

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Desarrollo de líneas guías de proyecto para el diseño y construcción de un sistema de telepresencia vía INTERNET 2 para procedimientos quirúrgicos en salas de operaciones

Trabajo de graduación presentado por Marie André Destarac Eguizabal para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Electrónica

Guatemala

2006

Desarrollo de líneas guías de proyecto para el diseño y construcción de un sistema de telepresencia vía INTERNET 2 para procedimientos quirúrgicos en salas de operaciones

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Desarrollo de líneas guías de proyecto para el diseño y construcción de un sistema de telepresencia vía INTERNET 2 para procedimientos quirúrgicos en salas de operaciones

Trabajo de graduación presentado por Marie André Destarac Eguizabal para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Electrónica

Guatemala

2006

Dedico a

...mis padres, con todo mi corazón.
...mi tía Camila, con mucho cariño y admiración.
...mi hermana María José, con ilusión.
...mis tíos Gabriel y Marujina, que siempre han creído en mí.
...Anabella Ochoa, que me dio su valiosa orientación.
...mis amigos y amigas, que me han dado su apoyo,
pero sobretodo, a Dios con infinita gratitud.

PREFACIO

Como estudiante de la licenciatura en Ingeniería Electrónica, uno de los aspectos que más me ha apasionado es la aplicación de mi carrera al área de la medicina. Por esa razón, había escogido como tema de tesis el desarrollo de un proyecto de utilidad en esa rama, pero gracias a la iniciativa y a la invitación que me hizo el año pasado el Doctor-Ingeniero Manuel López, actual Director del Departamento de Ingeniería Electrónica, decidí involucrarme en este Megaproyecto. En aquel entonces sólo teníamos claro que debía relacionar tres ramas de la ingeniería con las ciencias médicas y que debía aprovechar la gran herramienta que constituye el Internet de segunda generación.

Fue así como logramos convocar a varios médicos de distintas entidades, que gustosamente nos ayudaron a definir el tema y la aplicación a realizar, y nació entonces este Megaproyecto, del cual presento a continuación su planificación.

Dicho lo anterior, agradezco a quienes de una manera u otra han sido de mucha ayuda con este tema: Macely Abascal, Ing. Erick Alvarez, Dr. Federico Castillo, Dr. Luis Alberto Destarac, Ligia Domínguez, Dr. Joel Falla, Ing. Luis Furlán, Dr. Rudolf García Gallont, Ing. Joaquín Garoz, Dr. Richard Hale, Dr. Eduardo Pineda, Eduardo Pineda hijo y Dr. Salvador Velásquez.

Así mismo, agradezco sobremanera al Dr. Ing. Manuel López por haberme dado la oportunidad de organizar, planificar y dirigir un proyecto de esta magnitud, y por la asesoría brindada para este trabajo de graduación.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE TABLAS	iii
LISTA DE GRÁFICOS	iv
RESUMEN	v
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
A. Internet de segunda generación	4
B. Proyectos de telepresencia en Latinoamérica	8
C. Megaproyecto	10
D. Convenio de cooperación UVG-Hospital Herrera Llerandi	12
III. OBJETIVOS	13
IV. MARCO TEORÍCO	14
A. Definición de un proyecto	14
B. Desarrollo de un proyecto	17
C. Planificación de un proyecto	18
V. DELIMITACIÓN DEL TEMA	31
VI. METODOLOGÍA	33
VII. DESARROLLO	36
A. Formulación del propósito, meta y objetivos	36
B. Organización del proyecto	38
C. Diagrama de bloques del sistema	39
D. Resumen de la especificación el megaproyecto	40
E. Estructura de división de trabajo	50
F. Definición del lapso de las tareas	55
G. Establecer dependencias y relaciones entre tareas	59
H. Identificación y asignación de recursos	62
I. Presupuestos	70
J. Programación y plazo de ejecución	71

K. Ruta crítica	79
L. Control de la ejecución	86
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
IX. BIBLIOGRAFÍA	90
X. ÁPENDICE	92
A. Microsoft Office Project 2003	92
B. Sistema Sakai	93
C. Sitio de trabajo para el Megaproyecto dentro de Sakai	95
XI. GLOSARIO	99

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Nivel de esquema 1 para división de trabajo	51
2	Nivel de esquema 2 para división de trabajo	51
3	Nivel de esquema 3 para división de trabajo	52
4	Lapso de las tareas	56
5	Dependencias entre tareas	60
6	Asignación de recursos	64
7	Recursos Humanos	67
8	Recursos materiales	68
9	Presupuestos	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica		Página
1	Diagrama de bloques de la estación remota	39
2	Diagrama de bloques de la sala de operaciones	40
3	Diagrama de Gantt	73
4	Diagrama de Gantt con ruta crítica	80
5	Página principal de Sakai-UVG	95
6	Diagrama de Gantt publicado en Sakai	96
7	Diagrama de bloques publicado en Sakai	97
8	Informe detallado del proyecto con Diagrama de Gantt publicado en Sakai.	97
9	Informe detallado de las tareas del proyecto, publicado en Sakai	98

RESUMEN

Este trabajo consiste en la planificación del Megaproyecto titulado: *Telepresencia vía INTERNET 2 para procedimientos quirúrgicos en salas de operaciones*. El proceso de planificación inicia con la definición de objetivos, la especificación de las características y la delimitación del tema, lo cual fue producto de una serie de reuniones entre un grupo de médicos, los directores del Departamento de Ingeniería en Ciencia de la Computación, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecánica y la directora del proyecto. A continuación se procedió a la organización de los diferentes grupos de estudiantes que integran el proyecto con el propósito de dirigir adecuadamente el esfuerzo de ellos hacia el desarrollo exitoso del mismo.

Tomando como base los documentos de especificación que fueron entregados por los estudiantes, se realizó una división de trabajo que dio por resultado la asignación de tareas precisas a cada uno de ellos. Dichas tareas han sido calendarizadas de acuerdo a las dependencias que existen entre ellas y a la necesidad y disponibilidad de los recursos. El resultado ha sido plasmado en una gráfica de Gantt.

El financiamiento de proyectos de investigación se caracteriza por alta inseguridad en obtenerlo. Previendo esta situación, a los estudiantes involucrados se les requirió generar tres presupuestos distintos, haciendo depender de los mismos la funcionalidad y/o calidad del equipo o materiales usados en las tareas específicas. Sin embargo, el criterio de esta selección es tener una funcionalidad mínima que no comprometa la seguridad de funcionamiento de la tarea o el sistema en conjunto para el presupuesto inferior, funcionalidad satisfactoria para el presupuesto mediano y óptima para el superior. Por ejemplo, la resolución y características de la cámara de video a usar mejoran al pasar del presupuesto bajo al medio y de igual

manera, de éste al alto, si bien el primero cumple con los requerimientos mínimos solicitados.

Según la planificación y calendarización realizada, se pudo determinar que el proyecto puede ser finalizado en un período de ocho meses si se dispone de los recursos identificados y asignados, y si se sigue un ritmo similar al propuesto en este trabajo. Finalmente se planteó un mecanismo de control y de comunicación para lograr un avance satisfactorio en el desarrollo del proyecto.

I. INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo de graduación consiste en desarrollar una plataforma que permita la integración multidisciplinaria de temas de las ingenierías electrónica, mecánica y ciencia de la computación resolviendo el problema específico de la telepresencia en quirófanos. Inicialmente debe contestarse la pregunta acerca de qué se está haciendo en esa área, indagando y revelando esfuerzos conocidos particularmente en Latinoamérica. A raíz de esta investigación preliminar, es necesario diferenciar el esfuerzo aquí desarrollado, justificando así el aporte novedoso dentro de la comunidad científica regional.

Uno de los ejemplos más claros de esfuerzo regional ligado a la telepresencia lo encontramos en lo que se conoce como RedCLARA (Cooperación Latino Americana de Redes Avanzadas). El 1 de septiembre de 2004, esta red comenzó a proveer conectividad directa de 155 Mega bits por segundo (Mbps), en una topología de <<anillo>>, enlazando a las redes de investigación y educación nacionales de varios países latinoamericanos, entre ellos Guatemala, conectándolas con Europa a 622 Mbps mediante un enlace entre Sao Paulo, Brasil, y Madrid, España. La meta de CLARA es proveer conexiones de Internet dedicadas para las comunidades de investigación y educación de la región latinoamericana, y de ésta con Europa.

Dichas conexiones, asociadas al nombre genérico *Internet 2*, tuvieron su origen en los Estados Unidos, cuando se creó una red alternativa a la Internet comercial, para permitir el intercambio y colaboración de investigación y educación entre diversas instituciones educativas.

RedCLARA también abre el camino para el uso de tecnología moderna en áreas como salud y educación. Una de esas aplicaciones es explotada por el proyecto T@lmed, el cual brinda su asesoramiento y equipamiento médico especializado a las poblaciones en sitios remotos, tales como la región amazónica del Brasil. Los datos de procedimientos médicos como escáneres utilizados en ginecología y oncología son enviados desde las

clínicas remotas en las que son llevados a cabo hacia los hospitales ubicados en las grandes ciudades para ser analizados por especialistas. En los casos en que una segunda opinión es requerida, T@lmed utiliza la red para enviar los datos a expertos médicos en Alemania.

El uso de Internet 2 en Guatemala, es algo muy reciente, pues no ha sido sino hasta este año que algunas universidades del país han comenzado a trabajar y experimentar internacionalmente con esta tecnología, por ejemplo, la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) y la Universidad Rafael Landívar (URL). Esto les ha permitido realizar videoconferencias sin interrupciones con múltiples participantes, que tienen una calidad de video y audio muy superior a las que se hacen sobre el Internet comercial.

En octubre del año pasado, surge en la UVG la propuesta de desarrollar un megaproyecto multidisciplinario, integrando tres ramas de la ingeniería con la medicina, que permita que un médico especialista pueda dirigir o asesorar un procedimiento quirúrgico a distancia, usando de preferencia la red de Internet 2 para ello. Esto quiere decir que la persona puede encontrarse a kilómetros de distancia de donde se realizará la operación, sin que esto impida su colaboración. El médico podrá contar con varias herramientas que le facilitarán su labor, como acceso al historial médico del paciente, que incluirá radiografías y ultrasonidos del tipo imagen fija; comunicación con la sala de operaciones y controles de mando para cámara de video que le permita observar el procedimiento.

A diferencia del ejemplo citado anteriormente, este proyecto no sólo permitirá el intercambio de expedientes médicos entre dos lugares remotos para su análisis, sino que también hará posible que un paciente no tenga que esperar mucho tiempo antes de ser operado o tratado por un especialista que se halla a kilómetros de distancia. Éste tampoco tendrá que invertir tiempo en el viaje hacia el lugar donde debe realizar el procedimiento, puesto que con la implementación de este proyecto podrá dirigirlo desde su oficina o casa.

El proyecto, además, ayudará al aprendizaje de estudiantes de medicina o incluso de otros médicos, ya que ellos podrían ser espectadores del procedimiento quirúrgico que dirigirá el especialista, estando también ellos conectados a través de Internet con la sala de operaciones donde se llevará a cabo.

Este trabajo de graduación es una herramienta para dicho Megaproyecto, el cual está siendo desarrollado por los estudiantes de quinto año de Ingeniería en Ciencia de la Computación, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecánica de la UVG. Busca organizar y planificar los diferentes pasos del proyecto, basándose en la teoría de administración de proyectos. Para ello, se definirán líneas guías en las cuales los estudiantes deben basarse para alcanzar los objetivos propuestos y cumplir con las fechas estimadas para la finalización de las diferentes etapas.

II. ANTECEDENTES

A. Internet de segunda generación

La Internet de hoy en día ya no es una red académica, como en sus comienzos, sino que se ha convertido en una red que se utiliza, en gran parte, para fines comerciales, particulares y de entretenimiento. Adicionalmente, los proveedores de servicios a través de Internet <<sobrevenden>> el ancho de banda que disponen, haciendo imposible garantizar un servicio mínimo en horas pico de uso de la red. Esto es crítico cuando se piensa en aplicaciones propias de Internet de segunda generación, que requieren calidad de servicio garantizada, lo que la hace inapropiada para la experimentación y el estudio de nuevas herramientas en gran escala.

Por otro lado, los enlaces de alta velocidad son aún demasiado costosos para poder realizar su comercialización masiva.

Todo lo anterior lleva a la conclusión que Internet no es un medio apto para dar el salto tecnológico que se necesita para compartir grandes volúmenes de información, videos, transmisión de conferencias en tiempo real o garantizar comunicación sincrónica permanente. Por ello, en 1998 surge en Estados Unidos el proyecto *Internet 2* que tenía como principal objetivo proveer a la comunidad académica de una red, con capacidades avanzadas separada de la Internet comercial, para la colaboración e investigación entre sus distintos miembros.

Hoy en día Internet 2 es un consorcio sin ánimo de lucro que desarrolla aplicaciones y tecnologías de redes avanzadas, la mayoría para transferir información a alta velocidad. Este proyecto es llevado a cabo por 270 universidades de Estados Unidos, organismos gubernamentales y otras compañías tecnológicas, y es administrado por la Corporación Universitaria para el Desarrollo Avanzado de Internet (UCAID, por sus siglas en inglés).

Sin embargo, debido al rico intercambio existente en la colaboración de proyectos, el concepto de las redes académicas y de investigación ha rebasado la frontera norteamericana y ha llegado a diversos países alrededor del mundo. En muchos de ellos, ya existe esta red, denominada genéricamente *Internet de segunda de generación*, y en otros hay planes de construirla o ya se hace.

Las universidades son, hoy en día, las instituciones que están a la cabeza de Internet de segunda generación, y ello se debe a que tienen una larga historia de desarrollo de redes avanzadas de investigación. La combinación de necesidades y recursos proporciona el marco perfecto para desarrollar la próxima generación de Internet. Las universidades son la fuente principal de demanda, tanto por las tecnologías de intercomunicación como por el talento necesario para ponerlas en práctica.

Las investigaciones en las diversas áreas del conocimiento se llevan a cabo principalmente en ellas. Las aplicaciones que actualmente se están desarrollando en Internet de segunda generación abarcan diversas disciplinas como astronomía, medicina, educación a distancia, arquitectura, física, ciencias sociales, etc. Los educadores e investigadores requieren cada vez más de tareas de colaboración y de infraestructura de comunicaciones. Estos son exactamente los elementos para los cuales la Internet de hoy brinda herramientas insuficientes, y que necesitan las tecnologías que Internet de segunda generación se propone crear.

Aunque el término <<Internet 2>> hace referencia a un consorcio de universidades estadounidenses que desarrollan aplicaciones avanzadas para Internet, comúnmente se utiliza para identificar a las redes avanzadas educativas y de investigación, de la misma forma que lo hace la expresión <<Internet de segunda generación>>.

1. Internet de segunda generación en Latinoamérica. En el 2002 surgió un proyecto denominado *Conectando a todos los investigadores Europeos y Sudamericanos* (CAESAR por sus siglas en inglés). El objetivo

principal era la creación de una red latinoamericana de alta velocidad para la investigación y la educación, y la conexión de esta red a su homóloga en Europa: GEANT.

El proyecto CAESAR pasó por diversas fases, hasta que finalmente se convirtió en el proyecto *América Latina Interconectada con Europa* (ALICE). A través de la iniciativa @LIS, cuyo objetivo primordial es disminuir la brecha digital entre los países que cuentan o no con el acceso a la información, la Comunidad Europea se hizo cargo del 80% del financiamiento de dicho proyecto. El resto fue proporcionado por los países Latinoamericanos participantes.

Para coordinar de manera ordenada y eficiente a las redes nacionales de América Latina, se conformó la *Asociación Civil Coordinadora Latinoamericana de Redes Avanzadas* (CLARA), teniendo como sede la ciudad de Montevideo, Uruguay. Durante los años 2002 al 2004, CLARA se enfocó en el diseño de la red física de Latinoamérica y su enlace a Europa, y finalmente, el 1 de septiembre del 2004, se formó el anillo principal de la red, denominada RedCLARA, que conectó Sao Paulo, Brasil con Madrid, España. Teniendo ya la conexión con Europa, los países interesados en formar parte de la red se irían conectando conforme organizaban y montaban la infraestructura necesaria.

La RedCLARA permite que los investigadores de Latinoamérica puedan trabajar en línea en iniciativas conjuntas, promoviendo un espíritu de colaboración entre las distintas naciones. El enlace directo a Europa añade una dimensión aún más amplia a esto, abriendo las vías de participación en proyectos de investigación europeos y estimulando el desarrollo de Latinoamérica en importantes áreas de la investigación científica, entre ellas en física de altas energías, astronomía y biomedicina. 600 universidades e institutos de investigación en América Latina están ahora conectados a más de 3.500 instituciones en Europa y a muchas más en todo el mundo.

Además, en el 2005 se inauguró una red física que une Tijuana, México con San Diego, California, Estados Unidos. De esta cuenta, América Latina

quedó enlazada a través de Internet de segunda generación con este país del norte. También se firmó un acuerdo para establecer una segunda red que conectará Sao Paulo, Brasil con Miami, Florida.

2. Internet de segunda generación en Guatemala. Para participar en el proyecto ALICE, Guatemala debía cumplir con la condición de tener una red nacional con personería jurídica propia, por lo que se convocó a representantes de las diez universidades existentes en el país. Seis de ellas conformaron el comité de creación de la Red Avanzada Guatemalteca para la Investigación y Educación (RAGIE), la cual quedó conformada en febrero del 2004 teniendo como miembros a:

1. Universidad de San Carlos de Guatemala
2. Universidad del Valle de Guatemala
3. Universidad Francisco Marroquín
4. Universidad Galileo
5. Universidad Mariano Gálvez
6. Universidad Rafael Landívar

Luego de conformado el comité, se cotizaron los servicios para la creación física de la red, poniendo como una de las condiciones que el ganador pasaría a ser miembro de RAGIE. Ya que la obra fue adjudicada a TELGUA, ésta pasó a ser el séptimo miembro.

Del 2004 al 2005 la red enlazó exclusivamente a sus miembros, pero a principios del 2006 ya fue posible conectarse internacionalmente. La UVG, por ejemplo, ha realizado varias videoconferencias con Estados Unidos y Brasil a través de Internet de segunda generación durante estos primeros meses del año e incluso se han recibido cursos desde la Universidad Estatal de Arizona (ASU, por sus siglas en inglés),

En la actualidad, en la lista de los miembros de RAGIE encontramos a Studio C y al Centro de Estudios Superiores de la Defensa Nacional (CEDESNA), que se han incorporado recientemente, pero la Universidad

Francisco Marroquín ha dejado de formar parte al retirarse el año pasado. Así, el total de miembros de RAGIE suman ocho al día de hoy.

B. Proyectos de telepresencia en Latinoamérica

La Ingeniería tiene en la actualidad diversas aplicaciones que han propiciado la creación de diferentes especialidades dentro de esta rama, que puedan ofrecer solución a los nuevos retos que presenta un mundo en constante evolución tecnológica como el nuestro.

Lo que hoy en día se conoce como la Ingeniería biomédica es la aplicación de las técnicas y principios de la ingeniería en la medicina. Es precisamente de esta unión de donde han podido surgir proyectos actuales que han causado un impacto profundo, al cerciorarnos del gran alcance que pueden llegar a tener las ciencias de la salud al apoyarse en la ingeniería como una herramienta que le permita dar soluciones a diversos problemas que se presentan en el área de la salud.

Indudablemente, el surgimiento de Internet y el avance de las telecomunicaciones, ha propiciado también una evolución en la medicina, dando lugar a lo que llamamos *Telemedicina*, que consiste en el uso de equipos de comunicación avanzada para proporcionar asistencia médica a una gran extensión de la población, de manera que el médico está en un lugar y el paciente en otro distante, es decir, que la telemedicina hace uso también de la *Telepresencia*. En otros términos, se puede definir la telepresencia, como <<presencia a distancia>>.

El inicio de la telepresencia fue originado experimentalmente por el Pentágono durante la guerra contra Irak en 1990, cuando al intentar salvar soldados heridos iniciaron un proyecto que consistía en atender emergencias de los campos de guerra desde lugares seguros, usando para ello un robot conocido como sistema <<Green de telepresencia>>. Este permitía efectuar cirugías a distancia de un país a otro; sin embargo, se enfrentaron a varios

inconvenientes, por lo que no tuvo éxito. Después surgieron otros proyectos de telepresencia que fueron mejorando este sistema y que permitieron su crecimiento y expansión.

Existen algunos ejemplos de proyectos en Latinoamérica que han combinado la telepresencia con la ingeniería, los cuales se describen a continuación:

- Proyecto **T@lemed** o **Telemed** (Telemedicina basada en evidencia): participan dos Universidades de Colombia y algunas instituciones de Brasil. El proyecto consiste en el montaje de una Red de Telemedicina, a través de Internet de segunda generación, que busca probar una nueva tecnología de comunicaciones que beneficie la región del Pacífico colombiano y la amazónica de Brasil, y promover posteriormente su implementación en otras áreas apartadas de Sur América. El proyecto se centra en la atención y diagnóstico (a distancia) de enfermedades típicas de estas regiones, como la malaria y tuberculosis, y deberá proveer los servicios de consulta, diagnóstico, educación y atención de urgencias, que contribuyan al tratamiento adecuado a los pacientes de las regiones apartadas y rurales sin que pacientes o cuerpo médico tengan que desplazarse hasta ellos. Además, los datos de procedimientos médicos como escáneres utilizados en ginecología y oncología pueden ser enviados desde las clínicas remotas en las que son llevados a cabo hacia los hospitales ubicados en las grandes ciudades para ser analizados por especialistas. En los casos en que una segunda opinión es requerida, T@lemed utiliza la red para enviar los datos a expertos médicos en Alemania.

- Proyecto **e-Health**: Proyecto implementado en la Clínica Virtual en Anticoagulación de la Fundación Santa Fe de Bogotá, Colombia. Los pacientes de la fundación con tratamiento anticoagulante oral obtienen un seguimiento permanente al conectarse a la clínica virtual vía Internet. Este sistema de interacción virtual, diseñado en una plataforma, cuenta con múltiples servicios para la comunicación a distancia entre médicos y pacientes, y utiliza una base de datos con información individualizada del

paciente y de su tratamiento que busca mejorar los estándares de seguimiento durante la terapia de anticoagulación oral ambulatoria.

- Proyecto **Sócrates**: Implementado en la Torre Médica de la Ciudad de México para la educación y asesoría en el área de la medicina. Este proyecto pretende armar una red de enseñanza con tres universidades de dicho país conectadas a los quirófanos de la Torre Médica. Esto permitirá que los estudiantes de medicina puedan, por medio de la telepresencia, observar un procedimiento quirúrgico y hacer preguntas a los especialistas tal como si estuvieran físicamente dentro de la sala de operaciones.

C. Megaproyecto

La UVG cuenta actualmente con varias modalidades para completar los requerimientos académicos de graduación en las distintas ingenierías. Dentro de ellas se conoce como la modalidad de megaproyecto una forma de sustituir el trabajo de graduación por la participación exitosa en tres talleres, cuyos contenidos son definidos por proyectos de investigación ejecutados dentro de la UVG. Aunque los talleres no necesariamente deben tener relación entre sí, es usual que estén contenidos dentro de un mismo proyecto de investigación, y que su secuencia comprenda respectivamente el estudio de viabilidad, la ejecución y la optimización del mismo.

Ya que todo proyecto lo requiere y obedeciendo a la magnitud que se quiera alcanzar, el megaproyecto podrá ser dirigido y administrado externamente, ya sea por un estudiante de grado superior, o por un asesor que domine el tema. Esto asegurará que los objetivos globales del proyecto se cumplan y evitará conflictos y descontroles entre los integrantes del equipo.

Para el megaproyecto actual los estudiantes han dividido su trabajo en tres etapas, cada una de las cuales debe desarrollarse aproximadamente en un semestre. La primera etapa correspondió a la investigación sobre las

diferentes partes del proyecto, las formas o maneras en que pueden llegar a cumplir los requerimientos solicitados. La segunda parte constituye el desarrollo y ejecución del proyecto y la última, su optimización.

Cada semestre los estudiantes deben asignarse un taller, el cual estará a cargo del administrador o de un catedrático que posea experiencia en el tema que trate el proyecto. Este será responsable de acompañar a los estudiantes en el proceso de desarrollo del mismo, ayudándoles a resolver dudas técnicas, monitoreando los avances que tengan y evaluando si han cumplido con el trabajo establecido, aprovechando cierta cantidad de períodos semanales destinados al taller. Al finalizar el proyecto, los estudiantes se habrán asignados tres talleres, los cuales deben estar aprobados para poder graduarse.

1. Objetivos del Megaproyecto como modalidad de trabajo de graduación. La modalidad de megaproyecto comparte muchos de los alcances y objetivos del trabajo de graduación regular. Los objetivos propios del megaproyecto son:

- Aumentar la experiencia que los estudiantes normalmente adquieren en la realización de trabajos de investigación o trabajos profesionales, al participar en un proyecto multidisciplinario que les permitirá involucrarse en otras ramas de la ciencia.
- Ampliar el efecto que pueda tener un trabajo de graduación, ya que es indudable que el alcance del trabajo de varias personas que buscan alcanzar un mismo objetivo, como sucede en un Megaproyecto, no es el mismo que el de una sola.
- Fomentar la investigación entre los estudiantes de la UVG.
- Motivar a los estudiantes a desempeñar sus labores en conjunto o en grupos multidisciplinarios, como preparación a la forma en que trabajarán en el futuro a nivel profesional.

- Fomentar la autoorganización en los estudiantes, de manera que no solamente resuelvan un problema dado, sino que además formulen posibles dificultades a lo largo del desarrollo del megaproyecto.

D. Convenio de cooperación UVG-Hospital Herrera Llerandi

El 31 de marzo del 2006 la UVG y el Hospital Herrera Llerandi firmaron un convenio de cooperación, con el propósito de promover el desarrollo de actividades y proyectos académicos, científicos y técnicos en el campo de las ciencias de la medicina y la ingeniería, particularmente la telemedicina.

Este convenio establece que los estudiantes de ingeniería de la UVG pueden optar a realizar sus trabajos de graduación en el Hospital Herrera Llerandi. Estas prácticas incluyen la participación de los estudiantes en el diseño e implementación de proyectos específicos y previamente acordados dentro del Hospital.

Como parte de este convenio, se desarrollará el megaproyecto *Telepresencia vía Internet 2 para procedimientos quirúrgicos en salas de operaciones*. El proyecto piloto se instalará en uno de los quirófanos del Hospital Herrera Llerandi.

Dicho convenio es un logro adicional de este trabajo de graduación y se obtuvo gracias a las diferentes reuniones a las que se convocaron a los médicos, particularmente aquellos que trabajan en el Hospital Herrera Llerandi, y al interés que suscitó en ellos y en la dirección del hospital la realización de un proyecto de telemedicina.

III. OBJETIVOS

A. Generales

- Contribuir a que el Megaproyecto *Telepresencia vía Internet 2 para procedimientos quirúrgicos en salas de operaciones* sea realizado exitosamente.
- Crear una guía de organización y planificación que sirva de base para que el Megaproyecto sea ejecutado exitosamente.

B. Específicos

- Definir el propósito, objetivos y metas para el Megaproyecto.
- Identificar todas las tareas necesarias para la ejecución del Megaproyecto.
- Organizar las tareas, identificando y mostrando las distintas relaciones de dependencia entre ellas.
- Asignar recursos materiales y humanos a las tareas, basándose en la distribución sugerida por los estudiantes involucrados en el Megaproyecto.
- Programar todas las tareas del Megaproyecto de manera que se pueda obtener un calendario de actividades, el cual podrá ser visualizado usando el diagrama de Gantt.
- Generar tres diferentes presupuestos a partir de la integración de costos calculados por los estudiantes.
- Proponer un método para darle seguimiento a cada etapa del proyecto que permita controlar la ejecución del mismo.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Definición de proyecto

La gestión de proyectos ha existido desde tiempos muy antiguos, históricamente relacionada con proyectos de ingeniería de construcción de obras civiles, y en campañas militares, donde también entran en juego muchos elementos de gestión (identificación de objetivos, gestión de recursos humanos, logística, identificación de riesgos, financiación, etc.). Pero es a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando el avance de estas técnicas, desde el punto de vista profesional, empieza a transformar la administración de proyectos en una disciplina de investigación.

El manual *Guide to the Project Management Body of Knowledge* (publicado por el Project Management Institute en el año 2000, conocido como el PMBOK) define un proyecto como un <<esfuerzo temporal para la creación de un producto o servicio único>>. Según Briceño (1996:5), se puede definir como un conjunto de actividades independientes orientadas a un fin específico, con una duración predeterminada.

No se debe olvidar que, ante todo, un proyecto es *temporal*. La duración de un proyecto podría ser de una semana, varios meses o incluso años, aunque cada uno posee una fecha de fin. Es muy probable que cuando comience no se sepa la fecha de fin, pero ocurrirá en algún momento. Un proyecto es también un *esfuerzo*. Los recursos, como son las personas y los dispositivos o equipo a usar, necesitan realizar un trabajo. El esfuerzo es encargado a un equipo u organización, de modo que los proyectos se convierten en eventos planificados. El éxito de los mismos depende de la preparación y planificación previa. Finalmente, cada proyecto crea un producto o servicio único. Este es el *objetivo*, la razón por la que se emprende o se hace el proyecto.

Un proyecto puede ser visto de muchas formas, pero según Chatfield y Johnson (2004:529) la visión de proyectos más común es la que se denomina *triángulo del proyecto*. La idea básica es que cada proyecto posee los elementos tiempo, costo y ámbito:

- **Tiempo.** Es el elemento más conocido por todos los miembros del equipo que desarrolla un proyecto y representa la fecha límite de finalización. Puede que el equipo no conozca el presupuesto del proyecto o el ámbito de trabajo de manera detallada, pero seguramente sabrán la fecha límite de entrega. Por ejemplo, en el caso de este megaproyecto el equipo de estudiantes sabe que debe terminar su trabajo a finales de este año para poder graduarse en los primeros meses del siguiente. Para muchos proyectos que tienen como fin un evento o la creación de un producto, el tiempo puede ser la delimitación más importante a manejar.

- **Costo.** Cuando se habla de costo se piensa inmediatamente en el capital, pero en realidad tiene un significado más amplio. Los costos son todos los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Esto incluye a las personas y el equipo de dispositivos a usar, los materiales y todos los demás eventos y aspectos que requieren capital o la supervisión por parte de alguien. En el caso de este megaproyecto, se necesitan ciertos recursos materiales, como lo son la cámara, componentes electrónicos, software, etc., los cuales tienen un costo a cubrir. De igual manera, las horas de trabajo que emplearán los estudiantes, que son el recurso humano, tiene también un costo asociado.

- **Ámbito.** Se distinguen dos tipos de ámbitos: el del producto y el del proyecto. El primero se refiere a las características, la calidad y funciones del producto. El segundo, describe el trabajo requerido para lograr el objetivo del proyecto con el ámbito previsto del producto y normalmente se mide en tareas y fases. Ambos ámbitos están estrechamente relacionados.

La gestión del proyecto deberá realizar un balance de las delimitaciones del tiempo, costo y ámbito. El triángulo de proyectos ilustra el proceso del balance de las delimitaciones como los tres lados de un triángulo que se encuentran conectados, y cualquier cambio realizado en uno de sus lados afecta a los otros dos. Normalmente uno de los tres lados se establece como la máxima prioridad y es sobre él que se tendrá control total, no así con los otros dos. La definición de prioridades es sumamente importante, ya que se tomarán decisiones críticas en base a ellas durante el transcurso del proyecto. Por ejemplo, si la prioridad máxima del proyecto es la fecha de entrega y la duración de la programación de éste disminuye, podría necesitarse aumentar el presupuesto (costo) ya que se deberá contar con más recursos para realizar el mismo trabajo en menos tiempo.

1. El administrador de proyecto. Todo proyecto necesita de un administrador que planifique y controle cada aspecto del mismo. El administrador de proyecto se destaca como la figura clave en la planificación, ejecución y control del proyecto y es el motor que ha de impulsar el avance del mismo mediante la toma de decisiones que permitan cumplir los objetivos. Tiene poder ejecutivo y autoridad para disponer y tomar decisiones dentro del ámbito y objetivos del proyecto.

Su misión es dirigir el equipo del que dispone para alcanzar los objetivos del proyecto. Sus funciones específicas son:

- Colaboración en la definición de los objetivos del proyecto.
- Planificación del proyecto en varios aspectos, identificando las actividades a realizar, los recursos a usar, los plazos y los costos previstos.
- Dirección y coordinación de todos los recursos empleados en el proyecto.
- Mantenimiento constante de las relaciones externas del proyecto, por ejemplo, médicos y colaboradores.

- Llevar a cabo medidas correctoras para solucionar las desviaciones que se hubieran detectado en el plan trazado.
- Proponer modificaciones a los límites u objetivos básicos del proyecto cuando ocurran circunstancias que así lo ameriten.
- Coordinar las ideas propuestas por los estudiantes a lo largo del megaproyecto.
- Organizar y dirigir reuniones del equipo en las que se detallen avances, contratiempos y modificaciones del proyecto que hayan podido surgir.

B. Desarrollo de un proyecto

La naturaleza misma de cada proyecto define en alguna medida la manera en que será manejado. Sin embargo, existen ciertas fases de desarrollo por las que la mayoría de proyectos deben pasar para lograr alcanzar el objetivo propuesto. Para efectos de estudio, pueden distinguirse cuatro grandes fases en el desarrollo y operación de proyectos: iniciación, planificación, ejecución y entrega. A continuación se explican brevemente cada una de ellas:

1. Iniciación. Comprende todas las actividades desde que se concibe la primera idea del proyecto a realizar hasta que se toma la decisión final respecto a si se lleva a cabo o no según las evaluaciones hechas. Estas evaluaciones pueden ser técnicas, económicas y/o financieras. Si la decisión es realizar el proyecto, en esta etapa se definen los objetivos del mismo, los recursos necesarios para su ejecución, se designa a un director o administrador y se autoriza la elaboración de un plan de trabajo.

2. Planificación. Esta fase tiene como misión establecer cómo el equipo de trabajo logrará satisfacer las restricciones de costo y tiempo. Los aspectos claves del proyecto deben estar claramente definidos para hacer un plan de ejecución detallado y realista que le de consistencia al proyecto.

3. Ejecución. Representa el conjunto de tareas y actividades que suponen la realización propiamente dicha del proyecto. La ejecución inicia de acuerdo a lo determinado en el plan y todas las tareas deben apegarse a él hasta la finalización del proyecto. Además, debe monitorearse el progreso y los gastos realizados, comparando ambos con el plan trazado y llevando a cabo las acciones correctivas que sean necesarias.

4. Entrega. Todo proyecto está destinado a finalizarse en un plazo determinado, culminando en la entrega al cliente o la puesta en marcha del sistema desarrollado, comprobando que funciona adecuadamente y responde a las especificaciones aprobadas. Esta fase es muy importante por las dificultades que suele presentar en la práctica, al alargarse excesivamente y provocando retrasos y costos imprevistos. En esta etapa también se documenta y archiva toda la información y se toman las decisiones futuras que estén relacionadas con el proyecto, como pueden ser extensiones del mismo.

C. Planificación de un proyecto

La planificación se lleva a cabo a partir de los propios requisitos del proyecto. Estos son determinados por una serie de condiciones bajo las cuales se han de alcanzar los objetivos del proyecto, tal como la tecnología, los recursos humanos, el equipo con el que se podrá contar, la comercialización futura de los resultados del proyecto, etc. Esta fase es la que se encarga de crear los objetivos, metas y estrategias para lograr que el proyecto sea finalizado con éxito.

El nivel de detalle que llegue a tener la planeación está ligado a las exigencias del propio proyecto y resalta los puntos clave. Además, debe incluir un mecanismo o una serie de herramientas que permitan monitorear el plan, lo que permitirá controlar plenamente el desarrollo del mismo.

La manera más sencilla de comenzar a planificar un proyecto complejo es imaginarlo finalizado con las características y elementos que lo harán exitoso. Esta visión permite obtener los objetivos del proyecto y de ello, las estrategias para cumplirlos. Es importante tener en consideración que sin una visión clara del proyecto, el trabajo que pueda realizar todo el equipo les parecerá desordenado y sin razón.

Los procedimientos o pasos a seguir para planificar un proyecto son los siguientes:

1. Definir el propósito y la meta.
2. Definir y ordenar los objetivos a alcanzar.
3. Identificar las tareas a realizar y desglosar el trabajo requerido.
4. Establecer el lapso de las tareas.
5. Establecer las dependencias entre las tareas y su jerarquía.
6. Identificar y asignar los recursos necesarios.
7. Realizar el presupuesto del proyecto.
8. Programar y definir plazo de ejecución del proyecto.
9. Identificar los márgenes de demora y la ruta crítica.

1. Propósito y meta del proyecto. La primera tarea que tiene un administrador o director de proyecto es la formulación del propósito y meta del proyecto. Se debe pensar en el propósito como algo adicional que se quiere obtener al haber alcanzado la meta, una ganancia. La meta es aquello que se quiere lograr. Por ello, debe ser alcanzable, específica, medible y limitada temporalmente.

2. Objetivos del proyecto. Un proyecto puede tener uno o varios objetivos, y estos pueden ser generales o específicos. Los objetivos son los que justifican el proyecto, las razones por la que se lleva a cabo. Deben ser medibles, concretos, realistas y temporales, puesto que lo delimitan.

3. Identificación de tareas y división del trabajo. Una de las más importantes misiones del administrador del proyecto y su equipo de trabajo es la identificación y descripción de las actividades que es necesario desarrollar para llegar al resultado adecuado. Esta tarea implica elegir entre muchas opciones y resolver muchas preguntas. Y todo ello se hará desconociendo lo que ocurrirá en la realidad y teniendo niveles altos de complejidad, que son propios de los proyectos.

La tarea de descomposición de actividades trata de subdividir los elementos del proyecto en componentes lo suficientemente pequeños para facilitar las tareas de programación, ejecución y control. La forma más común de descomponer las tareas de un proyecto es conocida como la planificación arriba-abajo o descendente. Para ello, será necesario:

a. Identificar los elementos principales del proyecto, como los son módulos y sub módulos.

b. Identificar las tareas que componen cada sub módulo.

c. Identificar las fases que componen cada tarea.

La descomposición termina al llegar al grado de detalle deseado y después debe comprobarse si los componentes inferiores son necesarios y suficientes, y si se les puede estimar una duración y costo. Si esta comprobación es satisfactoria, se ha llegado al final de la división de trabajo.

4. Establecer la duración de las tareas. Después de haber realizado la división del trabajo, debe estimarse la duración de cada tarea. Para ello, deben considerarse los siguientes aspectos:

- Información histórica de proyectos anteriores que sean similares.
- Estimación de las personas que serán las encargadas de realizar las tareas.
- El juicio experto de personas que hayan trabajado con proyectos similares.
- Las normas en las que se basan las empresas u organizaciones que estén relacionadas con proyectos similares.
- Simulaciones como el método Pert, que estima el tiempo de duración del proyecto ponderando tres distintos escenarios de probabilidades para obtener un promedio que generalmente es muy cercano al real; o el método Monte Carlo, que al definir una distribución de probabilidad para cada actividad, calcula la distribución de probabilidad para el proyecto completo.

a. Hitos. Los hitos son eventos significativos que suceden en el transcurso del proyecto, por ejemplo, la finalización de una fase de trabajo, o acompañan al proyecto, como una fecha límite para la solicitud de permisos. Ya que el hito en sí no supone la realización de un trabajo, normalmente se representan como tareas con una duración cero.

5. Establecer dependencias entre las tareas. Las tareas de los proyectos deben llevarse a cabo en un determinado orden y con cierta dependencia entre ellas. Por ejemplo, antes de que se produzca la tarea de edición de una escena, deberá ser completada su filmación. Estas dos tareas poseen una relación o dependencia en la que se identifican dos aspectos:

- La segunda tarea debe producirse después de la primera tarea, lo que se conoce como *secuencia*.

- La segunda tarea sólo se producirá si la primera tarea es completada, lo que se denomina *dependencia*.

La primera tarea recibe el nombre de **predecesora**, ya que antecede a las que dependen de ella. La segunda se denomina **sucesora**, ya que ocurre luego de las tareas de las que depende. Cualquier tarea puede ser la predecesora de una o más, así como cualquiera puede ser sucesora de una o más tareas. Lo anterior puede parecer complicado, aunque esto hace que sólo pueda haber cuatro tipos de dependencia entre tareas:

a. Fin a comienzo (FC): Esta resulta ser la dependencia o relación más común y responde a un tipo de procedimiento secuencial. La fecha de fin de la tarea predecesora determina la fecha de comienzo de la sucesora, o en otras palabras, una tarea no puede comenzar hasta que la antecesora no haya culminado.

b. Comienzo a comienzo (CC): La fecha de comienzo de la tarea predecesora determina la fecha de comienzo de la sucesora. Por ejemplo, la revisión del guión de una película y la planificación del calendario están estrechamente relacionados y deben ocurrir de manera simultánea.

c. Fin a fin (FF): La fecha de fin de la tarea predecesora determina la fecha de fin de la sucesora. Por ejemplo, las tareas que requieren de determinada máquina o equipo deben finalizar al mismo tiempo que el alquiler de éste.

d. Comienzo a fin (CF): La fecha de comienzo de la tarea predecesora determina la fecha de fin de la sucesora. Este tipo de dependencia se usa en raras ocasiones. Por ejemplo, cuando se hace un seguimiento de las tareas de contabilidad.

En todo proyecto hay ciertas tareas que no tienen dependencia con ninguna, por lo que, para ahorrar tiempo, pueden programarse para ejecutarse en paralelo con otra.

También es recomendable dejar períodos libres antes o después de algunas tareas como método de prevención en caso de que ocurran atrasos en la ejecución de las tareas. Esto garantiza que el proyecto pueda finalizarse a tiempo y da un margen de holgura para la ejecución del mismo.

6. Identificación y asignación de recursos. Los recursos son las personas, el equipo, instalaciones o materiales necesarios para completar las tareas de un proyecto. La asignación de los mismos suele ser uno de los aspectos que más complicaciones produce. La definición y asignación de recursos implica prever tres aspectos: qué tipos de recursos se usarán, en qué cantidad y durante cuánto tiempo. Los primeros dos influirán en la ejecución de una tarea y en la cantidad de trabajo que un recurso específico pueda hacer, y el tercer aspecto está muy ligado al importe que será necesario pagar por los recursos.

Al comenzar la identificación de los recursos debe determinarse qué tan específicamente se desea describir un recurso, ya que esto repercute en la flexibilidad que se puedan tener en el momento en que surjan complicaciones dentro del proyecto. Un miembro del equipo puede retirarse o cierto material podría no estar disponible, por lo que la facilidad y rapidez con que se podrá continuar con la ejecución del proyecto, dependerá del grado de detalle que se haya hecho del recurso.

La asignación de recursos resulta ser un aspecto de mucha importancia dentro de un proyecto, ya que de ello depende la calendarización de las tareas, que debe de concordar con la disponibilidad de los recursos. Esto también permite identificar cuellos de botella causado por la restricción de los mismos. Implícitamente, lo anterior puede llevar a que existan varias relaciones *fin a comienzo* entre las tareas al necesitar el mismo recurso.

La relación entre la capacidad de un recurso y sus asignaciones es lo que denomina *distribución*. Cada recurso posee uno de los tres estados de distribución que se explican a continuación:

a. Infraasignado: Las asignaciones del recurso no cubren su capacidad máxima.

b. Totalmente asignado: Las asignaciones del recurso cubren su capacidad máxima.

c. Sobreasignado: Las asignaciones del recurso sobrepasan su capacidad máxima.

Al identificar y asignar los recursos a las tareas lo ideal es que las cargas de trabajo sean repartidas equitativamente entre el equipo y que los recursos estén totalmente asignados.

7. Elaboración del presupuesto. Es indudable que todo proyecto requiere de un presupuesto, que en muchas ocasiones determina si éste se realiza o no. El cálculo del mismo es de suma importancia y un procedimiento obligatorio en la planeación, que permitirá analizar la rentabilidad y eficiencia del proyecto. En caso que se requiera de un financiamiento o de un préstamo, así como de una donación, el presupuesto será de mucha utilidad.

Una vez se hayan identificado y ordenado las tareas a realizar y habiendo determinado cuáles recursos van a usarse en cada una de ellas, se facilita el cálculo del costo de las mismas. Por conveniencia, el costo de los recursos debe ser listado junto a estos, lo que facilitará también la realización y el cálculo del presupuesto. Éste debe presentarse en dólares estadounidenses, la moneda universal de la actualidad.

8. Programación y plazo de ejecución del proyecto. La planificación se ocupa de estructurar las tareas a realizar dentro del proyecto, definiendo la duración y el orden de ejecución de las mismas, mientras que la

programación trata de ordenar las actividades de forma que se puedan identificar las relaciones temporales lógicas entre ellas, determinando el calendario o los instantes de tiempo en que debe realizarse cada una. La programación debe ser coherente con los objetivos perseguidos y respetar las restricciones existentes, tales como los recursos, costes, cargas de trabajo, etc.

Por lo tanto, la programación consiste en fijar los instantes de inicio y terminación de cada actividad. Algunas de ellas pueden tener holgura y otras, como las tareas críticas, no pueden tener retraso, pues afectan el plazo de finalización del proyecto.

Para comenzar la programación, se ha de partir de los siguientes datos, los cuales se han obtenido de los pasos anteriores:

- Tareas que requiere el proyecto
- Estimación de duración de las tareas
- Relaciones entre las tareas
- Recursos asignados a las tareas
- Calendarios de disponibilidad de los recursos para las tareas
- Limitaciones, como fechas fijas para resultados o fases del proyecto

a. Herramientas gráficas. Según los resultados que se deseen visualizar, existen diferentes herramientas gráficas que pueden ser de mucha utilidad. Ellas facilitarán la construcción del calendario de las tareas del proyecto. A continuación se resumen las más importantes:

1.) Diagrama de Gantt: desarrollado por Henry Gantt durante la Primera Guerra Mundial, este diagrama muestra la fecha de comienzo y

finalización de las actividades, así como su duración estimada. Está integrado por dos ejes: el horizontal muestra las actividades a realizar y en el vertical la escala de tiempo, mientras que la duración de cada una se representa con una línea gruesa dibujada en el lugar correspondiente. Este diagrama resulta de mayor utilidad cuando se agregan los recursos y su grado de disponibilidad. Entre sus ventajas tiene la facilidad de construcción y comprensión, y el control del desarrollo global del proyecto. Su principal desventaja es que no muestra las relaciones ni dependencias entre las tareas.

2.) PERT (Program Evaluation and Review Technique): El programa de evaluación y revisión técnica, por su traducción al español, fue desarrollado a finales de los años 50 por la armada de los Estados Unidos. Generalmente se denominan *técnicas PERT* al conjunto de modelos abstractos para la programación y análisis de proyectos de ingeniería. Estas técnicas nos ayudan a programar un proyecto con el coste mínimo y la duración más adecuada. Como se mencionó anteriormente, está orientado a los sucesos o eventos y se utiliza en proyectos en los que el tiempo de duración de las actividades es una incertidumbre. Con un diagrama PERT se obtiene un conocimiento preciso de la secuencia necesaria para la ejecución de cada tarea y utilización de los diagramas que muestren las dependencias entre ellas. Este método está orientado al plazo de ejecución y no toma mucha consideración sobre el costo.

3.) PDM (Precedence Diagramming Method): El método de diagramación por precedencia se basa en el uso de una red en la que se muestran las tareas en los nodos y los arcos representan retrasos de tiempo entre los puntos que unen (comienzo o fin de un nodo), a la vez que se muestran las dependencias. Permite reflejar distintas relaciones de precedencia entre las tareas (FC, CC, FF, CF). Este método tiene más flexibilidad que el PERT y su representación gráfica es más sencilla.

4.) ADM (Arrow Diagramming Method): Está orientado a las tareas y se aplica en la industria de la construcción, en la que comúnmente el tiempo

de cada tarea es controlable. Las actividades se representan con flechas que se conectan con nodos para mostrar las dependencias, por lo cual se le conoce también como <<técnica de actividad sobre flecha>>.

5.) Diagrama de tiempos con dependencias: Este método se trata de un gráfico de Gantt en el que aparecen las dependencias entre las actividades y los recursos implicados en cada una de ellas. De esta forma permite tener una idea más real del proyecto que la que se obtiene con el diagrama de Gantt descrito anteriormente. También consta de dos ejes: en el horizontal se muestra la escala de tiempo que se está manejando (horas, días, semanas, etc.) y en el vertical se muestran las tareas que comprenden el proyecto. Permite controlar fácilmente el desarrollo del proyecto al ir dibujando barras que indican el progreso de las tareas. También ayuda a identificar las tareas claves, la ruta crítica y los márgenes de demora.

b. Delimitación de las tareas. Como parte de la programación de un proyecto y complemento de algunos de los métodos gráficos, existen ciertas delimitaciones aplicables a las tareas. Una delimitación controla la fecha de comienzo y fin de una tarea y el grado en el que puede ser modificada su programación. Existen tres categorías de delimitaciones:

1.) Delimitaciones flexibles: Es posible cambiar la fecha de comienzo y fin de una tarea, pero no su duración. Estas delimitaciones permiten que las actividades sean programadas sin ninguna limitación que no sea la de su relación con las tareas predecesoras o sucesoras. En este tipo de delimitaciones no existe una fecha asociada y es de las más recomendables para usar.

2.) Delimitaciones inflexibles: Una tarea debe comenzar o finalizar en una determinada fecha, lo que limitará los posibles cambios en la programación de una tarea dentro del intervalo de fecha especificado. En ocasiones, estas delimitaciones se conocen como delimitaciones fuertes.

3.) Delimitaciones semiflexibles: Una tarea tiene un límite de fecha de comienzo o fin. Sin embargo, dentro de ese límite hay posibilidad de cambiar las fechas de comienzo o fin, pero no la duración. Por ejemplo, una tarea no debe finalizar después del 25 de junio del 2006, pero si puede hacerlo antes. Esta categoría de delimitaciones evitan absolutamente la posibilidad de programar de nuevo una actividad y deben usarse sólo cuando sea estrictamente necesario. En ocasiones, este tipo de delimitación también se denominan delimitaciones débiles.

c. Tipos de delimitaciones de tareas. Existen ocho tipos de delimitaciones de tareas, las cuales son usadas principalmente en el *diagrama de tiempos con dependencias* descrito anteriormente:

1.) Lo antes posible (LAP): Pertenece a la delimitación flexible y significa que la tarea será programada para comenzar lo más pronto posible. Éste es el valor predeterminado que usan la mayoría de métodos gráficos que contienen delimitaciones de tareas.

2.) Lo más tarde posible (LMTP): La tarea se programa para comenzar lo más tarde posible sin que para ello se deban posponer las tareas sucesoras o cambiar la fecha de fin del proyecto. Pertenece a la categoría de delimitación flexible.

3.) No comenzar antes del (NCAD): Es una delimitación semiflexible. Programa una actividad para que comience en o después de la fecha de delimitación que se haya especificado. Se usa para evitar que una tarea inicie antes de un día determinado.

4.) No comenzar después del (NCDD): Programa una tarea para que comience en o antes de la fecha estipulada. Esto evita que una tarea comience después de una fecha determinada. También es un tipo de delimitación semiflexible.

5.) No finalizar antes del (NFAD): Pertenece a las delimitaciones semiflexibles y lo que hace es programar una actividad para que finalice en o después de la fecha seleccionada. Así se evita que la tarea termine antes de cierto momento.

6.) No finalizar después de (NFDD): Estipula que una tarea finalice en o antes de la fecha de delimitación que se haya especificado, evitando que termine después de cierto día. Es una delimitación del tipo semiflexible.

7.) Debe comenzar el (DBE): Pertenece al grupo de delimitaciones inflexibles. Programará una tarea para que comience en la fecha especificada. De esta manera se asegura que la actividad iniciará en determinado momento.

8.) Debe finalizar el (DFE): Se usa este tipo de delimitación inflexible para asegurar que una tarea finalice en una determinada fecha.

9. Ruta crítica y márgenes de demora. Una ruta crítica es la serie de tareas más extensa que se debe completar a tiempo antes de la fecha de fin del proyecto. La palabra <<crítica>> no está asociada a la importancia de estas tareas para el proyecto global, sólo hace referencia al modo en que su programación afectará a la fecha de fin de éste. Si se desea reducir la duración de un proyecto para cambiar la fecha de fin, lo primero que debe hacerse es acortar la ruta crítica.

Durante el transcurso de un proyecto, probablemente cambie la ruta crítica del mismo conforme vayan siendo finalizadas las tareas antes o después de lo previsto o por la asignación de recursos a las actividades. Después de que sea completada una actividad de la ruta crítica, dejará de considerarse <<crítica>>, ya que no puede afectar a la fecha de finalización del proyecto.

Unos de los aspectos clave de la ruta crítica es la demora, también conocido como flotante. Existen dos tipos de demora: margen de demora y demora total. El primero es la cantidad de tiempo que una tarea puede retrasarse sin demorar a otra. La demora total es la cantidad de tiempo que una tarea puede retrasarse sin que se posponga la fecha de finalización del proyecto.

Para que una tarea sea incluida en la ruta crítica, su demora total deberá ser inferior a una determinada cantidad (normalmente, cero). Por el contrario, las tareas que no son críticas disponen de una demora, lo que quiere decir que pueden comenzar o finalizar más pronto o más tarde dentro de su margen de retraso sin que esto afecte a la fecha de fin del proyecto. Es importante reconocer la totalidad de los márgenes de demora que tenga el proyecto, ya que estos tiempos podrán ser usados para aplicar planes de contingencia cuando surjan imprevistos.

De lo explicado en estos párrafos puede notarse la importancia de controlar constantemente la ruta crítica, ya que es factible que una tarea que en principio se considera no crítica, pueda llegar a serlo al hacerle algún cambio que aparente ser poco significativo.

Finalmente, debe mencionarse que tras los cálculos de duración de un proyecto y de la identificación de la ruta crítica, existe toda una compleja teoría. Sin embargo, en la actualidad es posible encontrar paquetes de software que son capaces de hacer todos esos cálculos y presentar los resultados de una manera clara para el usuario. Esto permite que el administrador aumente su desempeño al enfocar sus energías en el monitoreo, control y estrategias del proyecto.

V. DELIMITACIÓN DEL TEMA

Se entiende por el *Desarrollo de líneas guías de proyecto para el diseño y construcción de un sistema de telepresencia vía Internet 2 para procedimientos quirúrgicos en salas de operaciones* como la planificación de un proyecto que consiste en el diseño y construcción de un sistema de telepresencia para procedimientos quirúrgicos en salas de operaciones. Este trabajo de graduación se limita entonces a sentar las bases y guías sobre las cuales se podrá elaborar el proyecto. El resultado del siguiente trabajo es una guía que al ser seguida por los estudiantes de 5to año de Ingeniería en Ciencia de la Computación, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecánica de la UVG del año 2006, o por cualquier grupo con características similares y el conocimiento necesario, permitirá que el proyecto en mención sea concluido exitosamente, es decir, en el tiempo estimado y alcanzando los objetivos planteados.

Además de la planificación del proyecto, este trabajo de graduación incluyó las siguientes actividades que sirvieron para definir las características y objetivos del proyecto:

- Contactar y reunir a distintos médicos y especialistas con los Directores de Ingeniería en Ciencia de la Computación, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecánica de la UVG para definir los lineamientos, objetivos y características generales del proyecto.
- Apoyo y orientación para lograr una especificación sobre el trabajo a realizar por cada estudiante, que en conjunto comprenden el material que se usó como base para la planificación del proyecto.
- Asesoría técnica sobre los diversos temas involucrados en el desarrollo del proyecto desde el inicio del mismo.

- Reestructurar la separación del proyecto en módulos y sub módulos para facilitar la planificación del mismo, el control y supervisión del desarrollo de cada tarea y la asignación eficiente de los recursos.
- Integración del trabajo individual de los estudiantes en un sistema interrelacionado.

Este trabajo de graduación se limita entonces a la reestructuración de la separación del proyecto en módulos y sub módulos, a su planificación y al apoyo previo en la especificación del mismo, y no contempla la ejecución ni cualquier otra fase posterior, aunque si propone un método para controlar su progreso.

VI. METODOLOGÍA

La metodología a seguir está basada principalmente en los pasos que requiere la planificación de un proyecto, los cuales se presentan como parte del marco teórico de este trabajo de graduación:

1. Formular el propósito, la meta y los objetivos del proyecto para guiar adecuadamente a todo el equipo y permitir que enfoquen su trabajo de manera apropiada para que el proyecto sea finalizado con éxito.

2. Coordinar la distribución de trabajo de los estudiantes, el cual deben especificar en la primera etapa del Megaproyecto, preparando un documento en el que se refleje la investigación realizada. Esta debe de incluir una explicación detallada de lo que se proponen realizar, las tareas a ejecutar, las dependencias que tengan con otros estudiantes y tres presupuestos de distintos costos.

3. Reestructurar la separación del proyecto en módulos y submódulos, los cuales fueron propuestos anteriormente por los estudiantes y el profesor encargado de los talleres, lo que facilitará la planificación, ejecución y el control de cada fase del mismo. Esto simplificará la división de trabajo y facilitará la comprensión del alcance del proyecto.

4. Elaborar un diagrama de bloques del sistema que les permita tener a los integrantes del equipo una visión global del proyecto, una mejor comprensión de su trabajo y de la importancia del mismo.

5. Coordinar las divisiones de trabajo propuestas por los estudiantes y plantear una estructura de división del mismo en los casos que así lo requirieron, para identificar todas las tareas y fases necesarias que permitan planificar y ejecutar el proyecto eficientemente.

6. Coordinar y proponer las duraciones adecuadas de las tareas, basando las estimaciones en las sugerencias de los miembros del equipo.

7. Establecer dependencias y relaciones entre las tareas del proyecto, lo que facilitará la visualización del impacto que pueda tener un retraso en la iniciación o finalización de una de ellas.

8. Asignar los recursos necesarios para la elaboración del proyecto, basándose en la estructura previamente propuesta por los estudiantes y, en base a las limitantes que puedan existir en cuanto a materiales y personal, modificar las dependencias para no sobrecargar a los integrantes con trabajo o asignar materiales que podrían ser escasos.

9. Calendarizar el proyecto en una gráfica de Gantt, mostrando todas las tareas a realizar, las fechas de inicio, la duración de todas las actividades y del proyecto en general.

10. Identificar la ruta crítica para prever contratiempos u otros problemas que pudieran derivarse, así como las holguras o tiempos de demora que servirán para evitar el retraso de la finalización del proyecto y que permitirán sugerir acciones a realizar.

11. Integración de los distintos costos de los recursos propuestos por los estudiantes, lo que permitirá obtener tres presupuestos generales del proyecto. Uno de costo bajo (a ser cubierto por los mismos estudiantes), otro de costo medio (a ser cubierto en parte por los estudiantes y en parte por patrocinadores), y otro de costo alto (a ser cubierto por patrocinadores).

12. Proponer un mecanismo que permita publicar información del proyecto y el control del progreso del mismo, creando un sitio de trabajo para el megaproyecto dentro del sistema Sakai de la UVG. El primer aspecto será útil para los miembros del equipo, ya que podrán acceder en cualquier momento a dicha información para comparar su desempeño o consultar algún

aspecto, y el segundo será una importante herramienta para que el administrador pueda monitorear el desarrollo del proyecto.

Herramientas de trabajo

La principal herramienta de trabajo utilizada en este trabajo de graduación es el paquete de software Microsoft Office Project 2003. Este software especializado en la administración de proyectos permite un desarrollo metódico y eficiente del proceso de planificación de los mismos, además que proporciona una herramienta gráfica muy útil, basada en el diagrama de Gantt, para la visualización de las diferentes tareas, las dependencias entre ellas, las fechas de inicio y finalización de cada una y los recursos involucrados en el proyecto.

Los otros recursos utilizados comprenden los trabajos presentados por los estudiantes en la etapa de especificación del megaproyecto y diferentes referencias bibliográficas, tales como libros especializados en el tema de gestión de proyectos, así como en el uso de Microsoft Office Project 2003.

VII. DESARROLLO

A. Formulación del propósito, meta y objetivos

El trabajo se inicializó especificando el propósito y las características del proyecto a realizar. Para esto se llevó a cabo una serie de reuniones con un grupo de médicos, los directores del Departamento de Ingeniería en Ciencia de la Computación, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecánica y los estudiantes, en las cuales se definieron los objetivos principales del proyecto. En estos objetivos se basa la asignación de trabajo que se define más adelante y se origina la especificación presentada en los documentos desarrollados individualmente por los estudiantes, la cual se resume en este documento.

A continuación se explican el propósito, la meta y los objetivos del proyecto:

1. Propósito. Aplicar una gran parte de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en un proyecto multidisciplinario, que permite la adquisición de valiosa experiencia en los campos de la investigación y el trabajo profesional.

2. Meta. Crear un sistema de telepresencia vía Internet para procedimientos quirúrgicos en salas de operaciones. El sistema debe permitir que una persona capacitada en el área de medicina pueda observar, asesorar o dirigir una operación quirúrgica desde un lugar remoto cualquiera por medio de una computadora conectada preferentemente a la red de Internet 2. Además, debe proveerle ciertas herramientas para facilitarle su trabajo, como información del paciente, controles para manipular una cámara desde la estación remota y la posibilidad de comunicarse verbalmente con las personas que estén en la sala de operaciones. El proyecto debe ser finalizado en un tiempo máximo de ocho meses.

3. Objetivos

a. Planificar el desarrollo de un módulo de base de datos y expedientes médicos que provea importante información médica sobre el paciente a operar, constituido por los siguientes sub módulos.

- Creación de la base de datos
- Administración de la base de datos
- Informes médicos
- Digitalización de radiografías y ultrasonidos como imagen fija

b. Planificar el desarrollo de un módulo de cámaras, que permita la movilidad del dispositivo de video a usar, integrado por los siguientes sub módulos:

- Mecánica
- Potencia
- Control de cámaras
- Procesamiento de la señal de video

c. Planificar el desarrollo de un módulo de sistema de audio, que permitirá la comunicación entre la sala de operaciones y la estación remota, constituido por los siguientes sub módulos:

- Transmisión del audio
- Recepción del audio

d. Planificar el desarrollo de un módulo de comunicaciones, que permite la integración de los distintos módulos y el control remoto del sistema, constituido por los siguientes sub módulos:

- Protocolos
- Comunicaciones
- Enlace

- Estación remota (desde la cual se controlará el dispositivo de video)

e. Integrar los cuatro módulos de manera que se obtenga un sistema funcional que cumpla con la meta propuesta.

B. Organización del proyecto

El equipo de trabajo está conformado por 26 estudiantes que cursan actualmente su quinto año de la carrera y están repartidos de la siguiente manera:

- 7 estudiantes de Ingeniería en Ciencia de la Computación.
- 16 estudiantes de Ingeniería Electrónica.
- 3 estudiantes de Ingeniería Mecánica.

Al haberse definido los módulos necesarios a desarrollar y teniendo conformado en su totalidad el equipo de estudiantes, se procedió a formar grupos de trabajos. La mayoría de ellos son multidisciplinarios, es decir, están formados por estudiantes de las tres carreras mencionadas anteriormente. A continuación se menciona el número total de estudiantes que trabajarán en cada módulo, así como la carrera que cursan:

1. Módulo de base de datos y expedientes médicos: está integrado por cinco estudiantes, dos de Ing. en Ciencias de la Computación y tres de Ingeniería Electrónica.

2. Módulo de cámaras: está integrado por trece estudiantes, dos de Ing. en Ciencia de la Computación, ocho de Ing. Electrónica y tres de Ing. Mecánica.

3. Módulo de sistema de audio: está integrado por dos estudiantes de Ing. Electrónica.

4. Módulo de comunicaciones: está integrado por seis estudiantes, tres de Ing. en Ciencia de la Computación y tres de Ing. Electrónica.

C. Diagrama de bloques del sistema

Como resultado de la serie de reuniones en las cuales se especificaron los objetivos y los alcances del proyecto, y de los reportes desarrollados por los estudiantes, se elaboraron los siguientes diagramas de bloques, que presentan una visión general del sistema separado en los dos conjuntos físicos que lo componen.

Fig. 1. Diagrama de bloques de la estación remota

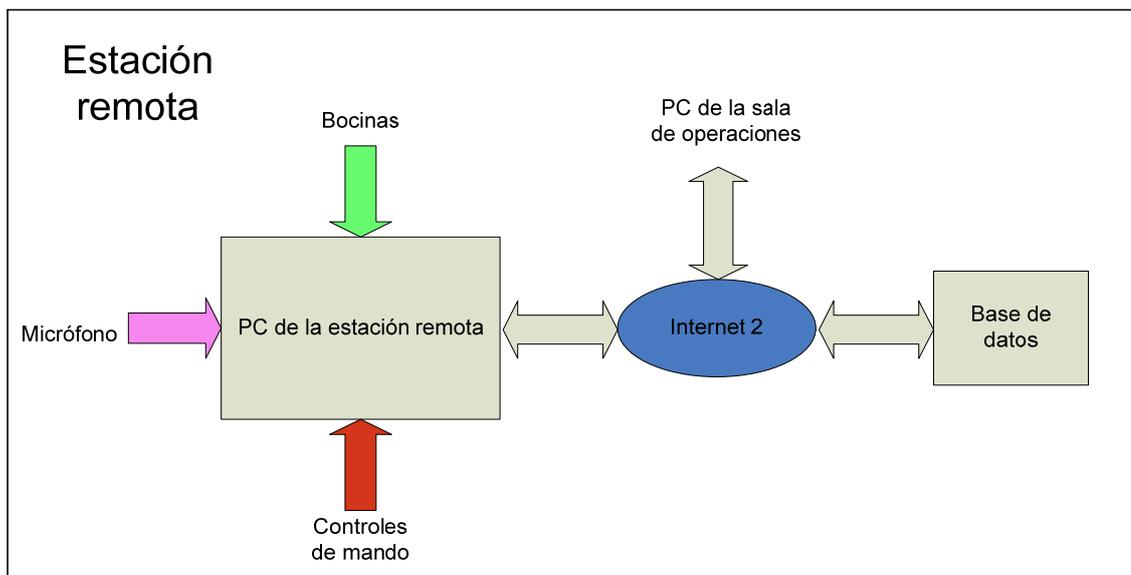
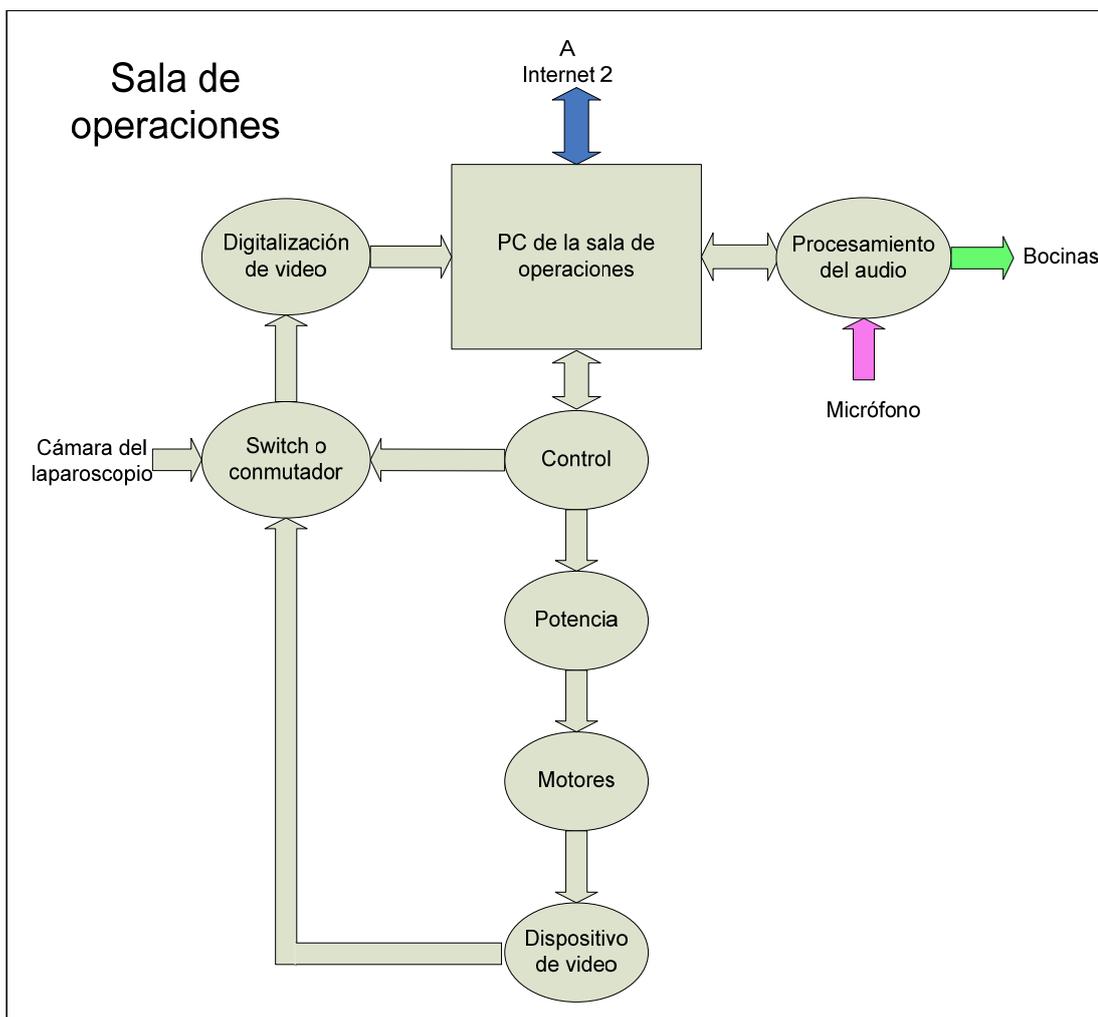


Fig. 2. Diagrama de bloques de la Sala de operaciones



A continuación se describe la especificación del proyecto, la cual está basada en las investigaciones hechas por los estudiantes en la primera etapa del Megaproyecto y que también es producto de las reuniones iniciales con los médicos, los directores de Departamento y los estudiantes.

D. Resumen de la especificación del Megaproyecto

Para los fines de este proyecto, un sistema de telepresencia para procedimientos quirúrgicos en salas de operaciones está compuesto por una estación remota desde la cual un médico o especialista podrá dirigir, asesorar u observar una práctica quirúrgica llevada a cabo por otros galenos. La estación remota debe estar conectada preferentemente a la red de Internet 2

y desde ella el usuario podrá manipular una cámara suspendida del techo de una sala de operaciones, escoger qué video desea observar, ya que habrá por lo menos dos cámaras, y acceder al historial médico del paciente a través de una base de datos. También podrá comunicarse con las personas que estén dentro de la sala de operaciones con ayuda de micrófonos y bocinas localizados en ambos lugares.

El sistema estará integrado por los siguientes módulos y sub módulos:

1. Base de datos y expedientes médicos
 - a. Desarrollo de la base de datos
 - b. Administración
 - c. Informes
 - d. Digitalización de imágenes

2. Cámaras
 - a. Mecánica
 - b. Potencia
 - c. Control
 - d. Procesamiento del video

3. Sistema de audio
 - a. Transmisión hacia estación remota
 - b. Recepción en sala de operaciones

4. Sistema de comunicaciones
 - a. Protocolos
 - b. Comunicaciones
 - c. Enlace
 - d. Estación remota

A continuación se describe cada módulo en base a las investigaciones individuales realizadas por los estudiantes:

1. Base de datos y expedientes médicos

a. Desarrollo de la base de datos. Para el desarrollo de la base de datos se definirá el manejador a usar, el tipo de estructura y la forma en que se almacenarán los datos. De aquí podrá determinarse los tipos de campos, tablas y relaciones que contendrá y que guardarán toda la información. Además, debe establecerse la manera en que los datos serán ingresados, modificados y consultados dentro de la base de datos.

La base de datos estará almacenada o localizada en el servidor ubicado en la sala de operaciones y podrá ser accedido desde cualquier computadora conectada preferentemente a la red de Internet 2, siempre y cuando el usuario tenga los permisos necesarios. La base de datos funciona de manera independiente al sistema y es más bien un complemento del mismo.

b. Administración. Este sub módulo se encarga del control de los usuarios que podrán tener acceso a la base de datos y de los permisos que poseen. Esto determinará si el usuario puede o no actualizar datos de un paciente, crear un nuevo expediente, ingresar un nuevo gráfico (radiografía o ultrasonido), etc.

Se crearán filtros de seguridad, los cuales serán proporcionados por la base de datos al determinar qué tipo de usuario es y qué nivel de acceso tiene a la información, lo que asegura la privacidad y protección de los datos almacenados.

c. Informes. Este sub módulo se encargará de la creación y actualización del expediente de cada paciente, así como su historial médico. En cada expediente se almacenarán los datos personales del paciente, su fotografía, el historial de consultas y/o ingresos hospitalarios, diagnóstico, medicamentos recetados y aplicados, procedimientos realizados, resultados de exámenes, radiografías, etc.

Además, también se encargará de mantener un catálogo actualizado de fármacos, enfermedades, procedimientos, exámenes, etc., de manera que la base de datos se convierta en una herramienta más versátil para el médico que la use.

d. Digitalización de imágenes. Este sub módulo digitalizará dos tipos de imágenes médicas de manera que puedan almacenarse muchas de ellas en la base de datos sin que sean archivos muy grandes. Los tipos de imágenes a digitalizar serán radiografías y ultrasonidos del tipo imagen fija.

Ya que la base de datos almacenará los expedientes de los pacientes de varios médicos y cada expediente podría tener muchas radiografías o ultrasonidos, es imprescindible comprimir cada imagen para no ocupar demasiado espacio en ellas.

Para digitalizar dichas imágenes es necesario primero ingresarlas a una computadora, ya sea usando un scanner o una cámara digital. Teniendo ya la imagen en formato digital es necesario aplicar un software especial de compresión de datos, lo que permitirá disminuir notablemente el tamaño del archivo. Este software será seleccionado en base a la investigación de los estudiantes a cargo.

2. Cámaras

a. Mecánica. El sub módulo de mecánica está integrado por las siguientes partes:

- Estructura
- Sistema de dirección

El material del que estará hecha la estructura debe ser sumamente resistente, no provocar ruido y recomendable para trabajar en un ambiente estéril. Para esto se utilizará aluminio aleado en pequeños porcentajes con zinc y níquel. El diseño de la estructura debe contemplar el movimiento de la

cámara y sus componentes, de manera que se puedan cubrir distintos ángulos de visión en el área de la camilla donde está el paciente. Este diseño no debe interferir con el equipo médico presente en la sala de operaciones, y se basará además en las características específicas de la cámara a usar, el sistema de dirección y motores.

El sistema de dirección será el adecuado para mover la cámara a lo largo de dos ejes, llamados eje x y eje y , y en semiesfera. En principio se ha definido un sistema para cada eje con un cilindro y un carrete móvil, al que le es transmitida la potencia a través de una faja dentada unida a su vez con un servomotor, pero este podría ser modificado de acuerdo a las necesidades y características de la estructura. Para el movimiento semiesférico de la cámara se ha definido un sistema de engranajes al que se tendrán que adaptar los motores que controlarán dicho desplazamiento.

b. Potencia. El sub módulo de potencia es el encargado de suministrar poder a todos los sistemas relacionados con la cámara, incluyendo motores, sensores y circuitos. Debe aportar también los circuitos manejadores de motores y aislar la fase de potencia debidamente de las fases de electrónica. Los circuitos manejadores de motores deben ser diseñados de manera que cumplan con las especificaciones y necesidades establecidas por el sub módulo de control.

c. Control. Este sub módulo está integrado por las siguientes partes:

- Movimiento de la cámara
- Selección de cámara

Para controlar el movimiento de la cámara se podrá usar una palanca de mando y una serie de teclas, o ciertos botones implementados en la interfaz, que el usuario podrá manipular para desplazar la cámara hacia cualquiera de las cuatro direcciones cardinales, realizar un acercamiento hacia cierta área o alejarse de ella, y mover el dispositivo en forma semiesférica. Los estudiantes

encargados decidirán en la etapa de desarrollo si se usará el equipo descrito, la interfaz o ambos para controlar la cámara.

El sub módulo de control recibirá del controlador central una serie de instrucciones, las cuales deberá procesar para decidir cual motor tendrá movimiento. Luego se generará una señal electrónica digital, la cual será entregada al sub módulo de potencia para que genere la señal necesaria para hacer girar los motores de pasos (steppers) de modo que ubiquen la cámara en el punto deseado o bien para alejar o acercar más el lente de ésta (zoom). Se recomienda la utilización de sensores que le indiquen al usuario que ha llegado al límite del movimiento horizontal, vertical y semiesférico de la cámara.

La selección de la cámara a usar se realizará con teclas específicas del teclado de la computadora de la estación remota o bien con un botón especial de la interfaz. Al presionar cualquiera de ellas, el usuario escogerá observar el video tomado por la cámara implementada o el video del laparoscopio, lo cual se logrará con ayuda de un conmutador o switch que estará localizado en la sala de operaciones y que entregará la señal elegida al sub módulo de procesamiento del video.

d. Procesamiento de video. Este sub módulo consta de las siguientes partes:

- Digitalización del video
- Transmisión del video

La digitalización del video consistirá en tomar la señal de video analógica, ya sea por medio de un cable RCA o de un cable coaxial, y convertirla a un formato digital antes de transmitirla por la red de Internet 2 a la estación remota. En principio se tiene pensado usar un equipo especializado en la conversión de señales de video análogas a formatos digitales del tipo MPEG-4, que tiene entre sus ventajas la compresión de la señal digital para facilitar su transmisión.

Teniendo la señal de video en formato digital, se procederá a enviarla por medio del protocolo USB a un servidor localizado dentro del hospital donde se está llevando a cabo la operación o a la computadora de la sala de operaciones.

La transmisión del video consistirá en tomar la señal de video localizada en el servidor o en la computadora y enviarla por medio de la capa de enlace punto a punto con un protocolo a definirse aún por los estudiantes encargados, el cual debe hacer un chequeo de errores antes de transmitir la señal por Internet 2. La computadora de la estación remota recibirá el video, lo descomprimirá y lo enviará a la interfaz del sub módulo estación remota para su reproducción.

3. Sistema de audio

a. Transmisión hacia estación remota. Este sub módulo está integrado por dos partes:

- Micrófono
- Procesamiento de la señal a transmitir

La primera parte de este sub módulo se encarga de seleccionar el micrófono más adecuado y ubicarlo en la sala de operaciones. Éste estará suspendido del techo, y será del tipo omnidireccional el cual capta el sonido de varias vías dentro de un ambiente como señal analógica.

El procesamiento de la señal a transmitir se encargará de modificar la señal de audio proveniente de la sala de operaciones de manera que se elimine la mayor cantidad posible de ruido que contenga y quede solamente la voz, y de convertir la señal analógica a una digital. Dicha señal entrará a la tarjeta de sonido de una computadora y podrá ser transmitida por Internet 2 hacia la Estación remota.

b. Recepción en sala de operaciones. Este sub módulo está integrado por dos partes:

- Conmutación
- Procesamiento de la señal recibida

Este sub módulo se encargará de la conmutación del audio de la estación remota, de manera que cuando el usuario de dicha estación desee hablar, será necesario que presione determinada tecla o botón para comenzar a enviar la señal de audio hacia la sala de operaciones, lo que impedirá la audición de ruido en dicho lugar.

Se recomienda que este sistema sea implementado por software, de manera que en lugar de utilizar una tecla del teclado, el usuario sólo necesite presionar cierto botón de su pantalla con ayuda del ratón de la computadora (mouse).

El procesamiento de la señal recibida se encargará de filtrar la señal de audio proveniente de la estación remota de manera que se elimine la mayor cantidad posible de ruido que contenga, y de digitalizarla para poder procesarla, mejorando así su calidad. Luego de estos pasos, la señal será amplificada y enviada hacia las bocinas localizadas en la sala de operaciones, que podrán ser las de la computadora de dicho lugar o independientes.

4. Comunicaciones

a. Protocolos. El sub módulo de protocolos no existe físicamente en el sistema. Es el set de reglas que definen enteramente todos los flujos de información que existen entre sub módulos del sistema. Estas reglas se definirán a conveniencia de los estudiantes encargados de los sub módulos de control, potencia y comunicaciones.

El protocolo general debe definir el tipo y características de la red existente, el formato de las tramas de información, velocidades, limitaciones, listas de instrucciones, codificación de las instrucciones a bits y cualquier otra información relacionada a cualquier comunicación que se dé entre sub módulos, de manera que no existan conflictos.

b. Comunicaciones.

Todo el flujo de información de datos, video y audio entre la sala de operaciones y la estación remota se enviará a través de la red de Internet 2. En ambos lugares habrá una computadora desde la cual se mandará y recibirá dicha información. Aunque la base de datos es un módulo independiente, también usará dicha red para la comunicación de los datos, como ya se mencionó.

El sub módulo de comunicaciones está integrado por las siguientes partes:

- Separación de señales
- Controlador central

La separación de señales se encargará de etiquetar la señal de audio y la señal con los datos de control de la cámara, provenientes de la estación remota. Luego de esto, la señal de audio será enviada a la tarjeta de sonido de la computadora de la sala de operación, de donde podrá ser obtenida por el sub módulo de recepción de audio, y la de los datos al controlador central. El diseño y las características del programa encargado de ello serán producto de la investigación y pruebas del estudiante responsable de esta parte del sub módulo.

El controlador central se encargará de administrar todo el flujo de información entre la computadora de la sala de operaciones y los distintos sub módulos de la cámara. Así, esta parte del sub módulo comprenderá de un programa en un micro controlador, llamado maestro, que se comunique por medio de una red CAN con un grupo de micro controladores que forman

parte de los sub módulos control y potencia. La comunicación entre el micro controlador maestro y la computadora se hará a través de una red USB.

Toda la información que se envíe desde el controlador central hacia la computadora de la sala de operaciones será comprimida antes de enviarse hacia la estación remota, con el objetivo de facilitar dicho envío.

c. Enlace. Este sub módulo está integrado por tres partes:

- Establecimiento de conexión punto a punto
- Transmisión de datos
- Cierre de sesiones

El establecimiento de conexión punto a punto es el encargado de conectar dos estaciones de trabajo, en este caso la sala de operaciones y el cliente remoto. Esto se realiza autenticándose con el servidor del protocolo de inicio de sesión (SIP, por sus siglas en inglés) y luego se envía una <<invitación>> para establecer una sesión entre las estaciones. La computadora que recibe la invitación es quién decide aceptar o rechazar la conexión.

La fase de transmisión de datos es la base de comunicación para los demás módulos. Para que dicha transmisión pueda llevarse a cabo debe de existir una sesión entre las computadoras. El SIP define un método de <<mensaje>> el cual permite la implementación de los protocolos utilizados para la transmisión de medios multimedia.

El cierre de sesiones da por terminada la conexión entre los clientes.

d. Estación remota. La estación remota es una computadora cualquiera que tiene comunicación directa a través de Internet 2 con la cámara de video implementada en la sala de operaciones. Debe contar con un micrófono y un sistema de bocinas, además de una palanca y botones de mando si se implementa el control de la cámara por medio de ellos. Esta

computadora podrá acceder a una interfaz y a la base datos si el usuario cuenta con los permisos necesarios.

La interfaz contará, por lo menos, con los siguientes componentes:

- Imagen de video obtenida por una de las cámaras
- Controles para manejo manual
- Controles para selección de cámara
- Control para conmutación de micrófono

Además, la interfaz podrá contar con acceso multiusuario. Los usuarios con privilegio para controlar la cámara son limitados, deben pasar por un sistema de autorización y autenticación antes de poder manejarla, a la vez que sólo se permitirá que uno de ellos la opere. El resto de usuarios tendrán acceso únicamente visual.

E. Estructura de división de trabajo

La estructura de división de trabajo se realizó partiendo de la meta y de los objetivos. El grado de detalle alcanzado se limitó a manera de llegar a un punto en el que los estudiantes aún tuvieran la libertad de tomar decisiones importantes relacionadas a los diseños, tecnologías, procedimientos y técnicas a utilizar.

Debido a lo anterior, se puede observar en la tabla 1 que no se detallan las tareas, sólo se indican las áreas generales. A este tipo de estructura se le llama Nivel de esquema 1 y corresponde a una planificación arriba-abajo o descendente, donde se trabaja desde lo más general a lo más detallado.

El siguiente paso es incluir los sub módulos del proyecto para ir haciendo la división de manera gradual. Aquí ya se incluyen los hitos, que para este caso indicarán la finalización de cada módulo, y se representan como la última tarea de todos los módulos, llamada *Sistema de XX completo*. Dicha estructura es conocida como Nivel de esquema 2.

Tabla 1. Nivel de esquema 1 para división de trabajo

Nombre de tarea
Base de datos y expedientes médicos
Cámaras
Sistema de audio
Sistema de comunicaciones
Puesta en marcha en conjunto y pruebas
Optimización

Tabla 2. Nivel de esquema 2 para división de trabajo

Nombre de tarea
Base de datos y expedientes médicos
Desarrollo de la base de datos
Administración
Informes
Hacer módulo de transmisión
Digitalización de imágenes
Pruebas
Presentación a médicos y personal de informática
Instalación de servidor en hospital
Base de datos y expedientes médicos completa
Cámaras
Potencia
Mecánica
Control
Procesamiento del video
Cámaras completa
Sistema de audio
Transmisión hacia estación remota
Recepción en sala de operaciones
Sistema de audio completo
Sistema de comunicaciones
Protocolos
Comunicaciones
Enlace
Estación remota
Sistema de comunicaciones completo
Puesta en marcha en conjunto y pruebas
Optimización

Finalmente se obtiene el Nivel de estructura 3 al haber identificado todas las tareas necesarias para completar cada sub módulo. En este nivel quedan definidas el total de actividades complementarias a ser realizadas por el

grupo de estudiantes y comprende de aproximadamente ciento veintisiete tareas, como se puede observar a continuación:

Tabla 3. Nivel de esquema 3 para división de trabajo

Nombre de tarea
Base de datos y expedientes médicos
Desarrollo de la base de datos
Adquisición de equipo
Definición del modelo Entidad-Relación
Definición de tablas
Definición de campos y tipos
Definición de relaciones
Instalación del manejador
Administración
Creación de usuarios
Creación de filtros de seguridad
Hacer módulo que informe de imposibilidad de acceso (según tipo de usuario)
Informes
Creación de expedientes de algunos pacientes
Creación del catálogo
Hacer módulo de consultas y reportes
Hacer módulo de transmisión
Digitalización de imágenes
Adquisición de equipo
Ingresar imágenes médicas a la computadora
Hacer pruebas con software de compresión
Compresión de imágenes médicas
Acople del software a la base de datos
Hacer pruebas de ingreso de imágenes
Ingreso de algunas imágenes a la base de datos
Pruebas
Presentación a médicos y personal de informática
Instalación de servidor en hospital
Base de datos y expedientes médicos completa
Cámaras
Potencia
Definir fuente de poder a usar
Adquisición del equipo
Construir circuito manejador de motores
Construir circuito para interfazar potencia con control
Definir voltajes necesarios en la estructura
Construir circuitos reguladores para suministro de voltaje
Acoplar fuente de voltaje a la estructura
Suministrar voltajes necesarios en todos los puntos de la estructura

Tabla 3. Nivel de esquema 3 para división de trabajo (continuación)

Nombre de tarea
Mecánica
Determinación del tipo de cámara a usar
Determinación de sistema de dirección de la estructura
Determinación de sistema de semiesfera para la cámara
Determinación de cantidad y tipos de motores a usar
Calculo de torque, cargas, momentos y tamaño de la estructura
Diseño de la estructura
Cotización y determinación del equipo a usar
Adquisición del equipo (incluyendo la cámara)
Armar la estructura
Armar y montar mecanismo de semiesfera
Montaje y adaptación de los motores y la cámara
Control
Adquisición de equipo
Programación del bloque controlador de cámaras y movimiento
Construir el circuito conmutador de video
Desarrollar e implementar chequeo de límites de movimiento
Interfasar con módulo de Potencia y Mecánica
Pruebas de rendimiento de motores y confiabilidad del equipo
Procesamiento del video
Determinación del equipo a usar para digitalización de video
Desarrollar interfase entre señal de video recibida con la computadora
Adquisición del equipo
Pruebas de digitalización con el equipo
Acople con el conmutador
Implementación del envío de video por USB
Asignación y control de puerto de entrada del video
Almacenamiento de la señal
Control y chequeo de errores
Manipulación de la señal de video
Envío de video
Recepción de video
Reproducción de video
Pruebas
Cámaras completa
Sistema de audio
Transmisión hacia estación remota
Estudiar requerimientos para instalar equipo en sala de operaciones
Determinar tipo de equipo a usar (micrófonos, bocinas, filtros, etc.)
Adquisición del equipo
Acoplar el micrófono al preamplificador de audio
Diseñar y construir filtro Anti-alias
Diseñar y Construir circuito digitalizador de audio
Programación de bloque de procesamiento de audio
Construir circuito de conversión digital-analógico
Pruebas
Interfasar señal con la computadora

Tabla 3. Nivel de esquema 3 para división de trabajo (continuación)

Nombre de tarea
Recepción en sala de operaciones
Diseñar y construir filtro Anti-Alias
Diseñar y construir circuito digitalizador
Programación de bloque de procesamiento de audio
Construir circuito de conversión digital-analógico
Diseñar y construir circuito amplificador de audio
Acople de la señal a las bocinas
Pruebas
Sistema de audio completo
Sistema de comunicaciones
Protocolos
Identificar todos los posibles flujos de información en el sistema
Flujo de información en comunicaciones
Definir protocolo a usar entre Estación remota, comunicaciones y control
Definir tipo de red a usar entre computadora, comunicaciones y control
Definir formato de la trama de información que se usará en esa red
Codificar lista de instrucciones
Flujo de información en Internet 2
Definir protocolo punto a punto entre estación remota, sala de operaciones y base de datos
Definir formato de la trama de información
Codificar lista de instrucciones
Documentar protocolos
Comunicaciones
Adquisición de equipo
Diseño global del sistema (diagrama de bloques detallado o algoritmo)
Programación de la interfaz USB entre controlador central y computadora
Programación de bloque separador de señal de audio y trama de datos
Programación del controlador central (microcontrolador maestro)
Definir método de compresión de la trama a enviar a estación remota
Implementación del codec (codificación/decodificación)
Pruebas
Acople con control y recepción en sala de operaciones
Enlace
Adquisición del equipo
Instalación del sistema operativo
Configuración del sistema operativo
Instalación del servidor SIP
Pruebas con el servidor SIP
Establecimiento de la conexión punto a punto
Autenticación
Invitación
Aceptación
Rechazo
Pruebas
Transmisión de datos
Envío de mensajes
NAT Transversal

Tabla 3. Nivel de esquema 3 para división de trabajo (continuación)

Nombre de tarea
Transmision de paquetes RTP
Manejo de sesiones RTP mediante RTCP
Pruebas
Cierre de sesiones
Envío de Cierre
Estación remota
Diseño de la interfaz
Diseño del programa
Determinar la función de cada dispositivo a usar
Programación
Desarrollar funciones de control de teclado
Desarrollar funciones de control del ratón
Desarrollar funciones de control de la palanca de mando
Implementación del cambio de cámaras
Implementación del conmutador de audio
Crear sesión y envío de mensajes de control
Implementación de audio
Implementación de video (interfaz incluida)
Implementación de multiusuario
Establecer comunicación con sala de operaciones
Sistema de comunicaciones completo
Puesta en marcha en conjunto y pruebas
Optimización

F. Definición del lapso de las tareas

El tiempo que tome finalizar el proyecto es una importante prioridad a cumplir al igual que la meta, por lo que la definición de la duración de las tareas se ha ajustado a la fecha propuesta de entrega, la cual será a finales del mes de noviembre. A pesar de esta limitante, se considera que las duraciones estimadas para cada tarea son válidas, ya que han sido definidas tomando como base el tiempo propuesto por cada estudiante para ejecutarlas y en la experiencia que se tiene al haber realizado proyectos similares como estudiante de Ingeniería Electrónica.

Las unidades de tiempo utilizadas son el día y la semana. Un día de trabajo equivale al tiempo promedio que un estudiante le puede dedicar al proyecto en un día calendario, tomando en cuenta las otras actividades en las

que está involucrado. Esto quiere decir que un día de trabajo no se refiere a una jornada laboral de ocho horas diarias, sino de aproximadamente dos. En cuanto a la semana como unidad de tiempo, se considera equivalente a 5 días. Lo anterior permite que haya un margen de holgura, ya que los estudiantes podrían trabajar fines de semana para adelantar o bien, dedicar más de dos horas diarias de trabajo.

A continuación se puede observar la tabla de duraciones:

Tabla 4. Lapso de las tareas

Nombre de tarea	Duración
Base de datos y expedientes médicos	68 días
Desarrollo de la base de datos	20 días
Adquisición de equipo	2 semanas
Definición del modelo Entidad-Relación	5 días
Definición de tablas	1 semana
Definición de campos y tipos	1 semana
Definición de relaciones	1 semana
Instalación del manejador	1 semana
Administración	15 días
Creación de usuarios	1 semana
Creación de filtros de seguridad	1 semana
Hacer módulo que informe de imposibilidad de acceso (según tipo de usuario)	1 semana
Informes	23 días
Creación de expedientes de algunos pacientes	3 días
Creación del catálogo	2 semanas
Hacer módulo de consultas y reportes	2 semanas
Hacer módulo de transmisión	3 semanas
Digitalización de imágenes	55 días
Adquisición de equipo	2 semanas
Ingresar imágenes médicas a la computadora	3 días
Hacer pruebas con software de compresión	4 semanas
Compresión de imágenes médicas	1 semana
Acople del software a la base de datos	3 semanas
Hacer pruebas de ingreso de imágenes	1 semana
Ingreso de algunas imágenes a la base de datos	2 días
Pruebas	1 semana
Presentación a médicos y personal de informática	0 días
Instalación de servidor en hospital	1 semana
Base de datos y expedientes médicos completa	0 días
Cámaras	115 días
Potencia	95 días
Definir fuente de poder a usar	3 días
Adquisición del equipo	2 semanas
Construir circuito manejador de motores	1 semana
Construir circuito para interfazar potencia con control	1 semana
Definir voltajes necesarios en la estructura	3 días
Construir circuitos reguladores para suministro de voltaje	1 semana
Acoplar fuente de voltaje a la estructura	2 días
Suministrar voltajes necesarios en todos los puntos de la estructura	1 semana

Tabla 4. Lapso de las tareas (continuación)

Nombre de tarea	Duración
Mecánica	88 días
Determinación del tipo de cámara a usar	1 semana
Determinación de sistema de dirección de la estructura	3 días
Determinación de sistema de semiesfera para la cámara	3 días
Determinación de cantidad y tipos de motores a usar	2 días
Calculo de torque, cargas, momentos y tamaño de la estructura	1 semana
Diseño de la estructura	1 semana
Cotización y determinación del equipo a usar	5 días
Adquisición del equipo (incluyendo la cámara)	3 semanas
Armar la estructura	3 semanas
Armar y montar mecanismo de semiesfera	4 semanas
Montaje y adaptación de los motores y la cámara	2 semanas
Control	115 días
Adquisición de equipo	2 semanas
Programación del bloque controlador de cámaras y movimiento	1 semana
Construir el circuito conmutador de video	1 semana
Desarrollar e implementar chequeo de límites de movimiento	2 semanas
Interfasar con módulo de Potencia y Mecánica	2 semanas
Pruebas de rendimiento de motores y confiabilidad del equipo	2 semanas
Procesamiento del video	98 días
Determinación del equipo a usar para digitalización de video	1 semana
Desarrollar interfase entre señal de video recibida con la computadora	4 semanas
Adquisición del equipo	2 semanas
Pruebas de digitalización con el equipo	1 semana
Acople con el conmutador	3 días
Implementación del envío de video por USB	1 semana
Asignación y control de puerto de entrada del video	1 semana
Almacenamiento de la señal	2 semanas
Control y chequeo de errores	2 semanas
Manipulación de la señal de video	4 semanas
Envío de video	2 semanas
Recepción de video	2 semanas
Reproducción de video	2 semanas
Pruebas	3 semanas
Cámaras completa	0 días
Sistema de audio	58 días
Transmisión hacia estación remota	58 días
Estudiar requerimientos para instalar equipo en sala de operaciones	1 semana
Determinar tipo de equipo a usar (micrófonos, bocinas, filtros, etc.)	1 semana
Adquisición del equipo	2 semanas
Acoplar el micrófono al preamplificador de audio	3 días
Diseñar y construir filtro Anti-alias	1 semana
Diseñar y Construir circuito digitalizador de audio	1 semana
Programación de bloque de procesamiento de audio	2 semanas
Construir circuito de conversión digital-analógico	1 semana
Pruebas	1 semana
Interfasar señal con la computadora	1 semana
Recepción en sala de operaciones	38 días
Diseñar y construir filtro Anti-Alias	1 semana
Diseñar y construir circuito digitalizador	1 semana
Programación de bloque de procesamiento de audio	2 semanas
Construir circuito de conversión digital-analógico	1 semana
Diseñar y construir circuito amplificador de audio	1 semana
Acople de la señal a las bocinas	3 días
Pruebas	1 semana
Sistema de audio completo	0 días

Tabla 4. Lapso de las tareas (continuación)

Nombre de tarea	Duración
Sistema de comunicaciones	135 días
Protocolos	103 días
Identificar todos los posibles flujos de información en el sistema	1 semana
Flujo de información en comunicaciones	6 días
Definir protocolo a usar entre Estación remota, comunicaciones y control	3 días
Definir tipo de red a usar entre computadora, comunicaciones y control	1 día
Definir formato de la trama de información que se usará en esa red	2 días
Codificar lista de instrucciones	3 días
Flujo de información en Internet 2	10 días
Definir protocolo punto a punto entre estación remota, sala de operaciones y base de datos	3 días
Definir formato de la trama de información	2 días
Codificar lista de instrucciones	1 semana
Documentar protocolos	3 semanas
Comunicaciones	120 días
Adquisición de equipo	2 semanas
Diseño global del sistema (diagrama de bloques detallado o algoritmo)	2 semanas
Programación de la interfaz USB entre controlador central y computadora	2 semanas
Programación de bloque separador de señal de audio y trama de datos	2 semanas
Programación del controlador central (microcontrolador maestro)	2 semanas
Definir método de compresión de la trama a enviar a estación remota	3 días
Implementación del codec (codificación/decodificación)	1 semana
Pruebas	2 semanas
Acople con control y recepción en sala de operaciones	1 semana
Enlace	105 días
Adquisición del equipo	2 semanas
Instalación del sistema operativo	3 días
Configuración del sistema operativo	1 semana
Instalación del servidor SIP	1 semana
Pruebas con el servidor SIP	1 semana
Establecimiento de la conexión punto a punto	15 días
Autenticación	1 semana
Invitación	1 semana
Aceptación	1 semana
Rechazo	1 semana
Pruebas	1 semana
Transmisión de datos	55 días
Envío de mensajes	2 semanas
NAT Transversal	3 semanas
Transmisión de paquetes RTP	4 semanas
Manejo de sesiones RTP mediante RTCP	4 semanas
Pruebas	2 semanas
Cierre de sesiones	5 días
Envío de Cierre	1 semana
Estación remota	135 días
Diseño de la interfaz	1 semana
Diseño del programa	2 semanas
Determinar la función de cada dispositivo a usar	3 días
Programación	117 días
Desarrollar funciones de control de teclado	2 semanas
Desarrollar funciones de control del ratón	2 semanas
Desarrollar funciones de control de la palanca de mando	2 semanas
Implementación del cambio de cámaras	2 semanas

Tabla 4. Lapso de las tareas (continuación)

Nombre de tarea	Duración
Implementación del conmutador de audio	2 semanas
Crear sesión y envío de mensajes de control	1 semana
Implementación de audio	1 semana
Implementación de video (interfaz incluida)	2 semanas
Implementación de multiusuario	2 semanas
Establecer comunicación con sala de operaciones	1 semana
Sistema de comunicaciones completo	0 días
Puesta en marcha en conjunto y pruebas	4 semanas
Optimización	3 semanas

G. Establecer dependencias y relaciones entre tareas

Todas las tareas y fases de un proyecto son dependientes entre sí de alguna manera. La dependencia más común es la de Fin-Inicio, que determina que una tarea no puede ser comenzada hasta que otra sea finalizada. Puede notarse en la siguiente tabla este tipo de relación, la cual se indica con uno o más números en la columna de dependencia. Dichos números se refieren a la identificación de las tareas (ver la primera columna) que deben ser completadas antes de que esta tarea pueda ser iniciada.

Otro tipo de relación usado es la dependencia Comienzo-Comienzo, indicadas por las letras CC. Esto indica que la fase no puede iniciarse hasta que alguna otra no haya comenzado. Al observar la tarea 14, creación de expedientes de algunos pacientes, puede notarse que ésta no puede iniciar hasta que no comience la creación de usuarios, ya que ambas están estrechamente relacionadas y deben ocurrir de manera simultánea. También se usa la relación Fin-Fin, en la que dos o más tareas deben finalizar al mismo tiempo, como es el caso de las actividades 6 y 7.

Se muestra a continuación la tabla de dependencias y relaciones entre las fases y las tareas:

Tabla 5. Dependencias entre tareas

Id	Nombre de tarea	Predecesoras
1	Base de datos y expedientes médicos	
2	Desarrollo de la base de datos	
3	Adquisición de equipo	
4	Definición del modelo Entidad-Relación	
5	Definición de tablas	3
6	Definición de campos y tipos	5FF
7	Definición de relaciones	6FF
8	Instalación del manejador	7
9	Administración	
10	Creación de usuarios	8
11	Creación de filtros de seguridad	10
12	Hacer módulo que informe de imposibilidad de acceso (según tipo de usuario)	11
13	Informes	
14	Creación de expedientes de algunos pacientes	10CC
15	Creación del catálogo	14
16	Hacer módulo de consultas y reportes	15
17	Hacer módulo de transmisión	12,16
18	Digitalización de imágenes	
19	Adquisición de equipo	
20	Ingresar imágenes médicas a la computadora	19
21	Hacer pruebas con software de compresión	20
22	Compresión de imágenes médicas	21
23	Acople del software a la base de datos	21
24	Hacer pruebas de ingreso de imágenes	22,23
25	Ingreso de algunas imágenes a la base de datos	24
26	Pruebas	25,17
27	Presentación a médicos y personal de informática	26
28	Instalación de servidor en hospital	27
29	Base de datos y expedientes médicos completa	28
30	Cámaras	
31	Potencia	
32	Definir fuente de poder a usar	
33	Adquisición del equipo	32
34	Construir circuito manejador de motores	33,44
35	Construir circuito para interfazar potencia con control	33
36	Definir voltajes necesarios en la estructura	35,34,50
37	Construir circuitos reguladores para suministro de voltaje	36
38	Acoplar fuente de voltaje a la estructura	37,51
39	Suministrar voltajes necesarios en todos los puntos de la estructura	38
40	Mecánica	
41	Determinación del tipo de cámara a usar	
42	Determinación de sistema de dirección de la estructura	41
43	Determinación de sistema de semiesfera para la cámara	42
44	Determinación de cantidad y tipos de motores a usar	43
45	Calculo de torque, cargas, momentos y tamaño de la estructura	44
46	Diseño de la estructura	45
47	Cotización y determinación del equipo a usar	46
48	Adquisición del equipo (incluyendo la cámara)	47
49	Armar la estructura	48,46
50	Armar y montar mecanismo de semiesfera	49
51	Montaje y adaptación de los motores y la cámara	50
52	Control	
53	Adquisición de equipo	
54	Programación del bloque controlador de cámaras y movimiento	53,103,111
55	Construir el circuito conmutador de video	53,111
56	Desarrollar e implementar chequeo de límites de movimiento	54
57	Interfazar con módulo de Potencia y Mecánica	56,39
58	Pruebas de rendimiento de motores y confiabilidad del equipo	57

Tabla 5. Dependencias entre tareas (continuación)

Id	Nombre de tarea	Predecesoras
59	Procesamiento del video	
60	Determinación del equipo a usar para digitalización de video	
61	Desarrollar interfase entre señal de video recibida con la computadora	60
62	Adquisición del equipo	60
63	Pruebas de digitalización con el equipo	62
64	Acople con el conmutador	55,63
65	Implementación del envío de video por USB	64
66	Asignación y control de puerto de entrada del video	65,61
67	Almacenamiento de la señal	66
68	Control y chequeo de errores	67CC
69	Manipulación de la señal de video	68
70	Envío de video	69
71	Recepción de video	70CC
72	Reproducción de video	71
73	Pruebas	72
74	Cámaras completa	73
75	Sistema de audio	
76	Transmisión hacia estación remota	
77	Estudiar requerimientos para instalar equipo en sala de operaciones	
78	Determinar tipo de equipo a usar (micrófonos, bocinas, filtros, etc.)	77
79	Adquisición del equipo	78
80	Acoplar el micrófono al preamplificador de audio	79
81	Diseñar y construir filtro Anti-alias	80
82	Diseñar y Construir circuito digitalizador de audio	81
83	Programación de bloque de procesamiento de audio	82
84	Construir circuito de conversión digital-analógico	83
85	Pruebas	84
86	Interfazar señal con la computadora	85
87	Recepción en sala de operaciones	
88	Diseñar y construir filtro Anti-Alias	80CC
89	Diseñar y construir circuito digitalizador	88
90	Programación de bloque de procesamiento de audio	89
91	Construir circuito de conversión digital-analógico	90
92	Diseñar y construir circuito amplificador de audio	91
93	Acople de la señal a las bocinas	92
94	Pruebas	93
95	Sistema de audio completo	94
96	Sistema de comunicaciones	
97	Protocolos	
98	Identificar todos los posibles flujos de información en el sistema	
99	Flujo de información en comunicaciones	98
100	Definir protocolo a usar entre Estación remota, comunicaciones y control	98
101	Definir tipo de red a usar entre computadora, comunicaciones y control	
102	Definir formato de la trama de información que se usará en esa red	101
103	Codificar lista de instrucciones	102
104	Flujo de información en Internet 2	
105	Definir protocolo punto a punto entre estación remota, sala de operaciones y base de datos	98
106	Definir formato de la trama de información	105
107	Codificar lista de instrucciones	106
108	Documentar protocolos	
109	Comunicaciones	
110	Adquisición de equipo	
111	Diseño global del sistema (diagrama de bloques detallado o algoritmo)	110CC
112	Programación de la interfaz USB entre controlador central y computadora	110,111,103
113	Programación de bloque separador de señal de audio y trama de datos	112CC
114	Programación del controlador central (microcontrolador maestro)	113CC
115	Definir método de compresión de la trama a enviar a estación remota	61
116	Implementación del codec (codificación/decodificación)	115

Tabla 5. Dependencias entre tareas (continuación)

Id	Nombre de tarea	Predecesoras
117	Pruebas	112,113,114,116
118	Acople con control y recepción en sala de operaciones	117,58,94
119	Enlace	
120	Adquisición del equipo	
121	Instalación del sistema operativo	120
122	Configuración del sistema operativo	121,107
123	Instalación del servidor SIP	122
124	Pruebas con el servidor SIP	123
125	Establecimiento de la conexión punto a punto	
126	Autenticación	124
127	Invitación	126CC
128	Aceptación	126
129	Rechazo	127
130	Pruebas	129,128
131	Transmision de datos	
132	Envío de mensajes	130
133	NAT Transversal	132
134	Transmision de paquetes RTP	133
135	Manejo de sesiones RTP mediante RTCP	134CC
136	Pruebas	134,135
137	Cierre de sesiones	
138	Envío de Cierre	136
139	Estación remota	
140	Diseño de la interfaz	
141	Diseño del programa	140
142	Determinar la función de cada dispositivo a usar	141
143	Programación	
144	Desarrollar funciones de control de teclado	142
145	Desarrollar funciones de control del ratón	144
146	Desarrollar funciones de control de la palanca de mando	145
147	Implementación del cambio de cámaras	146
148	Implementación del conmutador de audio	147
149	Crear sesión y envío de mensajes de control	148,136
150	Implementación de audio	149,86
151	Implementación de video (interfaz incluida)	150,73
152	Implementación de multiusuario	151
153	Establecer comunicación con sala de operaciones	152
154	Sistema de comunicaciones completo	153
155	Puesta en marcha en conjunto y pruebas	154,74,95,29
156	Optimización	155

H. Identificación y asignación de recursos

Para el proyecto se pudieron identificar cuatro tipos de recursos:

- Instalaciones y equipo
- Materiales
- Humanos
- Monetario

Los recursos de instalaciones, como el entorno de laboratorios para las pruebas y las salas de operaciones, y los recursos de equipo como los osciloscopios digitales, los generadores de señales, las computadoras, los servidores, programadores de PIC's, emuladores, la cámara del laparoscopio, etc. no se consideran en la asignación de recursos, ya que se asume que son existentes e inagotables. Tampoco los recursos materiales comunes, como son los componentes electrónicos y mecánicos, herramientas, protoboards, etc. se toman en cuenta en la asignación de recursos, ya que normalmente todos los estudiantes cuentan con estos recursos, lo que para este caso los vuelve inagotables, y por lo tanto no se asignan.

Los recursos materiales y los humanos son los más importantes, y se consideran críticos para este proyecto, ya que de estos dependen directamente los objetivos del proyecto. Además, estos recursos son limitados, por lo que repercuten estrechamente en la planificación.

El recurso monetario no es necesario en sí, si no que es un medio para la obtención de recursos materiales. Es decir, si los materiales se llegaran a conseguir mediante donaciones o de cualquier otra forma que no requiera de capital, este se vuelve un recurso innecesario para la elaboración del proyecto. Por ello, el dinero o capital no se clasifica como un recurso necesario, pero si se considera como un medio importante, lo que se representa más adelante en el presupuesto elaborado.

En la siguiente tabla se muestran los recursos humanos y materiales que requieren las diferentes tareas del proyecto. Estos se han especificado a la par de cada una de ellas. Nótese que si un mismo recurso se usa en varias tareas consecutivas, éste sólo se muestra asignado a la primera.

Tabla 6. Asignación de recursos

Nombre de tarea	Nombres de los recursos
Base de datos y expedientes médicos	
Desarrollo de la base de datos	Encargados de Desarrollo
Adquisición de equipo	
Definición del modelo Entidad-Relación	Encargados de Desarrollo,Software
Definición de tablas	
Definición de campos y tipos	
Definición de relaciones	
Instalación del manejador	
Administración	Encargado de Administración
Creación de usuarios	
Creación de filtros de seguridad	
Hacer módulo que informe de imposibilidad de acceso (según tipo de usuario)	
Informes	Encargado de Informes
Creación de expedientes de algunos pacientes	
Creación del catálogo	
Hacer módulo de consultas y reportes	
Hacer módulo de transmisión	Encargados de Desarrollo
Digitalización de imágenes	Encargados de Digitalización
Adquisición de equipo	
Ingresar imágenes médicas a la computadora	Scanner
Hacer pruebas con software de compresión	Software,Encargado de Compresión
Compresión de imágenes médicas	
Acople del software a la base de datos	
Hacer pruebas de ingreso de imágenes	
Ingreso de algunas imágenes a la base de datos	
Pruebas	Encargados de Desarrollo,Encargados de Digitalización
Presentación a médicos y personal de informática	
Instalación de servidor en hospital	Encargados de Desarrollo,Servidor
Base de datos y expedientes médicos completa	
Cámaras	
Potencia	Encargados de Potencia
Definir fuente de poder a usar	
Adquisición del equipo	
Construir circuito manejador de motores	Transformadores de potencia,Steppers,Circuitos Int.
Construir circuito para interfazar potencia con control	Optoaisladores
Definir voltajes necesarios en la estructura	
Construir circuitos reguladores para suministro de voltaje	Reguladores de voltaje
Acoplar fuente de voltaje a la estructura	Encargado de cámara,Fuente de poder
Suministrar voltajes necesarios en todos los puntos de la estructura	Encargados de Potencia,cable
Mecánica	Encargados de Mecánica
Determinación del tipo de cámara a usar	Encargado de cámara
Determinación de sistema de dirección de la estructura	Encargados de Mecánica
Determinación de sistema de semiesfera para la cámara	
Determinación de cantidad y tipos de motores a usar	Encargados de Potencia
Calculo de torque, cargas, momentos y tamaño de la estructura	Encargados de Mecánica
Diseño de la estructura	
Cotización y determinación del equipo a usar	
Adquisición del equipo (incluyendo la cámara)	
Amar la estructura	Juegos de engranajes,ejes de aluminio,trolleys,carretes
Amar y montar mecanismo de semiesfera	
Montaje y adaptación de los motores y la cámara	Encargados de Potencia,Encargado de cámara,Encargado de Montaje,Cámara

Tabla 6. Asignación de recursos (continuación)

Nombre de tarea	Nombres de los recursos
Control	Encargados de Control
Adquisición de equipo	
Programación del bloque controlador de cámaras y movimiento	Encargados Control de Cámaras,PIC 18
Construir el circuito conmutador de video	Encargado de Conmutador,Conmutador,cables,PIC 16
Desarrollar e implementar chequeo de límites de movimiento	Encargados Control de Cámaras
Interfasar con módulo de Potencia y Mecánica	Encargados de Control de Cámaras,Encargados de Potencia
Pruebas de rendimiento de motores y confiabilidad del equipo	Encargados de Potencia,Encargados de Mecánica
Procesamiento del video	Encargados de Procesamiento video
Determinación del equipo a usar para digitalización de video	
Desarrollar interfase entre señal de video recibida con la computadora	Encargados de manejo de video
Adquisición del equipo	
Pruebas de digitalización con el equipo	Encargados de Digitalización de video,Convertidor de imagen,cable
Acople con el conmutador	Encargado de Conmutador
Implementación del envío de video por USB	Encargados de Digitalización de video
Asignación y control de puerto de entrada del video	Encargados de Manejo de video,Computadora,Software
Almacenamiento de la señal	
Control y chequeo de errores	
Manipulación de la señal de video	
Envío de video	
Recepción de video	
Reproducción de video	
Pruebas	Encargados de Procesamiento de video,Encargado de Conmutador
Cámaras completa	
Sistema de audio	
Transmisión hacia estación remota	Encargado de Transmisión
Estudiar requerimientos para instalar equipo en sala de operaciones	Encargado de Recepción,Encargado de Transmisión
Determinar tipo de equipo a usar (micrófonos, bocinas, filtros, etc.)	
Adquisición del equipo	
Acoplar el micrófono al preamplificador de audio	Encargado de Transmisión,Micrófono,Preamplificador
Diseñar y construir filtro Anti-alias	
Diseñar y Construir circuito digitalizador de audio	Circuitos Integrados
Programación de bloque de procesamiento de audio	DS PIC
Construir circuito de conversión digital-analógico	Circuitos Integrados
Pruebas	
Interfasar señal con la computadora	Computadora,cables,conectores
Recepción en sala de operaciones	Encargado de Recepción
Diseñar y construir filtro Anti-Alias	
Diseñar y construir circuito digitalizador	Circuitos Integrados
Programación de bloque de procesamiento de audio	DS PIC
Construir circuito de conversión digital-analógico	Circuitos Integrados
Diseñar y construir circuito amplificador de audio	
Acople de la señal a las bocinas	Bocinas,conectores,cable
Pruebas	
Sistema de audio completo	
Sistema de comunicaciones	
Protocolos	Encargados de Protocolos
Identificar todos los posibles flujos de información en el sistema	
Flujo de información en comunicaciones	
Definir protocolo a usar entre Estación remota, comunicaciones y control	Encargado de estación remota,Encargados de Comunicaciones,Encargados de Control
Definir tipo de red a usar entre computadora, comunicaciones y control	

Tabla 6. Asignación de recursos (continuación)

Nombre de tarea	Nombres de los recursos
Definir formato de la trama de información que se usará en esa red	
Codificar lista de instrucciones	
Flujo de información en Internet 2	
Definir protocolo punto a punto entre estación remota, sala de operaciones y base de datos	Encargados de Manejo de video, Encargados de Desarrollo, Encargados de Enlace
Definir formato de la trama de información	
Codificar lista de instrucciones	
Documentar protocolos	Encargados de Protocolos
Comunicaciones	Encargados de Comunicaciones
Adquisición de equipo	
Diseño global del sistema (diagrama de bloques detallado o algoritmo)	
Programación de la interfaz USB entre controlador central y computadora	Encargado de Interfaz, PIC 18
Programación de bloque separador de señal de audio y trama de datos	Encargado de Separación
Programación del controlador central (microcontrolador maestro)	Encargados de Controlador Central, PIC 18
Definir método de compresión de la trama a enviar a estación remota	Encargado de Compresión de Trama
Implementación del codec (codificación/decodificación)	
Pruebas	Encargados de Comunicaciones, Encargados de Manejo de video
Acople con control y recepción en sala de operaciones	Encargados de Comunicaciones, Encargados de Control, Encargado de Recepción
Enlace	Encargados de Enlace
Adquisición del equipo	
Instalación del sistema operativo	Computadora, Software
Configuración del sistema operativo	
Instalación del servidor SIP	
Pruebas con el servidor SIP	
Establecimiento de la conexión punto a punto	
Autenticación	
Invitación	
Aceptación	
Rechazo	
Pruebas	
Transmisión de datos	
Envío de mensajes	
NAT Transversal	
Transmisión de paquetes RTP	
Manejo de sesiones RTP mediante RTCP	
Pruebas	
Cierre de sesiones	
Envío de Cierre	
Estación remota	Encargado de estación remota
Diseño de la interfaz	
Diseño del programa	
Determinar la función de cada dispositivo a usar	
Programación	
Desarrollar funciones de control de teclado	
Desarrollar funciones de control del ratón	
Desarrollar funciones de control de la palanca de mando	Palanca de mando
Implementación del cambio de cámaras	
Implementación del conmutador de audio	
Crear sesión y envío de mensajes de control	
Implementación de audio	Encargado de estación remota, Encargado de Transmisión, Encargado de Recepción, Bocinas, Micrófono
Implementación de video (interfaz incluida)	Encargado de estación remota, Encargados de Manejo de video
Implementación de multiusuario	Encargado de estación remota
Establecer comunicación con sala de operaciones	Encargados de Enlace
Sistema de comunicaciones completo	
Puesta en marcha en conjunto y pruebas	Todos
Optimización	Todos

A continuación se listan los recursos necesarios para la ejecución del proyecto. Los recursos humanos, que en la tabla anterior, aparecen nombrados como <<encargados de>> han sido asignados a los estudiante de acuerdo a lo definido en la especificación inicial del proyecto. Nótese que existen casos en los que aparecen <<encargado de>>, lo que indica que solamente uno de los estudiantes que están a cargo del sub módulo al que pertenece la tarea se hará responsable de ella, ya que ésta no requiere de más recursos humanos. Sin embargo, esto no quiere decir que dicha persona se encargue únicamente de desarrollar esa tarea, sino que también participa en las demás que están asignadas a su grupo de trabajo. Esto también permite avanzar más rápidamente con la ejecución del proyecto al poder realizar tareas paralelas, con lo cual se justifican las dependencias comienzo-comienzo.

Tabla 7. Recursos Humanos

Recursos humanos	
Base de datos y expedientes médicos	
Rodrigo Bolaños	Desarrollo de la base de datos y Administración
José Roberto Wirtz	Desarrollo de la base de datos e Informes
Lucía Carrillo Juan Antonio Soto Giovanni Orozco	Digitalización de Imágenes
Cámaras	
Rafael Córdón Victor Girón Pablo Rocasermeño	Mécanica
Silvia Rivera Kimberly Chew	Potencia
Plinio Palma Jacobó Cruz Rául Quintana Zammy Hernández	Control
Julio Amado Julián Padilla Diego Basterrechea Jorge Jordán	Procesamiento de video

Tabla 7. Recursos Humanos (continuación)

Recursos humanos	
Sistema de Audio	
Jaime Matus	Transmisión hacia estación remota
Alfredo Herrera	Recepción en sala de operaciones
Sistema de Comunicaciones	
Juan Fernando Lucero	Protocolos y comunicaciones
Juan Luis Guzman	
Juan Carlos Quintanilla	
Marcelo Mota	Protocolos y enlace
José Gomez	Estación remota
Jaime Reyes	

Es sumamente difícil establecer si un recurso ha sido sobreasignado o infraasignado al no contar con horarios fijos de trabajo. Sin embargo, se ha tratado de asignar la misma cantidad de trabajo a cada estudiante, lo cual depende estrechamente del tipo de tareas que le toque desarrollar. Así, existirán estudiantes que tienen menos tareas asignadas, pero el trabajo que ellas requieren es similar al que harán otras personas con mayor número de actividades a desarrollar.

En la siguiente tabla se listan los recursos materiales. En algunos casos las cantidades se han aumentado en consideración a equipos de prueba para cuando esto sea factible, por ejemplo, en los microcontroladores.

Tabla 8. Recursos materiales

Recursos materiales		
Cantidad	Descripción	Módulo
1	Licencia de Java Builder	Desarrollo de la base de datos
1	Servidor	Desarrollo de la base de datos
1	Scanner	Digitalización de imágenes
1	Software de compresión de imágenes	Digitalización de imágenes
1	Juego de partes de la estructura mecánica	Mecánica
1	Cámara de video	Mecánica

Tabla 8. Recursos materiales (continuación)

Recursos materiales		
Cantidad	Descripción	Módulo
1	Lente para la cámara	Mecánica
1	Bracket o montura	Mecánica
3	Motores steppers	Potencia
5	Motores DC	Potencia
1	Fuente de Alimentación	Potencia
1	Circuitos Integrados Varios	Potencia
2	PIC 16	Control
2	PIC 18	Control
1	Conmutador de video	Control
2	PIC 16	Control
1	Juego de cables RCA	Control
1	Circuitos Integrados Varios	Control
1	Convertidor de imagen de TV a USB	Procesamiento de video
1	Juego de cables RCA o coaxiales	Procesamiento de video
1	Computadora	Procesamiento de video
1	Licencia de Java Builder	Procesamiento de video
2	DS PIC	Transmisión hacia estación remota
2	Conectores Monoaurales	Transmisión hacia estación remota
1	Micrófono Omnidireccional	Transmisión hacia estación remota
1	Preamplificador de micrófono	Transmisión hacia estación remota
1	Circuitos integrados varios	Transmisión hacia estación remota
1	Juego de cables para audio	Transmisión hacia estación remota
2	DS PIC	Recepción en sala de operaciones
2	Conectores monoaurales	Recepción en sala de operaciones
1	Speaker o bocina	Recepción en sala de operaciones
1	Juego de circuitos integrados	Recepción en sala de operaciones
1	Juego de cables para audio	Recepción en sala de operaciones
4	PIC 18	Comunicaciones
1	Licencia de Java Builder	Enlace
1	Licencia de VOCAL para servidor SIP	Enlace
1	Licencia de SER para servidor SIP	Enlace
1	Computadora	Enlace
1	Palanca de mando	Estación remota
1	Micrófono para computadora	Estación remota
1	Juego de bocinas para computadora	Estación remota

I. Presupuestos

Se presentan tres presupuestos, que representan igual número de escenarios diferentes de disponibilidad de recursos. El primer presupuesto, de bajo costo, podría ser costeado totalmente por los estudiantes en caso de no conseguir un patrocinio o donación. El presupuesto de costo medio representa un escenario en el que cierto patrocinio puede ser conseguido, y algunos recursos presentados en este escenario son de mejor calidad o capacidad que los presentados en el primero. El presupuesto de alto costo, representa un escenario ideal en el que no existe problema en cuanto a la obtención de recursos. Todos los equipos cotizados en este reglón son los óptimos para el proyecto, tanto en calidad y capacidad, como en cuanto a la ventaja que representan al reducir en ocasiones el trabajo humano. Todos los costos son estimados y no incluyen gastos de envío ni impuestos.

Tabla 9. Presupuestos

Presupuesto			Bajo		Medio		Alto	
Cantidad	Descripción	Módulo	\$ c/u	\$ Total	\$ c/u	\$ Total	\$ c/u	\$ Total
1	Licencia de Java Builder	Desarrollo de la base de datos	700	700	700	700	700	700
1	Servidor	Desarrollo de la base de datos	1000	1000	1500	1500	1800	1800
1	Scanner	Digitalización de imágenes	131	131	196	196	432	432
1	Software de compresión de imágenes	Digitalización de imágenes	0	0	90	90	390	390
1	Juego de partes de la estructura mecánica	Mecánica	2000	2000	4000	4000	6000	6000
1	Cámara de video	Mecánica	190	190	190	190	3,160	3160
1	Lente para la cámara	Mecánica	106	106	350	350	0	0
1	Bracket o montura	Mecánica	7	7	7	7	0	0
3	Motores steppers	Potencia	5	15	12	36	27	81
5	Motores DC	Potencia	25	125	30	150	36	180
1	Fuente de Alimentación	Potencia	8	8	8	8	31	31
1	Circuitos Integrados Varios	Potencia	20	20	50	50	80	80
2	PIC 16	Control	6	12	6	12	6	12
2	PIC 18	Control	12	24	12	24	12	24
1	Conmutador de video	Control	15	15	25	25	90	90
2	PIC 16	Control	6	12	6	12	6	12
1	Juego de cables de video	Control	8	8	8	8	24	24
1	Circuitos Integrados Varios	Control	20	20	50	50	80	80
1	Convertidor de imagen de TV a USB	Procesamiento de video	100	100	143	143	566	566
1	Juego de cables RCA/coaxiales	Procesamiento de video	15	15	15	15	15	15
1	Computadora	Procesamiento de video	800	800	900	900	1600	1600
1	Licencia de Java Builder	Procesamiento de video	0	0	0	0	0	0

Tabla 9. Presupuestos (continuación)

Presupuesto			Bajo		Medio		Alto	
Cantidad	Descripción	Módulo	\$ c/u	\$ Total	\$ c/u	\$ Total	\$ c/u	\$ Total
2	DS PIC	Transmisión hacia estación remota	6	12	6	12	6	12
2	Conectores Monoaurales	Transmisión hacia estación remota	3	6	3	6	3	6
1	Micrófono Omnidireccional	Transmisión hacia estación remota	261	261	313	313	338	338
1	Preamplificador de micrófono	Transmisión hacia estación remota	80	80	92	92	118	118
1	Circuitos integrados varios	Transmisión hacia estación remota	20	20	50	50	80	80
1	Juego de cables de audio	Transmisión hacia estación remota	11	11	20	20	30	30
2	DS PIC	Recepción en sala de operaciones	6	12	6	12	6	12
2	Conectores monoaurales	Recepción en sala de operaciones	3	6	3	6	3	6
1	Speaker o bocina	Recepción en sala de operaciones	261	261	326	326	391	391
1	Juego de circuitos integrados	Recepción en sala de operaciones	20	20	50	50	80	80
1	Juego de cables de audio	Recepción en sala de operaciones	11	11	20	20	30	30
4	PIC 18	Comunicaciones	12	48	12	48	12	48
1	Licencia de Java Builder	Enlace	0	0	0	0	0	0
1	Licencia de VOCAL para servidor SIP	Enlace	0	0	0	0	356	356
1	Licencia de SER para servidor SIP	Enlace	0	0	0	0	17	17
1	Computadora	Estación remota	800	800	900	900	1600	1600
1	Palanca de mando	Estación remota	40	40	40	40	66	66
1	Micrófono para computadora	Estación remota	4	4	13	13	20	20
1	Juego de bocinas para computadora	Estación remota	19	19	40	40	78	78
	Imprevistos		10%	691.9	10%	1041.4	10%	1856.5
		Total \$		7610.9		11455.4		20421.5

J. Programación y plazo de ejecución

La programación del proyecto se manifiesta en la gráfica de Gantt. Ésta permite una visión general e integrada del desarrollo del proyecto, y la obtención de la duración del mismo. Es posible entonces, definir la fecha de inicio y la fecha de finalización del proyecto de la siguiente manera:

Fecha Inicio: **lunes 3 de abril de 2006**
Fecha Finalización: **martes 28 de noviembre de 2006**
Duración: **172 días de trabajo (8 meses calendario)**

En el eje horizontal de la gráfica de Gantt se muestra la escala de tiempo que se está manejando (mes) y en el vertical, todas las tareas que comprenden el proyecto. Nótese que en la escala temporal se muestra la fecha de cada lunes de las semanas que integran determinado mes.

En la tabla 3 (página 55) se mostró el Nivel de esquema 3, donde quedan definidas todas las tareas a realizar para el proyecto. En dicha tabla hay ciertas tareas que están marcadas con color negro y representan a los sub módulos y módulos. En la gráfica de Gantt se muestran con barras de color negro y éstas cubren a todas aquellas tareas (barras azules) que deben completarse para dar por finalizado cada sub módulo y módulo. La longitud de cada barra indica la duración de la tarea.

Debe notarse que los rombos de color negro representan hitos, que para este caso indican la finalización de cada módulo.

Fig. 3. Diagrama de Gantt

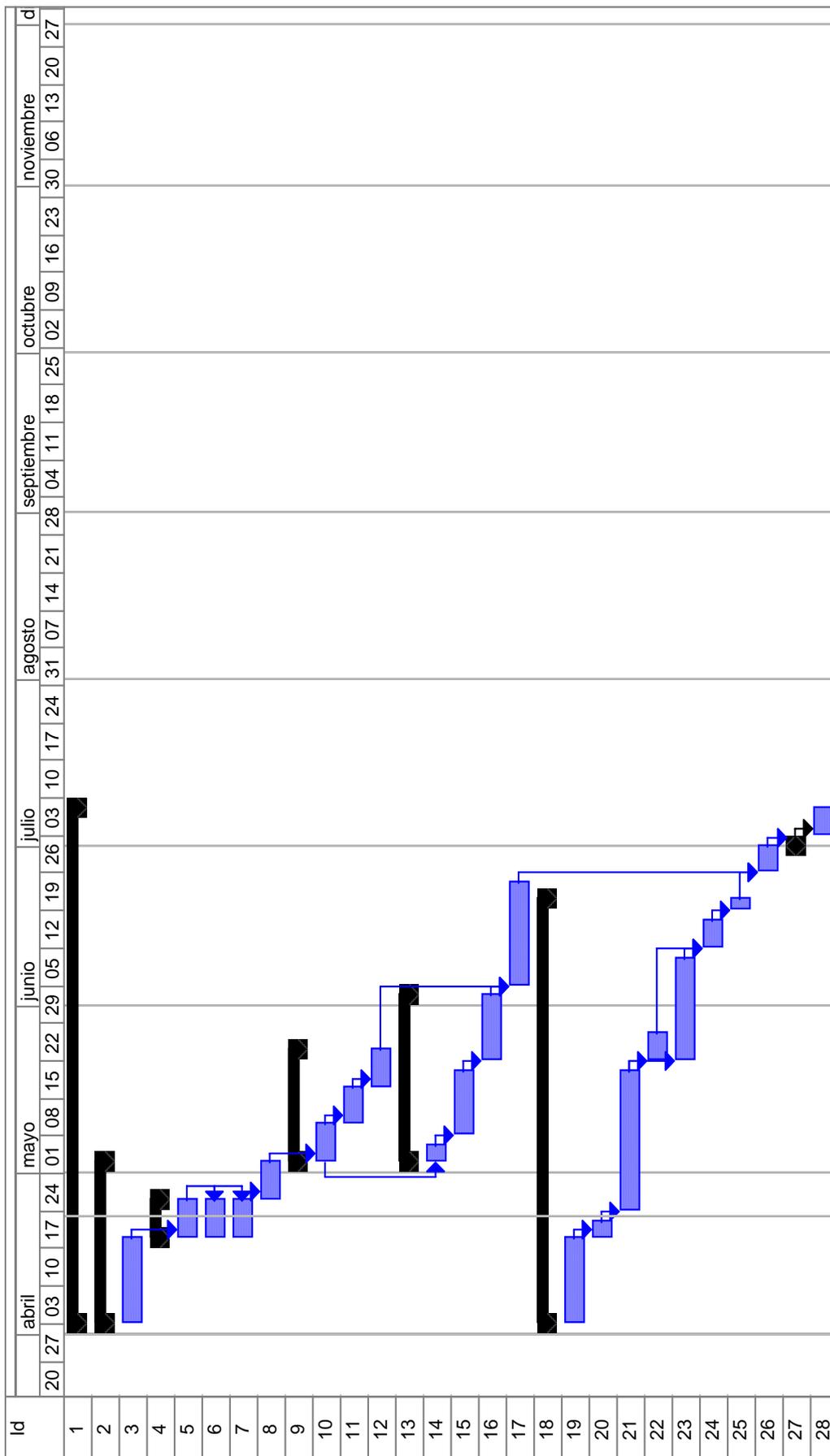


Fig. 3. Diagrama de Gantt (continuación)

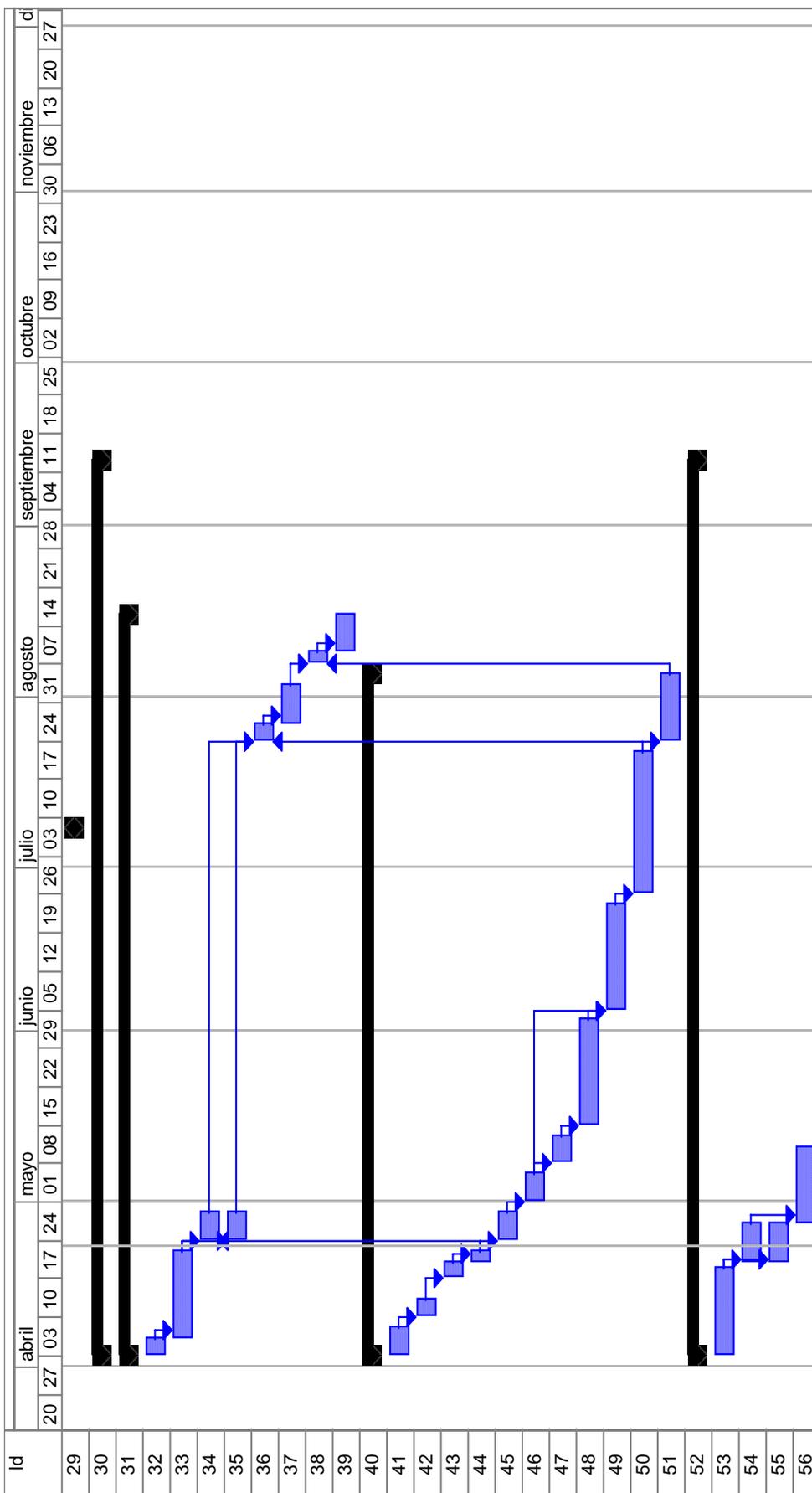


Fig. 3. Diagrama de Gantt (continuación)

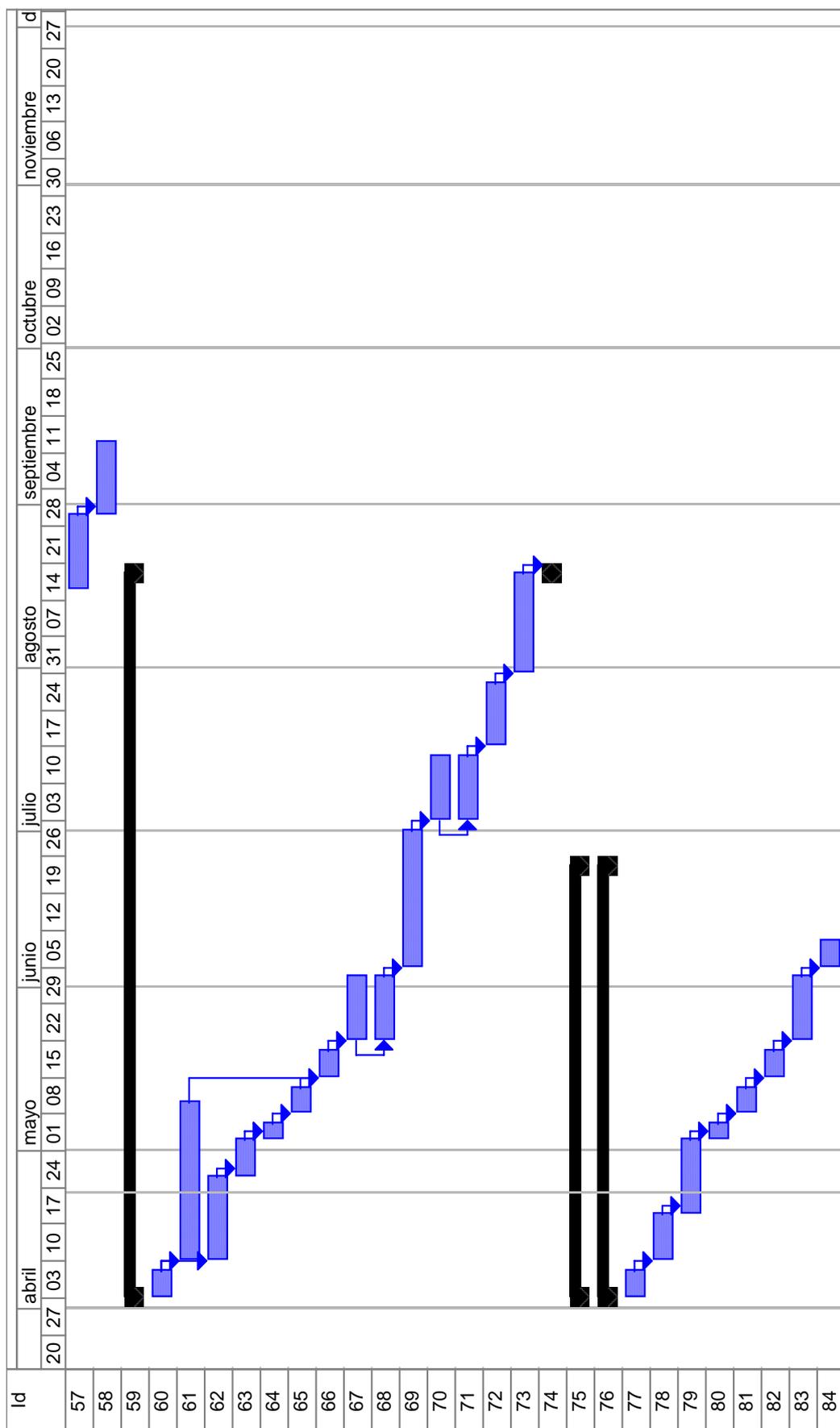


Fig. 3. Diagrama de Gantt (continuación)

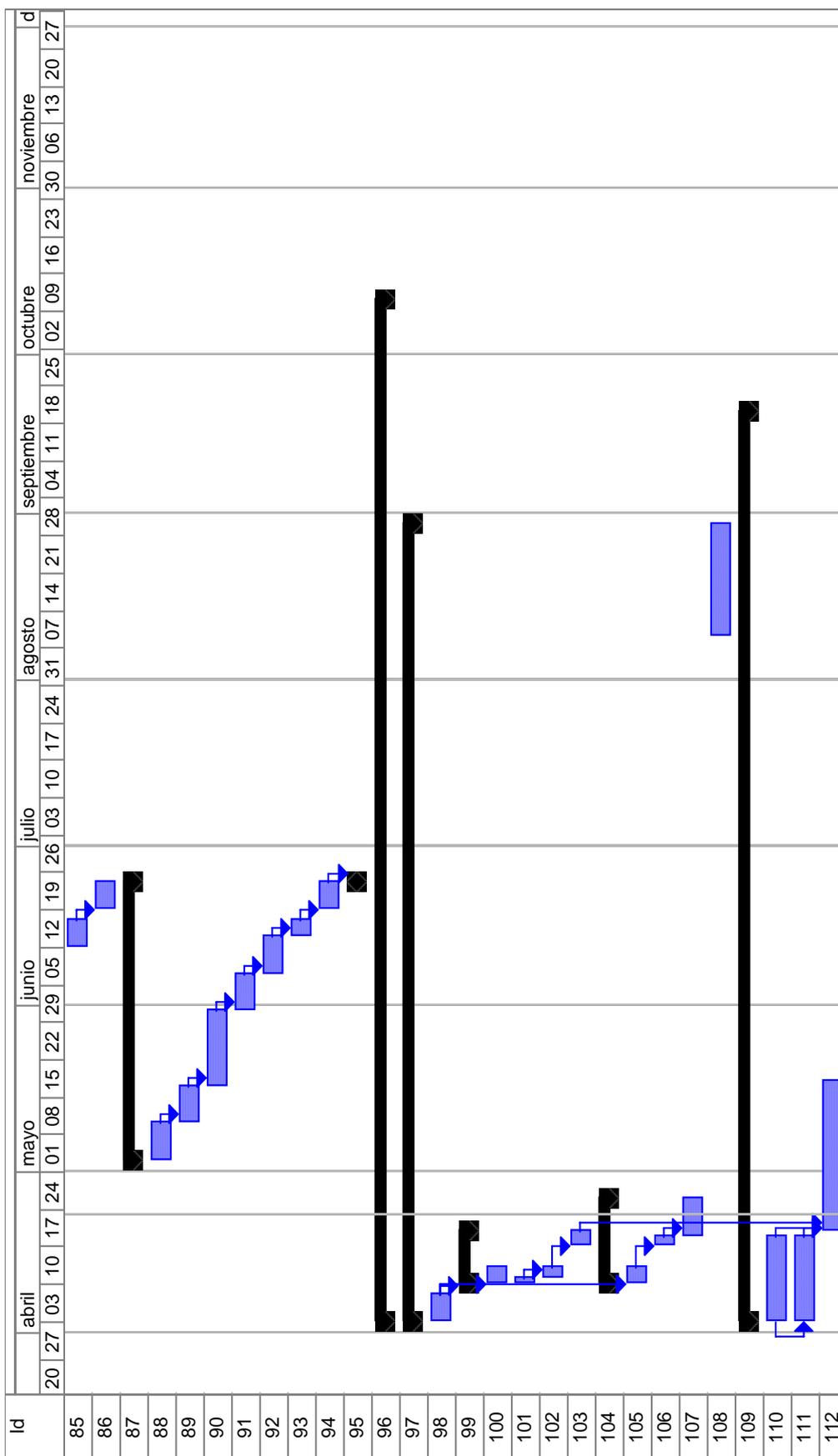


Fig. 3. Diagrama de Gantt (continuación)

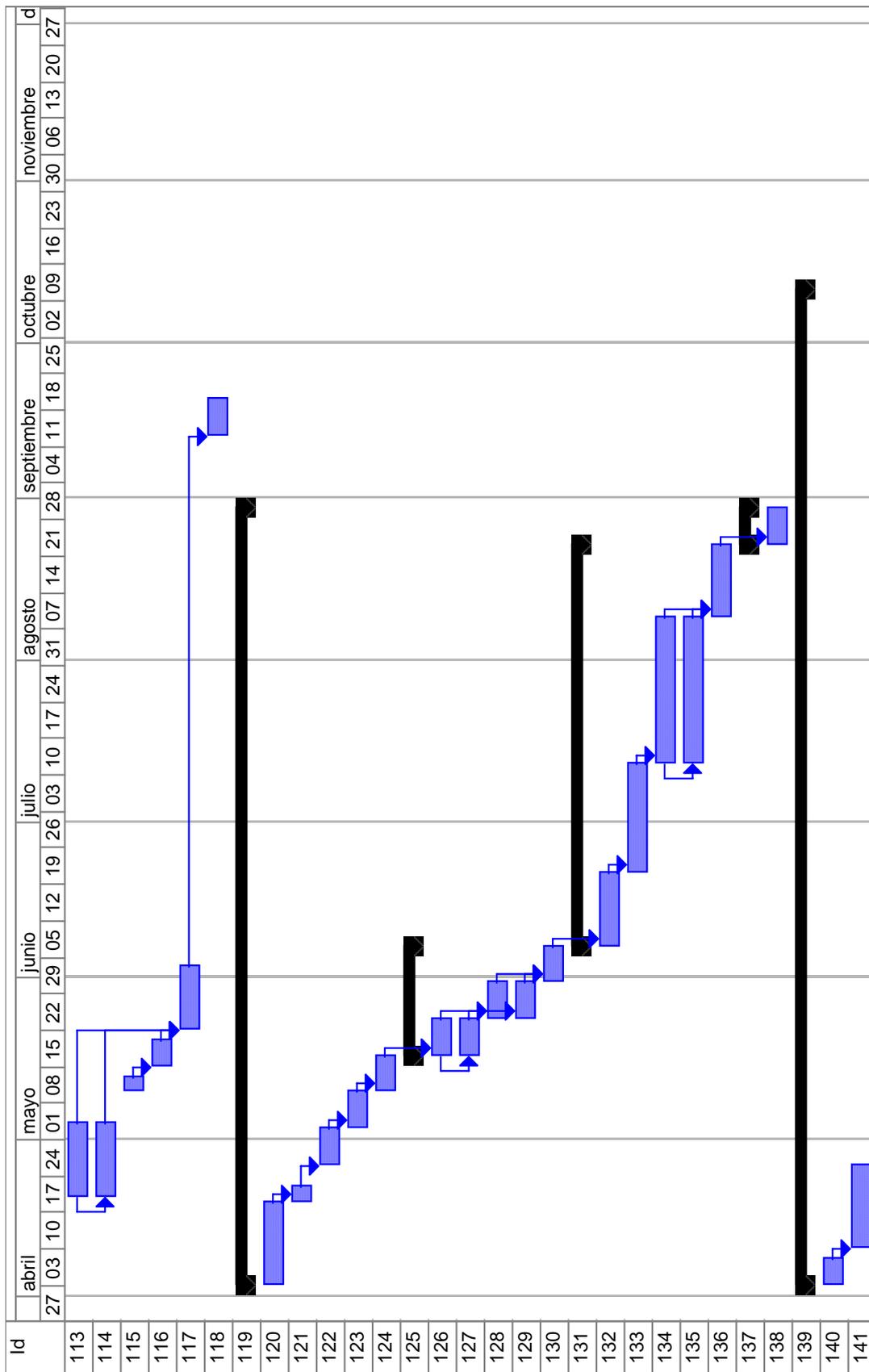
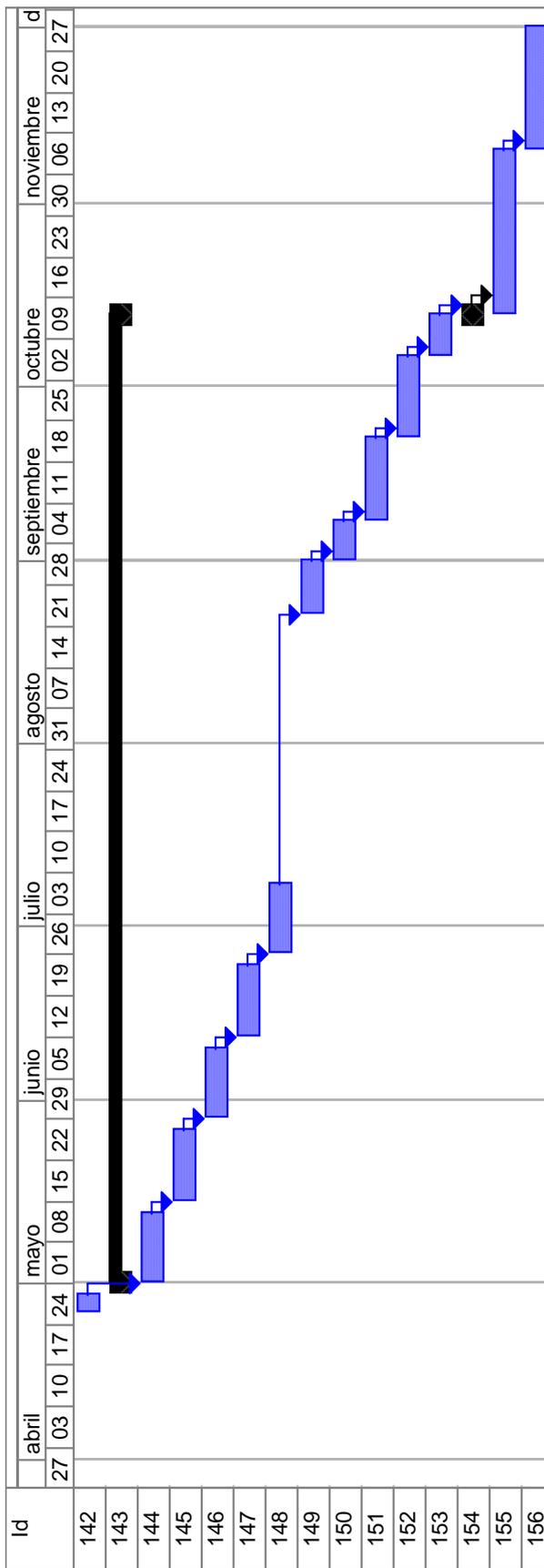


Fig. 3. Diagrama de Gantt (continuación)



Las delimitaciones usadas para las tareas son únicamente dos: <<Lo antes posible>> y <<No comenzar antes del>>. A excepción de la tarea 108, todas tienen la primera, que pertenece al tipo de delimitaciones flexibles. La tarea mencionada, Documentación de protocolos, no puede comenzar antes del miércoles 9 de septiembre, ya que será hasta esa fecha que todos los encargados de protocolos tendrán tiempo de desarrollarla. Si la tarea se comenzara antes, parte del grupo encargado no participaría, pudiendo afectar los resultados.

K. Ruta crítica

Como una herramienta importante para el control de la ejecución del proyecto, y para prever contratiempos en el desarrollo que puedan interferir con la duración planificada, se hace un análisis de la ruta crítica. Este consiste en identificar la secuencia de tareas más larga, de manera que se conozcan todas las tareas que no pueden sufrir ninguna demora sin perjudicar la duración global del proyecto.

En la gráfica de Gantt que aparece a continuación, se muestra en color rojo la ruta crítica del proyecto. Además, pueden visualizarse las fechas estimadas de finalización de cada módulo, así como los apellidos de los encargados de cada tarea. Esto ayudará a que los integrantes del equipo estén pendientes de mantener un desempeño adecuado, ya que pueden observar lo importante que es su trabajo para el éxito del proyecto.

Se puede notar que la definición del protocolo entre la estación remota, la sala de operaciones y la base de datos, así como los sub módulo de Enlace y Estación remota son tareas críticas, por lo que debe ser estrictamente monitoreada su ejecución para no retrasar la finalización del proyecto.

Fig.4. Diagrama de Gantt con ruta crítica

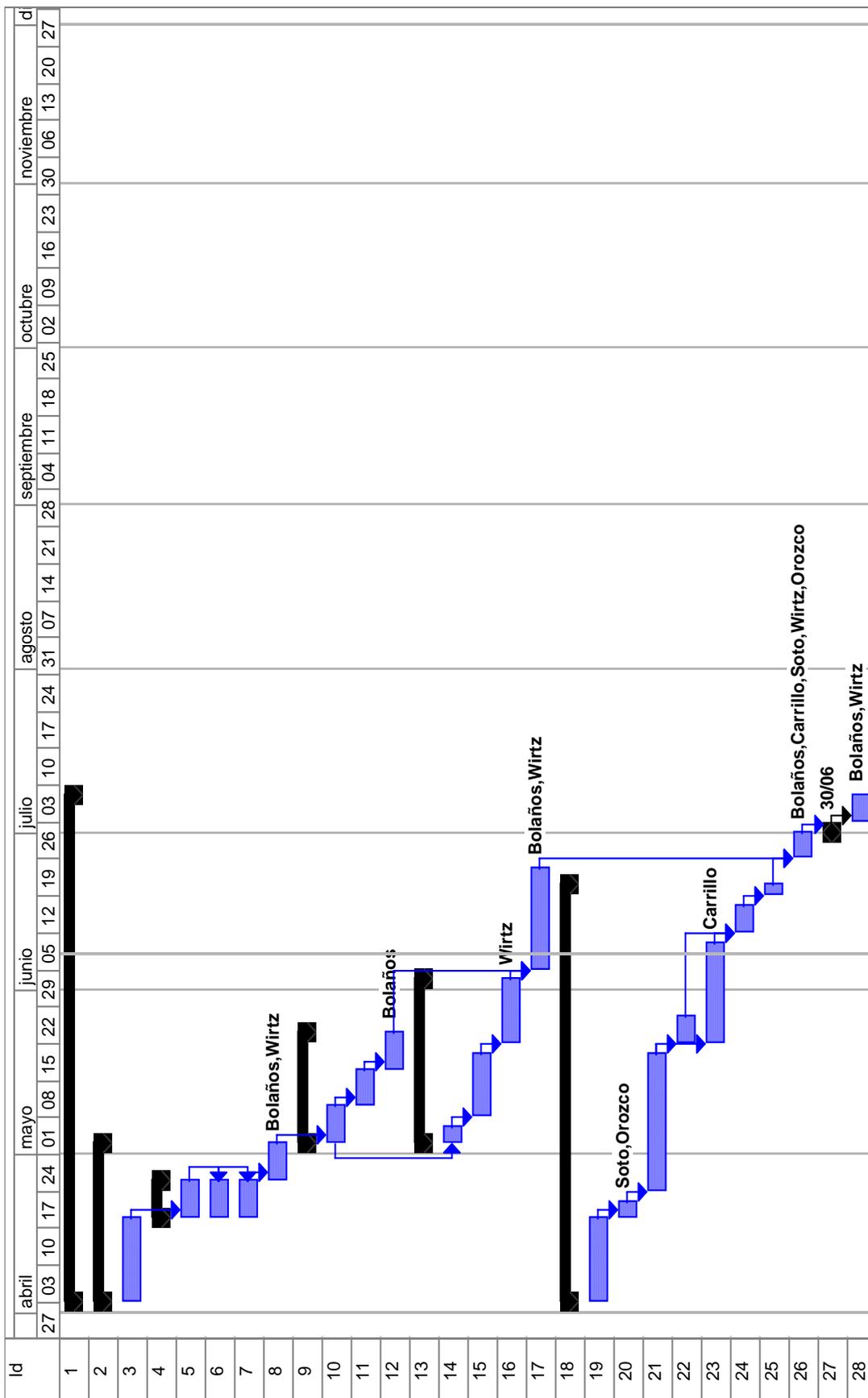


Fig.4. Diagrama de Gantt con ruta crítica (continuación)

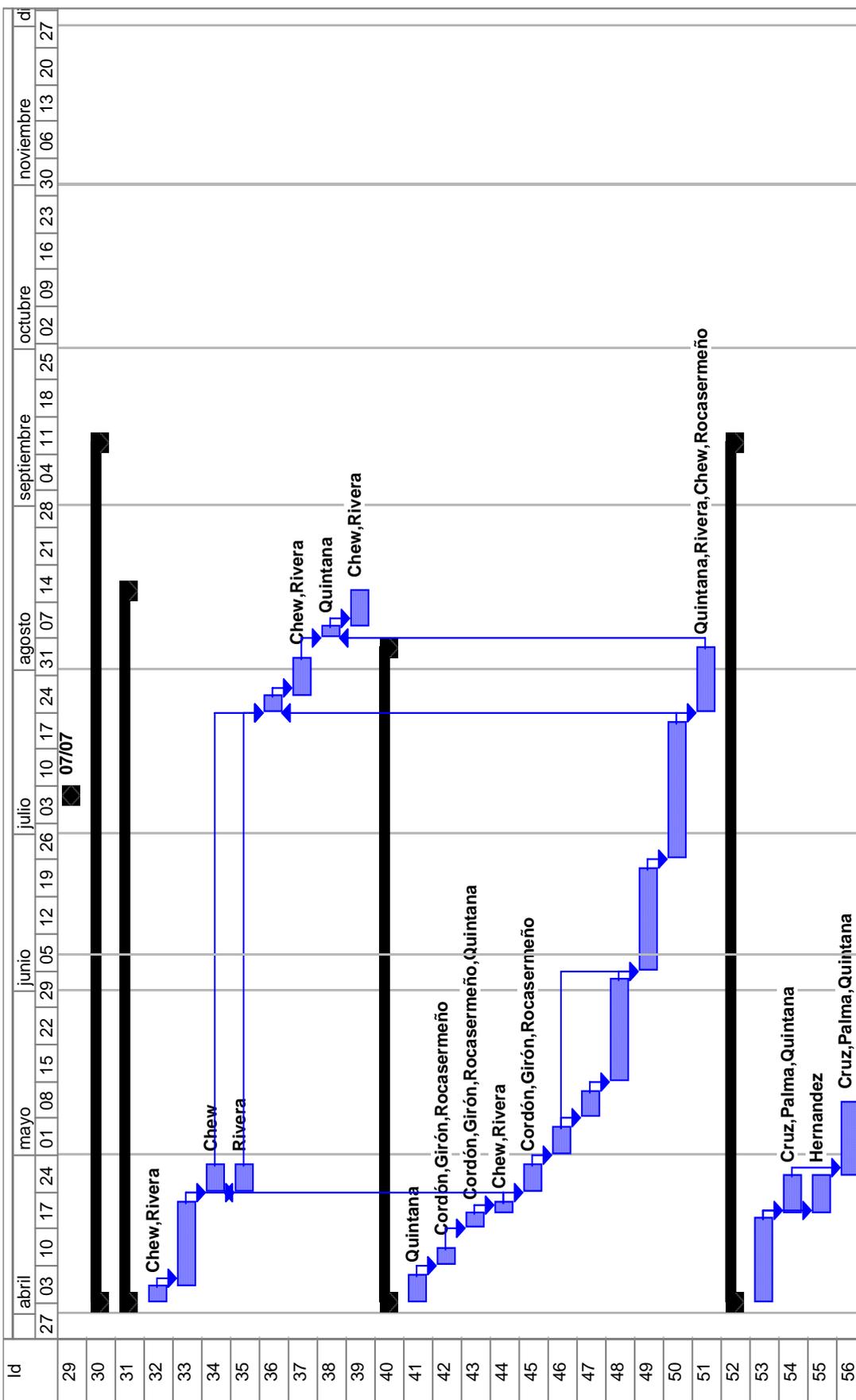


Fig.4. Diagrama de Gantt con ruta crítica (continuación)

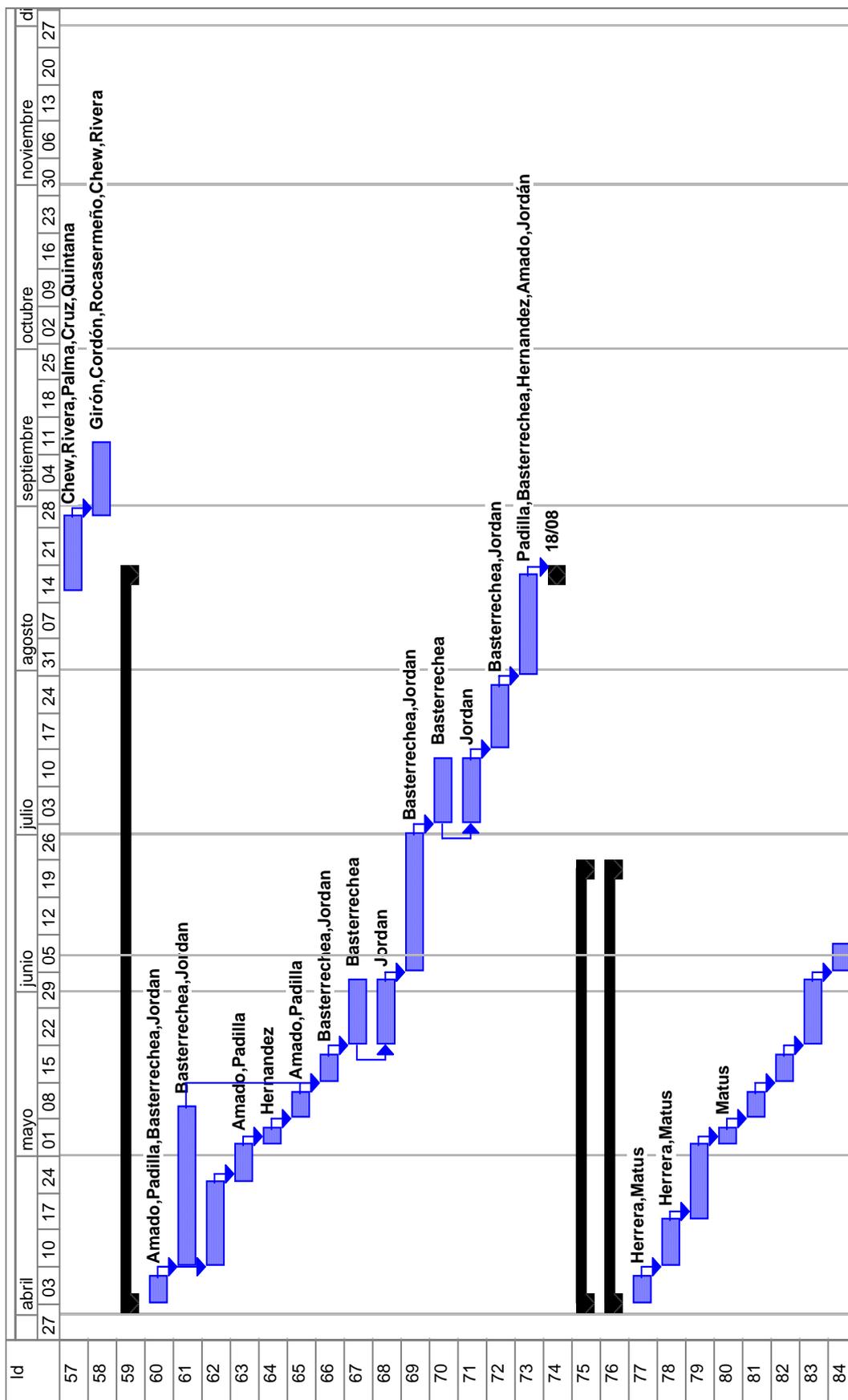


Fig.4. Diagrama de Gantt con ruta crítica (continuación)

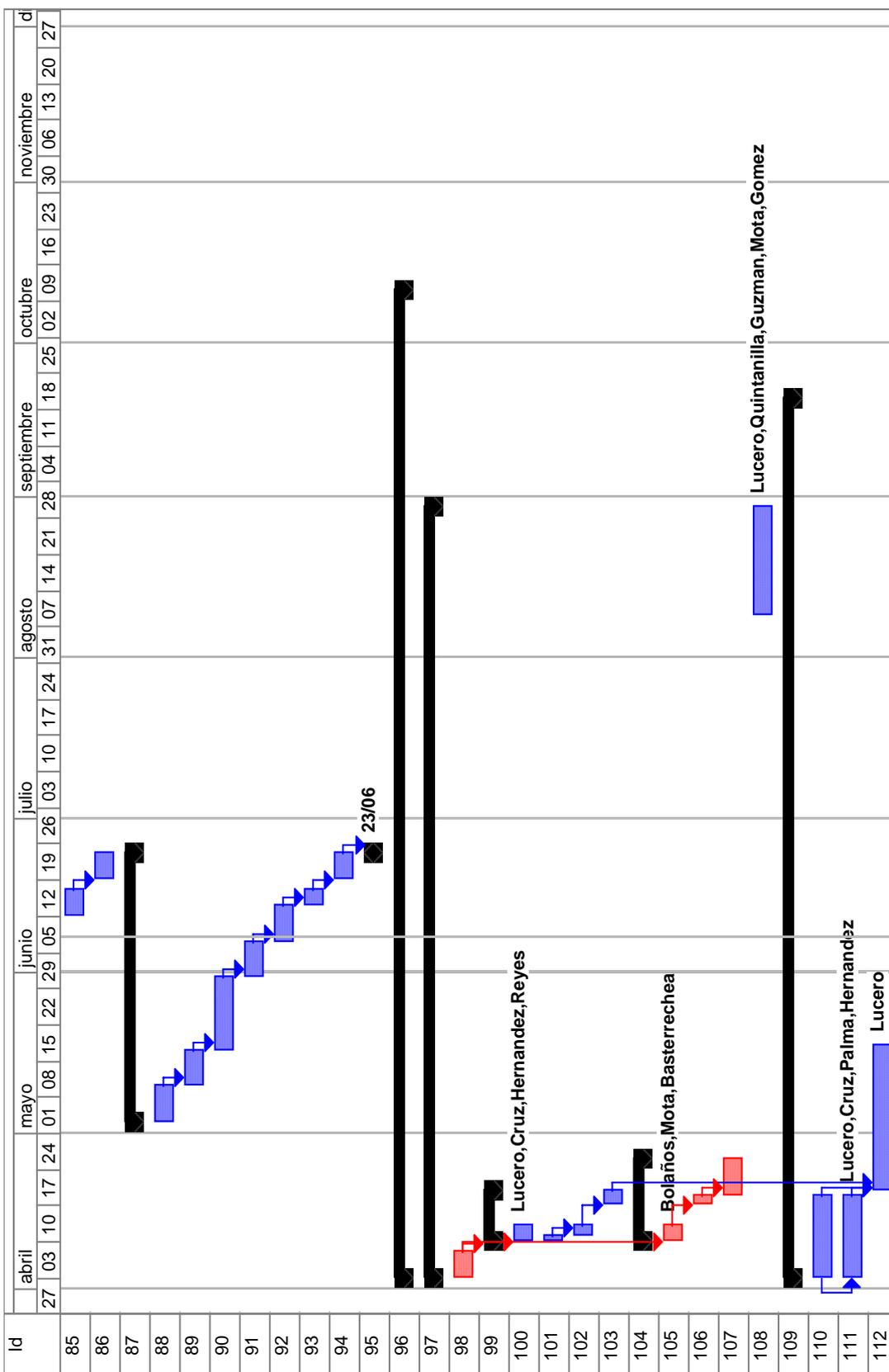
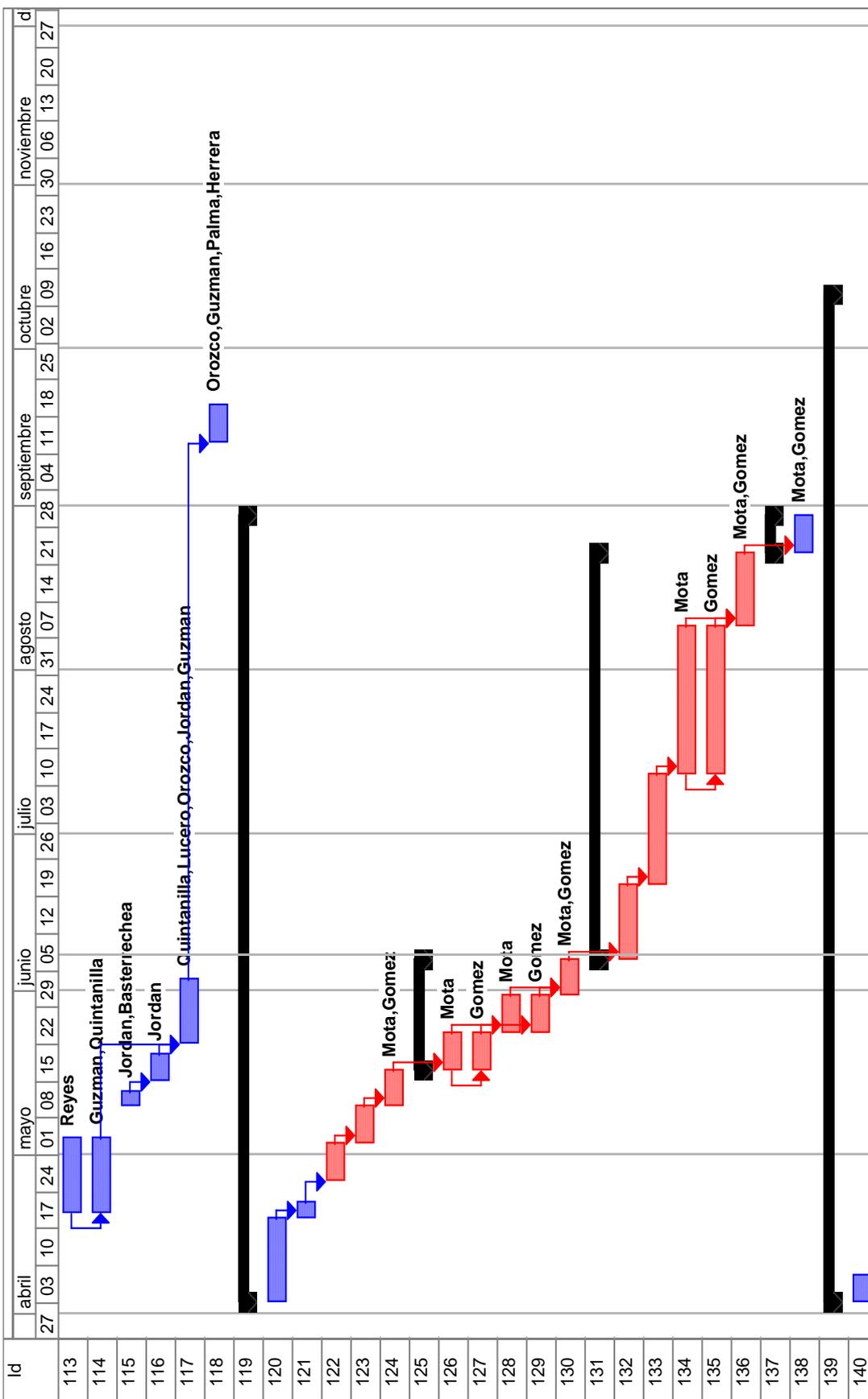


Fig.4. Diagrama de Gantt con ruta crítica (continuación)



L. Control de la ejecución

Una de las partes más críticas e importantes de la planificación de proyectos es la herramienta de control a usarse. Sin ella, será imposible visualizar el estado de la ejecución del proyecto y poder llevar a cabo acciones correctivas cuando sea necesario. Dicha herramienta debe también ser accesible para todo el equipo, de manera que en todo momento puedan enterarse de ciertos aspectos, tales como fechas de inicio y fin de las tareas, porcentaje de ejecución de las mismas, etc.

Se propone el control de ejecución del proyecto basado en la poderosa herramienta que representa Internet. Para ello, se usará el sistema Sakai, implementado recientemente en la UVG, el cual funciona como un sitio de publicación de información de interés para los estudiantes, relacionada a los cursos que ellos llevan. Además, permite el intercambio de preguntas, comentarios, ideas, etc., entre el catedrático y los estudiantes de determinado curso. También puede usarse este sistema para proyectos ya que cuenta con herramientas que permiten organizar el trabajo y la comunicación grupal.

Dentro del Sakai, existe un sitio de trabajo dedicado a este Megaproyecto. Es ahí donde podrá monitorearse el avance general y detallado del proyecto. También podrán mantenerse lasos de comunicación constante entre los miembros del grupo y el administrador, aprovechando la red de correos electrónicos que forma parte del sistema Sakai o publicarse información importante, como los diagramas de interconexión de módulos, las definiciones de protocolos, etc. La publicación y actualización del avance del proyecto estará a cargo del administrador y/o del catedrático encargado de los talleres.

En el sitio de trabajo se ha creado una herramienta llamada <<Diagrama de Gantt>>, donde se ha publicado el listado de las tareas a realizar, la cantidad de tiempo asignada a cada una, así como la fecha de inicio y finalización de las mismas. También se observa el diagrama de Gantt con

doble juego de barras, los apellidos de los encargados y el porcentaje del progreso de cada tarea.

Un juego de barras del gráfico de Gantt representa el plan original (en color azul) y el otro (en color negro), el avance actual del proyecto. Se encuentran una sobre otra para cada tarea, lo que permite ir haciendo una comparación conforme avanza el proyecto, y así facilitar la localización de problemas y la corrección de los mismos. También se muestran algunas barras rojas, las cuales indican la ruta crítica.

En la herramienta <<Recursos>> se han publicado documentos importantes para el grupo, como los diagramas de interconexión, el presupuesto del proyecto y un listado detallado de las tareas que también contiene el diagrama de Gantt.

El sitio de trabajo creado para este Megaproyecto se localiza en la dirección web <http://sakai.uvg.edu.gt/portal/site/4e57484d-d0a9-4aae-80ad-453bead6cefc/page/fd64c4ce-40f5-4434-80a3-d836bed94b5c>, pero sólo puede ser accedido si se es usuario del sistema Sakai y se tiene el permiso otorgado por el administrador del proyecto o el catedrático encargado de los talleres.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La planificación y programación del Megaproyecto telepresencia vía Internet 2 para procedimientos quirúrgicos en salas de operaciones muestra que es posible finalizarlo en un plazo de 172 días (8 meses) si los estudiantes cumplen con los tiempos estipulados para cada tarea y fase, y si se cuenta con los recursos mencionados.

Para poder ejecutarlo es necesario contar por lo menos con \$7, 610.90 para poder adquirir los recursos materiales que requiere el proyecto. Si se desean materiales de alta calidad para una ejecución óptima y un mayor alcance, se necesitan aproximadamente \$20, 421.50.

El trabajo total que requiere el Megaproyecto puede distribuirse en cuatro módulos integrados todos por la misma cantidad de sub módulos, a excepción de uno conformado por dos. Se requiere que ciento veintisiete tareas complementarias sean finalizadas para poder dar por completado el trabajo de los sub módulos. Dichas tareas pueden ser asignadas a miembros específicos del equipo de trabajo.

Los sub módulos de Protocolos, Enlace y Estación remota no pueden sufrir ningún retraso en su ejecución, ya que la mayoría de sus tareas y fases se encuentran dentro de la ruta crítica del proyecto. Cualquier atraso en alguna actividad de esta secuencia, repercutirá en la fecha de finalización del proyecto, no pudiendo ser completado a tiempo.

Un atraso en una tarea puede solucionarse al disminuir el tiempo de ejecución de la tarea sucesora, siempre y cuando ésta no tenga una dependencia Fin-Fin ni Comienzo-Comienzo, o al aprovechar adecuadamente los tiempos de holgura que existen en la planificación del proyecto.

Para la planificación de megaproyectos futuros se recomienda la búsqueda anticipada de donaciones o la creación de un fondo monetario.

Esto hará que el plan no pierda exactitud por el retraso en el comienzo de la ejecución del proyecto al no contar con el dinero necesario para poder adquirir los recursos materiales requeridos.

También se recomienda continuar con los lineamientos establecidos para este Megaproyecto, como lo son la asignación de períodos de tiempo semanales (talleres) para que los estudiantes puedan trabajar o realizar consultas, y la asignación de un administrador que trabaje con ellos en las tres fases. Esto ayudará a que el proyecto pueda ser concluido exitosamente en el tiempo estimado.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Briceño, Pedro. 1996. *Administración y dirección de proyectos: un enfoque integrado*. 2ªed. Chile, McGraw Hill. 247 págs.

Chatfield, Carl y Timothy Jonson. 2004. *Microsoft Office Project 2003 paso a paso*. Madrid, McGraw Hill. 605 págs.

Drudis, Antonio. 1999. *Gestión de proyectos: cómo planificarlos, organizarlos y dirigirlos*. 3ªed. Barcelona, Editorial Gestión 2000. 200 págs.

Enter2.0. (2006, Abril 24). *Telemedicina: más que cirugías*. [WWW documento]. URL
http://enter.terra.com.co/enter2/ente2_actu/ente2_actu/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR_2-2856022.html

Fonseca, Juan Pedro. 2005. <<Desarrollo de líneas guías de proyecto para el diseño y construcción de un sistema explorador robotizado y autónomo>>. Tesis Universidad del Valle de Guatemala. 80 págs.

Furlán, L. (2006, marzo). Una pequeña historia de Internet en Guatemala. *LACNIC news*, 2. Obtenido en la Red Mundial el 26 de mayo de 2006:
http://www.lacnic.net.uy/newsletter/sp/?page_id=17.

Grupo de Gestión de la Tecnología (GETEC). (2005, Septiembre 19). *Gestión de proyectos*. [WWW documento]. URL
<http://www.getec.etsit.upm.es/docencia/gproyectos/gproyectos.htm>.

Hernández, L. (2006). *Cirugía robótica*. [WWW documento] URL

<http://www.cibersivo.com/vtexto/desplieganota.cgi?nota=/cibersiones/notas/cirugua-robotica-carbajal.txt>

Sitios de información en Internet:

Internet 2

<http://www.internet2.edu/>

Microsoft Office Project 2003

<http://office.microsoft.com/es-hn/FX010857953082.aspx>

Project Management Institute

<http://www.pmi.org/info/default.asp>

Proyecto e-Health:

<http://www.e-health.edu.co/>

Proyecto T@lmed:

<http://www.alis-telemed.net/>

Red Clara:

<http://www.redclara.net/>

X. APÉNDICE

A. Microsoft Office Project 2003

Este paquete de software es una aplicación de escritorio basada en el sistema operativo Windows para la gestión de proyectos. Forma parte integral del sistema Microsoft Office, por lo que se pueden utilizar otros productos como PowerPoint 2003 y Visio 2003 para presentar el estado de los proyectos de manera eficaz.

Esta herramienta de gestión de proyectos facilita el modo de llevar a cabo de manera conjunta las siguientes acciones:

- Realizar un seguimiento de toda la información que forma parte de los requerimientos del proyecto, como el trabajo, la duración y los recursos.
- Visualizar el plan de proyecto en un formato estándar y con un diseño adecuado.
- Programar tareas y recursos de manera apropiada y consistente.
- Intercambiar información de proyecto con otras aplicaciones del sistema de Microsoft Office.
- Comunicar la información a los recursos y otros participantes.
- Gestionar los proyectos utilizando un programa con una apariencia y comportamiento similar a otras aplicaciones de productividad de escritorio, por ejemplo, Word o Excel.

La ventaja que presenta Project sobre otras aplicaciones usadas para gestión de proyectos, por ejemplo Excel, es que incluye un motor de programación (una rama de computación que permite tratar aspectos como el efecto que se produce cuando la tarea 1 de una secuencia de 100 cambia su fecha de comienzo). Este motor de programación tiene en cuenta el tiempo no laborable, como los fines de semana, por ejemplo, en el cálculo de las fechas de comienzo y fin de una tarea.

B. Sistema Sakai

El consorcio uPortal y cuatro universidades norteamericanas (Indiana, Michigan, MIT y Stanford) pusieron en marcha, en enero del 2004, una iniciativa para integrar las funcionalidades de un entorno virtual de enseñanza/aprendizaje en un portal institucional. El proyecto de Sakai, Collaboration and Learning Environment (CLE), es un entorno modular de código fuente abierto, cuyo objetivo es integrar diversas funcionalidades del e-learning en un portal académico.

Utilizando un navegador de Internet, los usuarios pueden seleccionar alguna de las muchas herramientas de Sakai para crear un sitio de trabajo que se adapte a sus cursos, proyectos e investigaciones colaborativas. Para cursos, Sakai provee características para apoyar la enseñanza y el aprendizaje. Para proyectos y colaboración, Sakai tiene herramientas que ayudan a organizar la comunicación y el trabajo grupal en el campus universitario y alrededor del mundo.

Utilizando esta plataforma, el usuario puede publicar recursos para sus estudiantes y colegas permitiéndoles tener acceso a esta información 24 horas, los siete días de la semana. Además, Sakai cuenta con herramientas de comunicación para estar en contacto con los estudiantes fuera de clase o con los colegas en cualquier momento. Algunas de estas herramientas son: correo electrónico, salas de conversación y foros en línea para sostener discusiones y debates en línea y a distancia sincrónica o asincrónicamente.

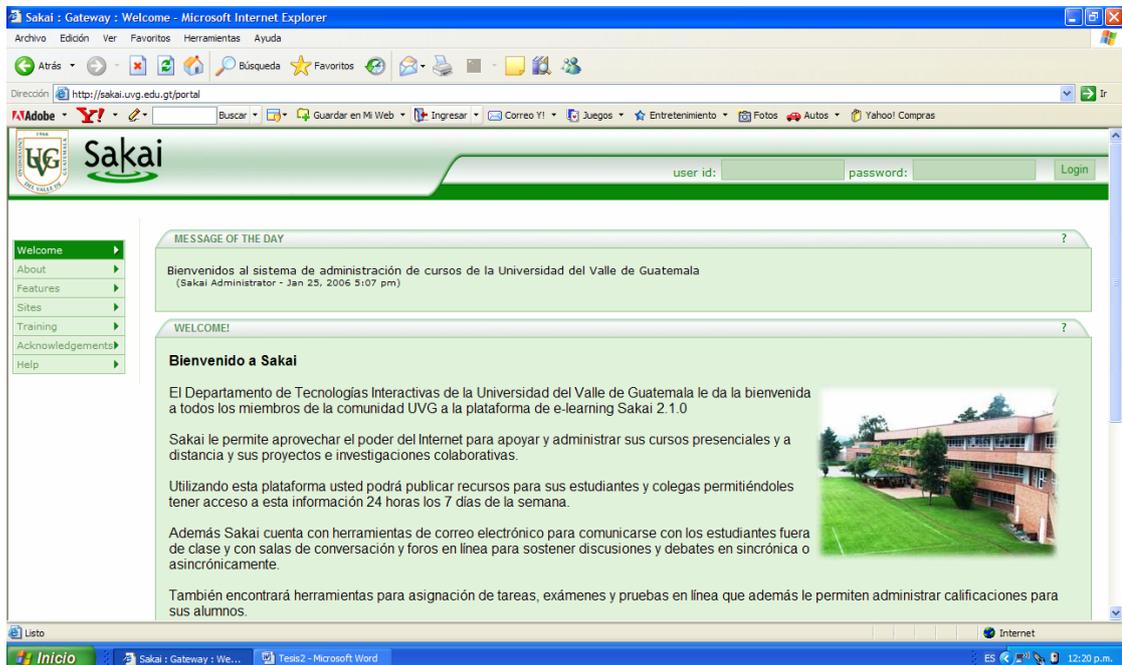
También se encuentran herramientas para asignación de tareas, exámenes y pruebas en línea.

La Universidad del Valle de Guatemala, por medio del Departamento de Tecnologías Interactivas, implementó el sistema Sakai, en su versión 2.1.0, en enero del 2006 para uso de sus catedráticos, alumnos, investigadores y personal administrativo. Actualmente un número de catedráticos lo está utilizando para enseñar. Algunas de las formas en que lo están empleando son:

- Publicación de información de su curso (programa, actividades, etc.)
- Publicación de documentos del curso (lecturas, material de apoyo.)
- Asignación de tareas en línea.
- Asignación de tareas en línea para ser analizadas y discutidas por el grupo en el mismo ambiente.

La página principal del sistema Sakai de la Universidad del Valle de Guatemala se localiza en la dirección <http://sakai.uvg.edu.gt/>. Es necesario contar un nombre de usuario y una contraseña para poder ingresar, los cuales son proporcionados por el Departamento de Tecnologías Interactivas de la Universidad. De igual manera, si se desea crear un espacio de trabajo, debe contactarse a este departamento.

Fig.5. Página principal de Sakai-UVG

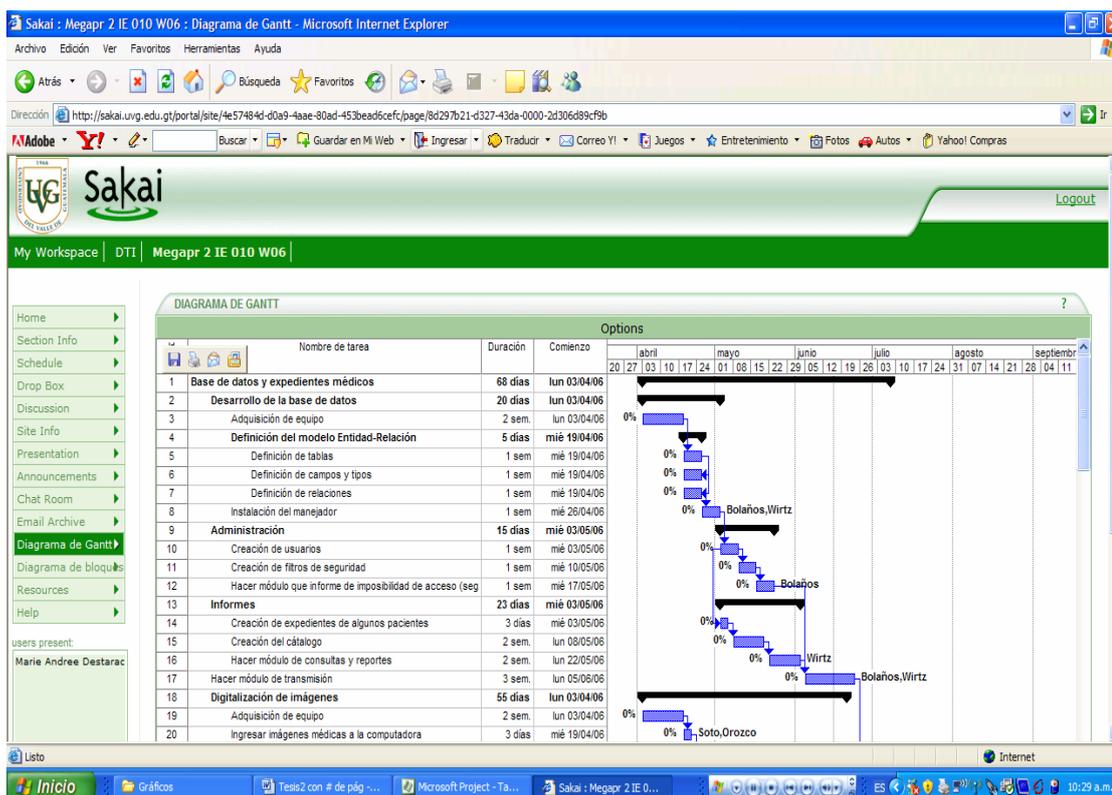


C. Sitio de trabajo para el Megaproyecto dentro de Sakai

El sitio de trabajo creado para este proyecto cuenta con varias herramientas que facilitan la comunicación entre los miembros del grupo y la publicación de información que pueda ser de utilidad. Es posible, además, crear nuevas herramientas según las necesidades que se presenten.

En este caso, se creó la herramienta <<Diagrama de Gantt>> para publicar dicho tipo de gráfico. La apariencia de la pantalla de la computadora al estar dentro del sitio de trabajo y escoger esta herramienta, es similar a la que se muestra a continuación:

Fig. 6. Diagrama de Gantt publicado en Sakai



Posteriormente se estableció otra herramienta para que el equipo pueda visualizar los diagramas de bloques del sistema. Dicha herramienta se ubica debajo de <<Diagrama de Gantt>> y se le llamó <<Diagrama de bloques>>. En la figura 7 se muestra la apariencia de la pantalla de la computadora al seleccionarla.

Además, dentro de la herramienta <<Recursos>>, que hace disponible en línea muchas clases de materiales (enlaces a otros sitios web, presentaciones, hojas de cálculo, documentos de texto, etc.), se puso a disposición de los estudiantes un informe detallado de todas las tareas que integran el Megaproyecto, con fecha de inicio y finalización de cada una, responsables de su ejecución, lapso y porcentaje de ejecución. Además, en la primera parte del documento se incluyó el Diagrama de Gantt. La apariencia del sitio web es similar a los ejemplos que se muestran en las figuras 8 y 9.

Fig. 7. Diagrama de bloques publicado en Sakai

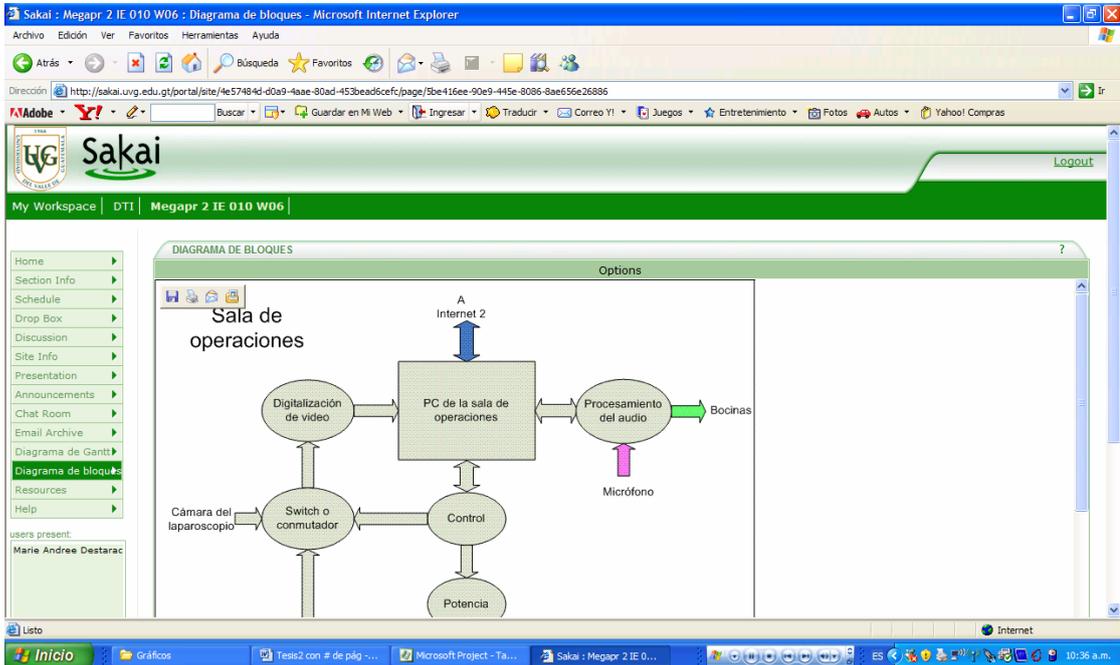


Fig. 8. Informe detallado del proyecto con Diagrama de Gantt, publicado en Sakai

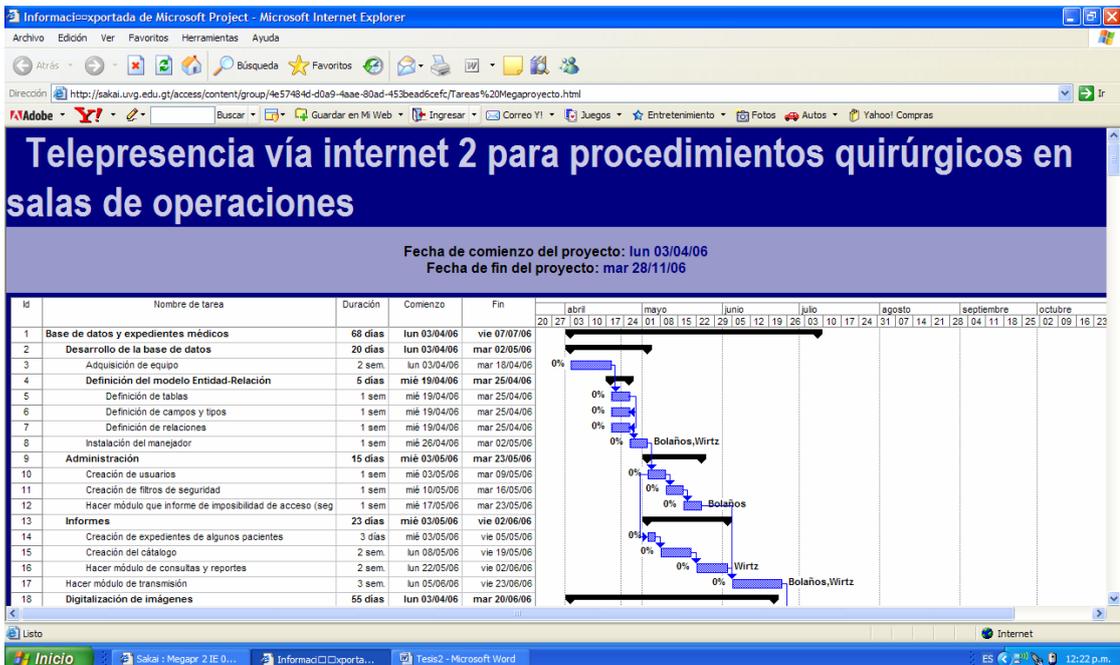


Fig.9. Informe detallado de las tareas del proyecto, publicado en Sakai

Información exportada de Microsoft Project - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Dirección: <http://sakai.uv.g.edu.gt/access/content/group/4e57404d-d0a9-4aae-00ad-453bead6cfcf/Tareas%20Megaproyecto.html>

153 Establecer comunicación con sala de operaciones 1 sem mié 04/10/06 mar 10/10/06

154 Sistema de Comunicaciones Completo 0 días mar 10/10/06 mar 10/10/06

155 Puesta en marcha en conjunto y pruebas 4 sem. mié 11/10/06 mar 07/11/06

156 Optimización 3 sem. mié 08/11/06 mar 28/11/06

Tareas

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Nombres de los recursos	% completado
1	Base de datos y expedientes médicos	68 días	lun 03/04/06	vie 07/07/06		0%
2	Desarrollo de la base de datos	20 días	lun 03/04/06	mar 02/05/06	Wirtz,Bolaños	0%
3	Adquisición de equipo	2 sem.	lun 03/04/06	mar 18/04/06		0%
4	Definición del modelo Entidad-Relación	5 días	mié 19/04/06	mar 25/04/06	Bolaños,Wirtz	0%
5	Definición de tablas	1 sem	mié 19/04/06	mar 25/04/06		0%
6	Definición de campos y tipos	1 sem	mié 19/04/06	mar 25/04/06		0%
7	Definición de relaciones	1 sem	mié 19/04/06	mar 25/04/06		0%
8	Instalación del manejador	1 sem	mié 26/04/06	mar 02/05/06	Bolaños,Wirtz	0%
9	Administración	15 días	mié 03/05/06	mar 23/05/06	Bolaños	0%
10	Creación de usuarios	1 sem	mié 03/05/06	mar 09/05/06		0%
11	Creación de filtros de seguridad	1 sem	mié 10/05/06	mar 16/05/06		0%
12	Hacer módulo que informe de imposibilidad de acceso (según tipo de usuario)	1 sem	mié 17/05/06	mar 23/05/06	Bolaños	0%
13	Informes	23 días	mié 03/05/06	vie 02/06/06	Wirtz	0%
14	Creación de expedientes de algunos pacientes	3 días	mié 03/05/06	vie 05/05/06		0%
15	Creación del sistema	7 sem	lun 08/05/06	lun 10/05/06		0%

Inicio

Inicio Sakai : Megapr 2 IE 0... Informaci... Tesis2 - Microsoft Word ES 12:22 p.m.

XI. GLOSARIO

CAN:

CAN es un protocolo de comunicaciones serial desarrollado por la firma alemana Bosch, basado en una topología de bus para la transmisión de mensajes en ambientes distribuidos. Inicialmente se usó para aplicaciones en los automóviles. Su nombre viene de Control Area Network (Área de red controlada). Este protocolo permite implementar en forma rápida y eficiente la interoperabilidad entre computadoras, reduce considerablemente el cableado y elimina las conexiones punto a punto en un sistema.

Internet 2:

Nombre genérico para identificar las redes avanzadas educativas y de investigación, que tuvieron su origen en los Estados Unidos, cuando se creó una red alternativa a la Internet comercial, para permitir el intercambio y colaboración de investigación y educación entre diversas instituciones educativas. Su desarrollo abre las puertas a aplicaciones que usan transferencia masiva de datos, video en tiempo real, investigación y colaboración remota; de igual forma, permite impulsar la creación de nuevas herramientas para la educación superior y la investigación.

Laparoscopia:

Tubo largo y delgado que tiene un lente de cámara que le permite al médico examinar los órganos dentro de la cavidad abdominal, con el fin de detectar anomalías y operar a través de incisiones pequeñas.

MPEG-4:

Nombre de un grupo de estándares de codificación de audio y video, así como su tecnología relacionada normalizada por el grupo MPEG (Moving Picture Experts Group). Fue creado en 1998 y sus usos principales son los flujos de medios audiovisuales, la distribución en

CD, la transmisión bidireccional por videoconferencia y emisión de televisión.

PIC:

Los **PIC** son una familia de microcontroladores fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instruments. Sus siglas vienen de *Peripheral Interface Controller* (Controlador de Interfaz Periférico).

SIP:

Son las siglas en inglés del Protocolo para Inicio de Sesión. SIP es un protocolo de señalización para establecer las llamadas y conferencias en redes IP (Internet Protocol). El inicio de la sesión, cambio o finalización de la misma son independientes del tipo de medio o aplicación que se esté usando en la llamada; una sesión puede incluir varios tipos de datos, incluyendo audio, video y muchos otros formatos. SIP se originó a mediados de los años 90 para facilitar la manera en que la gente podía ver una sesión difundida en Internet, como los lanzamientos de trasbordadores espaciales.

Telepresencia:

Se refiere a la posibilidad de que una persona pueda <<trasladarse>> de un espacio físico a otro, a menudo a través de una conexión de telecomunicaciones. Es decir, la persona no está físicamente en determinado lugar, pero cuenta con varios recursos para poder ver y escuchar lo mismo que las personas que sí lo están.

USB:

El Bus Serial Universal (USB, de sus siglas en inglés *Universal Serial Bus*) es una interfaz que provee un estándar de bus serial para conectar dispositivos a una computadora y que transmite todos los datos en dos líneas del cable. Otro par de cables se utilizan como fuente de voltaje. Un sistema USB tiene un diseño asimétrico, que

consiste en un sólo servidor y múltiples dispositivos conectados en una estructura de árbol. Se pueden conectar hasta 127 dispositivos a un sólo servidor.