias y características del VGF para el PLARETF;

enfocándose sobre las habilidades necesarias y los objetivos de los usuarios, y el porqué de su existencia. Los detalles de cómo el VGF cubre estas necesidades son descritas en los casos de uso y especificaciones suplementarias.

1.2 Alcance

El software VGF está relacionado con PLARETF, el cual es un sistema que estudia el comportamiento de algoritmos orientados a la planificación de Talleres de Flujo.

1.3 Definiciones, acrónimos y abreviaciones.

- FM: Taller de Flujo, este consiste de un conjunto de máquinas idénticas dispuestas en m etapas en paralelo. Los trabajos se procesan en el mismo orden, es decir, tienen la misma ruta tecnológica.
- FF: Taller de Flujo Flexible, en este taller los trabajos se procesan en el mismo orden, pero tienen m etapas de máquinas dispuestas en paralelo, que procesan el mismo trabajo pero con velocidades diferentes.
- TFH: Taller de Flujo Híbrido, en este cada trabajo se procesa en una sola trayectoria, en m etapas de máquinas dispuestas en paralelo que no están relacionadas.
- PLARETF: Sistema de PLANificación de REcursos de Talleres de Flujo. Se encarga de comparar los resultados de algoritmos para la planificación de los distintos talleres de flujo.
- VGF: Visualizador Gráfico Flexible. Software que representa de manera visual los resultados arrojados por un planificador de recursos.
- Recursos: son los componentes de una empresa.
- Trabajo: es un conjunto de operaciones que se realizan a un objeto para su transformación.

1.4 Introducción

El presente documento está estructurado de la siguiente forma, en la sección 2 se describen las características y ventajas del VGF, así como su posicionamiento en el mercado y las alternativas con las cuales compite. En la sección 3 se describen los perfiles y responsabilidades tanto de los *Stakeholder's* como de los usuarios del VGF. En la sección 4 se detallan las capacidades del VGF tales como utilidad, costos, licenciamiento, etc. La sección 5 se describe detalladamente las características de funcionalidad del software. Las restricciones para su funcionamiento se presentan en la sección 6. Los listados de los requerimientos del software se describen en la sección 7 conforme su prioridad. La sección 8 describe los requerimientos no funcionales. La sección 9 menciona la documentación que se entregará al finalizar el proyecto.

2. Posicionamiento

2.1 Oportunidades de Mercado

Los datos resultado de planificación que genera el software de PLARETF están representados a manera de tablas, esto implica que el responsable de ejecutar las acciones de la planificación invierta tiempo en el análisis de dichos resultados, el software VGF permite analizar los resultados de un Taller de Flujo a partir de un formato de entrada, que unificado con PLARETF proporciona el calendario óptimo de forma visual, reduciendo el tiempo invertido para su análisis, es decir, reducen el tiempo de gestión para la planificación de Recursos en la Industria, que es uno de los objetivos principales de planificación de en la industria.

2.2 Descripción del problema

Tabla XIV. Descripción del problema

El problema de graficación	No existe un software que grafique los resultados de PLARETF
Afecta	Los usuarios de PLARETF no pueden interpretar sus resultados de forma gráfica si los datos generados son muy extensos
Su impacto	Que los datos que genera PLARETF no son accesibles a los gestores de planificación de calendarios de talleres de flujo en las empresas
Una solución posible	Utilizar el software del Mercado y adaptarlo a las necesidades de la industria. Desarrollar el software VGF como complemento a PLARETF.

2.3 Descripción de la posición del producto

Tabla XV. Posición del producto.

Para	Los administradores de recursos en planificación de Talleres de Flujo.
Oportunidades	Se necesita un graficador para los datos arrojados de los algoritmos de planificación.
VGF	Es un software que permite la representación gráfica de los resultados de los algoritmos de planificación.
Beneficios principales	Mediante la representación gráfica que realiza este software, se reduce el tiempo y complejidad del análisis de los resultados de los algoritmos de planificación de Talleres de Flujo. Permitiendo ver las rutas críticas de cada trabajo y el estado de cada

	máquina, así como la información específica correspondiente a cada taller. Además, proporciona herramientas de exportar los diagramas a formatos de aplicaciones comerciales como MS EXCEL e Imágenes JPG.
Otras alternativas	MS EXCEL, Axional ERP, Visual Manufacturing, MySAP PLM, Aqua EBS 2007, Oracle E-Business, Mindjet MindManager, Microsoft Visio, Microsoft Project [primary competitive alternative]
Valor agregado del VGF	El usuario al introducir los resultados de algún método de planificación por medio de un formato simple, el VGF le proporciona la visualización de los mismos de forma grafica. Permitiendo aprovechar mejor los recursos y reducir los tiempos en la producción. Este software es de una funcionalidad simple, característica que lo distingue por su fácil manejo y un costo menor en su adquisición.

3. Descripción de los stakeholders y usuarios

3.1 Demografía del Mercado

El software VGF es producido para las empresas con necesidades en el área de Planificación de Recursos. VGF y PLARETF proporcionan calendarios óptimos de recursos que facilitan el análisis y reducen la complejidad de la representación de los resultados de la planificación. Permite aplicar los calendarios al contexto de cada empresa.

3.2 Listado de Stakeholders

Tabla XVI. Listado de Stakeholders

Nombre	Descripción	Responsabilidades
1. Especialista en planificación de talleres de Flujo.	Posee todos los fundamentos prácticos y teóricos a cerca de la	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona el financiamiento del software. • Monitorea el progreso del proyecto.

Nombre	Descripción	Responsabilidades
	Planificación de recursos para Talleres de Flujo.	<ul style="list-style-type: none"> Dirige la funcionalidad del proyecto.
2. Desarrollador de algoritmos de planificación.	Implementan los algoritmos que proporcionan soluciones óptimas a diferentes modelos de talleres de flujo.	<ul style="list-style-type: none"> Brindan la información de los resultados de los algoritmos con un formato específico que será único para la incorporación de datos al software VGF.
3. Analista de algoritmos de planificación.	Analiza la eficiencia de los algoritmos que generan resultados óptimos en los calendarios de planificación	<ul style="list-style-type: none"> Revisa que sea apropiada la representación arrojada por el Software VGF para cada modelo de taller de Flujo.

3.3 Listado de Usuarios

Tabla XVII. Listado de usuarios

Nombre	Descripción	Responsabilidades	Stakeholder
Gerente de planificación	Encargado de realizar la planificación de los recursos para la producción de una empresa	Captura los datos de un modelo real de Taller de Flujo Produce reportes Coordina los trabajos	Desarrolladores de algoritmos de planificación

3.4 Entorno del Usuario

- El personal requerido para llevar al cabo una planificación de recursos en talleres de flujo está formada en promedio por 3 especialistas, que en base a su experiencia proporcionan una solución aproximada.

- La planificación es mensual y está fundamentada en las especificaciones de los trabajos que hay que planificar en cada mes. El procedimiento es hacer una planificación inicial y se realizan ajustes a diario al calendario. El grupo de trabajo es de 5 a 6 planificadores y un coordinador.
- Se utiliza MS Excel como herramienta básica.

3.5 Perfil de los Stakeholders

3.5.1 Especialista en planificación de talleres de Flujo

Tabla XVIII. Perfil del especialista en planificación de talleres de Flujo

Representante	Larisa Burtseva, Andrei Tchernykh. Directores del proyecto.
Descripción	Posee todos los fundamentos prácticos y teóricos acerca de la Planificación de recursos para Talleres de Flujo.
Tipo	Experto
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona el financiamiento del software. • Monitorea el progreso del proyecto. • Dirige la funcionalidad del proyecto.
Criterio del Éxito	Que al introducir un archivo con resultados de una planificación, las gráficas arrojadas por el VGF corresponda efectivamente a los datos introducidos, así como cumpla con las especificaciones funcionales a las que se ha comprometido el software.
Participación	Participa en la validación del establecimiento de los requerimientos y en las especificaciones de la graficación de diagramas de Gantt. También, establece metas y objetivos que se deben cumplir en el transcurso del proyecto.
Entregable	Gráficos, Impresiones, manipulación de las graficas (amplificaciones, reducciones, búsqueda local), exportación de resultados.

3.5.2 Desarrollador de algoritmos de planificación

Tabla XIX. Perfil del desarrollador de algoritmos de planificación

Representante	Rainier Romero Parra, Víctor Hugo Yaurima
Descripción	Implementan los algoritmos que proporcionan soluciones óptimas a diferentes modelos de talleres de flujo.
Tipo	Experto
Responsabilidades	Brindan la información de los resultados de los algoritmos con un formato específico que será único para la incorporación de datos al software VGF.
Criterio del Éxito	Mediante la graficación del VGF de la información que se genera de los algoritmos de planificación (PLAREFT) sea mejor que la proporcionada por la empresa.
Participación	Participa en la generación de los datos de entrada al VGF.
Entregable	Gráficos, Impresiones, manipulación de las graficas (amplificaciones, reducciones, búsqueda local), exportación de resultados.

3.5.3 Analista de algoritmos de planificación

Tabla XX. Perfil de Analista de algoritmos de planificación

Representante	Elia Leyva Sánchez.
Description	Analiza la eficiencia de los algoritmos que generan resultados óptimos en los calendarios de planificación
Tipo	Experto
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Revisa que sea apropiada la representación arrojada por el Software VGF para cada modelo de taller de Flujo
Criterio del Éxito	Que los resultados gráficos proporcionados por el VGF sean los mismos que los datos de entrada.
Participación	Participa en la verificación de los cálculos implementados por el VGF.
Entregables	Documentación de pruebas al VGF, Gráficos, Impresiones, manipulación de las graficas (amplificaciones, reducciones, búsqueda local), exportación de resultados.

3.6 Perfil de los Usuarios

3.6.1 Gerente de planificación

Tabla XXI. Perfil de Gerente de planificación

Representante	Blanca Gutierrez
Descripción	Encargado de realizar la planificación de los recursos para la producción de una empresa de la localidad de Mexicali
Tipo	Experto
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Captura los datos de un modelo real de Taller de Flujo • Produce reportes • Coordina los trabajos
Criterio de éxito	Que los resultados de VGF superen las expectativas de planificación que ellos generan mensualmente en su empresa.
Participación	Es el usuario directo del VGF.
Entregables	Documentación de resultados del VGF: Gráficos, Impresiones, manipulación de las graficas (amplificaciones, reducciones, búsqueda local).

3.7 Prioridades de los stakeholders o necesidades del usuario

Tabla XXII. Necesidades del usuario

Necesidades	Prioridad	Estado actual	Solución actual	Soluciones propuestas
Interpretación de resultados de PLARETF	Alta	PLARETF no cuenta con una herramienta que le permita visualizar gráficamente los resultados de los algoritmos, dificultando la interpretación de sus resultados.	Utilización de MS Excell	Graficación automática mediante VGF
Planificación mensual	Alta	Las empresas se basan su método de	Hacen la planificación	Solución automatizada de la

Necesidades	Prioridad	Estado actual	Solución actual	Soluciones propuestas
adecuada		planificación en base a su experiencia a prueba y error.	mensual y ajustes diarios	planificación mediante PLARETF y graficación automática de los resultados mediante VGF.

4. Visión del VGF

4.1 Perspectiva del Producto

Resolver el problema de la falta de graficación de los resultados de los algoritmos que genera la planificación de talleres de flujo.

4.2 Capacidades

Tabla XXIII. Beneficios para el cliente

Beneficios del cliente	Logro proporcionado por VGF
Visualización gráfica global de la planificación.	Muestra los resultados de la planificación total mediante diagramas de Gantt.
Visualización parcial (por etapa y recurso)	Realiza zoom de regiones del diagrama general y filtrado por recursos.
Identificar los problemas asociados a la planificación como bloqueos, cuellos de botella, entre otros.	Muestra mediante un color indicativo la existencia de un problema en el diagrama de planificación.
Guardar los datos de la planificación en formatos conocidos para manipulaciones posteriores.	Genera formatos MS Excel, JPG y XML

4.4 Licencia e Instalación

El software esta bajo licencia BSD.

Se requiere tener actualizado el JRE versión 5.0, y el ejecutable en la máquina en la que se ejecute.

5. Características del producto

5.1 Visualización gráfica global de la planificación.

Muestra los diagramas correspondientes a la planificación de los talleres por etapa. Involucra máquinas, trabajos, tiempos de cambio de partida, períodos de interrupciones en el procesamiento y el criterio de optimización del tiempo de procesamiento.

5.2 Visualización parcial (por etapa y recurso)

Con la herramienta de exploración permite analizar zonas específicas del diagrama global, este es muy útil cuando el diagrama es muy extenso o cuando se desea analizar el comportamiento de la asignación de trabajos a las máquinas. La herramienta de filtrado muestra los trabajos que fueron procesados por cada máquina en las distintas etapas.

5.3 Identificar los problemas asociados a la planificación como bloqueos, cuellos de botella, entre otros.

La representación del modo gráfico, permite localizar inmediatamente errores en la planificación como empalmes o tiempos de procesamiento no deseados.

5.4 Guardar los datos de la planificación en formatos conocidos para manipulaciones posteriores.

Permite exportar y guardar la información en formatos MS Excel, JPG y XML, para su posterior manipulación.

6. Restricciones.

El funcionamiento requiere de la versión del entorno en tiempo de ejecución (JRE por sus siglas en inglés) versión 5.0.

7. Precedencia y prioridad.

7.1 En diagrama de Gantt, en este se tiene que visualizar:

- i.** Los tiempos de procesamiento, Tiempo de Inicio y fecha límite estricta de las tareas.
- ii.** Los tiempos de ajuste para que un trabajo inicie a ejecutarse.
- iii.** Los tiempos de Interrupciones de acuerdo a prioridades establecidas por otras tareas que requieren ejecutarse primero.
- iv.** Los diferentes modelos de Talleres (TF, TFF y TFH).
- v.** Número de etapas en el taller.
- vi.** Número de máquinas por cada etapa.
- vii.** Número de trabajos a asignar.
- viii.** Conjunto de trabajos asignados a cada máquina.
- ix.** Instantes de entrada de los trabajos.
- x.** Tiempos de bloqueo de la máquina.
- xi.** Máquinas no disponibles.
- xii.** Tiempo suave limite de ejecución de trabajo.
- xiii.** Tiempo estricto limite de ejecución de trabajo.
- xiv.** Tiempo de ejecución de todos los trabajos.

8. Otros requerimientos del producto

8.1 Requerimientos de Usabilidad

Generar la siguiente documentación: Para el usuario, acerca del uso del sistema y resolución de errores. Que describa la arquitectura del sistema.

- 8.1.1** Permitir explorar en el diagrama por zonas, modificar el zoom y filtrar las características de los elementos para un mejor análisis.

- 8.1.2** Imprimir representaciones gráficas.

8.2 Requerimientos de soporte

Debe ser orientado a componentes para agregar nuevas funcionalidades al sistema en un futuro como validación de usuario, nuevas gráficas, tipo de exportación.

8.3 Requerimientos de implementación.

Debe ser multiplataforma, debido a que los clientes trabajan con diferentes sistemas operativos.

9. Requerimientos de la Documentación

9.1 Manual del usuario

El manual debe de incluir:

- Requerimientos mínimos del sistema para su instalación
- Descripción de los pasos para su utilización.
- Soporte en caso de errores en la aplicación.
- Requerimientos del formato de los datos de entrada.

9.2 Etiquetamiento y empaquetamiento

El software VGF se entregará en un DVD con la documentación necesaria para su uso eficiente.

ANEXO B

Documento de especificación de casos de uso

Tabla XXIV. Historial de revisión del documento de especificación de casos de uso

Fecha	Versión	Descripción	Autor
<15 / Enero/ 08>	<1.0>	<Elaboración del documento>	<Rodolfo Ruíz Nangusé >
<12 / Marzo/ 08>	<1.1>	< modificación de los puntos 2.1,2.1.3,2.1.4 del caso de uso manipular diagrama>	<Rodolfo Ruíz Nangusé >

Descripción de Casos de Uso

1. *Actor:* Usuario
2. *Casos de Uso:* Manipular Diagrama, Cargar Formato.
3. *Tipo:* Primario
4. *Descripción:* Es el actor principal y representa a cualquier persona que utiliza el sistema para diagramar o consultar un modelo de taller de flujo en forma visual.

Especificación de caso de uso: Cargar Formato

1 Descripción

Se inicia por el caso de uso *Manipular Diagrama*. El usuario elige un archivo que contiene toda la información que se va a diagramar, el sistema extrae todo los datos del archivo y la presenta al usuario para seleccionar la información que quiere representar en el diagrama.

2. Flujos de eventos

2.1 Flujo Principal

- 2.1.1 Se presenta al usuario la pantalla para cargar el archivo con la información de entrada al sistema (P-6).
- 2.1.2 El usuario examina un archivo .txt que contiene la información de un taller de flujo a diagramar (E-5).
- 2.1.3 Se presenta al usuario la información del archivo en la Pantalla de Resumen (P-7).
- 2.1.4 El usuario solicita Diagramar la información presentada en la Pantalla de Resumen.
- 2.1.5 El diagrama se visualiza al usuario.
- 2.1.6 El usuario elige la acción "Salir del sistema".

3. Precondiciones

Se requiere ingresar por medio de la pantalla principal (P-1) en el menú archivo y por la opción "Nuevo Diagrama".

4. Excepciones

E-5 Archivo incorrecto: No se seleccionó un archivo válido para cargar la configuración al sistema.

Especificación de caso de uso: Manipular Diagrama

1. Descripción

El usuario inicia este caso de uso. El usuario puede abrir o generar un diagrama de Gantt al cual permite las acciones de manipular el zoom, imprimir, exportar, explorar y guardar.

2. Flujos

2.1 Flujo Principal

2.1.1 Se presenta al usuario la pantalla principal.

2.1.2 El usuario selecciona alguna de las siguientes actividades para manipular el diagrama:

2.1.2.1 “Abrir Diagrama” se continua con el Subflujo *Abrir Diagramas Existentes 2.2.1.*

2.1.2.2 “Crear Nuevo Diagrama” se continua con el caso de uso *Cargar Formato.*

2.1.2.3 “Exportar Diagrama” se continua con el Subflujo *Exportar Diagrama 2.2.2.*

2.1.2.4 “Imprimir Diagrama” se continua con el Subflujo *Imprimir Diagrama 2.2.3.*

2.1.2.5 “Guardar Diagrama” se continua con el Subflujo *Guardar Diagrama 2.2.4.*

2.1.2.6 “Explorar Diagrama” se continua con el Subflujo *Explorar Diagrama 2.2.5.*

2.1.2.7 “Modificar Zoom” se continua con el Subflujo *Modificar Zoom 2.2.6.*

2.1.2.8 “Filtrar Diagrama” se continua con el Subflujo *Filtrar Diagrama 2.2.7.*

2.1.3 El usuario elige la acción “Salir del sistema”.

2.2 Subflujos

- 2.2.1 Abrir Diagramas Existentes. Se presenta al usuario la pantalla para abrir un diagrama existente (P-2), para visualizarlo en la zona de diagramas de la pantalla principal (E-1).
- 2.2.2 Exportar Diagrama. Se presenta al usuario la pantalla “Exportar Diagrama” (P-3). Donde el usuario exporta el diagrama a un formato conocido para trabajar en otras aplicaciones (E2).
- 2.2.3 Imprimir Diagrama. Se presenta al usuario la pantalla “Imprimir Diagrama” (P-4). Permite al usuario la impresión de los diagramas desplegados en la pantalla principal (E-3).
- 2.2.4 Guardar Diagrama. Se presenta al usuario la pantalla “Guardar Diagrama” (P-5). Permite al usuario guardar los diagramas desplegados en pantalla. (E-4)
- 2.2.5 Explorar Diagrama. Se presenta al usuario en el área de exploración de la pantalla principal (P-1A), un tamaño reducido del diagrama, en el cual el área seleccionada por el ratón, se despliegue en la pantalla de visualización (P-1B).
- 2.2.6 Modificar Zoom. Se presenta al usuario opciones para modificar el tamaño del diagrama en pantalla (P-1D) dentro del área de visualización (P-1B).
- 2.2.7 Filtrar Diagrama. Se presenta la opción de filtrar a nivel de máquinas (P-1C) dentro del diagrama, redibujando el área de visualización (P-1B) por cada valor de filtrado.

3. Precondiciones

Es necesario que el actor principal ejecute la aplicación. Para los subflujos 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7 se requiere que el usuario haya ejecutado el subflujo Abrir Diagramas existentes (3.1) ó el caso de uso Cargar Formato.

4. Excepciones

E-1 Error a Leer el archivo. El sistema no encontró el archivo especificado.

E-2 Error al escribir. El sistema no pudo grabar en el formato especificado.

E-3 Error en la impresión. El sistema no pudo imprimir en la impresora especificada.

E-4 Error al escribir. El sistema no pudo grabar en el directorio especificado.

ANEXO C

Prototipo de pantallas del sistema

En el presente anexo se muestran el prototipo de las pantallas del sistema, las descripción del uso de las pantallas está relacionado con los flujos de los casos de uso del Anexo B.

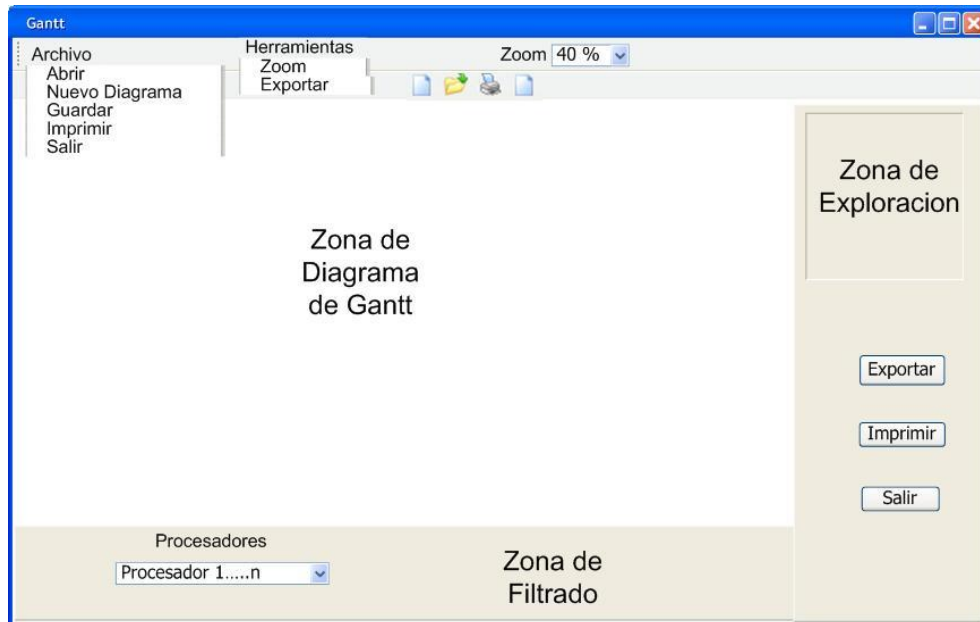


Figura 43. Pantalla Principal del diagramador de Gráfica de Gantt.
(P-1)

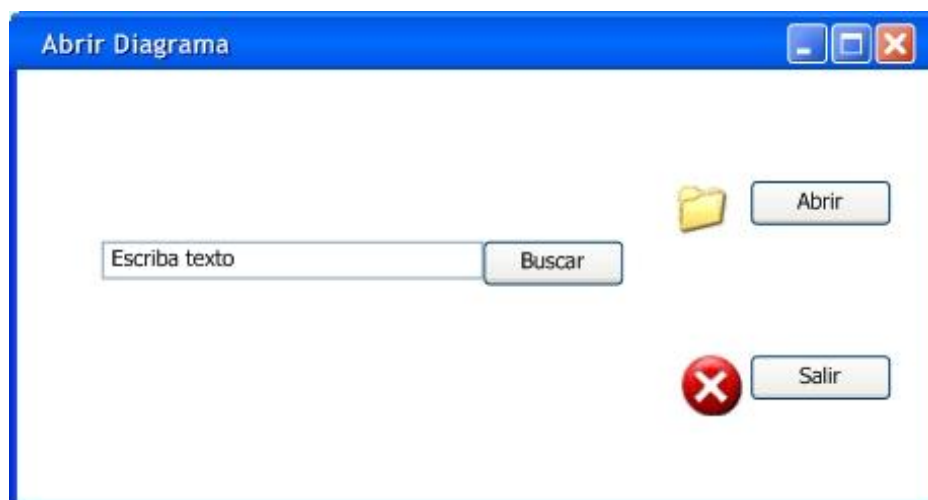


Figura 44. Pantalla Abrir Diagrama (P-2)

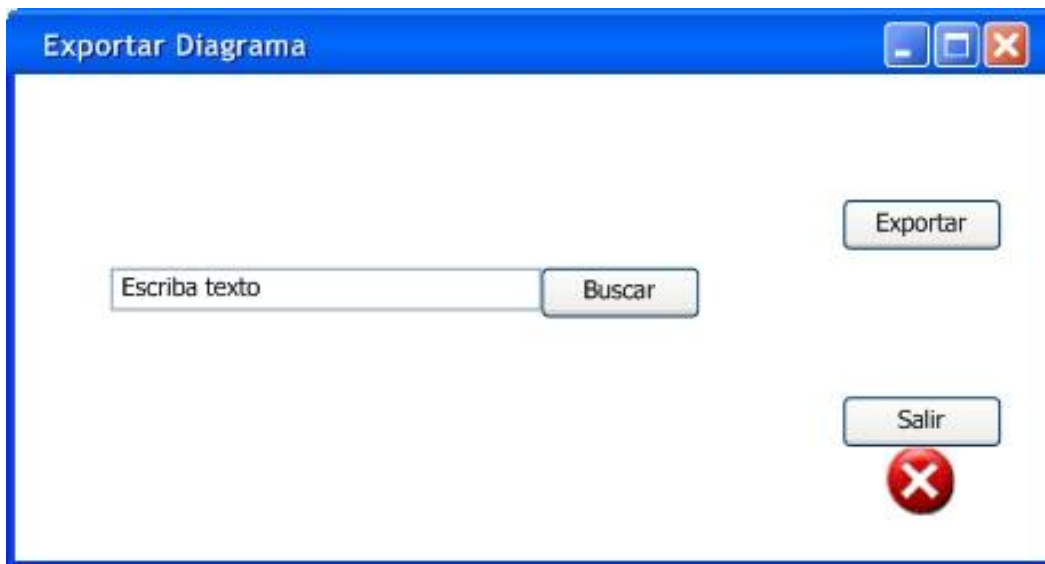


Figura 45. Pantalla Exportar el diagrama de Gantt (P-3)

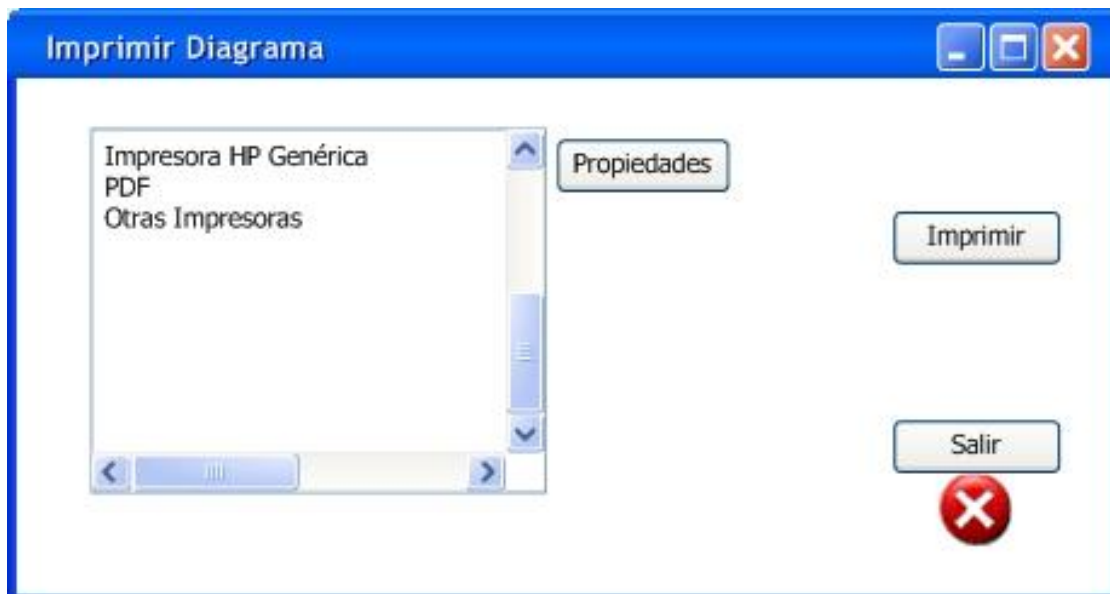


Figura 46. Pantalla de Impresión de diagrama de Gantt (P-4)



Figura 47. Pantalla para cargar el archivo de configuración (P-6)



Figura 48. Pantalla de Resumen con la información para a mostrarse en el diagrama de Gantt (P-7)

ANEXO D

Diagramas de secuencia del diseño del VGF

Los diagramas de secuencia generados para el desarrollo del módulo de visualización del Diagrama de Gantt son los siguientes:

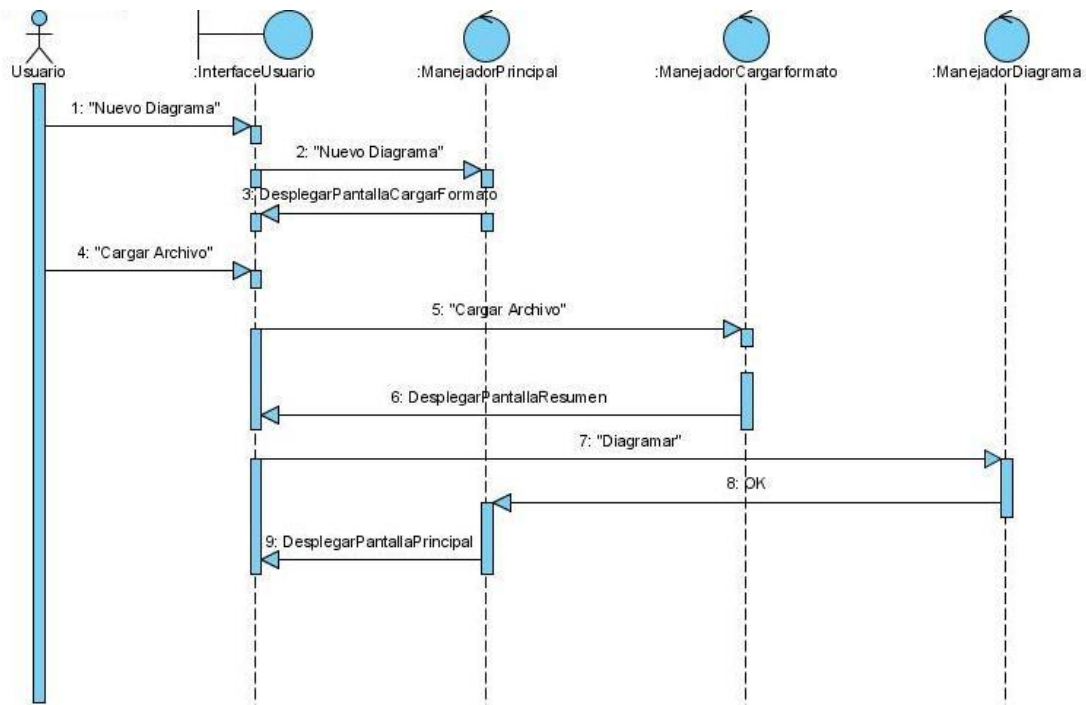


Figura. 49. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Cargar Formato

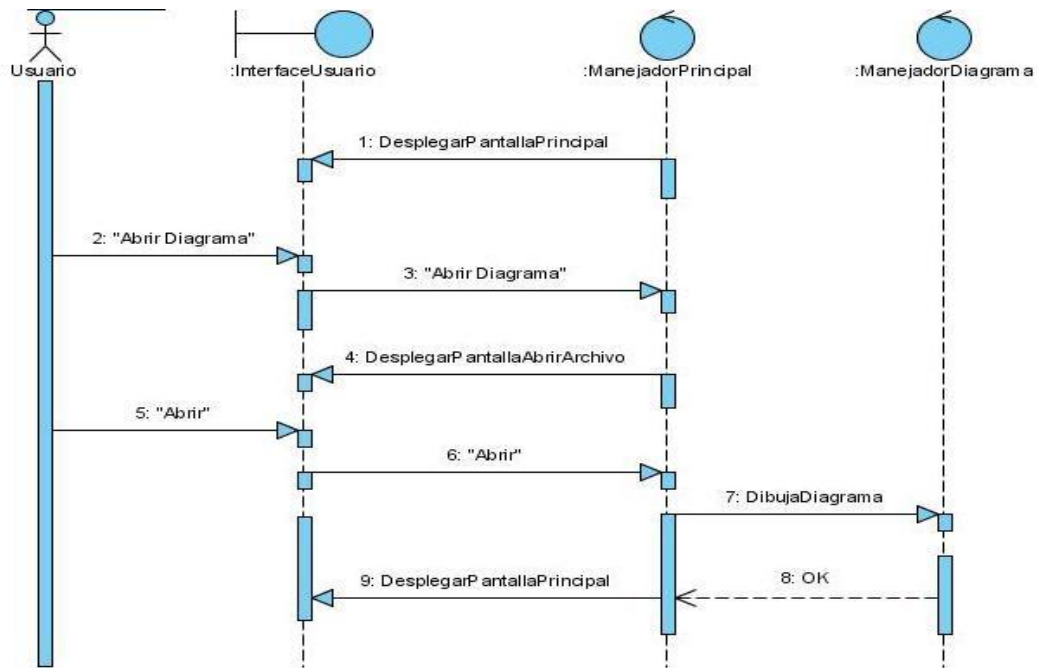


Figura. 50. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama
Subflujo Abrir Diagrama

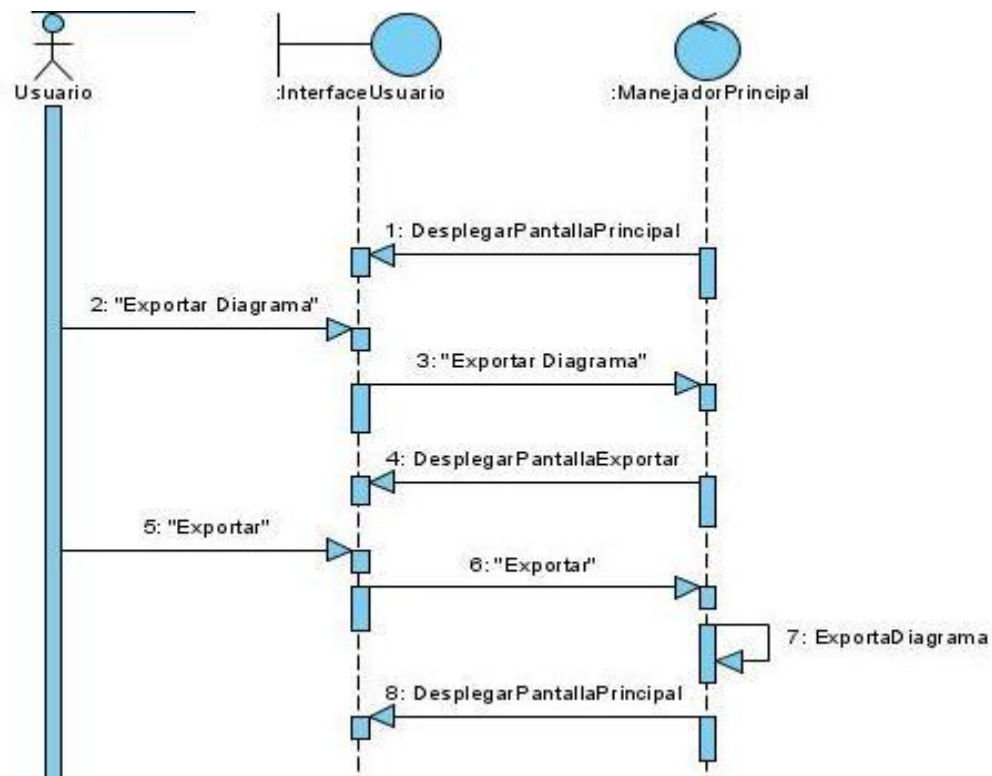


Figura. 51. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama
Subflujo Exportar Diagrama

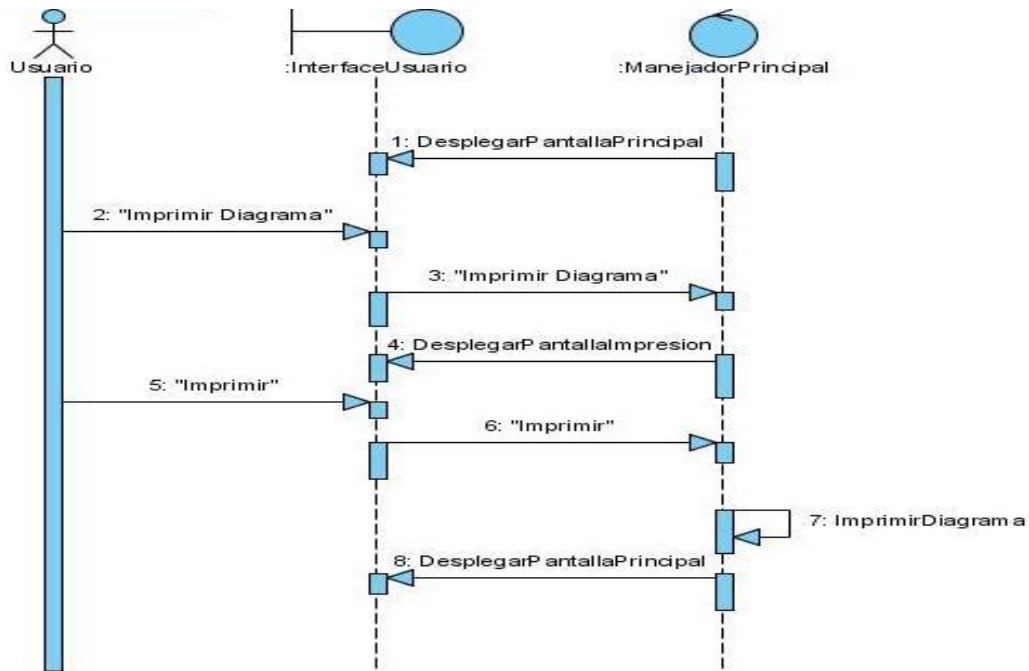


Figura 52. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama

Subflujo Imprimir Diagrama

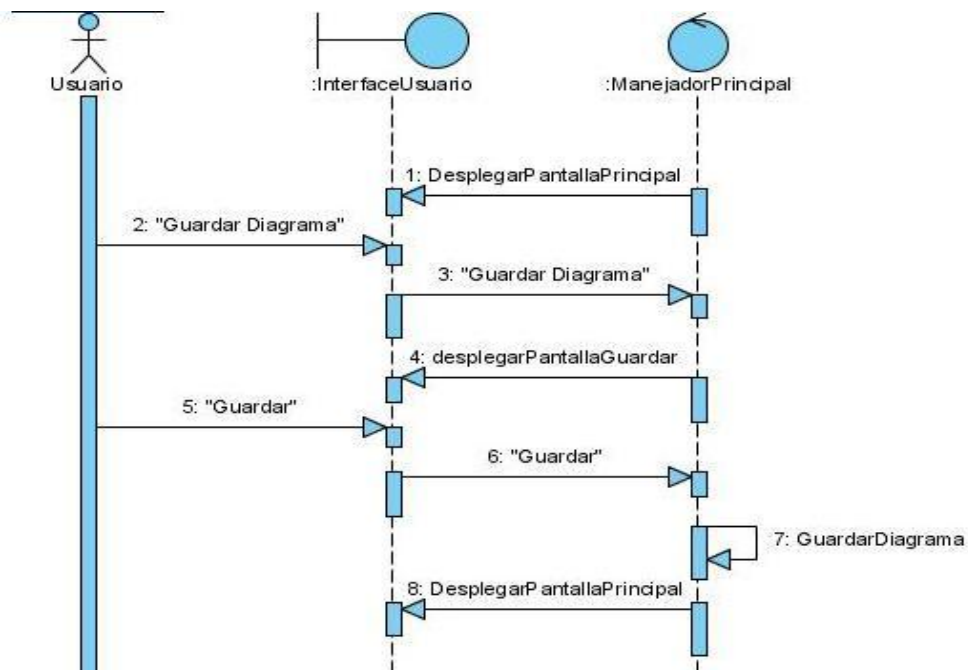


Figura 53. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama

Subflujo Guardar Diagrama.

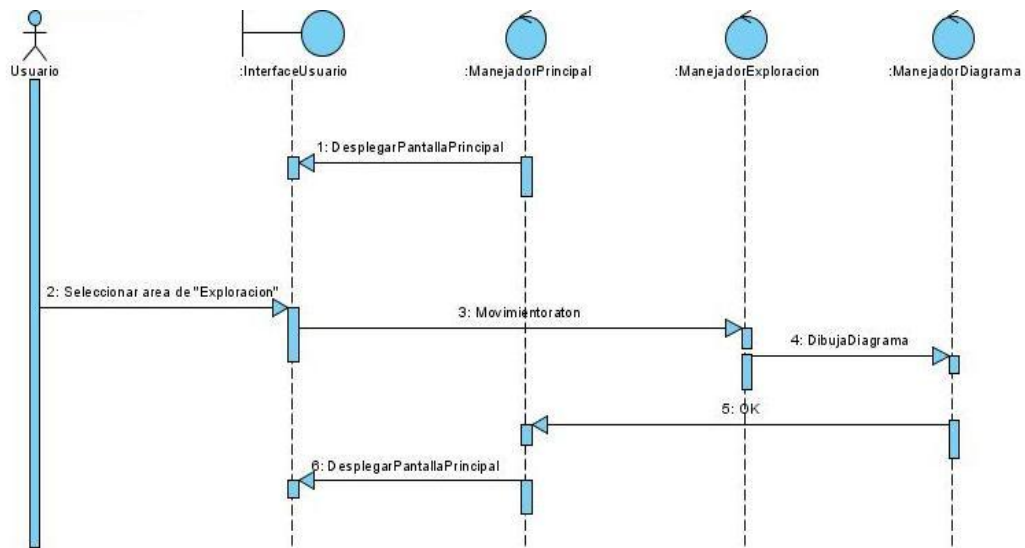


Figura 54. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama Subflujo Explorar Diagrama

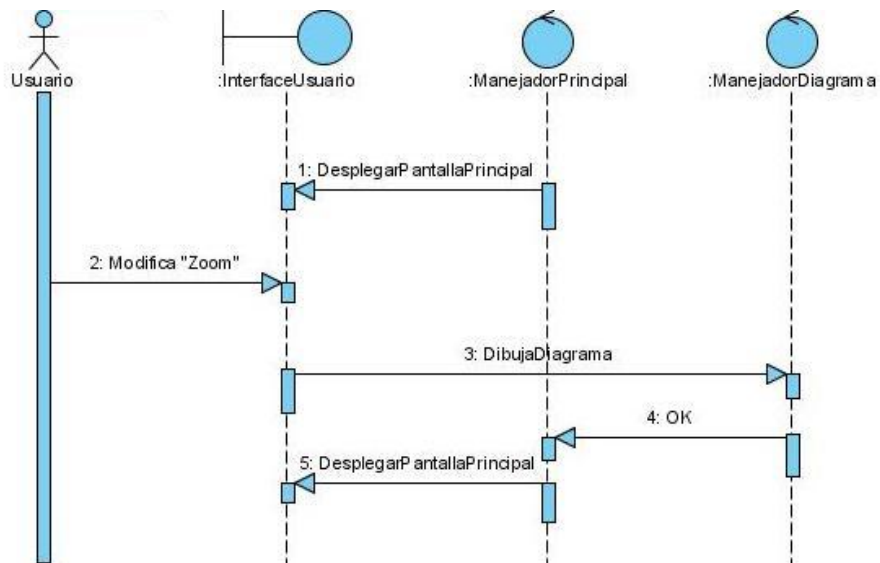


Figura 55. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama Subflujo Modificar Zoom.

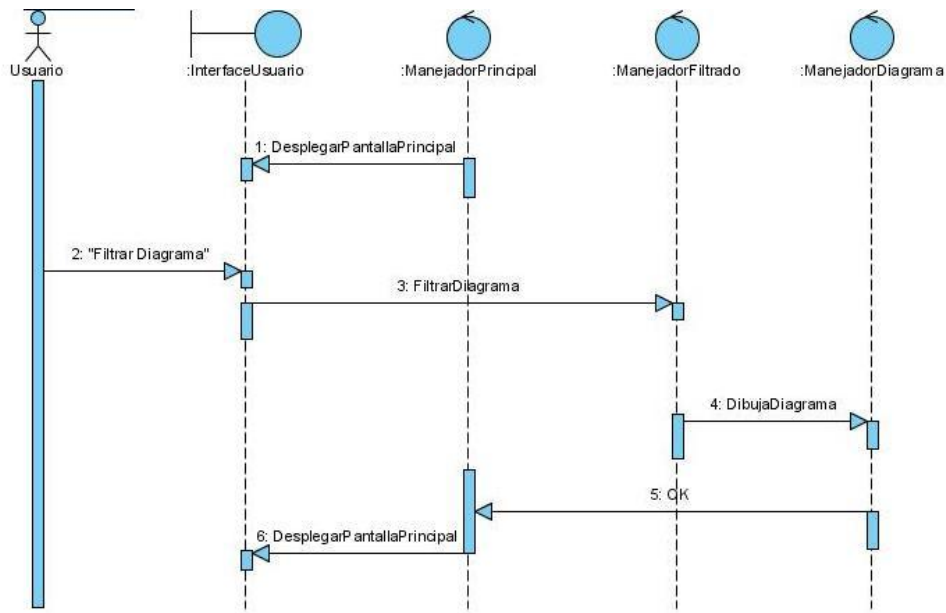


Figura 56. Diagrama de secuencia del Caso de Uso Manipular Diagrama Subflujo Filtrar Diagrama

Descripción de Casos de Uso a través de los Diagramas de Secuencia.

A partir de las secuencias analizadas anteriormente, se describe completamente los casos de uso del sistema de Diagramas de Gantt. Las clases se denotan con letras subrayadas y los eventos entre clases con letras en cursiva.

Caso de Uso: Manipular Diagrama.

Actores: Usuario.

Tipo: Básico.

Propósito: Obtener un diagrama de Gantt y manipularlo de manera en que se pueda recorrer cada parte del diagrama con opciones de zoom, exportación, guardado e impresión.

Resumen: El usuario inicia este caso de uso. El usuario puede abrir o generar un diagrama de gantt al cual se le puede manipular el zoom, imprimirlo, exportarlo, explorarlo y guardarlo.

Precondiciones: Es necesario que el actor principal ejecute la aplicación. Para los subflujos S-2, S-3, S-4, S-5, S-6 y S-7 se requiere que el usuario haya ejecutado el subflujo *Abrir Diagramas existentes (S-1)* ó el caso de uso *Cargar Formato*.

Flujo Principal: El ManejadorPrincipal solicita *DesplegarPantallaPrincipal* a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la Pantalla Principal. La PantallaPrincipal se despliega. El Usuario puede seleccionar entre las siguientes opciones: “Abrir Diagrama”, “Crear Nuevo Diagrama“, “Exportar Diagrama”, “Imprimir Diagrama”, “Explorar el Diagrama”, “Modificar Zoom”, “Guardar Diagrama”, “Filtrar Diagrama” y “Salir”.

- Si la actividad seleccionada es “Abrir Diagrama”, se continua con el subflujo *Abrir Diagramas Existentes* (S-1).
- Si la actividad seleccionada es “Crear Nuevo Diagrama”, se continua con el caso de uso *Cargar Formato*.
- Si la actividad seleccionada es “Exportar Diagrama” entonces se continua con el subflujo *Exportar Diagrama* (S-2).
- Si la actividad seleccionada es “Imprimir Diagrama”, se continua con el subflujo *Imprimir Diagrama* (S-3).
- Si la actividad seleccionada es “Guardar Diagrama”, se continua con el subflujo *Guardar Diagrama* (S-4).
- Si la actividad seleccionada es “Explorar Diagrama”, se continua con el subflujo *Explorar Diagrama*(S-5).
- Si la actividad seleccionada es “Modificar Zoom”, se continua con el subflujo *Modificar Zoom* (S-6).
- Si la actividad seleccionada es “Filtrar Diagrama”, se continua con el subflujo *Filtrar Diagrama* (S-7).
- Si la actividad seleccionada es “Salir”. La PantallaPrincipal solicita el evento “Salir” a la InterfazUsuario. La interfaz solicita el evento “Salir” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal se sale del sistema.

Subflujos:

S-1 Abrir Diagramas Existentes.

El manejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaAbrirArchivo* a la InterfazUsuario. La interfaz despliega la PantallaAbrirArchivo al Usuario que tiene tres actividades por seleccionar: “Abrir”, “Buscar” y “Salir”.

- Si elige la actividad “Buscar”, la PantallaAbrirArchivo envía el evento “Buscar” a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario envia el evento “Buscar” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaDirectorioArchivos* a la InterfazUsuario. La Interfaz despliega la PantallaDirectorioArchivos en la cual el Usuario establece una ruta y nombre de archivo para guardar un diagrama.

- Si elige la actividad “Abrir”. La PantallaAbrirArchivo envía el evento “Abrir” a la InterfazUsuario. La Interfaz envía el evento “Abrir” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *DibujaDiagrama* al ManejadorDiagrama. El ManejadorDiagrama devuelve *ok* al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la InterfazUsuario. La Interfaz despliega la PantallaPrincipal (E-1).
- Si elige “Salir” la PantallaAbrirArchivo solicita el evento “Salir” a la InterfazUsuario. La interfaz solicita el evento “Salir” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la interfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaPrincipal.

S-2 Exportar Diagrama.

El manejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaExportar* a la InterfazUsuario. La interfaz despliega la PantallaExportar al Usuario. El usuario puede seleccionar entre las siguientes actividades: “Exportar”, “Buscar”, “Especificar Tipo”, “Salir”.

- Si elige la actividad “Buscar”, la PantallaExportar envía el evento “Buscar” a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario envía el evento “Buscar” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaDirectorioArchivos* a la InterfazUsuario. La Interfaz despliega la PantallaDirectorioArchivos en la cual el Usuario establece una ruta y nombre de archivo para exportar un diagrama.
- Si el usuario selecciona la actividad “Especificar Tipo”. la PantallaExportar envía el evento “Especificar Tipo” a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario envía el evento “Especificar Tipo” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *Desplegartiposdearchivos* a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaExportar con una lista de tipos de archivos al Usuario.
- Si el usuario selecciona la actividad “Exportar” (E2), La PantallaExportar envía el evento “Exportar” a la InterfazUsuario. La Interfaz envía el evento “Exportar” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal genera el evento *ExportaDiagrama* y solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la InterfazUsuario. La Interfaz despliega la PantallaPrincipal (E-2).

- Si elige “Salir” la PantallaExportar solicita el evento “Salir” a la InterfazUsuario. La interfaz solicita el evento “Salir” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la interfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaPrincipal.

S-3 Imprimir Diagrama

El manejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaImpresión* a la InterfazUsuario. La interfaz despliega la PantallaImpresión al Usuario. El usuario puede seleccionar entre las siguientes actividades: “Impresora”, “Propiedades”, “Imprimir” y “Salir”.

- Si el usuario selecciona la actividad “Impresora”. La PantallaImpresion envía el evento “Impresora” a la InterfazUsuario. La interfaz envía el evento “Impresora” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaImpresion* a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario despliega PantallaImpresion.
- Si el usuario selecciona la actividad “Propiedades”. La PantallaImpresion envía el evento “Propiedades” a la InterfazUsuario con el nombre de la impresora seleccionada. La interfaz envía el evento “PropiedadesImpresora” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *DesplegarPropiedadesImpresora* a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaPropiedadesImpresora.
- Si el usuario selecciona la actividad “Imprimir”. La PantallaImpresion envía el evento “Impresion” a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario envía el evento “Impresión” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal genera el evento *impresión*. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la InterfazUsuario. La interfazUsuario despliega la PantallaPrincipal (E-3).
- Si elige “Salir” la PantallaImpresión solicita el evento “Salir” a la InterfazUsuario. La interfaz solicita el evento “Salir” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la interfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaPrincipal.

S-4 Guardar Diagrama

El manejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaGuardar* a la InterfazUsuario. La interfaz despliega la PantallaGuardar al Usuario. El Usuario puede seleccionar entre las siguientes actividades: “Buscar”, “Guardar” y “Salir”.

- Si elige la actividad “Buscar”, la PantallaGuardar envía el evento “Buscar” a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario envía el evento “Buscar” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaDirectorioArchivos* a la InterfazUsuario. La Interfaz despliega la PantallaDirectorioArchivos en la cual el Usuario establece una ruta y nombre de archivo para guardar un diagrama.
- Si el usuario selecciona la actividad “Guardar”. La PantallaGuardar envía el evento “Guardar” a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario envía el evento “Guardar” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal genera el evento *guardardiagrama*. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la Interfazusuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaPrincipal (E-4).
- Si elige “Salir” la PantallaGuardar solicita el evento “Salir” a la InterfazUsuario. La interfaz solicita el evento “Salir” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la interfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaPrincipal.

S-5 Explorar Diagrama

La PantallaPrincipal envía el evento *movimientoraton* a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario envía *movimientoraton* al ManejadorExploracion. El ManejadorExploracion solicita *dibujadiagrama* al ManejadorDiagrama. El ManejadorDiagrama envía *ok* al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaPrincipal.

S-6 Modificar Zoom

La PantallaPrincipal envía el evento “Zoom” a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario envía el evento *dibujadiagrama* al ManejadorDiagrama. El ManejadorDiagrama envía *ok* al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal

solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaPrincipal.

S-7 Filtrar Diagrama

La PantallaPrincipal envía el evento “Filtrar” a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario envía el evento *FiltraDiagrama* al ManejadorFiltrado. El ManejadorFiltrado solicita *dibujaDiagrama* al ManejadorDiagrama. El ManejadorDiagrama envía *ok* al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaPrincipal.

Excepciones:

E-1 Error al leer el archivo. El sistema no encontró el archivo especificado.

E-2 Error al escribir. El sistema no pudo grabar en el formato especificado.

E-3 Error en la impresión. El sistema no pudo imprimir en la impresora especificada.

E-4 Error al escribir. El sistema no pudo grabar en el directorio especificado.

Caso de Uso: Cargar Formato

Actores: Usuario

Tipo: Básico: Extensión

Propósito: Obtener la información del archivo que contiene la información que se va a diagramar.

Resumen: Se inicia por el caso de uso *Manipular Diagrama*. El usuario elige un archivo que contiene toda la información que se va a diagramar, el sistema extrae todo los datos del archivo y la presenta al usuario para seleccionar la información que quiere representar en el diagrama.

Precondiciones: El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaPrincipal al Usuario. Se requiere ingresar por medio de la PantallaPrincipal en el menú archivo y por la opción “Nuevo Diagrama”.

Flujo Principal: La PantallaPrincipal envía el evento “Nuevo Diagrama” a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario envía el evento “Nuevo Diagrama” al

ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaCargarFormato* a la InterfazUsuario. La interfazUsuario despliega la PantallaCargarFormato al Usuario. El Usuario puede elegir entre las siguientes actividades: “Examinar”, “Cargar Archivo” y “Salir”.

- Si elige la actividad “Examinar”. La PantallaCargarFormato envía el evento “Examinar” a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario envía el evento “Examinar” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaDirectorioArchivos* a la InterfazUsuario. La Interfaz despliega la PantallaDirectorioArchivos en la cual el Usuario establece una ruta y nombre de archivo para buscar un diagrama.

Si elige la actividad “Cargar Archivo”. La PantallaCargarFormato envía el evento “Cargar Archivo” a la InterfazUsuario. La Interfaz envía el evento “Cargar Archivo” al ManejadorCargarFormato. El ManejadorCargarFormato solicita *desplegarPantallaResumen* a la interfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaResumen al Usuario. En la PantallaResumen se le muestra al Usuario la información que va a ser representada en el diagrama. El Usuario puede elegir que información representar en la gráfica de Gantt. Si el usuario elige “Diagramar”. La PantallaResumen envía el evento “Diagramar” a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario envía el evento “Diagramar” al ManejadorDiagrama. El ManejadorDiagrama envía Ok al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la InterfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaPrincipal (E-1).

- Si elige “Salir”. La PantallaCargarFormato envía el evento “Salir” a la InterfazUsuario. La interfaz envía el evento “Salir” al ManejadorPrincipal. El ManejadorPrincipal solicita *desplegarPantallaPrincipal* a la interfazUsuario. La InterfazUsuario despliega la PantallaPrincipal.

Excepciones:

E-5 Archivo incorrecto: No se seleccionó un archivo válido para cargar la configuración al sistema.

ANEXO F

Diseño de la encuesta aplicada a usuarios

Encuesta sobre Visualizador Grafico Flexible

Lugar y Fecha:

Nombre:

1. ¿Utilizas otro sistema que te ayude en la visualización de la planificación de la producción incorporando un archivo de texto con un modelo de estudio de taller de flujo?

Muy de Acuerdo		De acuerdo		Desacuerdo		Muy en desacuerdo
7	6	5	4	3	2	1

Observaciones:

2. ¿Generar el formato de entrada fue sencillo?

Muy de Acuerdo		De acuerdo		Desacuerdo		Muy en desacuerdo
7	6	5	4	3	2	1

Observaciones:

3. ¿Los elementos incorporados en el formato de entrada, son mostrados en el visualizador?

Muy de Acuerdo		De acuerdo		Desacuerdo		Muy en desacuerdo
7	6	5	4	3	2	1

Observaciones:

4. ¿Los accesos directos y menús son los idóneos para el uso de funciones específicas del sistema?

Muy de Acuerdo		De acuerdo		Desacuerdo		Muy en desacuerdo
7	6	5	4	3	2	1

Observaciones:

5. ¿Los diagramas presentados facilitan la interpretación de la calidad del resultado del algoritmo?

Muy de Acuerdo		De acuerdo		Desacuerdo		Muy en desacuerdo
7	6	5	4	3	2	1

Observaciones:

6. Las herramientas de exploración proporcionadas son suficientes para la exploración de los datos

Muy de Acuerdo		De acuerdo		Desacuerdo		Muy en desacuerdo
7	6	5	4	3	2	1

Observaciones:

7. ¿Se tuvo algún problema al utilizar el sistema?

Muy de Acuerdo		De acuerdo		Desacuerdo		Muy en desacuerdo
7	6	5	4	3	2	1

En que funciones, por favor describa el error:

8. ¿Los colores mostrados son los adecuados para la interpretación de los resultados?

Muy de Acuerdo		De acuerdo		Desacuerdo		Muy en desacuerdo
7	6	5	4	3	2	1

Observaciones:

9. ¿En que sistema operativo se realizaron las pruebas?

10. ¿El sistema proporcionó una mayor profundización en la comprensión de los resultados generados?

Muy de Acuerdo		De acuerdo		Desacuerdo		Muy en desacuerdo
7	6	5	4	3	2	1

Observaciones:

11. ¿El sistema cumple con los requisitos solicitados?

Muy de Acuerdo		De acuerdo		Desacuerdo		Muy en desacuerdo
7	6	5	4	3	2	1

Observaciones:

12. ¿Utilizar el sistema es fácil?

Muy de Acuerdo		De acuerdo		Desacuerdo		Muy en desacuerdo
7	6	5	4	3	2	1

Observaciones:

13. ¿Cuántas veces cree utilizar el VGF durante el mes?

No del todo	Menos que	sobre	Dos o tres	muchas	sobre	muchas
Una vez a la semana		Veces a la semana		Una vez al día	veces cada día	
7	6	5	4	3	2	1

Observaciones:

14. ¿Con qué frecuencia cree utilizar el VGF?

No del todo	Menos que	sobre	Dos o tres	muchas	sobre	muchas
Una vez a la semana		Veces a la semana		Una vez al día	veces cada día	
7	6	5	4	3	2	1

Observaciones:

15. Por favor marque con una X su respuesta sobre el uso del VGF en las siguientes 4 escalas marcando la respuesta que considere como la más apropiada.

El utilizar el VGF en mi trabajo de planificación de la producción es _____ idea.

	Extremadamente	Totalmente	Ligeramente	Nada	Ligeramente	Totalmente	Extremadamente	
1. Sabio								Insensato

	Extremadamente	Totalmente	Ligeramente	Nada	Ligeramente	Totalmente	Extremadamente	
2. Negativo								Positivo

	Extremadamente	Totalmente	Ligeramente	Nada	Ligeramente	Totalmente	Extremadamente	
3. Dañino								Beneficio so

	Extremadamente	Totalmente	Ligeramente	Nada	Ligeramente	Totalmente	Extremadamente	
4. Bueno								Malo

Gracias por su participación