

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Electrónica

**Desarrollo de líneas guías de proyecto para el diseño y
construcción de un sistema explorador robotizado y autárquico.**

BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Trabajo de Graduación presentado por Juan Pedro Fonseca Soto
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería
Electrónica

Guatemala 2005



Desarrollo de líneas guías de proyecto para el diseño y construcción de un sistema explorador robotizado y autónomo.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA

Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Electrónica

**Desarrollo de líneas guías de proyecto para el diseño y
construcción de un sistema explorador robotizado y autónomo.**

Trabajo de Graduación presentado por Juan Pedro Fonseca Soto
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería
Electrónica

Guatemala 2005

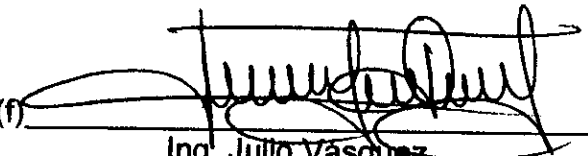
**BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

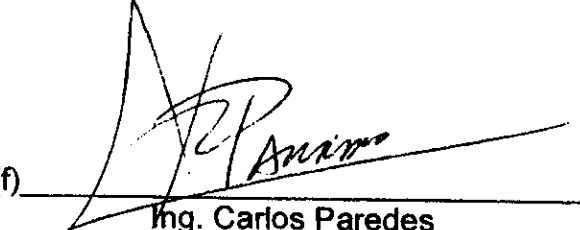
Vo.Bo.:

(f) Manuel A. López V.
Dr. Ing. Manuel Antonio López Valdez
Asesor

Terna Examinadora:

(f) Manuel A. López V.
Dr. Ing. Manuel Antonio López Valdez

(f) 
Ing. Julio Vásquez

(f) 
Ing. Carlos Paredes

Fecha de aprobación: 10 de Mayo de 2005

PREFACIO

<<En mayo de 1985 la Academia Nacional de Ingeniería de Estados Unidos llevó a cabo un simposio sobre la competitividad industrial en ese país. El simposio reunió algunos de los más prestigiosos líderes industriales y académicos para discutir sobre los retos de la competitividad industrial y sobre como la Academia Nacional de Ingeniería podría formular sus programas para mejorar la competitividad en Estados Unidos. Durante la discusión sobre la enseñanza de la ingeniería, se recomendó que la educación de ingenieros para la era tecnológica futura, requiere que los estudiantes desarrollen tanto las habilidades de liderazgo "para proyectos y programas..." como las habilidades de liderazgo en sus respectivas disciplinas.>> Clealand (1994:35).

Este trabajo busca básicamente resaltar la importancia que tiene la administración de proyectos, pero que comúnmente no se le da.

Varios autores consideran la planificación como el mayor reto y lo más importante de un proyecto. <<Las personas, en general, encuentran más cómodo hacer que planificar>> Clealand (1994:271). Pues este trabajo es exactamente eso, un reto. Ya que viene a romper una tradición de trabajos de graduación en ingeniería electrónica de carácter estrictamente técnico o teórico, que rara vez, si no es que nunca, han presentado un análisis principalmente de carácter administrativo.

Debe quedar claro que el trabajo conlleva un trasfondo técnico y teórico muy fuerte que justifica la ejecución del mismo por un estudiante de Ingeniería Electrónica. Esto se debe a que se trata de la Planificación de un Megaproyecto sumamente complejo y completo en relación al conocimiento de ingeniería electrónica que se adquiere en la Universidad del Valle de Guatemala.

ÍNDICE

PREFACIO.....	v
INDICE.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
A. Generales.....	3
B. Específicos.....	3
III. ANTECEDENTES.....	4
A. Administración de proyectos.....	4
B. Proyecto.....	6
C. Planificación de un proyecto.....	8
1. Metas y objetivos.....	9
2. Identificación de tareas.....	10
3. Estimación de duración de tareas.....	11
4. Establecer dependencias.....	12
5. Identificar y asignar recursos.....	14
6. Calendarización.....	15
7. Identificar ruta crítica.....	17
D. Megaproyecto.....	19
1. Objetivos del megaproyecto.....	19
IV. DELIMITACIÓN DEL TEMA.....	21
V. METODOLOGÍA.....	23
A. Herramientas de trabajo.....	24
VI. DESARROLLO.....	26
A. Definición de meta y objetivos.....	26
B. Diagrama de bloques del sistema.....	28

C.	Resumen de la especificación del Megaproyecto.....	30
1.	Vehículo.....	32
2.	Inteligencia artificial.....	35
3.	Electrónica.....	37
4.	Telecomunicaciones.....	40
D.	Estructura de división de trabajo.....	42
E.	Definición de duración de tareas.....	46
F.	Establecer dependencias y relaciones entre tareas.....	50
G.	Identificación y asignación de recursos.....	54
H.	Presupuestos.....	60
I.	Calendarización.....	61
J.	Ruta crítica.....	66
K.	Control de ejecución.....	71
VII.	CONCLUSIONES.....	72
VIII.	RECOMENDACIONES.....	74
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	75
X.	APÉNDICE.....	76
A.	Glosario.....	76
B.	Ejemplo de e-mail.....	78
C.	Sitio web.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estación de control	28
Figura 2 Estación local.....	29
Figura 3 Vehículo.....	30
Figura 4 Gráfica de Gantt 1 de 4.....	62
Figura 5 Gráfica de Gantt 2 de 4.....	63
Figura 6 Gráfica de Gantt 3 de 4.....	64
Figura 7 Gráfica de Gantt 4 de 4.....	65
Figura 8 Ruta crítica 1 de 4.....	67
Figura 9 Ruta crítica 2 de 4.....	68
Figura 10 Ruta crítica 3 de 4.....	69
Figura 11 Ruta crítica 4 de 4.....	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Estructura de división de trabajo grado 1.....	42
Tabla 2 Estructura de división de trabajo grado 2.....	43
Tabla 3 Estructura de división de trabajo.....	43
Tabla 4 Duración de tareas.....	47
Tabla 5 Dependencias.....	51
Tabla 6 Asignación de recursos.....	55
Tabla 7 Recursos humanos.....	58
Tabla 8 Recursos materiales.....	59
Tabla 9 Presupuestos.....	60

RESUMEN

Este trabajo consiste en la planificación del Megaproyecto titulado: *Diseño y construcción de un sistema explorador robotizado y autárquico*. El proceso de planificación inicia con la definición de objetivos, los cuales fueron definidos con el propósito de orientar adecuadamente el esfuerzo de los estudiantes hacia el desarrollo exitoso del proyecto. Seguidamente se pasó a especificar las características y a delimitar el tema, esto fue producto de una serie de reuniones entre el grupo de estudiantes involucrado, el administrador, y el profesor asesor.

Basado en los documentos de especificación desarrollados por los estudiantes, se ejecutó una división de trabajo que resultó en una asignación de tareas puntuales a cada estudiante. Estas tareas fueron calendarizadas de acuerdo a las dependencias que existen entre ellas y a la necesidad y disponibilidad de recursos, y el resultado se plasmó en una gráfica de Gantt.

Además se obtuvo tres presupuestos de distintos costos, para prever tres escenarios diferentes en cuanto a la disponibilidad de dinero que se llegara a tener.

Según la planificación realizada, el proyecto puede ser concluido en un período de cuatro meses y dos semanas, si se sigue un ritmo similar al propuesto en el calendario, y si se cuenta con los recursos identificados y asignados en este trabajo. Finalmente, se plantea un mecanismo sencillo de control y un medio de comunicación para lograr un avance óptimo en el desarrollo global del proyecto.

I. INTRODUCCIÓN

El fin de cualquier tipo de conocimiento es la aplicación que éste pueda tener. Un resultado, producto de la aplicación del conocimiento científico, será un reflejo de dos factores igualmente importantes: la calidad y profundidad del conocimiento científico y la calidad y eficiencia de la aplicación del mismo. Este trabajo se enfoca en el segundo factor.

Un proyecto es básicamente un conjunto de actividades estratégicamente organizadas, no rutinarias y complementarias, que llevan a un fin. Hoy en día, la importancia de los proyectos es inmensurable, si se considera que los avances tecnológicos más grandes que la humanidad ha tenido se han realizado en los últimos 100 años y que gran parte de los logros alcanzados han sido el objetivo y el producto de proyectos.

En la década de los años 50, la administración de proyectos empezó a convertirse en una disciplina formal, y de ahí en adelante, ha evolucionado hasta convertirse en una herramienta sustancial para alcanzar los objetivos de cualquier proyecto que se lleve a cabo. Existen métodos y procedimientos que han demostrado que pueden entregar excelentes resultados en cuanto al cumplimiento de objetivos de un proyecto, casi independientemente de la naturaleza del mismo.

Actualmente, se reconoce la importancia de los proyectos en todo el mundo y en todos los ámbitos. Resultado de esto es que el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Valle de Guatemala, ha introducido una nueva alternativa para cumplir con el requisito de trabajo de graduación, que consiste en la elaboración de un Megaproyecto. Este es un proyecto grupal, que se realiza en etapas y que es de mayor alcance y complejidad que un proyecto de trabajo de graduación tradicional.

Este trabajo de graduación, es un auxiliar para el Megaproyecto que actualmente está siendo desarrollado por los estudiantes de 5to año de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Valle de Guatemala: *Diseño y construcción de un sistema explorador robotizado y autárquico*. Busca definir una serie de líneas guías en las cuales el grupo debe basar la ejecución del proyecto para alcanzar los objetivos propuestos. El trabajo se basa en la teoría clásica de administración de proyectos, siendo una aplicación directa de los pasos comúnmente aceptados y recomendados para la planificación de proyectos.

II. OBJETIVOS

A. Generales

- Contribuir a la realización exitosa del Megaproyecto "*Diseño y construcción de un sistema explorador robotizado y autárquico*", mediante la creación de una guía que sirva de base para la ejecución sistemática y eficiente del mismo.

B. Específicos

- Definir objetivos y metas para el Megaproyecto.
- Identificar todas las tareas necesarias para la ejecución del Megaproyecto
- Identificar y asignar recursos materiales y humanos a las tareas.
- Realizar tres presupuestos de costos distintos
- Calendarizar todas las actividades de manera que se garantice la posibilidad de concluir el Megaproyecto en un tiempo determinado.
- Proponer un mecanismo de control que permita monitorear el avance en la ejecución del Megaproyecto.

III. ANTECEDENTES

A. Administración de proyectos

La administración de proyectos empieza a ser usada como metodología alrededor de la década de 1950, principalmente al ser aplicada a proyectos en la industria de la construcción. Posteriormente se utilizó en las industrias militares y de desarrollo de sistemas y en proyectos gubernamentales estadounidenses de grandes magnitudes, como el Proyecto Manhattan en la década de 1960, que tuvo como resultado la primera bomba atómica. En 1969 se concreta formalmente la administración de proyectos como una disciplina formal al fundarse el Instituto de Administración de Proyectos (PMI, por sus siglas en inglés). El PMI se fundó con menos de 100 miembros y hoy en día posee alrededor de 125,000 en aproximadamente 140 países. Esto es un indicador del crecimiento que la administración de proyectos ha tenido en cuanto a uso, técnicas, áreas de aplicación, efectividad e importancia en la realización exitosa de proyectos. En fin, a través de los años, la administración de proyectos ha demostrado ser una metodología que crea cambios rápidamente, que enfrenta problemas, persigue oportunidades y sobre todo ayuda enormemente al alcance de resultados esperados de una forma eficiente.

La administración de proyectos se puede definir como la definición, planificación, calendarización y control de las tareas que deben ser completadas para alcanzar una meta y la asignación y distribución de los recursos necesarios para llevar a cabo estas tareas (Lowery, 1994:3). Según Ron Black (2004:12): De acuerdo al PMI, la administración de proyectos es la aplicación de conocimiento, destrezas, herramientas, y técnicas a actividades de proyecto, para satisfacer los requerimientos del proyecto.

Según Clealand (1994:7) el PMI define la administración de proyectos como el arte de dirigir y coordinar recursos humanos y materiales a través de la vida de un proyecto por medio de la utilización de técnicas modernas de administración, para alcanzar objetivos predeterminados de alcance, costo, tiempo, calidad y satisfacción de participantes.

Un proyecto es desarrollado generalmente por un equipo, que puede estar integrado por los siguientes miembros:

- Originador. Es quien identifica la necesidad, la oportunidad y propone la idea. Puede o no participar en el desarrollo del proyecto
- Patrocinador. Es quien autoriza la utilización de recursos y planes. Define prioridades y generalmente elige a un administrador del proyecto que es con quien tiene relación.
- Administrador del proyecto. Es el líder del equipo, su principal responsabilidad es asegurar el éxito del proyecto. Generalmente está involucrado en el proyecto desde las primeras etapas. Además define o dirige la planificación, ejecución y cierre del proyecto. Provee de liderazgo y medios de comunicación. Posee la autoridad global que es otorgada por el patrocinador.
- Equipo principal. Son todos los participantes del proyecto con un alto nivel de compromiso durante la ejecución. Participan en la planificación del proyecto en las áreas en que son expertos. Son responsables de realizar tareas específicas dirigidos por el administrador del proyecto.
- Equipo extendido. Consiste de los participantes con un nivel de compromiso y participación menor, pero cuya contribución es esencial, por ejemplo asesores o personal de soporte.

El administrador de un proyecto, es una persona con las siguientes competencias y obligaciones:

- Habilidad para ver el proyecto como un todo y transmitir su conocimiento a los integrantes del equipo.
- Motivar y orientar a los miembros del equipo.
- Identificar los recursos y tareas requeridas y programar las actividades.
- Orquestar los esfuerzos individuales.
- Estimar acertadamente el tiempo, dinero y resto de recursos necesarios para el proyecto.
- Organizar y dirigir reuniones de equipo y asegurar orden y respeto de ideas.
- Habilidad de influenciar, persuadir y manifestar acuerdos.
- Administrar la organización, los procedimientos y el control del proyecto.
- Mantener un flujo de comunicación eficiente entre los integrantes del equipo.
- Resolver problemas alcanzando las mejores soluciones para el proyecto.

B. Proyecto

La definición de proyecto es amplia, y puede variar según los diferentes puntos de vista. Varios autores, sin embargo, concuerdan en que un proyecto es un conjunto de actividades no repetitivas o rutinarias que conllevan a un determinado fin. Éste debe tener una fecha de inicio y una de finalización, y una cantidad limitada de recursos. Según Clealand (1994:5), un proyecto consiste en una combinación de recursos organizacionales que juntos crean algo que previamente no existe y que proveerá capacidad para el diseño y ejecución de los objetivos y estrategias organizacionales.

Todos los proyectos son por naturaleza distintos, por lo que no se pueden manejar de la misma forma. Sin embargo, existen lineamientos que se pueden seguir y que generalmente son aplicables a la gran mayoría de proyectos. Una práctica común y útil es la de dividir un proyecto en una serie de procesos sucesivos e intrínsecamente interrelacionados. Un modelo que ha sido ampliamente utilizado y probado, y que ha demostrado ser útil en múltiples ocasiones es el sugerido por el PMI. En el documento "Project Management Body of Knowledge", PMBOK, el PMI divide la administración de un proyecto en los siguientes procesos: inicialización, planificación, ejecución, control, y cierre. En general, el modelo de los procesos aclara en que consiste la participación de todos los integrantes del equipo en el proyecto, facilita el aprendizaje, estructura la comunicación y mejora la colaboración. A continuación se resume la función de cada uno de los procesos:

1. Inicialización. En esta etapa se proyectan los conceptos del proyecto, se define el propósito, se describen las restricciones y suposiciones conocidas, se resume el trabajo a realizar, se designa a un administrador de proyecto y se autoriza la elaboración del plan.

2. Planificación. En la etapa de planificación se validarán las suposiciones hechas en la fase anterior, se hace un modelo de ejecución, se identifican y comunican elementos esenciales, y se revisan todas las decisiones tomadas anteriormente. Posteriormente se hace un plan de ejecución realista acorde a la nueva visión que se tiene del proyecto, ya que esta se amplía conforme el proyecto avanza.

3. Ejecución. La ejecución inicia de acuerdo a lo estipulado en el plan y debe apegarse al mismo durante todo el proceso.

4. Control. El control no es realmente una parte de la secuencia, ya que este se debe dar durante todo el período de tiempo y durante todas las fases del proyecto. Sin embargo debe dársele mayor énfasis durante la fase de ejecución. En esta fase se monitorea el progreso y los gastos, se hace una comparación con lo estipulado en el plan, se evalúa el desempeño, y se toman acciones cuando se requiere.

5. Cierre. En esta fase se realiza cualquier tarea administrativa necesaria para el cierre y se evalúan resultados. Se documenta y archiva toda la información y se toman decisiones futuras relacionadas al proyecto, como extensiones, proyectos relacionados, etc.

C. Planificación de un proyecto

Como ya se mencionó anteriormente, la planificación de un proyecto es el proceso que consiste en crear y hacer explícitos los objetivos, metas y estrategias necesarias, para llevar un proyecto a través de su ciclo de vida hacia una finalización exitosa. La planificación incluye el desarrollo de estrategias para la distribución de recursos para cumplir los objetivos y la meta. La planificación debe tener un nivel de detalle de acuerdo a las exigencias del proyecto, debe resaltar los puntos críticos y debe incluir el uso de herramientas para preparar y monitorear el plan. Por lo anterior, el proceso de planificación está altamente ligado al de control.

La planificación empieza con una visión, una imagen mental que consiste en ver hacia donde debe llegar el proyecto para que sea considerado exitoso y se construye el plan orientado a esta visión. Sin una visión clara, el trabajo del equipo puede parecer desordenado y sin sentido. De esta visión se desprenden los objetivos del proyecto y en base a estos objetivos se diseña la estrategia, la cual se plasma en una calendarización.

Los siguientes son los pasos que se deben seguir para realizar la etapa de planificación:

1. Desarrollar la meta y los objetivos del proyecto.
2. Identificar tareas y desarrollar un desglose del trabajo que requiere el proyecto.
3. Establecer duración de tareas
4. Desarrollar diagramas de dependencia y prioridades para establecer relaciones lógicas de las actividades del proyecto.
5. Determinar la necesidad y planificar el uso de recursos.
6. Desarrollar calendarios de tiempo para el proyecto, basándose en los diagramas de precedencia y fechas críticas.
7. Identificar rutas críticas y tiempos o márgenes de holgura.

1. Metas y objetivos del proyecto. Definir la meta del proyecto debe ser la primera tarea del administrador. Generalmente se habla de una meta y de varios objetivos. La meta es el propósito general del proyecto, es la ganancia que se obtendrá en caso de satisfacer todos los requerimientos del proyecto. Los objetivos son tareas específicas que, al realizarse en conjunto, conllevan a alcanzar la meta.

La meta debe cumplir idealmente con ser:

- Específica
- Medible
- Aceptada por los involucrados en el proyecto
- Realista
- Limitada en tiempo

Las tres limitantes. Existen tres limitantes que deben ser consideradas, analizadas y priorizadas para definir la meta y objetivos de un proyecto:

- Costo de realización
- Tiempo de finalización
- Resultados esperados

Normalmente una de las tres limitantes o restricciones se establece como primera en prioridad, y sobre esta se tendrá control total, a cambio de tener menos control sobre las otras. Es importante definir claramente el orden de prioridad de estas restricciones, ya que en base a éste se tomarán decisiones importantes en momentos críticos del curso del proyecto. Por ejemplo, si el tiempo de entrega del proyecto es la prioridad principal, se tendrá que ceder en alguna de las otras restricciones para lograr las metas, es decir que en determinado momento es posible que haya que elegir entre disminuir los resultados esperados, o aumentar la necesidad de recursos, con tal de cumplir con la meta de tiempo.

2. Identificación de tareas: estructura de división del trabajo. Dadas las especificaciones del proyecto y los objetivos claros, el administrador del proyecto debe proceder a definir una estructura de la división del trabajo. Esta estructura divide la totalidad del trabajo requerido para la elaboración del proyecto, en elementos que representan unidades de trabajo singulares, asignadas a un miembro específico del equipo de trabajo. De esta forma, cada persona tendrá asignadas tareas detalladas, especificaciones y puntos críticos calendarizados, además tendrá un presupuesto asignado, y deberá cumplir con objetivos específicos que podrán ser medidos para así tener una idea concreta del avance del proyecto.

El proceso de división de trabajo, consiste en dividir el proyecto en grupos o divisiones generales, posteriormente se dividen estos grupos en tareas

y las tareas en sub tareas, y así se continúa hasta llegar al grado de detalle necesario. Es importante mencionar que los proyectos son planificados, organizados, y controlados sobre el nivel más bajo de la división del trabajo. Los objetivos deben ser definidos en el menor nivel, estos deben ser claros, específicos, basados en tiempo, y medibles.

3. Estimación de Duración de Tareas. Una vez identificadas todas las tareas y habiendo finalizado la estructura de división de trabajo, se debe de estimar el tiempo de duración de cada una de las tareas. Existen seis maneras fundamentales para estimar la duración de tareas. A continuación se resumen estas técnicas:

a. Usar datos históricos. Consiste en basar las estimaciones en duraciones que se han registrado en otras ocasiones para las mismas tareas o para tareas similares en un proyecto de condiciones normales. Obviamente, este método sólo puede utilizarse cuando se tienen datos históricos y esto implica que las tareas específicas ya hayan sido realizadas anteriormente por la empresa, equipo, o institución que desarrolla el proyecto.

b. Usar referencias. Consiste en basar las estimaciones en duraciones que han registrado otras empresas o instituciones ya sea en proyectos similares o en tareas comunes aunque sea entre proyectos desiguales. Estas referencias pueden ser engañosas ya que generalmente se desconocen las condiciones internas del equipo en el momento de realizar las tareas.

c. Estimar sin base o referencia. La estimación sin base puede ser un método útil cuando no existen referencias sobre las tareas a realizar. Este método suele ser el más errado de todos cuando se evalúa tarea por tarea. Sin embargo, en general resulta ser eficiente ya que las subestimaciones y las

sobrestimaciones de tiempo que se dan en diferentes tareas, sobre todo en proyectos grandes, suelen cancelarse, resultando en un proyecto finalizado a tiempo.

d. Estimar con alguna referencia. Este método es igual que el anterior, sólo que se basa en algún dato científico, o en cualquier dato existente que pueda ayudar a estimar la duración de algunas tareas. La existencia de estos datos mejora considerablemente la exactitud de las estimaciones.

e. Método Delphi. Consiste en permitir que conocedores en el tema de las tareas calculen por su cuenta las duraciones y posteriormente, éstas sean discutidas y aceptadas por consenso.

f. Análisis Pert. El análisis PERT es el más útil y exacto ya que se basa en un procedimiento estadístico. Para obtener la estimación de tiempo se ponderan tres distintos escenarios de distintas probabilidades y de acuerdo a esto se obtiene un promedio que, generalmente si los datos utilizados son reales, es muy cercano al real.

4. Establecer dependencias. Algunas tareas pueden realizarse paralelamente a otras. De hecho, mientras más actividades puedan realizarse en paralelo más eficiente y rápido será el desarrollo de un proyecto. La velocidad de ejecución de un proyecto es, en la mayoría de ocasiones, uno de los factores más importantes independientemente del tipo de proyecto de que se trate. La velocidad conlleva beneficios en cuanto a competitividad, economía (reducción de gastos) y seguridad (reducción de riesgos). Sin embargo, realizar actividades en paralelo no es siempre posible y esto se debe fundamentalmente a dos razones:

- Una actividad tiene alguna dependencia de alguna otra

- Existe una limitante en cuanto a recursos.

A continuación se describe cómo se definen las dependencias entre tareas.

Una vez se han definido todas las tareas y se tienen las estimaciones de duración de cada una, lo que procede es establecer las dependencias entre las mismas. De esta forma se tendrá una idea preliminar de cuánto es el tiempo de duración del proyecto completo, y se podrá identificar la necesidad de recursos.

Existen cuatro tipos de relaciones de dependencia entre las tareas:

- Final – Inicio. Este tipo de dependencia es el más común, y se da cuando una tarea no puede ser iniciada hasta que otra sea terminada. Tal es el caso de procedimientos secuenciales. En una relación de este tipo existe una tarea que se denomina dependiente y otra tarea que se denomina predecesora.

- Inicio – Inicio. Esta dependencia implica que una actividad puede empezar en el momento en que alguna otra haya empezado. Por ejemplo no se puede revolver una mezcla hasta que los ingredientes hayan empezado a ser depositados o hasta cierto tiempo después de que esto ocurra, sin que necesariamente se hayan terminado de depositar.

- Final – Final. Esta relación de dependencia no permite que una actividad finalice hasta que otra haya finalizado. De esta manera, la duración de una actividad es dependiente de la duración de otra. En estos casos hay que ser sumamente cuidadosos, ya que la actividad dependiente podría estar consumiendo recursos innecesariamente.

- Inicio – Final. Este tipo de dependencias se dan cuando una tarea puede ser finalizada hasta que otra haya iniciado, en este caso se presenta un

escenario similar al anterior, en el que la duración de una tarea puede extenderse dependiendo de la fecha de inicio de otra tarea, provocando también consumo innecesario de recursos si se cae en atrasos.

En cualquiera de los casos se pueden dejar períodos de tiempo antes o después de las tareas si fuera necesario, es decir, que las dependencias no implican inmediatez entre la ejecución de tareas, pero estos detalles se definen en la etapa de calendarización. Todas las actividades que sean independientes entre sí deberán procurar ser ejecutadas en paralelo, ya que esto agilizará la ejecución del proyecto.

5. Determinar necesidad y planificar uso de recursos. Cualquier proyecto necesita de recursos, estos pueden ser personas, equipo, material, instalaciones o dinero. Normalmente la disponibilidad de recursos es limitada, por lo que es importante coordinar y distribuir los recursos disponibles eficientemente y llevar a cabo un uso controlado de los mismos para no repercutir negativamente en la duración o alcance del proyecto.

La planificación de recursos es importante ya que permite lo siguiente:

- Calendarizar las tareas de acuerdo a la disponibilidad de recursos
- Identificar cuellos de botella causados por limitación de recursos
- Distribuir las cargas de trabajo equitativamente entre el equipo.
- Obtener un presupuesto y realizar un control de los costos del proyecto.

Se empieza la planificación de recursos definiendo el grado de detalle con que estos se van a especificar. Qué tan específico sea un recurso, repercutirá en el grado de flexibilidad que el proyecto tenga cuando surjan complicaciones. Por ejemplo, si un miembro del equipo se retira o un material está escaso, dependerá del grado del detalle o especificación del recurso, la

velocidad y facilidad con que se podrá reemplazar el recurso para continuar con el desarrollo del proyecto.

a. **Determinación de recursos necesarios.** Cada tarea necesita por lo menos un recurso y por lo general, más de uno. Se debe determinar el tipo y cantidad de recursos que cada tarea necesita para ser completada y así obtener una lista de todos los recursos involucrados en el proyecto. Al comparar la necesidad de recursos con la disponibilidad, se pueden introducir tiempos de holgura antes o después de las tareas, de manera que se tenga disponibilidad de recursos para todas las tareas. Es así como la asignación de recursos crea un tipo de dependencia Final – Inicio cuando no se cuenta con la suficiente cantidad de un recurso como para permitir ciertas ejecuciones en paralelo debido a que dos o más tareas necesitan de un mismo recurso. Si es posible aumentar la cantidad de recursos a manera de permitir las ejecuciones en paralelo, sin afectar los objetivos del proyecto, esto debe realizarse. Debe notarse entonces, que no se termina de establecer la relación de dependencia entre tareas hasta que se ha hecho el análisis de necesidad y disponibilidad de recursos, es decir, que estas actividades tienen una relación Final – Final.

b. **Presupuesto.** Una vez identificada la lista completa de tipo y cantidad de recursos, estos deben ser listados junto a los costos derivados de la adquisición o uso de los mismos. De esta forma se crea un presupuesto, que es una herramienta sumamente importante para analizar el desempeño del proyecto, la rentabilidad y la eficiencia. Es además una herramienta indispensable para conseguir un financiamiento, ya sea de tipo bancario o por medio de una donación.

6. Calendarización. La calendarización es una de las partes principales y de las actividades más importantes del proceso de la planificación. De hecho, puede considerarse como el resultado final de esta etapa.

Para elaborar una calendarización, se requiere la siguiente información que, como se ha mencionado, es producto de las etapas o pasos anteriores:

- Qué actividades son necesarias para el desarrollo del proyecto.
- Cuándo deben finalizarse las actividades.
- Cuál es la duración de las actividades.
- Qué recursos son necesarios para cada actividad o tarea
- Qué interrelación existe entre las distintas tareas.

Es necesario definir un calendario de trabajo que se adecue a las condiciones y características del equipo, empresa, institución o país. Es decir, uno donde se indiquen las horas de trabajo diarias y los días de trabajo hábiles, ya que sobre este se calendarizarán las actividades.

Con esta información sólo es necesario definir si el proyecto será calendarizado hacia delante o hacia atrás, es decir, si se tiene una fecha de inicio fija o proyectada (hacia adelante) o si se tiene una fecha de finalización fija o proyectada (hacia atrás). Luego, a menos de que existan restricciones, las actividades deberán realizarse según el diagrama de dependencias, a partir de la fecha establecida o hacia atrás a partir de la fecha de finalización establecida. Obviamente, en el caso de calendarizar hacia atrás, la fecha final debe estar, por lo menos, a una distancia igual que el tiempo de ejecución final que resulte del diagrama de dependencias.

Finalmente, debe elegirse un método gráfico en el cual pueda plasmarse la calendarización. Esto permitirá una mayor comprensión del proyecto a los miembros del equipo, y facilitará un seguimiento eficiente del desarrollo del proyecto. Entre los métodos gráficos más utilizados se encuentran los diagramas de red, los calendarios convencionales y las gráficas de Gantt.

a. Gráficas de Gantt. La herramienta más común, y una de las más útiles para plasmar la planificación, es la Gráfica de Gantt, o Diagrama de Barras, que fue ideada por Henry L. Gantt en 1917. Esta es una representación gráfica de las actividades del proyecto distribuidas a lo largo del tiempo

La gráfica de Gantt consta de dos ejes. En el eje horizontal se representa el tiempo en períodos de unidades de acuerdo a las características del proyecto (meses, semanas, días, horas, etc.) y en el vertical se enumeran las tareas o actividades que comprenden la totalidad del proyecto. De esta manera, la longitud de las barras representa duración de las tareas. Estas gráficas son muy útiles para entender claramente las dependencias entre tareas y para que los integrantes del equipo puedan planificar y llevar un autocontrol sobre su tiempo. La gráfica de Gantt es además una herramienta que permite ejercer con facilidad un control sobre el desenvolvimiento global del proyecto, si debajo de cada barra se deja un espacio, aquí se pueden ir dibujando barras que indican el progreso. De esta forma es posible comparar las fechas actuales del proyecto con las planificadas. Ello da una idea del desempeño que se está teniendo y del estado del proyecto y permite actuar antes de cometer errores incorregibles. Ayuda además a identificar posibles cuellos de botella, puntos o tareas claves y sobre todo rutas críticas y tiempos o márgenes de holgura.

7. Identificar rutas críticas y tiempos o márgenes de holgura. La ruta crítica es la serie de tareas más larga que corre desde el inicio del proyecto hasta el final, según lo determina el flujo de tareas basado en la dependencia y duración de las mismas. Identificar la ruta crítica es de gran importancia en la planificación de cualquier proyecto ya que define la duración mínima del proyecto. El administrador del proyecto debe identificar la ruta crítica y prestar especial atención a las tareas que la comprenden. Es necesario asegurar que no escaseen recursos y ejercer un control más arduo, o inclusive tratar de acelerar el paso en estas tareas con tal de reducir el tiempo de ejecución del

proyecto. Las tareas que forman la ruta crítica son conocidas como tareas críticas. Hay que tener en cuenta que, si una tarea crítica se prolonga en duración o se atrasa la fecha de inicio, el proyecto completo se verá directamente afectado, al menos que se tome alguna acción correctiva.

Es importante considerar que la ruta crítica de un proyecto puede variar al ejercer cualquier acción preventiva, correctiva o de optimización sobre las tareas críticas. Por lo tanto es necesario volver a identificar la ruta crítica con cualquier cambio que se haga sobre la calendarización de un proyecto.

Todas las tareas que no se encuentran dentro de la ruta crítica son consideradas no críticas. Estas tareas, posiblemente, puedan ser prolongadas o atrasadas sin alterar la duración del proyecto. Para determinar esto, es necesario considerar los tiempos o márgenes de holgura, que pueden presentarse antes o después de una tarea o serie de tareas. Es importante identificar todos los márgenes de holgura existentes en el calendario del proyecto, ya que estos tiempos pueden ser utilizados para implementar planes de contingencia debido a imprevistos que pudieran surgir. Se vuelve a hacer énfasis en lo importante que debe ser monitorear constantemente la ruta crítica, ya que una tarea inicialmente considerada no crítica, puede llegar a serlo tras algún cambio aunque aparente ser insignificativo.

Cabe mencionar que existe una teoría completa tras los métodos de planificación de proyectos, para los cálculos de la duración del proyecto total y para la identificación de la ruta crítica. Sin embargo, hoy en día existen paquetes de software que son capaces de hacer todos los cálculos involucrados internamente y presentar los resultados de una forma transparente para el usuario, permitiendo que el administrador de un proyecto se enfoque más en estrategias y control, y no en cálculos complejos. Esto ha aumentado considerablemente el potencial desempeño de la administración de proyectos.

D. Megaproyecto

El Megaproyecto es una modalidad de trabajo de graduación que está siendo impulsada actualmente por el Departamento de Ingeniería Electrónica en la Universidad del Valle de Guatemala. Es una alternativa nueva para los estudiantes que deben cumplir con este requisito, que consiste básicamente en una emulación de trabajo profesional. El Megaproyecto, dependiendo de la complejidad del tema que trate, puede ser realizado en equipos de trabajo inclusive integrados por estudiantes de distintas carreras. Una característica importante del Megaproyecto es su duración. Ésta comprende tres semestres durante los cuales se realiza el trabajo completo dividido en partes. Cada parte consiste en un sub proyecto, como podría serlo un módulo que integre un sistema, o una etapa del proyecto, como por ejemplo la de investigación y diseño. Si el Megaproyecto lo amerita, dada la complejidad o magnitud del mismo, debe ser administrado y dirigido externamente, ya sea por un estudiante de grado superior, o por un asesor que domine el tema, con tal que los objetivos globales del proyecto se cumplan y se eviten conflictos y descontroles entre los integrantes del equipo.

1. Objetivos Megaproyecto como modalidad de trabajo de graduación. Esta modalidad pretende modificar la elaboración del trabajo de graduación regular sin mermar el alcance y los objetivos del trabajo de graduación ordinario, mientras se logra adicionalmente lo siguiente:

- Aumentar la experiencia que los estudiantes normalmente tienen en la realización de trabajos de investigación o trabajos profesionales. Esto es posible ya que cada una de las tres partes contiene el mismo esquema de un trabajo de graduación.

- Enmarcado dentro de la reforma curricular de la que fue sujeto el Departamento de Ingeniería Electrónica, que los estudiantes aprovechen el espacio creado por los talleres para realizar su trabajo de graduación y así poder terminar en el quinto año de la carrera el trabajo de graduación.

- Fomentar la investigación, a nivel de Departamento de Electrónica, en la Universidad

- Motivar a los estudiantes por el trabajo en grupo, emulando grupos de trabajo profesional como una experiencia de una forma común de trabajar en la actualidad a nivel profesional.

IV. DELIMITACIÓN DEL TEMA

Se entiende por el *Desarrollo de líneas guías de proyecto para el diseño y construcción de un sistema explorador robotizado y autárquico*, como la planificación de un proyecto que consiste en el diseño y construcción de un sistema explorador robotizado y autárquico. Es decir que este trabajo de graduación se limita a sentar las bases y guías sobre las cuales se podrá elaborar el proyecto. El producto del siguiente trabajo es una guía que al ser seguida por los estudiantes de 5to año de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Valle de Guatemala del año 2005, o por cualquier grupo con características similares y el conocimiento necesario, permitirá que el proyecto en mención sea concluido en el tiempo estipulado y alcanzando los objetivos planteados.

Además de la planificación del proyecto, este trabajo de graduación incluye las siguientes actividades que sirvieron como base en una etapa inicial, para definir las características y objetivos 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 desde la etapa inicial sobre los diversos temas involucrados en el desarrollo del proyecto, que los estudiantes, por no haber llevado los cursos necesarios aún, no comprenden o dominan.
- Integración del trabajo de los estudiantes individuales en un sistema, para proporcionarles una visión general de un sistema interrelacionado formado a partir de los sub módulos que ellos desarrollarán.

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

V. METODOLOGÍA

La metodología a seguir se basa principalmente en los pasos para la planificación de un proyecto que fueron investigados y estudiados y que se presentan como parte del marco teórico en este trabajo de graduación.

1. Definir la meta y los objetivos del proyecto. Esto guiará a los estudiantes y permitirá que todo el equipo enfoque sus esfuerzos y su trabajo adecuadamente en pro de la realización exitosa del proyecto.

2. Elaborar un diagrama del sistema interrelacionado e integrado por los sub módulos propuestos a ser realizados por cada estudiante. Esto otorga una visión global sobre el proyecto a los integrantes del equipo, que es necesaria para que obtengan una mejor comprensión sobre su trabajo y entiendan la importancia del mismo para el desarrollo exitoso del proyecto.

3. Asignar un sub módulo específico a cada estudiante, el cual cada uno debe especificar en la primera etapa del Megaproyecto, preparando un documento en el cual se refleje la investigación realizada. Esta debe incluir una explicación detallada de lo que se propone realizar, una identificación de tareas a realizar y tres presupuestos de distintos costos.

4. Hacer una estructura de división de trabajo, para identificar todas las tareas necesarias para lograr planificar y ejecutar el proyecto eficientemente.

5. Establecer duración de tareas basando las estimaciones en la experiencia que se posee como estudiante de Ingeniería Electrónica y según las experiencias y sugerencias de los estudiantes que realizarán el proyecto.

6. Establecer dependencias y relaciones entre las actividades.

7. Identificar todos los recursos necesarios para la elaboración del proyecto y asignarlos a las tareas y en base a las limitantes estrictas que existen en cuanto a materiales y personal, modificar las dependencias para no sobrecargar a los estudiantes con trabajo o asignar recursos que podrían ser escasos.

8. Elaborar tres presupuestos generales del proyecto en base a los recursos utilizados por cada estudiante. 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 patrocinios), y otro alto (a ser cubierto por patrocinios).

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

10. Identificar ruta crítica, y tiempos o márgenes de holgura para prever contratiempos u otros problemas que pudieran derivarse y para poder identificar posibles acciones de contingencia.

A. Herramientas de trabajo

La herramienta principal de trabajo utilizada en este trabajo de graduación es el paquete de software Project 2003. Este software especializado para la administración de proyectos, permite un desarrollo sistemático y eficiente del proceso de planificación de proyectos, por lo que los resultados de este trabajo fueron obtenidos con el apoyo de este programa.

Las otras herramientas, materiales y recursos utilizados comprenden la bibliografía citada, los trabajos presentados por los estudiantes en la etapa de especificación del Megaproyecto, el apoyo informativo brindado por el asesor de

trabajo de graduación y el conocimiento adquirido como estudiante en los cursos de la carrera de Ingeniería Electrónica.

VI. DESARROLLO

A. Definición de meta y objetivos

El trabajo se inició especificando el propósito y las características del proyecto a realizar. Para esto se llevó a cabo una serie de reuniones grupales en las cuales se definieron los objetivos principales del proyecto. En estos objetivos se basa la asignación de trabajo que se define en el siguiente punto y se origina la especificación presentada en los documentos desarrollados individualmente por los estudiantes, la cual se resume en este documento.

Se definieron los siguientes propósitos para el proyecto:

1. **Propósito.** Aplicar una gran parte de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en un proyecto de aplicación práctica, realizado en equipo. Permitiendo la adquisición de valiosa experiencia en los campos de la investigación y el trabajo profesional.

2. **Meta.** Crear un sistema explorador robotizado y autárquico, funcional en un ambiente de características y condiciones controladas. El sistema debe ser capaz de definir su propia trayectoria utilizando inteligencia artificial, analizar imágenes, establecer comunicaciones inalámbricas entre los distintos módulos que lo constituyan, e interpretar el ambiente en base a información recibida de sensores. Además debe poder ser controlado y monitoreado desde cualquier computadora por medio del Internet. El proyecto debe ser finalizado en un tiempo máximo de cinco meses.

3. Objetivos.

a. Desarrollar un módulo de Inteligencia Artificial que provea al sistema de la capacidad de análisis y decisión, constituido por los siguientes sub módulos.

- Satélite y procesamiento de imágenes.
- Algoritmo de búsqueda de trayectoria.
- Arbitraje lógico en estación local (la que está en el área en exploración).

b. Desarrollar un módulo de Electrónica integrado por los siguientes sub módulos:

- Sensores de obstáculos y posicionamiento.
- Control de motores.
- Arbitraje lógico en vehículo.

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

- Comunicaciones inalámbricas.
- Protocolos.
- Estación de control (Desde la cual se dan órdenes al sistema).

d. Desarrollar un módulo de mecánica que provea al sistema de un medio físico móvil, integrado por los siguientes sub módulos:

- Diseño y construcción de vehículo.

- Potencia.
- Diagnóstico.

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

B. Diagrama de bloques del sistema

Como resultado de la serie de reuniones en las cuales se especificaron los objetivos y los alcances del proyecto, se elaboró el siguiente diagrama de bloques, que presenta una visión general del sistema separado en los tres bloques físicos que lo integran.

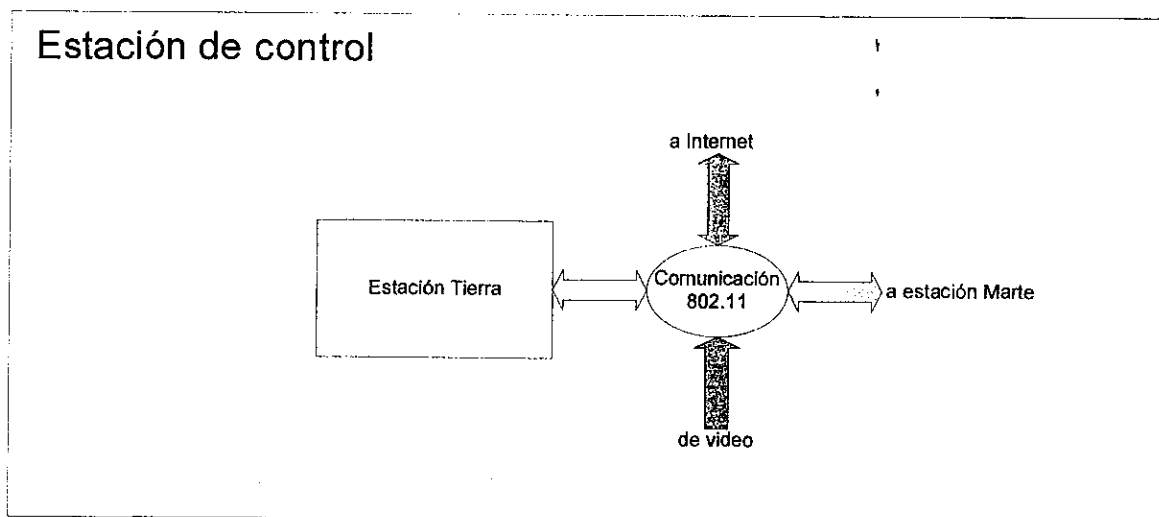


Figura 1 Estación de control

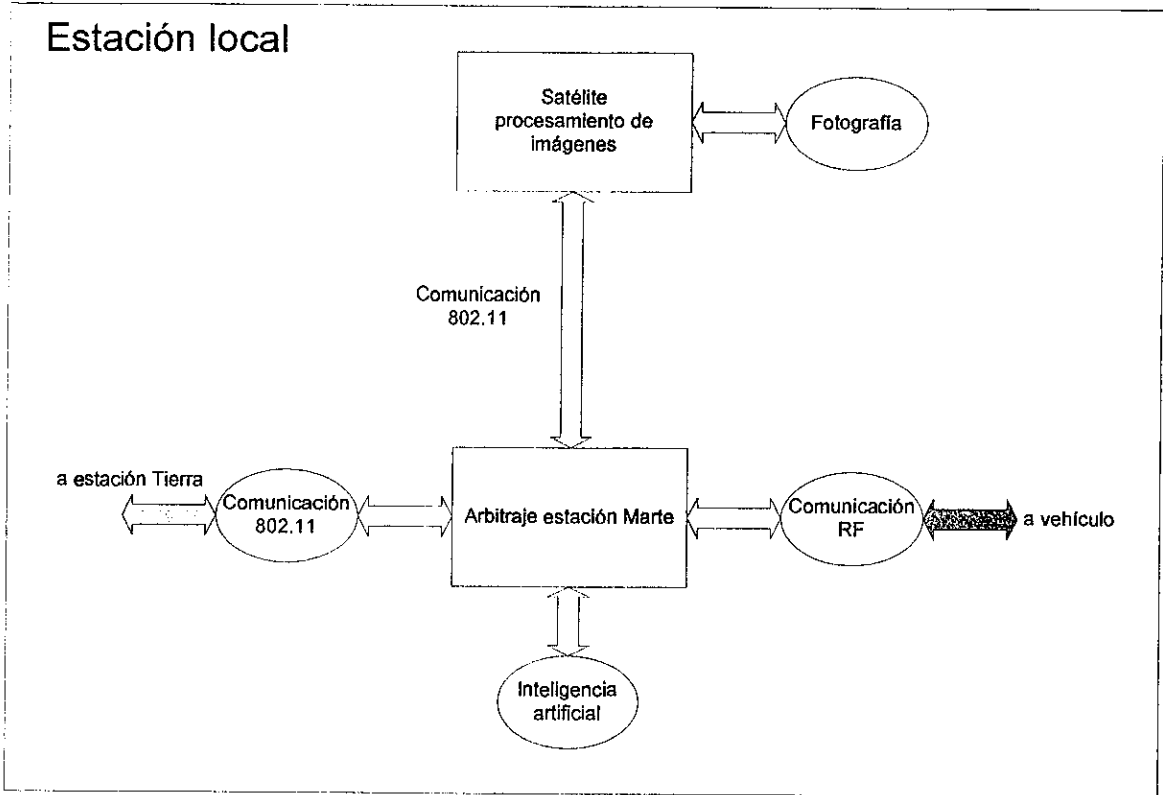


Figura 2 Estación local

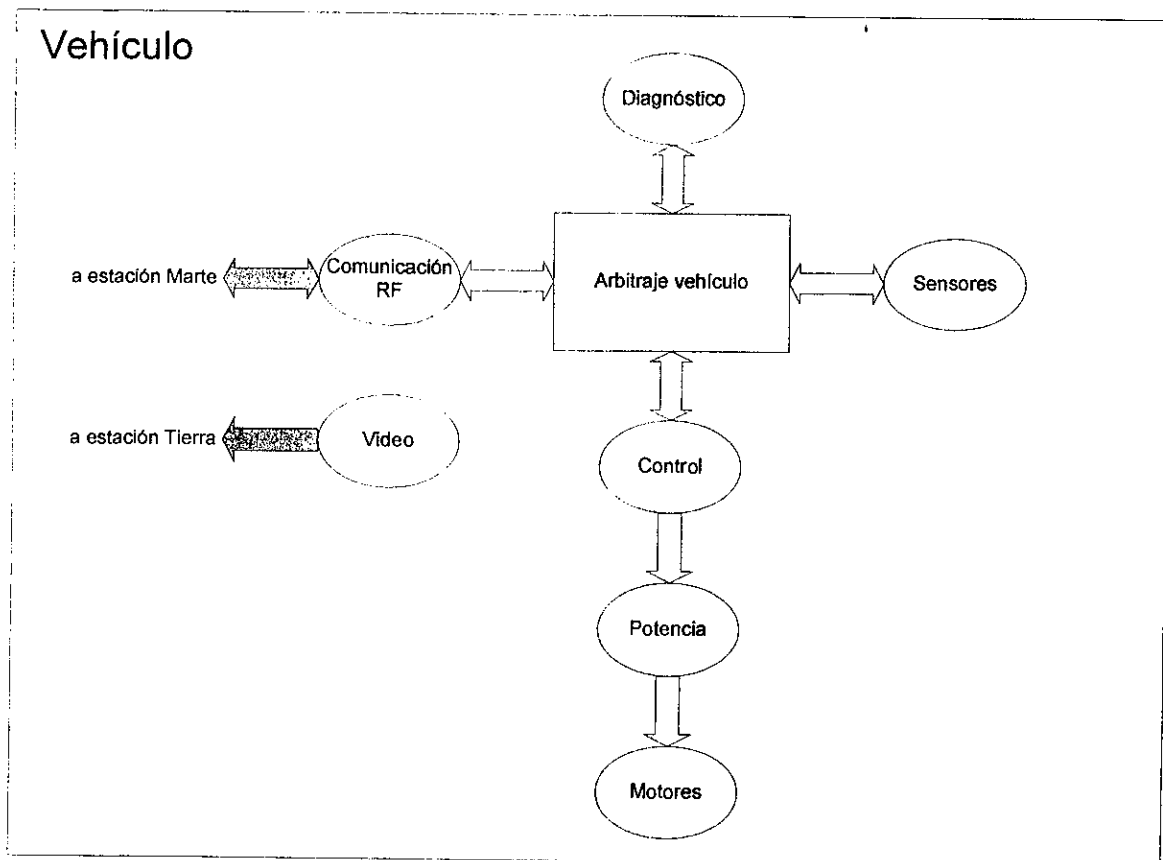


Figura 3 Vehículo

También producto de las reuniones iniciales es la especificación del proyecto, la cual se resume a continuación, con base a las investigaciones iniciales realizadas por los estudiantes en la primera etapa del Megaproyecto.

C. Resumen de la especificación del Megaproyecto

Un sistema explorador robotizado y autarca es, para los fines de este proyecto, un sistema compuesto por una estación central de control, un satélite, una estación local y un robot móvil. El objetivo es simular un vehículo explorador como los utilizados actualmente en las expediciones extraterrestres. Este robot es capaz de desplazarse sobre el suelo entre dos puntos definidos

remotamente por un usuario, además debe ser capaz de determinar la mejor trayectoria a seguir de acuerdo a un análisis del entorno que se hace periódicamente con la ayuda la estación local, el satélite y el conjunto de sensores que el vehículo posee. El sistema debe poner a disposición del usuario, imágenes de video del entorno, un mapa del lugar e información sobre el estado del vehículo.

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

1. Vehículo
 - a. Mecánica
 - b. Diagnóstico
 - c. Potencia

2. Inteligencia artificial
 - a. Arbitraje
 - b. Algoritmo de trayectoria
 - c. Satélite (Procesamiento de imágenes)

3. Electrónica
 - a. Sensores
 - b. Control
 - c. Arbitraje

4. Telecomunicaciones
 - a. Comunicaciones inalámbricas
 - b. Estación de control
 - c. Protocolos

A continuación se describe cada módulo de acuerdo a la especificación inicial en grupo y a la investigación realizada individualmente por los estudiantes.

1. Vehículo

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

- 1) Chasis o estructura
- 2) Sistema de tracción
- 3) Sistema de dirección
- 4) Motores

El chasis del vehículo debe ser de un material liviano, resistente, accesible y fácilmente manejable. Para esto se debe utilizar aluminio o madera de balsa o una combinación de estos materiales u otros similares. El diseño del chasis debe soportar el resto de sub módulos que necesiten de esta estructura y debe basarse en las características específicas y detalles de los sistemas de tracción, dirección y motores.

El sistema de tracción debe ser de ruedas, considerando que las condiciones de terreno a las que será sometido el explorador no serán del todo accidentadas o extremas. El número de ruedas y el número de ruedas o ejes con tracción serán determinadas durante el desarrollo del proyecto de acuerdo a las necesidades que surjan.

El sistema de dirección debe ser el adecuado para el sistema de tracción elegido. En principio se ha definido un sistema de dirección de piñón y cremallera en el eje frontal, controlado por medio de un servomotor, pero éste

podría ser modificado de acuerdo a las necesidades y características del vehículo.

Los motores a utilizar deben ser de corriente directa y se dimensionarán durante la ejecución del proyecto, basado en las características de las partes descritas anteriormente. Se utilizan motores DC debido a la facilidad para controlar la dirección de giro de los mismos y la velocidad angular de los ejes, electrónicamente.

b. Potencia. El sub módulo de potencia es el encargado de suministrar poder a todo los sistemas dentro del vehículo, 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.

Este módulo es el encargado de definir el tipo de batería a utilizar, esta batería debe ser dimensionada de acuerdo a la necesidad de potencia en el vehículo y ser recargable.

c. Diagnóstico. El sub módulo de diagnóstico es el encargado de proveer información sobre el estado del vehículo al vehículo mismo y a la estación de control, para permitir un monitoreo remoto. Las variables a controlar en orden de prioridad son:

- Velocidad angular de las ruedas de tracción
- Carga de la batería del vehículo
- Corriente demandada por vehículo
- Temperatura de ambiente
- Temperatura de motores

La velocidad angular de las ruedas es la medición prioritaria ya que ésta cumple dos fines. Primero, es necesaria para el funcionamiento del módulo de control y, por consiguiente, indispensable para el movimiento del vehículo. Segundo, será utilizada para determinar fallas al encontrar valores extremos de frecuencia en las ruedas, por ejemplo que una o más llantas estén girando en el aire o que el vehículo se encuentre en una pendiente demasiado pronunciada. La medición de velocidad angular debe ser óptica y digital dada la exactitud y relativa simplicidad de un sistema de este tipo.

La medición de carga de la batería del vehículo sirve como indicador al usuario remoto. Esta información será visible en todo momento en la estación remota. Esta medición es importante considerando lo perjudicial que puede ser perder la carga completa de la batería en un robot que es controlado remotamente.

La corriente será monitoreada únicamente en la batería así se podrá identificar fallos por sobrecargas y tomar acciones de emergencia (paro), para evitar daños a todo el equipo que es alimentado con la misma fuente. Además, la información de corriente será transmitida para que pueda ser monitoreada por el usuario.

La temperatura ambiente se debe medir constantemente y ser transmitida para que pueda ser monitoreada por el usuario, esta medición es independiente del funcionamiento del sistema.

Se deja como una medición opcional, la del estado de motores a través de la temperatura. Esta medición también puede ser utilizada para determinar fallos, específicamente causados por el sobre calentamiento de motores y puede ser monitoreada por el usuario. Sin embargo este tipo de fallos se

consideran poco probables para las condiciones en las que se realiza el proyecto, por lo que se deja como una tarea opcional.

2. Inteligencia artificial

a. Algoritmo de trayectoria. Como se menciona anteriormente, al sistema explorador sólo se le indica el punto final de su trayectoria. El robot, ya que es autárquico, debe definir la trayectoria más adecuada a seguir, considerando los obstáculos que pueda tener el terreno. El algoritmo de trayectoria es un programa capaz de encontrar esta trayectoria óptima en base a la información que recibirá de los módulos de imágenes y sensores existentes en el sistema. El algoritmo tendrá entonces como entrada, un mapa digital del entorno y como salida, una serie de direcciones que integran la trayectoria óptima.

El programa debe ser capaz, además, de considerar cambios en el entorno. Esto se debe principalmente a que la información inicial sobre la cual se construye el mapa podría no ser acertada debido a limitaciones de resolución o de cualquier otra índole. Es por esto que el vehículo posee un módulo de sensores que corroborará que el camino tomado se encuentre libre de obstáculos. En el caso de encontrar un obstáculo en la trayectoria inicial propuesta por el algoritmo, éste debe ser capaz de recalcular trayectorias incluyendo los nuevos obstáculos al mapa original.

Finalmente, en caso de que el algoritmo no encuentre una solución, debe indicarlo para entregar control sobre el vehículo a el usuario y que éste pueda conducirlo en forma manual.

El algoritmo será producto del diseño del estudiante encargado basado en algunos algoritmos existentes para tales fines, entre estos los algoritmos D* y A*, los cuales ya han sido previamente probados en robots reales y han

resultado exitosos. La implementación del algoritmo se hará en un lenguaje de computadora de algo nivel como C++ o Visual Basic. El programa corre desde una computadora personal, que es la misma donde se encuentra el programa de arbitraje de la estación local.

b. Procesamiento de imágenes (Satélite). El sub módulo de satélite es el encargado de tomar una foto del entorno del vehículo, analizarla, y enviar la información al sub módulo de arbitraje para que éste la redirija al algoritmo de trayectoria, que usará esta información como el mapa inicial que el algoritmo necesita para encontrar la trayectoria óptima.

La foto será tomada con una *web cam* situada sobre el terreno a una distancia y ángulo a ser determinados durante la ejecución del proyecto. Este sub módulo comprende una computadora aparte, a la cual está conectada la cámara. En esta computadora corre el programa de procesamiento de imágenes y se almacenan la foto y el mapa digital. Posteriormente, la foto es almacenada en un archivo y el algoritmo de procesamiento de imágenes se encarga de abrirla y analizarla. El algoritmo creará un mapa bidimensional digital del entorno, sustituyendo los obstáculos por figuras geométricas que serán aproximaciones de estos.

El diseño y las características del algoritmo serán producto de la investigación y pruebas del estudiante encargado de este sub módulo.

c. Arbitraje. El sub módulo de arbitraje consiste de un programa que administra todos los flujos de información existentes en la base local. Estos son los provenientes de la base remota, los provenientes de los sub módulos de procesamiento de imágenes y de algoritmo de trayectoria, y toda la información que fluye entre la base y el vehículo por medio de los módulos de comunicación inalámbrica.

Es tarea del árbitro que toda la información fluya de manera ordenada en el sistema, de modo que no exista pérdida de instrucciones o colisiones entre flujos de información.

El sub módulo de arbitraje estará implementado en una computadora personal, programado en un lenguaje de alto nivel. Se comunicará con la base remota y con el satélite por medio de una red inalámbrica ethernet 802.11 a la cual estarán conectadas las tres computadoras. La comunicación con el sub módulo de comunicaciones inalámbricas, será por medio de un puerto serial o USB, esto se determinará en el transcurso de la ejecución del proyecto.

Conjuntamente con un estudiante a cargo de definir y documentar todos los protocolos de flujo de información existentes en el sistema, el estudiante a cargo del arbitraje en la estación local tendrá que definir una prioridad y un orden de atención de instrucciones, para manejar las colas de información de una manera eficiente.

3. Electrónica

a. Sensores. El sub módulo de electrónica sensorial tendrá a cargo proporcionar al vehículo información sobre el entorno que el vehículo explora. Como se ha mencionado anteriormente, el algoritmo de trayectoria tendrá como entrada inicial el mapa digital de obstáculos que será construido con base únicamente a la información obtenida por el satélite. El algoritmo, sin embargo, será capaz de modificar la trayectoria propuesta inicialmente de una forma dinámica. El módulo de sensores es el encargado de proporcionar la información sobre obstáculos y condiciones del terreno que no fueron captadas por el satélite, a la estación local para que el algoritmo pueda recalcular una trayectoria libre.

El sub módulo estará compuesto principalmente por tres grupos de sensores:

- Infrarrojos
- Ultrasónicos
- Radioeléctricos

Los sensores infrarrojos brindarán información acerca de la existencia y forma de obstáculos cercanos al vehículo. El vehículo estará equipado con uno o más sensores infrarrojos con los cuales se harán lecturas constantes para determinar la existencia de obstáculos cercanos, por ejemplo, un obstáculo a menos de 10 centímetros de distancia, puede ser detectado por los sensores para detener el vehículo inmediatamente y así evitar una colisión.

Para obstáculos lejanos se construirá un radar ultrasónico, montando un juego de sensores emisor-receptor en un servo que barrerá un ángulo determinado. Este sensor ultrasónico será utilizado principalmente antes de que el vehículo realice un movimiento para crear un mapa del entorno cercano al vehículo.

Los sensores radioeléctricos, que consisten de un módulo de sistema de posicionamiento local GPS y de una brújula electrónica, le darán al vehículo información sobre su posición, la cual será utilizada como retroalimentación para controlar el avance del vehículo y para asegurar que este esté siguiendo la trayectoria definida por el algoritmo de búsqueda de la misma. El sub módulo de electrónica sensorial debe ser lo suficientemente compacto para ser transportado enteramente en el vehículo, por lo que el procesamiento deberá ser realizado en un microcontrolador.

b. Control. Dados los fines académicos de este proyecto, todos los motores serán controlados en lazos de control. De esta forma se busca que los

movimientos sean suaves, controlados y exactos. La variable que se controlará en todos los casos será la velocidad angular de los motores. El sub módulo de control debe generar una señal de entrada para el lazo de control, esta deberá tener forma trapezoidal ya que esta forma ha demostrado ser adecuada para movimientos de robots.

El módulo de control recibirá del árbitro una serie de instrucciones, las cuales deberá de guardar y procesar, de primero para decidir cual motor tendrá movimiento y seguidamente para obtener los parámetros necesarios para el algoritmo.

El sub módulo de control se limita a generar una señal electrónica digital para manejar el motor, este entrega la señal digital al sub módulo de potencia, el cual genera los voltajes necesarios para girar los motores. La retroalimentación sobre la velocidad angular de los motores es generada por el sub módulo de diagnóstico a través de un tacómetro digital.

c. Arbitraje. El sub módulo de arbitraje en el vehículo tendrá que administrar todos los flujos de información entre los distintos sub módulos dentro del vehículo y entre el vehículo y la estación local. Así, este sub módulo comprenderá un programa en un micro controlador que se comunique por medio de una red con un grupo de micro controladores constituido por los siguientes sub módulos: control, sensores, diagnóstico y el arbitraje mismo. Para la red de microcontroladores, se recomienda ya sea la implementación de una red CAN o I2C, esto será determinado por el equipo en la etapa de desarrollo. La comunicación entre el sub módulo de telecomunicaciones y el árbitro será fuera de la red, ya que telecomunicaciones no necesita comunicación directa con cualquier otro módulo en el vehículo además del árbitro. Esta comunicación se hará con un puerto de comunicaciones del microcontrolador, ya sea RS-232 o USB.

Conjuntamente con un estudiante a cargo de definir y documentar todos los protocolos de flujo de información existentes en el sistema, el estudiante a cargo del arbitraje del vehículo tendrá que definir una prioridad y un orden de atención de instrucciones, para manejar las colas de información de una manera eficiente.

4. Telecomunicaciones

a. Telecomunicaciones. El sub módulo de telecomunicaciones proveerá al sistema de comunicaciones inalámbricas entre los módulos que no se encuentran físicamente interconectados. Las telecomunicaciones involucradas en el sistema pueden separarse en tres tipos de enlaces:

- Enlace de video entre el vehículo y la estación de control.
- Comunicación RF entre vehículo y estación local.
- Red inalámbrica 802.11 entre estación local, remota y satélite.

El enlace de video entre el vehículo y la estación remota es completamente ajeno al funcionamiento del sistema. Una cámara de video montada en el vehículo se comunica directamente por medio de un enlace inalámbrico 802.11 con la computadora de la estación remota. Esta imagen de video se transmite continuamente.

La comunicación RF se utilizará para transmitir todas las instrucciones, mandos y mensajes necesarios para el funcionamiento del sistema, entre el vehículo y la estación local. Esta comunicación se hará entre dos microcontroladores con módulos RF, que se comunicarán por medio de un puerto USART o USB con los árbitros de la base remota y del vehículo, para recibir y entregar la información a transmitir. Esta comunicación implementará un algoritmo de detección y corrección de errores que será escogido o diseñado en la etapa de ejecución del proyecto.

Para las comunicaciones entre los módulos que se encuentran implementados enteramente en computadoras, estos son: el satélite, la base de control y la base local, se implementará una red inalámbrica 802.11 a la cual estarán conectadas las tres computadoras. Aquí se definirá un tipo de comunicación durante el período de ejecución. Se recomienda basar la comunicación en la creación y eliminación de archivos, lo que funciona como un sistema de banderas para indicar la existencia de una lista de instrucciones que está dentro del archivo.

b. Estación remota. La estación remota es una computadora que tiene comunicación directa con la estación local y con la cámara de video, como ya se mencionó con anterioridad. Esta computadora almacena una interfaz y sirve como servidor al publicar esta interfaz en el Internet. De esta manera, el sistema explorador puede ser controlado desde cualquier computadora conectada al Internet.

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

- Imagen de video obtenida por el vehículo.
- Mapa de obstáculos y localización del vehículo.
- Sistema de manejo automático.
- Controles para manejo manual.

Además podrá contar con acceso multiusuario y de chat entre los usuarios. Los usuarios con privilegio para controlar el vehículo son limitados, deben pasar por un sistema de autorización y autenticación antes de poder manejar el vehículo. El resto de usuarios tendrán acceso únicamente visual.

c. Protocolos. El sub módulo de protocolos no existe físicamente en el sistema. Es el conjunto 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 encargados de cada sub módulo bajo la guía y aprobación del encargado de crear y documentar los protocolos.

El protocolo general debe definir los tipos y características de las redes existentes, 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 de comunicación.

D. 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.

Como se mencionó anteriormente, la estructura de división de trabajo se inició basándose en la meta y los objetivos planteados, esto se puede notar en la siguiente tabla donde no se detallan las tareas, sólo se indican las áreas generales. A esta estructura se le llama de Grado 1.

Estructura de división de trabajo
Diseñar y construir explorador robotizado y autarca
Mecánica
Electrónica
Inteligencia artificial
Comunicaciones

Puesta en marcha en conjunto y pruebas
Publicación de interfaz en Internet

Tabla 1 Estructura de división de trabajo Grado 1

La división se realiza de manera gradual, el siguiente paso es incluir los sub módulos que integran a cada módulo para obtener una estructura de segundo grado.

Estructura de división de trabajo
Diseñar y construir explorador robotizado y autarca
Mecánica
Potencia
Vehículo
Diagnóstico
Electrónica
Sensores
Control
Arbitraje en vehículo
Inteligencia artificial
Procesamiento de imágenes
Arbitraje en estación
Algoritmo de trayectoria
Comunicaciones
Protocolos
Comunicaciones inalámbricas
Estación de control
Puesta en marcha en conjunto y pruebas
Publicación de interfaz en Internet

Tabla 2 Estructura de división de trabajo Grado 2

Tras identificar las tareas necesarias para completar cada sub módulo, se obtuvo la estructura de división de trabajo que define el total de tareas a ser realizadas por el grupo y comprende de alrededor de cien actividades complementarias, como se puede notar a continuación:

Estructura de división de trabajo
Diseñar y construir explorador robotizado y autárquico
Mecánica
Potencia

Adquisición de equipo
Diseñar programa que genere PWM
Hacer programa que genere PWM
Construir circuito manejador de motores
Construir circuito para interfasar potencia con control
Interfasar con módulo de control
Definir voltajes necesarios en todo el vehículo
Construir circuitos reguladores para suministro de voltajes
Montar batería en vehículo
Suministrar voltajes necesarios en todos los puntos del vehículo
Vehículo
Determinación de sistema de dirección del vehículo
Determinación de cantidad y tipo de motores a utilizar
Diseño de vehículo
Adquisición de materiales y piezas
Construcción de vehículo (chasis, motores y tracción)
Conectar motores a líneas de potencia
Pruebas
Montar sensores y circuitos
Diagnóstico
Adquisición de equipo
Hacer diagrama de bloques de arbitraje de señales de diagnóstico
Programar algoritmo de arbitraje en microcontrolador
Implementar medición de RPM
Implementar medición de carga de baterías
Implementar medición de corriente de motores
Implementar medición de temperatura de ambiente
Implementar medición de temperatura de motores
Interfasar módulo con árbitro de vehículo
Determinar rangos normales de operación
Hacer mediciones experimentales de corriente en motores
Hacer mediciones experimentales de temperatura de motores
Hacer mediciones experimentales de RPM
Programar rangos normales de operación
Montar sistema de diagnóstico en vehículo
Mecánica completa
Electrónica
Sensores
Determinación de sensores a utilizar
Adquisición de equipo
Diagrama de bloques de árbitro de sensores
Implementar árbitro de sensores en microcontrolador
Construcción de radar ultrasónico
Programación de radar ultrasónico
Implementación de GPS
Implementación de brújula
Implementación de sensores de corto alcance

Interfazar módulo con árbitro de vehículo
Control
Adquisición de Microcontrolador
Diseño global de sistema (diagrama de bloques detallados o algoritmo)
Programación de bloque de procesamiento 1
Programación de bloque de procesamiento 2
Programación de bloque de generación de rampa
Programación de regulador
Programación de módulo de recepción de información
Prueba de sistema completo
Interfazar con módulo de arbitraje de vehículo
Montar circuito en vehículo
Arbitraje en vehículo
Adquisición de microcontrolador
Establecer prioridad de instrucciones
Hacer diagrama de bloques de secuencias de arbitraje
Hacer algoritmo de arbitraje
Implementar programa de arbitraje
Preparar interfaz con módulos de diagnóstico, control, y sensores.
Electrónica completa
Inteligencia artificial
Procesamiento de imágenes
Adquirir cámara
Hacer programa que tome la foto
Diseño y/o elección de algoritmo de detección de contornos
Implementación de algoritmo
Hacer módulo del programa que genere archivo (mapa) según especificaciones
Unir programa de toma de fotos con el de detección de contornos
Arbitraje en estación
Establecer prioridad de instrucciones
Hacer diagrama de bloques de secuencias de arbitraje
Hacer algoritmo de arbitraje
Implementar programa de arbitraje
Interfazar módulo con procesamiento de imágenes
Interfazar módulo con algoritmo de trayectoria
Algoritmo de trayectoria
Hacer algoritmo para mapa estático
Implementar el programa para mapa estático
Modificar programa para que permita agregar obstáculos dinámicamente
Hacer módulo que informe sobre imposibilidad de encontrar solución
Hacer módulo que permita obtener mapa en base a foto
Hacer módulo que modifique el mapa dinámicamente
IA completa
Comunicaciones
Protocolos
Identificar todos los posibles flujos de información o instrucciones en el sistema
Flujo de información en estación local

Codificar lista de instrucciones
Flujo de información en vehículo
Definir tipo de red, y protocolo a utilizar entre árbitro, diagnóstico, control y sensores
Definir formato de la trama de información que se utilizará en esa red
Codificar lista de instrucciones
Comunicaciones inalámbricas
Definir tipo de comunicación a utilizar entre árbitros y módulos de comunicación
Definir formato de la trama de información
Codificar lista de instrucciones
Documentar protocolos
Comunicaciones Inalámbricas
Cámara de video
Adquisición de cámara
Crear programa para despliegue de imagen
Conexión de cámara con estación tierra
Montar cámara en vehículo
Comunicación RF
Adquisición de módulos RF
Lograr comunicación de dos vías entre módulos RF
Desarrollar e implementar chequeo y corrección de errores
interfasar módulo TxRx con red de vehículo
Interfasar módulo TxRx con red de estación local
Unir computadoras en Red 802.11
Estación de control
Diseño de interfaz
Diseño de programa
Programación
Control automático
Control manual
Implementación de video
Implementación de multiusuario
Implementación de chat
Establecer comunicación con base local
Comunicaciones completas
Puesta en marcha en conjunto y pruebas
Publicación de interfaz en Internet

Tabla 3 Estructura de división de trabajo

E. Definición de duración de tareas

Siendo el tiempo de finalización del proyecto una prioridad importante para cumplir con la meta, la definición de duración de tareas se estableció como una limitante más que como un aproximado real del tiempo que requieren las

tareas. Sin embargo, se considera que los aproximados son válidos ya que se basan principalmente en el tiempo propuesto por cada estudiante para ejecutar las tareas y en la experiencia que posee un estudiante de Ingeniería Electrónica al haber realizado proyectos similares. Como se puede ver en la sección de antecedentes, es una forma válida de estimar tiempos de duración, el basarse en experiencias previas ya sea propias o ajenas.

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, considerando las otras actividades en las que está involucrado. Es decir, no se refiere a un día de jornada laboral (8 hrs), y la semana comprende de 5 días. Esto debería dar un margen de holgura, ya que los estudiantes podrían trabajar fines de semana para adelantar.

A continuación se puede observar la tabla de duraciones:

Tarea	Duración
Diseñar y construir explorador robotizado y autónomo	
Mecánica	
Potencia	
Adquisición de equipo	2 semanas
Diseñar programa que genere PWM	1 semana
Hacer programa que genere PWM	2 semanas
Construir circuito manejador de motores	1 semana
Construir circuito para interfazar potencia con control	1 semana
Interfazar con módulo de control	1 semana
Definir voltajes necesarios en todo el vehículo	3 días
Construir circuitos reguladores para suministro de voltajes	1 semana
Montar batería en vehículo	4 días
Suministrar voltajes necesarios en todos los puntos del vehículo	1 semana
Vehículo	
Determinación de sistema de dirección del vehículo	3 días
Determinación de cantidad y tipo de motores a utilizar	2 días
Diseño de vehículo	1 semana
Adquisición de materiales y piezas	2 semanas
Construcción de vehículo (chasis, motores y tracción)	3 semanas
Conectar motores a líneas de potencia	4 días
Pruebas	1 semana

Montar sensores y circuitos	1 semana
Diagnóstico	
Adquisición de equipo	2 semanas
Hacer diagrama de bloques de arbitraje de señales de diagnóstico	3 días
Programar algoritmo de arbitraje en microcontrolador	2 semanas
Implementar medición de RPM	1 semana
Implementar medición de carga de baterías	1 semana
Implementar medición de corriente de motores	1 semana
Implementar medición de temperatura de ambiente	1 semana
Implementar medición de temperatura de motores	3 días
Interfazar módulo con árbitro de vehículo	1 semana
Determinar rangos normales de operación	
Hacer mediciones experimentales de corriente en motores	2 días
Hacer mediciones experimentales de temperatura de motores	2 días
Hacer mediciones experimentales de RPM	2 días
Programar rangos normales de operación	3 días
Montar sistema de diagnóstico en vehículo	4 días
Mecánica completa	
Electrónica	
Sensores	
Determinación de sensores a utilizar	1 semana
Adquisición de equipo	2 semanas
Diagrama de bloques de árbitro de sensores	1 semana
Implementar árbitro de sensores en microcontrolador	2 semanas
Construcción de radar ultrasónico	1 semana
Programación de radar ultrasónico	3 semanas
Implementación de GPS	1 semana
Implementación de brújula	1 semana
Implementación de sensores de corto alcance	1 semana
Interfazar módulo con árbitro de vehículo	1 semana
Control	
Adquisición de Microcontrolador	2 semanas
Diseño global de sistema (diagrama de bloques detallados o algoritmo)	1 semana
Programación de bloque de procesamiento 1	1 semana
Programación de bloque de procesamiento 2	1 semana
Programación de bloque de generación de rampa	1 semana
Programación de regulador	2 semanas
Programación de módulo de recepción de información	1 semana
Prueba de sistema completo	1 semana
Interfazar con módulo de arbitraje de vehículo	1 semana
Montar circuito en vehículo	
Arbitraje en vehículo	60 días
Adquisición de microcontrolador	2 semanas
Establecer prioridad de instrucciones	1 semana
Hacer diagrama de bloques de secuencias de arbitraje	1 semana
Hacer algoritmo de arbitraje	1 semana
Implementar programa de arbitraje	4 semanas

Preparar interfaz con módulos de diagnóstico, control, y sensores.	3 semanas
Electrónica completa	
Inteligencia artificial	
Procesamiento de imágenes	
Adquirir cámara	2 semanas
Hacer programa que tome la foto	3 días
Diseño y/o elección de algoritmo de detección de contornos	2 semanas
Implementación de algoritmo	3 semanas
Hacer módulo del programa que genere archivo (mapa) según especificaciones	2 semanas
Unir programa de toma de fotos con el de detección de contornos	1 semana
Arbitraje en estación	
Establecer prioridad de instrucciones	1 semana
Hacer diagrama de bloques de secuencias de arbitraje	1 semana
Hacer algoritmo de arbitraje	2 semanas
Implementar programa de arbitraje	4 semanas
Interfazar módulo con procesamiento de imágenes	1 semana
Interfazar módulo con algoritmo de trayectoria	1 semana
Algoritmo de trayectoria	
Hacer algoritmo para mapa estático	2 semanas
Implementar el programa para mapa estático	4 semanas
Modificar programa para que permita agregar obstáculos dinámicamente	2 semanas
Hacer módulo que informe sobre imposibilidad de encontrar solución	1 semana
Hacer módulo que permita obtener mapa en base a foto	2 semanas
Hacer módulo que modifique el mapa dinámicamente	2 semanas
IA completa	
Comunicaciones	
Protocolos	
Identificar todos los posibles flujos de información o instrucciones en el sistema	1 semana
Flujo de información en estación local	
Codificar lista de instrucciones	1 semana
Flujo de información en vehículo	
Definir tipo de red, y protocolo a utilizar entre árbitro, diagnóstico, control y sensores	3 días
Definir formato de la trama de información que se utilizará en esa red	2 días
Codificar lista de instrucciones	1 semana
Comunicaciones inalámbricas	
Definir tipo de comunicación a utilizar entre árbitros y módulos de comunicación	3 días
Definir formato de la trama de información	2 días
Codificar lista de instrucciones	1 semana
Documentar protocolos	3 semanas
Comunicaciones Inalámbricas	
Cámara de video	
Adquisición de cámara	2 semanas
Crear programa para despliegue de imagen	1 semana
Conexión de cámara con estación tierra	2 días
Montar cámara en vehículo	2 días
Comunicación RF	
Adquisición de módulos RF	2 semanas

Lograr comunicación de dos vías entre módulos RF	2 semanas
Desarrollar e implementar chequeo y corrección de errores	2 semanas
Interfazar módulo TxRx con red de vehículo	2 semanas
Interfazar módulo TxRx con red de estación local	2 semanas
Unir computadoras en Red 802.11	4 días
Estación de control	
Diseño de interfaz	1 semana
Diseño de programa	2 semanas
Programación	
Control automático	2 semanas
Control manual	2 semanas
Implementación de video	1 semana
Implementación de multiusuario	2 semanas
Implementación de chat	1 semana
Establecer comunicación con base local	1 semana
Comunicaciones completas	
Puesta en marcha en conjunto y pruebas	3 semanas
Publicación de interfaz en Internet	1 semana

Tabla 4 Duración de tareas

F. Establecer dependencias y relaciones entre tareas

Todas las tareas son de alguna forma dependientes entre sí. La dependencia más común es la dependencia Fin-Inicio. Las tareas que no pueden ser iniciadas hasta que otra sea finalizada poseen una dependencia de este tipo. En la siguiente tabla, esta relación se indica con uno o más números en la columna de dependencias. Estos números representan las tareas que deben ser completadas antes de que esa tarea pueda ser iniciada. Sólo una tarea posee otro tipo de relación. La dependencia indicada por FF es de tipo Fin-Fin, esto significa que la tarea no puede finalizar hasta que alguna otra no haya concluido. Si se observa la tarea 18, construcción de vehículo, puede notarse que ésta no puede finalizar hasta que se haya concluido la adquisición de materiales. Se da un margen de dos semanas después de la adquisición, para que la construcción finalice. A continuación, la tabla de dependencias y relaciones entre tareas.

	Tarea	Dependencias
1	Diseñar y construir explorador robotizado y autárquico	
2	Mecánica	
3	Potencia	
4	Adquisición de equipo	
5	Diseñar programa que genere PWM	
6	Hacer programa que genere PWM	5
7	Construir circuito manejador de motores	6,4
8	Construir circuito para interfazar potencia con control	7
9	Interfazar con módulo de control	8,60
10	Definir voltajes necesarios en todo el vehículo	4,24,43,110,8
11	Construir circuitos reguladores para suministro de voltajes	10
12	Montar batería en vehículo	19,11
13	Suministrar voltajes necesario; en todos los puntos del vehículo	12,10
14	Vehículo	
15	Determinación de sistema de dirección del vehículo	
16	Determinación de cantidad y tipo de motores a utilizar	15
17	Diseño de vehículo	16
18	Adquisición de materiales y piezas	17
19	Construcción de vehículo (chasis, motores y tracción)	18FF+2 sem.
20	Conectar motores a líneas de potencia	62,19,13
21	Pruebas	20
22	Montar sensores y circuitos	21,50
23	Diagnóstico	
24	Adquisición de equipo	
25	Hacer diagrama de bloques de arbitraje de señales de diagnóstico	
26	Programar algoritmo de arbitraje en microcontrolador	25
27	Implementar medición de RPM	26
28	Implementar medición de carga de baterías	27
29	Implementar medición de corriente de motores	28
30	Implementar medición de temperatura de ambiente	29
31	Implementar medición de temperatura de motores	30
32	Interfazar módulo con árbitro de vehículo	31,69
33	Determinar rangos normales de operación	21
34	Hacer mediciones experimentales de corriente en motores	
35	Hacer mediciones experimentales de temperatura de motores	
36	Hacer mediciones experimentales de RPM	
37	Programar rangos normales de operación	33
38	Montar sistema de diagnóstico en vehículo	31,37
39	Mecánica completa	2
40	Electrónica	
41	Sensores	
42	Determinación de sensores a utilizar	
43	Adquisición de equipo	42
44	Diagrama de bloques de árbitro de sensores	42
45	Implementar árbitro de sensores en microcontrolador	44

46	Construcción de radar ultrasónico	45,43
47	Programación de radar ultrasónico	46
48	Implementación de GPS	47
49	Implementación de brújula	48
50	Implementación de sensores de corto alcance	49
51	Interfazar módulo con árbitro de vehículo	50,69
52	Control	
53	Adquisición de Microcontrolador	
54	Diseño global de sistema (diagrama de bloques detallados o algoritmo)	
55	Programación de bloque de procesamiento 1	54
56	Programación de bloque de procesamiento 2	55
57	Programación de bloque de generación de rampa	56
58	Programación de regulador	57
59	Programación de módulo de recepción de información	58
60	Prueba de sistema completo	59,53
61	Interfazar con módulo de arbitraje de vehículo	60,51
62	Montar circuito en vehículo	19,60,9
63	Arbitraje en vehículo	
64	Adquisición de microcontrolador	
65	Establecer prioridad de instrucciones	96
66	Hacer diagrama de bloques de secuencias de arbitraje	65
67	Hacer algoritmo de arbitraje	66
68	Implementar programa de arbitraje	67,102
69	Preparar interfaz con módulos de diagnóstico, control, y sensores.	68,64,107,112
70	Electrónica completa	40
71	Inteligencia artificial	
72	Procesamiento de imágenes	
73	Adquirir cámara	
74	Hacer programa que tome la foto	73
75	Diseño y/o elección de algoritmo de detección de contornos	
76	Implementación de algoritmo	75
77	Hacer módulo del programa que genere archivo (mapa) según especificaciones	76
78	Unir programa de toma de fotos con el de detección de contornos	74,77
79	Arbitraje en estación	
80	Establecer prioridad de instrucciones	96
81	Hacer diagrama de bloques de secuencias de arbitraje	80
82	Hacer algoritmo de arbitraje	81
83	Implementar programa de arbitraje	82,98
84	Interfazar módulo con procesamiento de imágenes	83,72
85	Interfazar módulo con algoritmo de trayectoria	86,84
86	Algoritmo de trayectoria	
87	Hacer algoritmo para mapa estático	
88	Implementar el programa para mapa estático	87
89	Modificar programa para que permita agregar obstáculos dinámicamente	88
90	Hacer módulo que informe sobre imposibilidad de encontrar solución	89
91	Hacer módulo que permita obtener mapa en base a foto	90

92	Hacer módulo que modifique el mapa dinámicamente	91
93	IA completa	71
94	Comunicaciones	
95	Protocolos	
96	Identificar todos los posibles flujos de información o instrucciones en el sistema	
97	Flujo de información en estación local	96
98	Codificar lista de instrucciones	
99	Flujo de información en vehículo	97
100	Definir tipo de red, y protocolo a utilizar entre árbitro, diagnóstico, control y sensores	
101	Definir formato de la trama de información que se utilizará en esa red	100
102	Codificar lista de instrucciones	101
103	Comunicaciones Inalámbricas	97,99
104	Definir tipo de comunicación a utilizar entre árbitros y módulos de comunicación	
105	Definir formato de la trama de información	104
106	Codificar lista de instrucciones	105
107	Documentar protocolos	103
108	Comunicaciones Inalámbricas	
109	Cámara de video	
110	Adquisición de cámara	
111	Crear programa para despliegue de imagen	110,117
112	Conexión de cámara con estación tierra	111
113	Montar cámara en vehículo	14
114	Comunicación RF	
115	Adquisición de módulos RF	
116	Lograr comunicación de dos vías entre módulos RF	115
117	Desarrollar e implementar chequeo y corrección de errores	116
118	Interfasar módulo TxRx con red de vehículo	63,40,106
119	Interfasar módulo TxRx con red de estación local	79,106
120	Unir computadoras en Red 802.11	117,84,69
121	Estación de control	
122	Diseño de interfaz	
123	Diseño de programa	122
124	Programación	123
125	Control automático	
126	Control manual	125
127	Implementación de video	126
128	Implementación de multiusuario	127
129	Implementación de Chat	128
130	Establecer comunicación con base local	120,79
131	Comunicaciones completas	94
132	Puesta en marcha en conjunto y pruebas	39,70,93,131
133	Publicación de interfaz en Internet	132

Tabla 5 Dependencias

G. Identificación y asignación de recursos

Se pueden identificar cuatro tipos de recursos para este proyecto:

- Dinero
- Instalaciones y equipo
- Materiales
- Humanos

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

Los recursos de instalaciones, como el laboratorio de 5to año o el entorno de laboratorio para las pruebas, y los recursos de equipo como los osciloscopios digitales, los generadores de señales, las computadoras, programadores de PICs, emuladores, etc. no se consideran en la asignación de recursos, ya que se asume que son existentes e inagotables. También los recursos materiales comunes, como los son componentes electrónicos, cables, herramientas, protoboards, etc. no se consideran en la asignación de recursos, ya que normalmente, todos los estudiantes cuentan con estos recursos, lo que los vuelve para este caso inagotables, y por lo tanto tiene ningún objeto asignarlos o planificarlos.

Los recursos materiales y los humanos son los más importantes, considerados críticos para este proyecto, ya que de estos dependen

directamente los objetivos del proyecto y además estos recursos son limitados y escasos, por lo que repercuten directamente en la planificación.

A continuación se puede observar una tabla en la que se identifican los recursos necesarios por tareas. Nótese que si un recurso es necesario para una serie de tareas, solo aparece asignado a la primera.

	Tarea	Recursos
1	Diseñar y construir explorador robotizado y autárquico	
2	Mecánica	
3	Potencia	Encargado de potencia
4	Adquisición de equipo	
5	Diseñar programa que genere PWM	
6	Hacer programa que genere PWM	
7	Construir circuito manejador de motores	Circuitos integrados, transistores de potencia
8	Construir circuito para interfazar potencia con control	Optoaisladores, PIC 16
9	Interfazar con módulo de control	Encargado de control
10	Definir voltajes necesarios en todo el vehículo	
11	Construir circuitos reguladores para suministro de voltajes	Reguladores de voltaje
12	Montar batería en vehículo	Encargado de vehículo, batería
13	Suministrar voltajes necesarios en todos los puntos del vehículo	Cable
14	Vehículo	Encargado de vehículo
15	Determinación de sistema de dirección del vehículo	
16	Determinación de cantidad y tipo de motores a utilizar	
17	Diseño de vehículo	
18	Adquisición de materiales y piezas	
19	Construcción de vehículo (chasis, motores y tracción)	Motores DC, servo motores, stepper, juego de engranajes, tubo de aluminio, angular de aluminio, madera de balsa
20	Conectar motores a líneas de potencia	Encargado de potencia
21	Pruebas	Encargado de potencia
22	Montar sensores y circuitos	
23	Diagnóstico	Encargado de diagnóstico
24	Adquisición de equipo	
25	Hacer diagrama de bloques de arbitraje de señales de diagnóstico	
26	Programar algoritmo de arbitraje en microcontrolador	PIC 18
27	Implementar medición de RPM	Leds IR
28	Implementar medición de carga de baterías	Sensor de corriente
29	Implementar medición de corriente de motores	Sensor de corriente
30	Implementar medición de temperatura de ambiente	Sensor de temperatura

31	Implementar medición de temperatura de motores	Termistor
32	Interfazar módulo con árbitro de vehículo	Encargado de arbitro vehiculo
33	Determinar rangos normales de operación	
34	Hacer mediciones experimentales de corriente en motores	
35	Hacer mediciones experimentales de temperatura de motores	
36	Hacer mediciones experimentales de RPM	
37	Programar rangos normales de operación	
38	Montar sistema de diagnóstico en vehículo	Encargado de vehículo
39	Mecánica completa	
40	Electrónica	
41	Sensores	Encargado de sensores
42	Determinación de sensores a utilizar	
43	Adquisición de equipo	
44	Diagrama de bloques de árbitro de sensores	
45	Implementar árbitro de sensores en microcontrolador	PIC 18
46	Construcción de radar ultrasónico	Sensores ultrasónicos, servo motor
47	Programación de radar ultrasónico	
48	Implementación de GPS	
49	Implementación de brújula	Brújula electrónica
50	Implementación de sensores de corto alcance	Sensores infrarrojos
51	Interfazar módulo con árbitro de vehículo	Encargado de arbitro vehiculo
52	Control	Encargado de control
53	Adquisición de Microcontrolador	
54	Diseño global de sistema (diagrama de bloques detallados o algoritmo)	
55	Programación de bloque de procesamiento 1	PIC 18
56	Programación de bloque de procesamiento 2	
57	Programación de bloque de generación de rampa	
58	Programación de regulador	
59	Programación de módulo de recepción de información	
60	Prueba de sistema completo	
61	Interfazar con módulo de arbitraje de vehículo	Encargado de arbitro vehiculo
62	Montar circuito en vehículo	Encargado de vehículo
63	Arbitraje en vehículo	Encargado de arbitro vehiculo
64	Adquisición de microcontrolador	
65	Establecer prioridad de instrucciones	Encargado de protocolos
66	Hacer diagrama de bloques de secuencias de arbitraje	
67	Hacer algoritmo de arbitraje	
68	Implementar programa de arbitraje	PIC 18
69	Preparar interfaz con módulos de diagnóstico, control, y sensores.	Encargado de protocolos, encargado de inalámbricas
70	Electrónica completa	
71	Inteligencia artificial	
72	Procesamiento de Imágenes	Encargado de procesamiento
73	Adquirir cámara	
74	Hacer programa que tome la foto	Cámara DSP
75	Diseño y/o elección de algoritmo de detección de contornos	

76	Implementación de algoritmo	Computadora
77	Hacer modulo del programa que genere archivo (mapa) según especificaciones	
78	Unir programa de toma de fotos con el de detección de contornos	
79	Arbitraje en estación	Encargado de arbitro estación
80	Establecer prioridad de instrucciones	Encargado de protocolos
81	Hacer diagrama de bloques de secuencias de arbitraje	
82	Hacer algoritmo de arbitraje	
83	Implementar programa de arbitraje	Computadora
84	Interfazar módulo con procesamiento de imágenes	Encargado de procesamiento
85	Interfazar módulo con algoritmo de trayectoria	Encargado de trayectoria
86	Algoritmo de trayectoria	Encargado de trayectoria
87	Hacer algoritmo para mapa estático	
88	Implementar el programa para mapa estático	
89	Modificar programa para que permita agregar obstáculos dinámicamente	
90	Hacer módulo que informe sobre imposibilidad de encontrar solución	
91	Hacer módulo que permita obtener mapa en base a foto	
92	Hacer módulo que modifique el mapa dinámicamente	
93	IA completa	
94	Comunicaciones	
95	Protocolos	Encargado de protocolos
96	Identificar todos los posibles flujos de información o instrucciones en el sistema	
97	Fijar flujo de información en estación local	
98	Codificar lista de instrucciones	Encargado de arbitro estación, encargado de trayectoria
99	Flujo de información en vehículo	
100	Definir tipo de red, y protocolo a utilizar entre árbitro, diagnóstico, control y sensores	Encargado de arbitro vehículo, encargado de diagnóstico, encargado de control
101	Definir formato de la trama de información que se utilizará en esa red	Encargado de arbitro vehículo, encargado de diagnóstico, encargado de control
102	Codificar lista de instrucciones	Encargado de arbitro vehículo, encargado de diagnóstico, encargado de control
103	Comunicaciones inalámbricas	
104	Definir tipo de comunicación a utilizar entre árbitros y módulos de comunicación	Encargado de arbitro vehículo, encargado de arbitro estación
105	Definir formato de la trama de información	Encargado de arbitro vehículo, encargado de arbitro estación
106	Codificar lista de instrucciones	Encargado de arbitro vehículo, encargado de arbitro estación
107	Documentar protocolos	
108	Comunicaciones inalámbricas	Encargado de inalámbricas
109	Cámara de video	
110	Adquisición de cámara	
111	Crear programa para despliegue de imagen	

112	Conexión de cámara con estación tierra	Encargado de estación control, cámara de video
113	Montar cámara en vehículo	Encargado de vehículo
114	Comunicación RF	
115	Adquisición de módulos RF	
116	Lograr comunicación de dos vías entre módulos RF	Módulos RF
117	Desarrollar e implementar chequeo y corrección de errores	
118	Interfazar módulo TxRx con red de vehículo	Encargado de arbitro vehículo
119	Interfazar módulo TxRx con red de estación local	Encargado de arbitro estación
120	Unir computadoras en Red 802.11	Encargado de arbitro estación, encargado de estación control
121	Estación de control	Encargado de Estación Control
122	Diseño de interfaz	
123	Diseño de programa	
124	Programación	
125	Control automático	
126	Control manual	
127	Implementación de video	
128	Implementación de multiusuario	
129	Implementación de chat	
130	Establecer comunicación con base local	Encargado de arbitro estación
131	Comunicaciones completas	
132	Puesta en marcha en conjunto y pruebas	
133	Publicación de interfaz en Internet	

Tabla 6 Asignación de recursos

A continuación se agrupan los recursos necesarios para la ejecución del proyecto. Los recursos humanos, que en la tabla anterior, aparecen numerados como "encargado de" han sido asignados para este Megaproyecto a cada estudiante de acuerdo a lo definido en la especificación inicial del proyecto.

Recursos Humanos	
Mecánica	
Luis Mendizábal	Potencia
Miguel Guzmán	Vehículo
Leonel De León	Diagnóstico
Inteligencia Artificial	
Alejandro Gonzáles	Algoritmo de trayectoria
Luis Alberto Rivera	Arbitraje estación
Juan Fernando Mansilla	Procesamiento de imágenes
Electrónica	
Héctor Escobar	Sensores
Juan José Molina	Control

Edgar Cabrera	Arbitraje vehículo
Comunicaciones	
Luis Raúl Díaz	Inalámbricas
Fernando Haeussler	Protocolos
Luis Mijangos	Estación de control

Tabla 7 Recursos Humanos

Los recursos materiales se reúnen en la tabla siguiente. Las cantidades han sido en ocasiones aumentadas, ya que se deben considerar equipos de prueba o de contingencia en los casos que sea factible, por ejemplo en los micro controladores.

Recursos Materiales		
Cant	Descripción	Módulo
3	PIC 18	Control
3	PIC 18	Arbitraje vehiculo
2	Módulos RF	Comunicaciones
1	Cámara de video	Comunicaciones
1	Cámara con DSP	Procesamiento imágenes
1	IC varios	Potencia
1	Batería	Potencia
3	Detector de temperatura	Diagnóstico
6	LEDs IR	Diagnóstico
3	PIC 16	Diagnóstico
2	Sensor de corriente	Diagnóstico
6	Termistor	Diagnóstico
2	Sensores infrarrojos	Sensores
1	Brújula electrónica	Sensores
10	Sensores ultrasónicos	Sensores
2	Motor DC	Vehículo
2	Servo motor	Vehículo
1	Motor stepper	Vehículo
1	Juego de engranajes	Vehículo
4	Pares de llantas	Vehículo
1	6m tubo de aluminio	Vehículo
1	6m angular de aluminio ½	Vehículo
1	6m angular de aluminio 1/8	Vehículo
1	Madera de balsa ½	Vehículo
1	Computadora	Estación local
1	Computadora	Satélite

Tabla 8 Recursos Materiales

H. Presupuestos

Se presentan tres presupuestos, que representan tres escenarios diferentes de disponibilidad de recursos. El primer presupuesto, de bajo costo, debería de poder ser costeado totalmente por los estudiantes en caso de no conseguir un patrocinio. El presupuesto de costo medio, representa un escenario en el que cierto patrocinio puede ser conseguido, algunos recursos presentados en este escenario son de mejor calidad o capacidad que los presentados en el de bajo costo. 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.

Cant	Descripción	Módulo	Bajo		Medio		Alto	
			\$ c/u	\$ total	\$ c/u	\$ total	\$ c/u	\$ total
3	PIC 18	Control	10	30	10	30	10	30
3	PIC 18	Arbitraje vehiculo	10	30	10	30	10	30
2	Módulos RF	Comunicaciones	55	110	55	110	55	110
1	Cámara de video	Comunicaciones	120	120	240	240	420	420
1	Cámara con DSP	DSP	40	40	600	600	1600	1600
1	IC varios	Potencia	20	20	50	50	90	90
1	Batería	Potencia	40	40	50	50	60	60
3	Detector de temperatura	Diagnóstico	1	3	1	3	1	3
6	LEDs IR	Diagnóstico	1	6	1.5	9	15	90
3	PIC 16	Diagnóstico	8	24	8	24	8	24
2	Sensor de corriente	Diagnóstico	15	30	19	38	19	38
6	Termistor	Diagnóstico	0.4	2.4	0.4	2.4	0.4	2.4
2	Sensores infrarrojos	Sensores	12	24	15	30	20	40
1	Brújula electrónica	Sensores	53	53	53	53	60	60
10	Sensores ultrasónicos	Sensores	36	360	60	600	60	600
2	Motor DC	Vehículo	25	50	25	50	60	120
2	Servo motor	Vehículo	35	70	35	70	35	70
1	Motor stepper	Vehículo	0	0	20	20	55	55
1	Juego de engranajes	Vehículo	30	30	50	50	70	70
4	Pares de llantas	Vehículo	0	0	20	80	20	80
1	6m tubo de aluminio	Vehículo	4	4	4	4	4	4
1	6m angular aluminio ½	Vehículo	5	5	5	5	5	5
1	6m angular aluminio 1/8	Vehículo	7	7	7	7	7	7

1	Madera de balsa ½	Vehículo	17	17	17	17	17	17
1	Computadora	Estación local	250	250	375	375	500	500
1	Computadora	Satélite	250	250	375	375	500	500
	Imprevistos		10%	157.54	10%	292.24	10%	462.54
	Total \$			1732.94		3214.60		5087.90

Tabla 9 Presupuestos

I. Calendarización

La calendarización se manifiesta en una Gráfica de Gantt. Ésta permite una visión general e integrada del desarrollo del proyecto y permite la obtención de la duración del proyecto. De esta forma se puede definir la fecha de inicio y la fecha de finalización del proyecto. Las cuales quedan de la siguiente forma:

Fecha inicio: **lunes 25 de abril de 2005**
Fecha finalización: **viernes 9 de septiembre de 2005**
Duración: **100 días de trabajo (4 meses 2 semanas calendario)**

A continuación se puede observar la calendarización final del proyecto. En el eje vertical de la gráfica, se encuentra una numeración que corresponde a la estructura de división de trabajo que se puede consultar en las tablas anteriores.

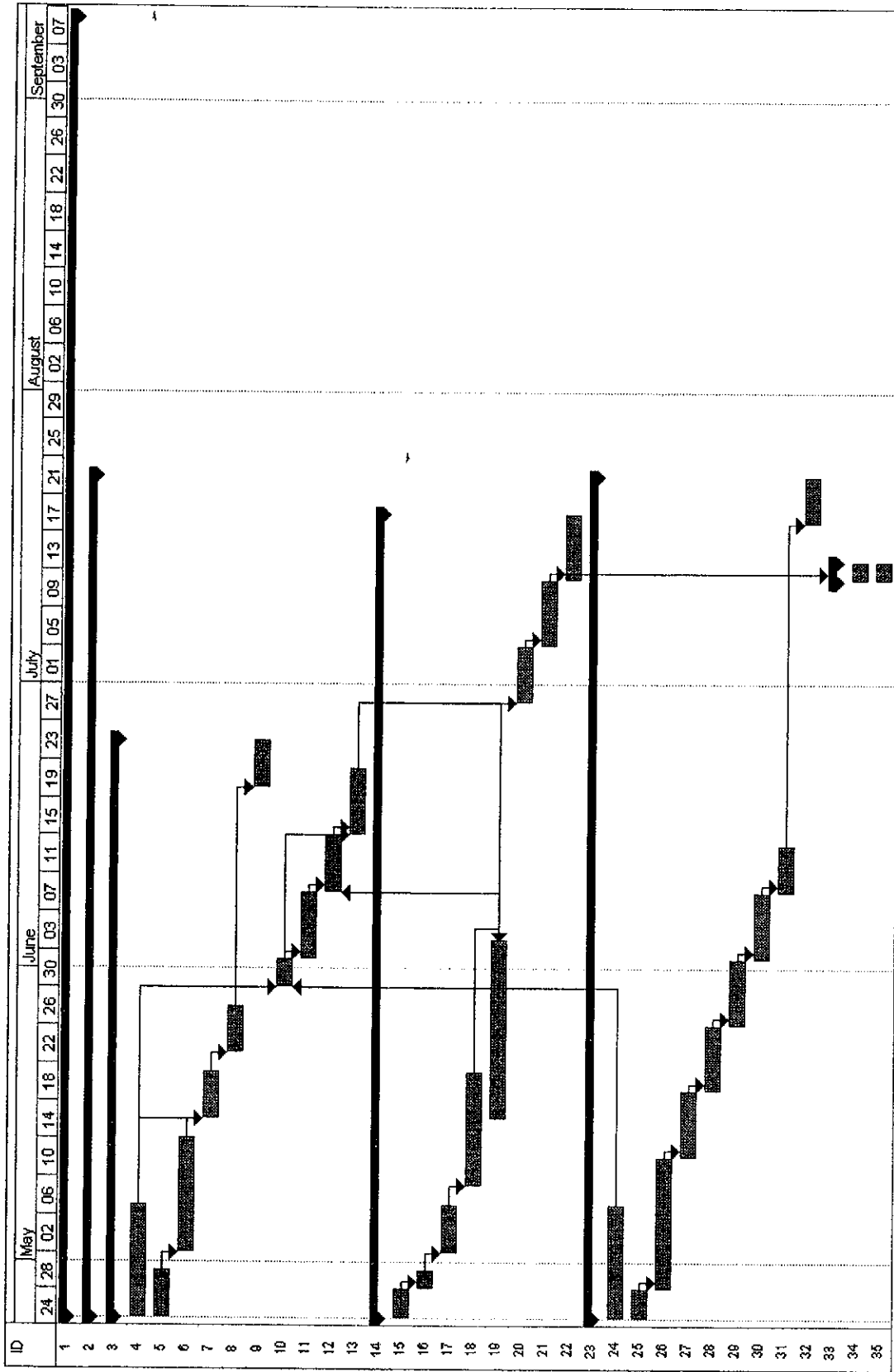


Figura 4 Gráfica de Gantt 1 de 4

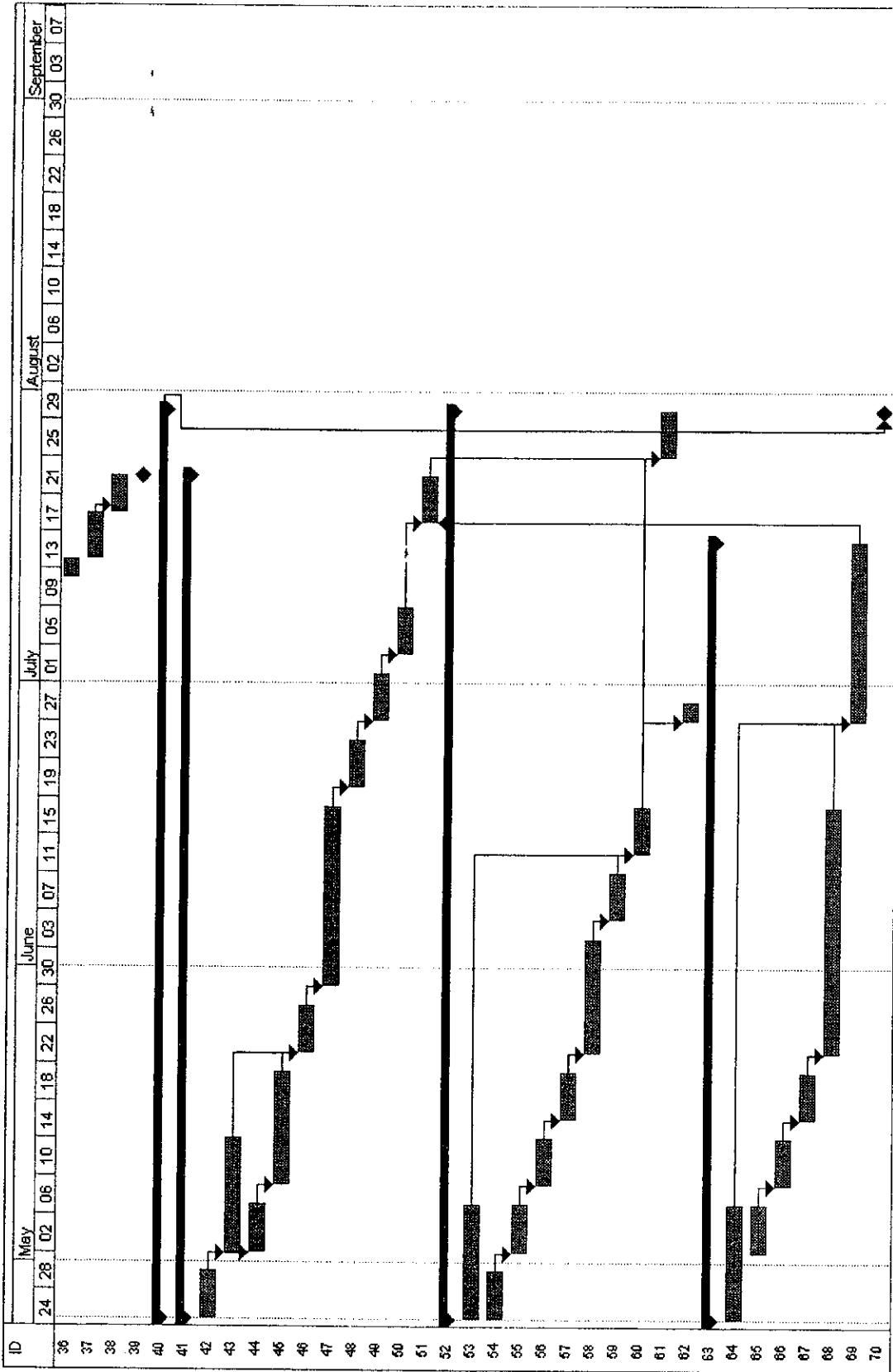


Figura 5 Gráfica de Gantt 2 de 4

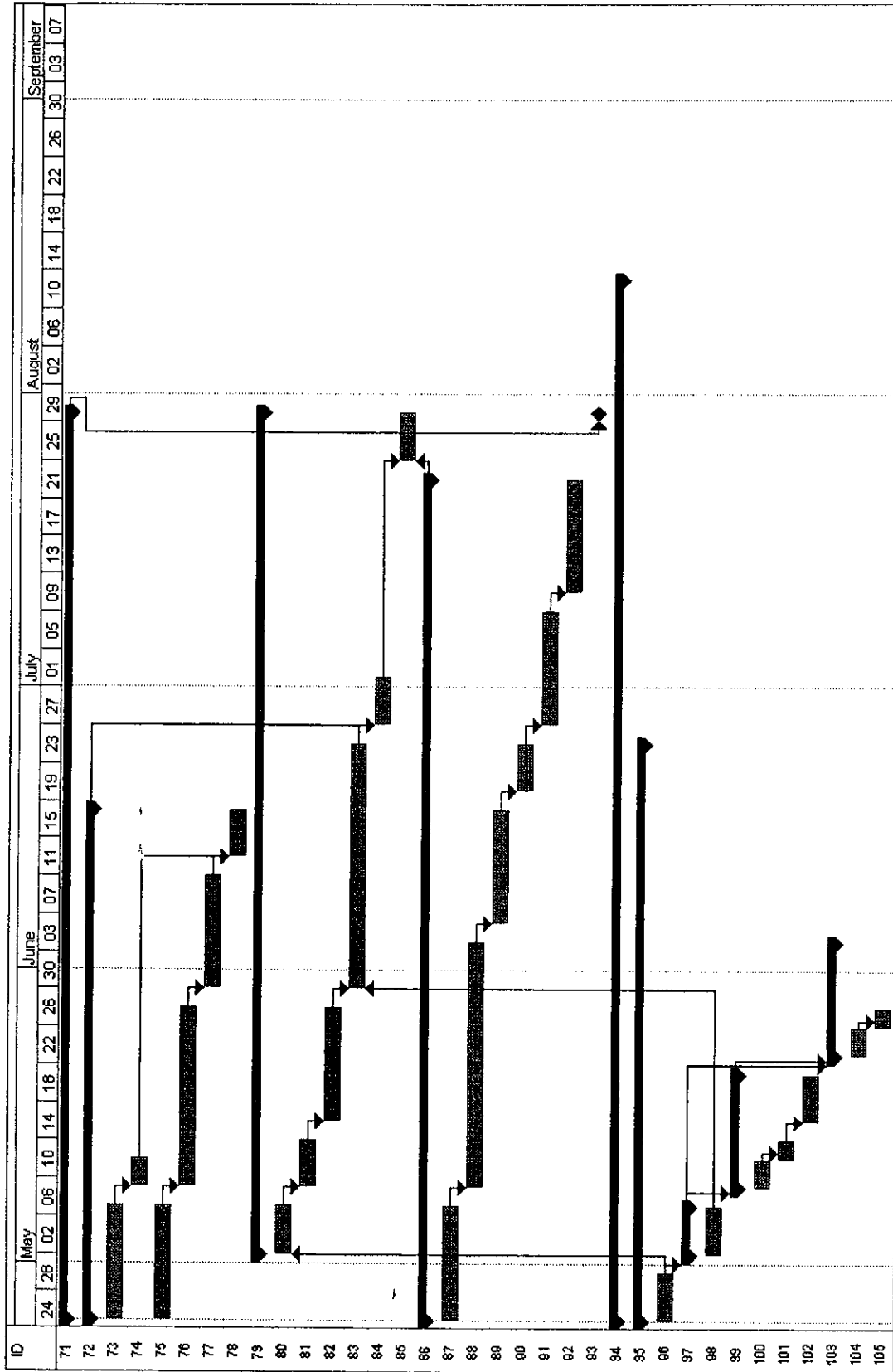


Figura 6 Gráfica de Gantt 3 de 4

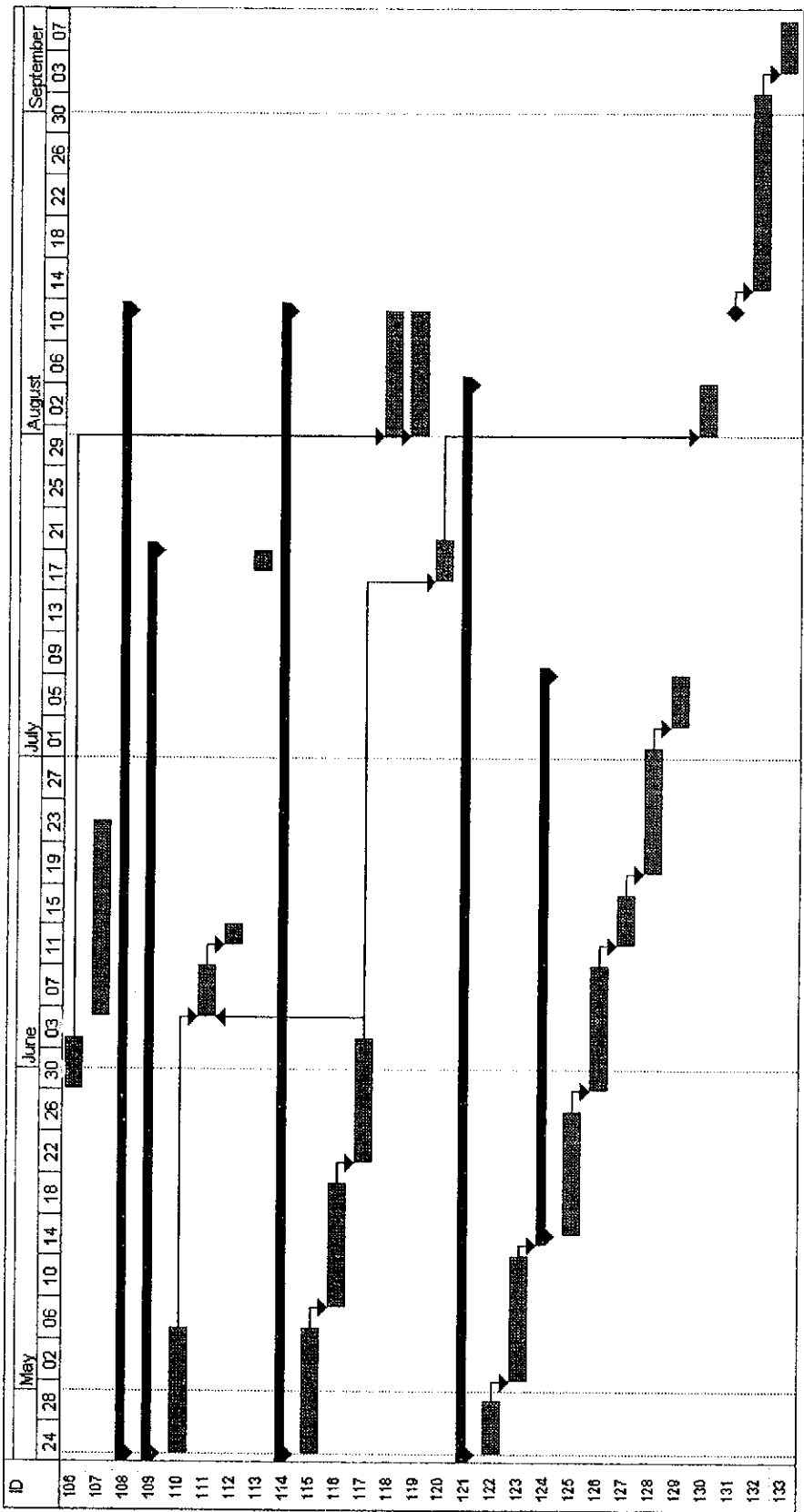


Figura 7 Gráfica de Gantt 4 de 4

J. Ruta crítica

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

En la siguiente gráfica de Gantt, se muestra en color rojo la ruta crítica del proyecto. Además se muestran los nombres de lo encargados de cada tarea. De esta manera, los integrantes del equipo, estarán consientes y atentos de mantener un desempeño adecuado, ya que obtienen una visión de lo fundamental que es su trabajo para la globalidad del proyecto.

Nótese que todas las tareas correspondientes a los sub módulos de algoritmo de trayectoria y definición de protocolos son críticas, por lo que su ejecución deberá ser monitoreada estrictamente para no retrasar la finalización del proyecto.

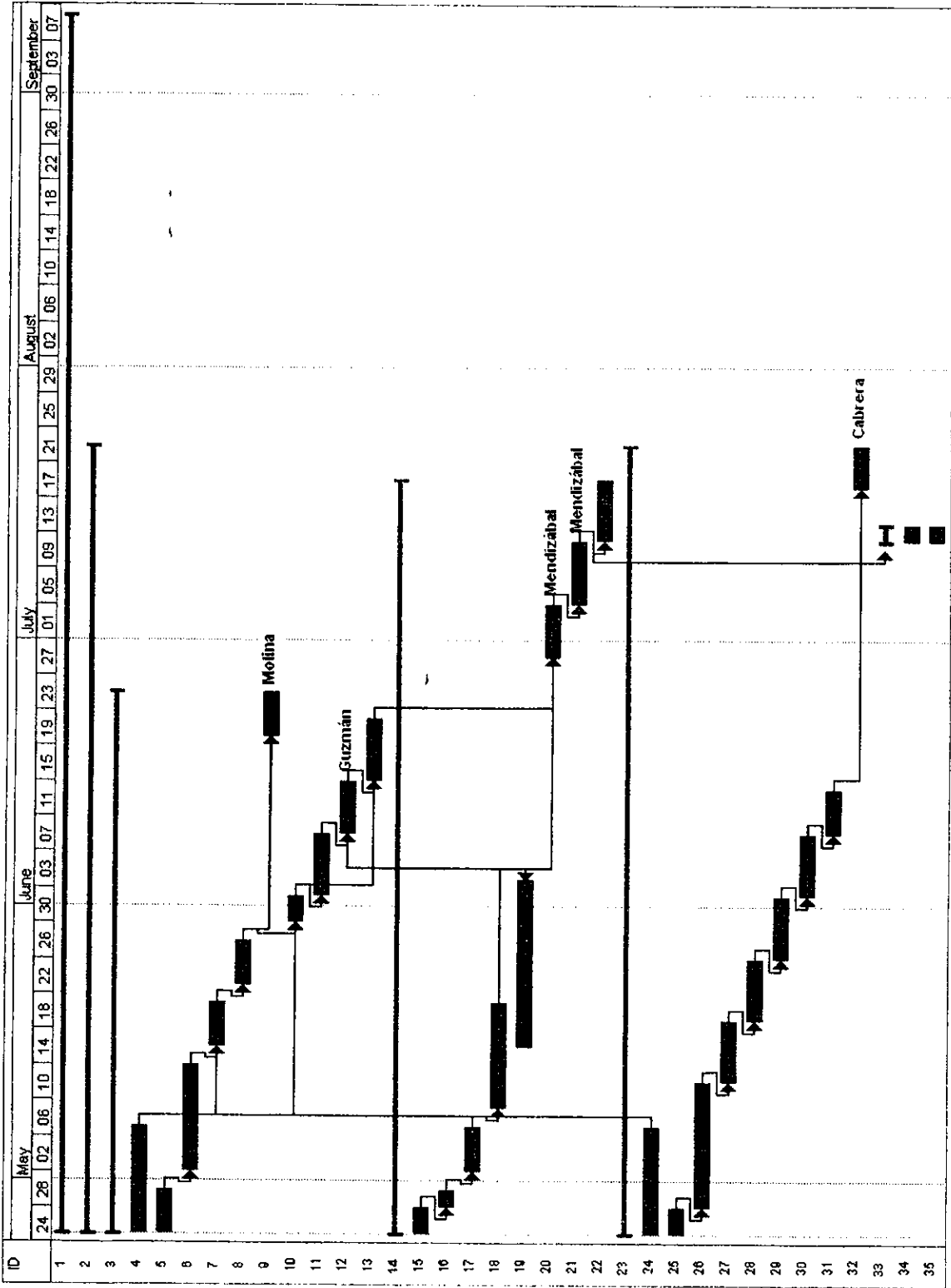


Figura 8 Ruta crítica 1 de 4

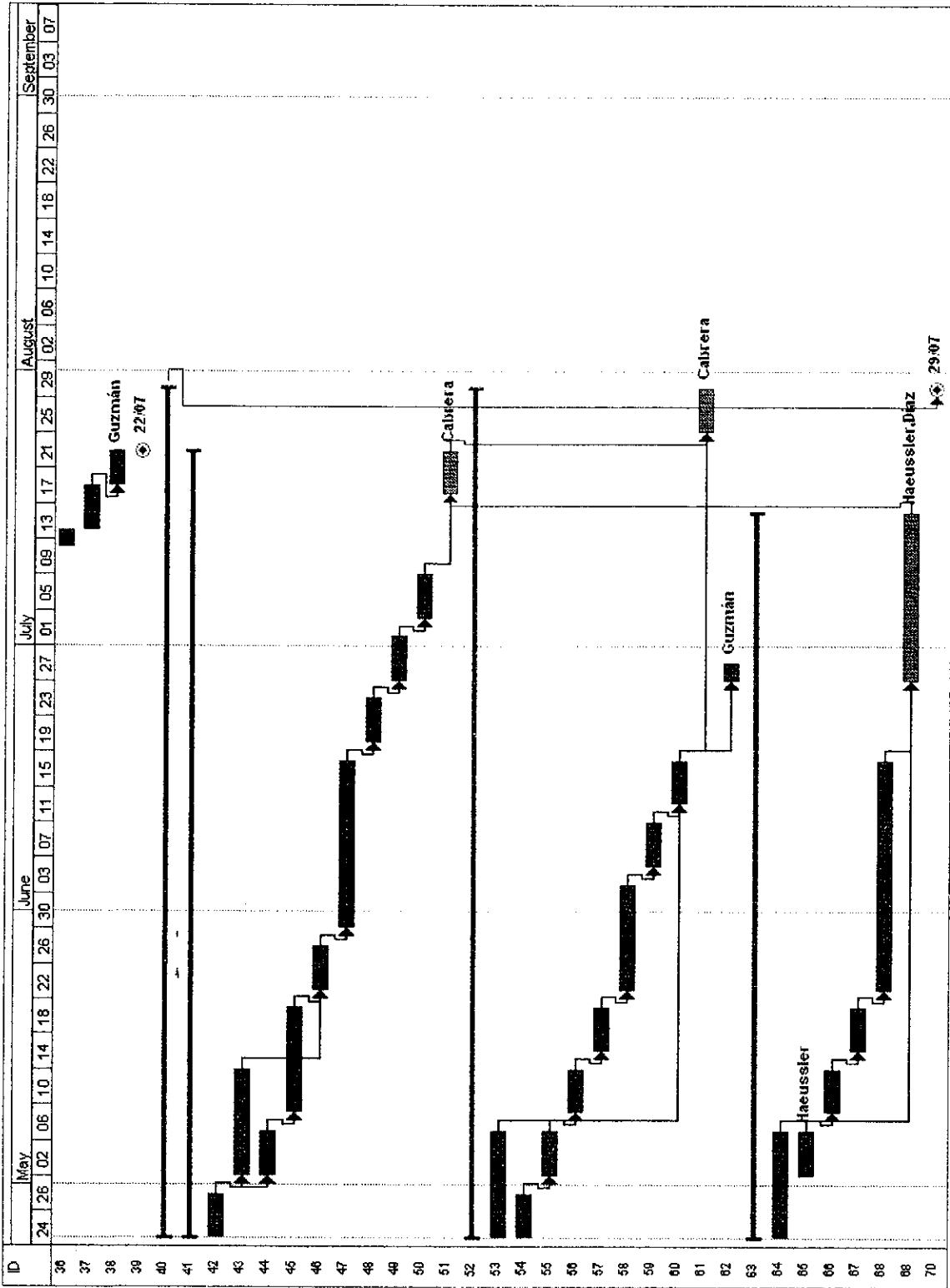


Figura 9 Ruta crítica 2 de 4

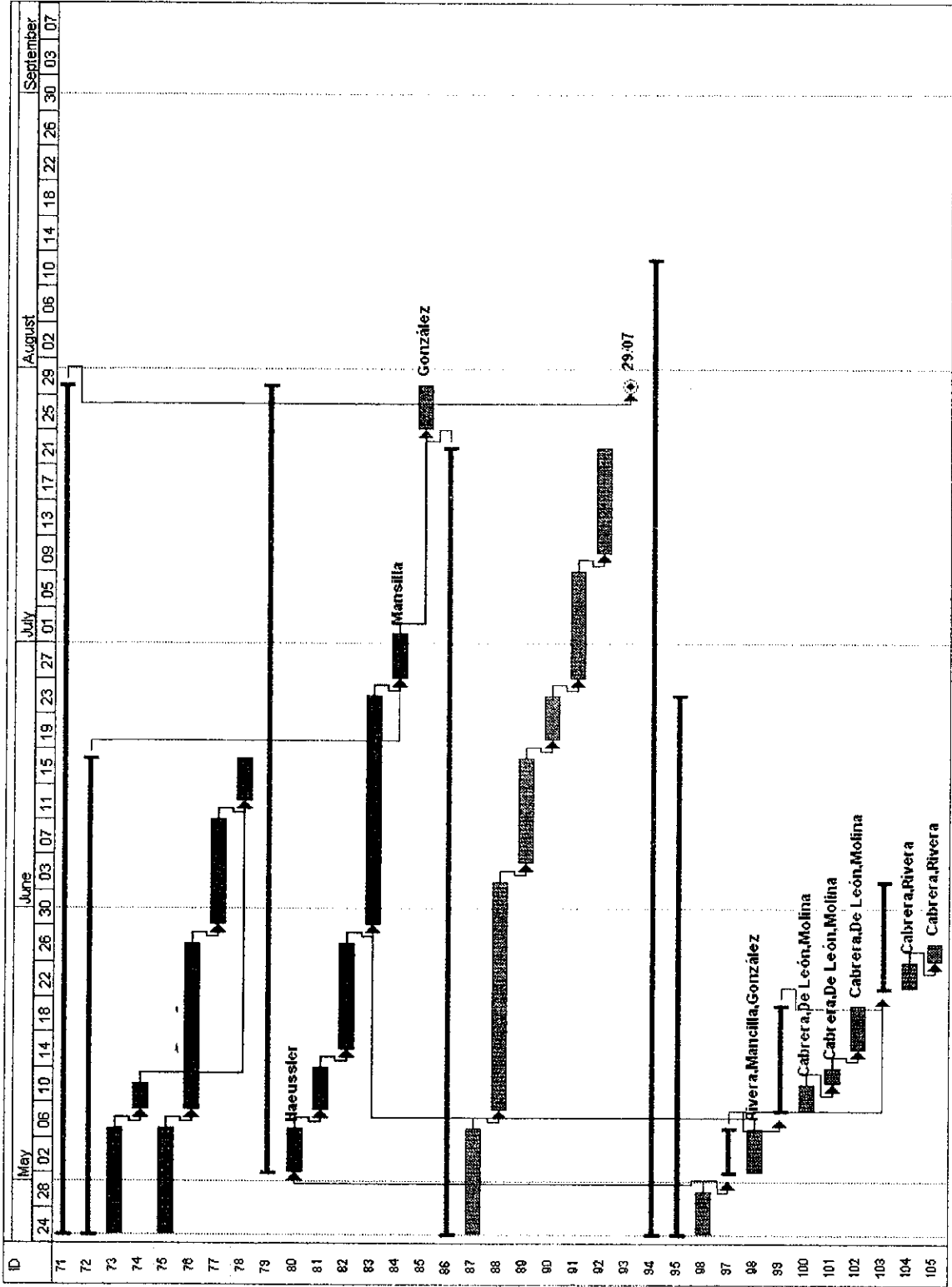


Figura 10 Ruta crítica 3 de 4

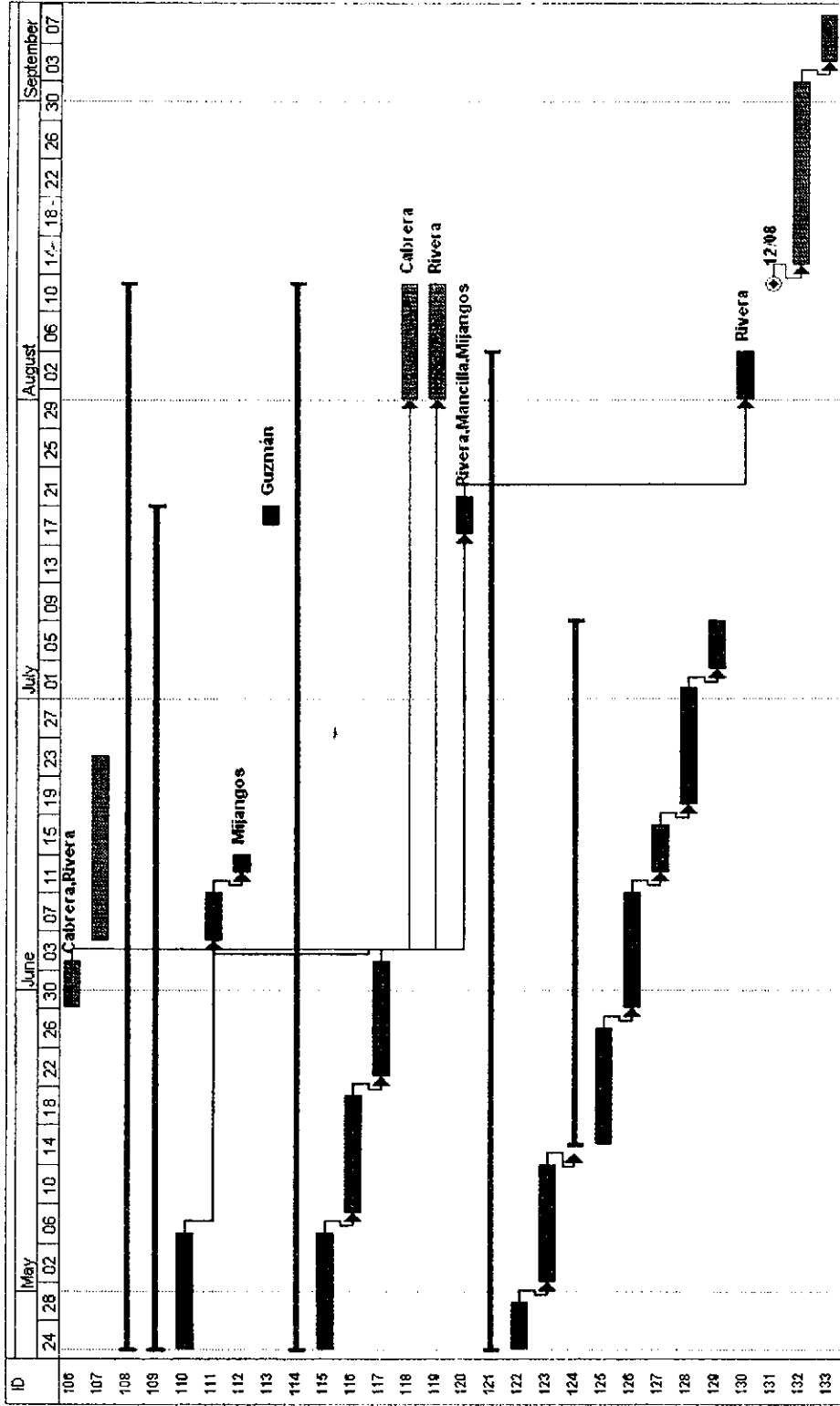


Figura 11 Ruta crítica 4 de 4

K. Control de ejecución

Se propone un control de la ejecución del proyecto que se basa principalmente en dos medios. El primero consiste en una página Web, donde se puede monitorear el avance general y detallado del proyecto, y el segundo en una red de correos electrónicos que mantiene lazos de comunicación constante y bidireccional, entre los miembros del grupo y el administrador.

El sitio debe ser actualizado periódicamente por el administrador del proyecto o por un encargado del grupo. En este sitio se muestra además, una grafica de Gantt con doble juego de barras. Un juego estático, que representa el plan original, y un juego dinámico que representa el avance actual del proyecto. Estas barras 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. El sitio es además un medio de comunicación tipo cartelera, donde se puede publicar cualquier información relacionada al proyecto, algunas muy importantes, como los diagramas de interconexión de módulos, las definiciones de protocolos, etc.

El sitio creado para este proyecto se localiza en la dirección <http://megaproyecto.bravenet.com> (ver apéndices).

La red de correos electrónicos, es el principal medio de comunicación. Mediante estos, se envían recordatorios periódicos sobre las tareas actuales y futuras, se informa sobre cambios, se hacen sondeos, se resuelven dudas y se procura motivar al grupo. En el apéndice se adjunta un ejemplo de un correo electrónico personalizado como los enviados a todos los integrantes del grupo.

VII. CONCLUSIONES

Se concluye de acuerdo a la planificación realizada, lo siguiente:

- El Megaproyecto “Diseño y construcción de un sistema explorador robotizado y autárquico” puede ser concluido en un período de cuatro meses y dos semanas, si se cuenta con los recursos necesarios, y si los estudiantes mantienen un ritmo constante de trabajo como el indicado en la calendarización.
- El trabajo total que conlleva el Megaproyecto puede ser organizado en cuatro módulos integrados por tres sub módulos cada uno. El trabajo de todos los sub módulos puede separarse en un total de 105 tareas complementarias que pueden ser asignadas a miembros específicos del equipo de trabajo.
- Los módulos de algoritmo de trayectoria y protocolo deben ser realizados sin atrasos ya que todas sus tareas se encuentran en la ruta crítica del proyecto. Cualquier atraso que se llegue a dar en alguna tarea de estas secuencias repercutirá directamente en el tiempo de finalización del proyecto.
- El encargado del arbitraje en el vehículo posee una alta responsabilidad en la ejecución exitosa del proyecto al estar involucrado en al menos doce tareas críticas para el proyecto.
- Un mínimo de \$1,730.00 (mil setecientos treinta dólares estadounidenses) aproximadamente, es necesario para la ejecución del Megaproyecto. Para una ejecución óptima, que asegure componentes de alta calidad, un mayor alcance del proyecto, y el mínimo trabajo posible para los estudiantes, se necesitan aproximadamente \$ 5,000.00 (cinco mil dólares estadounidenses).

- Existen tiempos de holgura dispersos en el proyecto, los cuales deben ser hábilmente manejados. Es decir, que pueden aprovecharse si es estrictamente necesario, pero no deben usarse indiscriminadamente ya que puede repercutir aumentando las carga de trabajo en otros tiempos o inclusive puede alterar la ruta crítica del proyecto.

- Un atraso en una tarea puede ser compensado con una disminución en el tiempo de compleción de la siguiente tarea de la serie, siempre y cuando no exista más que una relación Final-Final entre estas, y no existan otras dependencias inmediatas.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda para mejorar este trabajo de planificación, los siguientes puntos:

- Para la administración futura de un Megaproyecto, establecer con anticipación, las fechas oficiales de inicio y fin de cada fase del Megaproyecto, y no permitir prorrogas ya que esto dificulta el proceso de planificación.
- Asignar a un administrador que pueda trabajar con los estudiantes durante las tres fases del proyecto y no sólo durante la planificación como ocurrió en este caso.
- Crear un fondo de dinero anticipadamente para que el recurso económico sea una limitante y no una variable, ya que esto podría amenazar la exactitud del plan, al no contar con recursos considerados disponibles cuando se realizó el plan.
- Asignar un período de tiempo diario a los estudiantes específicamente para trabajar en el Megaproyecto. Ya que esto asegurará que todos los estudiantes cuentan con un mínimo de tiempo disponible, y esto permitirá que la estimación de duraciones sea más acertada.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Black, Ron. 2004. *The complete idiot's guide to Project Management with Microsoft Project 2003*. Nueva York, Alpha Books. 360 págs.
- Clealand, David. 1999. *Project management: strategic design and implementation*. 3era ed. Nueva York, McGraw-Hill. 560 págs.
- Lowery, Gwen. 1994. *Managing Projects with Microsoft Project 4.0*. Nueva York, John Wiley & Sons, Inc. 416 págs.
- Méndez, Fernando. 1993. *Programación y control de proyectos. Desarrollo de un caso*. Guatemala. 188 págs.

X. APÉNDICE

A. Glosario

802.11: Estándar de comunicación inalámbrica para redes de computadoras.

CAN: Controler Area Network, protocolo de comunicación para microcontroladores, ideado originalmente para aplicaciones automotrices.

DSP: Procesamiento Digital de Señales.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

I2C: Inter-Integrated Circuit, Protocolo de comunicación para establecer redes de microcontroladores. Nombre del bus utilizado en este protocolo. Diseñado para comunicar circuitos integrados en tarjetas impresas.

IA: Inteligencia Artificial.

IC: Circuito Integrado.

LED: Diodo Emisor de Luz.

PERT: Project Evaluation and Review Technique. Método probabilística para la estimación de la duración de proyectos.

PIC: Peripheral Interface Controller, nombre de los microcontroladores de la marca Microchip.

PMBOK: Project Management Book of Knowledge, libro que reúne los principios para la administración de proyectos, recomendados por el PMI.

PMI: Project Management Institute, Instituto de Administración de Proyectos

PWM: Pulse Width Modulation, Modulación por ancho de pulsos

RF: Radio Frecuencia.

RPM: Revoluciones por minuto.

RS-232: Estándar que define un tipo de comunicación serial asíncrona usado ampliamente por las computadoras antes del USB.

TxRx: Transmisor-Receptor.

USART: Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter. Puerto universal en algunos microcontroladores para comunicación serial.

USB: Universal Serial Bus

B. Ejemplo de e-mail

Hector,

Como vas? Según la planificación, al día de hoy ya deberías de haber finalizado las siguientes tareas:

- Determinación de sensores a utilizar
- Diagrama de bloques de árbitro de sensores

Porfavor decime en porcentaje estimado, cuanto has avanzado en estas tareas, describime de una forma general y resumida que haz hecho e informame sobre cualquier atraso que hayas tenido. Por ahora todavía son corregibles los atrasos, por si los hubiera, pero llegará el momento en que no.

A continuación encontrarás información sobre el trabajo actual y futuro que te corresponde:

Tarea Actual:

Adquisición de Equipo

- Avance: 60 %
- Inicio: 04-04-05
- Finalización: 15-04-05

Implementar árbitro de sensores en microcontrolador

- Avance: 0 %
- Inicio: 11-04-05
- Finalización: 22-04-05

Próxima Tarea:

Construcción de radar ultrasónico

- Inicio: 25-04-05
- Finalización: 29-04-05

Ánimos pues, y a seguir adelante. No dudes en contactarme para cualquier duda.

Saludos,

Juan Pedro Fonseca

C. Sitio Web

Blank - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Address http://megaproyecto.bravehost.com/

Megaproyecto Explorador

Última Actualización 18/4/05

OJO Nueva fecha de Inicio!!! 25 de abril

Diagrama de Bloques

Estación Marte

Done Internet

Blank - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Address http://megaproyecto.bravehost.com/

Estación Tierra

Monitoreo de avance en ejecución de Tareas

ID	Task Name	Resource Names	Start	Finish
1	Megaproyecto Explorador Robotizado y Autarea		Mon 25-04-05	Fri 05-09-05
2	Mecánica		Mon 25-04-05	Fri 22-07-05
3	Potencia	Mendizabal	Mon 25-04-05	Fri 24-06-05

Done Internet

