

"ANÁLISIS DE PREINVERSIÓN PARA EL PROYECTO DE UN SIMULADOR DE VUELO PARA EL HELICOPTERO MI 17 DEL EJÉRCITO DE COLOMBIA"

AUTORES

José Vicente, Guacaneme González
Ingeniero Mecatronico, Subdirector Ingeniería de Aviación, Ejército Nacional, Bogotá, D.C.,
Colombia,
joseguacaneme@ejercito.mil.co

Ingrid Juliana, Segura Folleco
Ingeniero Mecatronico, Ingeniera de Proyectos, PIL Automation, Bogotá, D.C., Colombia,
juliana.segura@pilautomation.com

TUTOR

Edier, Polo Sánchez
Ingeniero Aeronáutico, Especialista en Gerencia del Talento Humano, Ingeniera de Proyectos,
Ejército Nacional, Bogotá, D.C., Colombia,
edierpolo@ejercito.mil.co

Especialización en Gerencia Integral de Proyectos

HIPÓTESIS

Desde el año 1995 la reactivación de la DIVISIÓN DE AVIACIÓN DE ASALTO AÉREO, se ha diferenciado de las demás fuerzas por la utilización del helicóptero MI 17 [1], el cual ha sido crucial para el desarrollo de las operaciones, sin embargo, se ha visto que el entrenamiento de los pilotos de este tipo de aeronaves ha generado un gasto significativo ya que su instrucción, que se lleva a cabo con el uso de simuladores, se debe realizar en RUSIA, de esta forma, se evidencia la necesidad de contar con un sistema que permita la simulación de vuelo en Colombia. Para el desarrollo de un sistema de este tipo, se requiere un análisis económico y técnico correspondiente a la etapa de preinversión, con el fin de determinar si es una alternativa viable, la cual debe estar establecida dentro de los márgenes de necesidades de los sistemas de simulación.

TÍTULO

"ANÁLISIS DE PREINVERSIÓN PARA EL PROYECTO DE UN SIMULADOR DE VUELO PARA EL HELICOPTERO MI 17 DEL EJÉRCITO DE COLOMBIA"

RESUMEN

Este trabajo describe el análisis de preinversión para la realización de un simulador de vuelo para el helicóptero MI 17, el cual está localizado en las instalaciones de la División de Aviación Asalto Aéreo, ubicado en la entrada No 5, del muelle del aeropuerto internacional el dorado en la ciudad de Bogotá, se establece con el fin de proveer a la Aviación del Ejército de una herramienta de entrenamiento capaz de simular todas las características de vuelo que poseen los helicópteros MI 17 [2], con esto evitar el envío de los oficiales de la Aviación del Ejército a realizar capacitación en el simulador de vuelo que se encuentra en Rusia por sus altos costos, para esto se deben tener en cuenta factores económicos los cuales analizados mediante la construcción de escenarios, definirán la viabilidad de dicho proyecto.

Estudios previos muestran como en el Perú (1), se desarrollo un simulador de vuelo para helicóptero MI 17, realizando el entrenamiento de sus pilotos en su país natal, reduciendo costos y elevando su inversión en desarrollo y tecnología.

Este trabajo plantea mediante un análisis de pre inversión, la viabilidad económica para la implementación de un simulador de vuelo en el Ejército Nacional, desarrollado por su personal y apoyado por alguna entidad universitaria.

Encontrando que la evaluación económica, muestra que los beneficios para la Aviación del Ejército en un periodo de 5 años ascienden a 25.000 millones de pesos aproximadamente, aplicando una tasa social de descuento del 12%, por esta razón se concluye que su viabilidad es de manera objetiva un acierto para la innovación y desarrollo tecnológico de las Fuerzas Militares, convirtiéndose en la punta de lanza en el desarrollo y capacitación del personal de pilotos incluso de otros países.

INTRODUCCIÓN

Debido a la situación de violencia que enfrenta Colombia desde hace varias décadas, la labor de las instituciones encargadas de velar por la seguridad y la soberanía nacional ha cobrado gran importancia. Sin embargo, es claro que para poder cumplir a cabalidad con su labor, todas y cada una de las instituciones que conforman las Fuerzas Armadas necesitan contar con las herramientas y elementos adecuados; el Ejército Nacional como parte fundamental de este grupo no es ajeno a dicha necesidad.

Un claro ejemplo de ello se presenta en la DIVISIÓN DE AVIACIÓN DE ASALTO AÉREO, donde la utilización del helicóptero MI 17 **(2)** es fundamental para el desarrollo de sus actividades, pero a pesar de esto, la única opción que se tiene en la actualidad para el entrenamiento de los pilotos en el manejo de este tipo de aeronaves es hacer un curso de capacitación en Rusia, lo cual, entre otros, implica un gran gasto para dicha institución **[17]**. Ante esta dificultad, surge la necesidad de encontrar alternativas que le permitan al Ejército Nacional brindar a sus pilotos la mejor capacitación posible sin que esto implique incurrir en altos costos. Una de ellas puede ser el diseño y la elaboración de un sistema que permita la simulación de vuelo en Colombia, para lo cual dicho sistema debe cumplir con algunas especificaciones técnicas mínimas que proporcionen la confianza tanto a pilotos como a instructores de que recibirán una adecuada instrucción, esto incluye, contar con un simulador que no necesariamente tiene que ser idéntico al que se utiliza en Rusia conocido como IBKV-17 **(3)**, pero sí debe estar en capacidad de realizar movimientos semejantes a los que realiza el helicóptero en la realidad y así mismo, brindar la sensación de inmersión total al piloto, a través de dispositivos propios de un sistema de realidad virtual para que respondan como lo haría el helicóptero.

Para determinar la viabilidad y conveniencia de un proyecto como este es indispensable realizar un análisis económico y técnico correspondiente a la etapa de preinversión, que permita establecer si es posible construir un simulador que cumpla con los requisitos necesarios que proporcionen la confianza para ser utilizado en el entrenamiento de los pilotos y que a su vez sea rentable, en el sentido que permita disminuir los costos de las capacitaciones frente a los que se tienen en la actualidad enviando al personal a Rusia de forma que se justifique la inversión requerida por el proyecto propuesto, con el fin de alcanzar un avance y desarrollo de las fortalezas para el sostenimiento de la Aviación del Ejército Nacional.

En el presente documento se dan a conocer los procesos que se llevaron a cabo para lograr los objetivos planteados. Inicialmente, se llevó a cabo la investigación de las teorías relacionadas con la evaluación de proyectos^[4], comenzando con el ciclo de vida de un proyecto ^[5] para luego enfatizar en la fase de pre-inversión ^[6] con sus diferentes etapas, así como de las teorías de ingeniería referentes a la realidad virtual y los simuladores ^[7] que permitirían tener las herramientas suficientes para determinar si desde el punto de vista técnico la solución propuesta al problema planteado cumplía con los requerimientos, éstas se encuentran dentro del capítulo de marco teórico.

Luego, se presenta el capítulo de la propuesta como tal, donde se hace el planteamiento del problema a partir de los antecedentes, se proponen diferentes alternativas de solución y se dan a conocer los resultados de los diferentes estudios realizados en las etapas de idea, perfil, Prefactibilidad y factibilidad de la alternativa seleccionada. Dichos estudios evalúan, entre otros, aspectos técnicos, financieros, ambientales, económicos, sociales y de mercado propios del proyecto que surgió a partir de la alternativa de solución escogida.

Por último, aparecen las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó después de terminar el análisis de preinversión del proyecto, y que se presentan con el fin de que sirvan al Ejército Nacional para continuar con la inversión, ejecución y operación del mismo.

1. MARCO TEORICO

1.1 SIMULADOR [2][7][8] [9]

Un simulador es un sistema que intenta replicar, o simular, de la forma más precisa y realista posible cualquier entorno utilizando herramientas como la realidad virtual y el uso de dispositivos hápticos. Los diferentes tipos de simuladores van desde videojuegos hasta réplicas de mecanismos en tamaño real montadas en superficies que a través de accionadores hidráulicos (o electromecánicos), controlados por sistemas modernos computarizados. Un simulador pretende Reproducir tanto las sensaciones físicas (velocidad, aceleración, percepción del entorno) como el comportamiento de los equipos de la máquina que se pretende simular. Presentan un modelo o entorno dinámico (generalmente a través de gráficos o animaciones interactivas) y facilitan su exploración y modificación a los alumnos, que pueden realizar aprendizajes inductivos o deductivos mediante la observación y la manipulación de la estructura subyacente; de esta manera pueden descubrir los elementos del modelo, sus interrelaciones, y pueden tomar decisiones y adquirir experiencia directa delante de unas situaciones que frecuentemente resultarían difícilmente accesibles a la realidad (control de una central nuclear, contracción del tiempo, pilotaje de un avión, entre otros). También se pueden considerar simulaciones ciertos videojuegos que, al margen de otras consideraciones sobre los valores que incorporan facilitan el desarrollo de los reflejos, la percepción visual y la coordinación psicomotriz en general, además de estimular la capacidad de interpretación y de reacción ante un medio concreto.

Para la realización de Simuladores de vuelo en Colombia se deben tener en cuenta capacidades de maniobrabilidad y rendimiento de un (FSTD) por sus siglas en inglés "Flight Simulator Training Device", donde la experiencia en una cabina de vuelo debe ser muy realista, los pilotos tengan plena confianza y se sientan que están inmersos en su aeronave, mediante controles configurados, para que el sistema visual tenga un formato que ofrezca pistas y modelos de crucero, con el fin de aprender, comprender y practicar conceptos de maniobras, navegación bajo todo tipo de condiciones extremas usando visual o reglas de vuelo por instrumentos, basados en normas FAA y OASI 9625, las cuales regulan las tareas como licencias de entrenamiento para pilotos, tipos de entrenamiento, por lo tanto se definen nueve unidades de competencia que se requieren para ser demostradas las cuales son las siguientes:

1. Aplicación de amenazas y principios de manejo de errores
2. Realizar suelo avión y las operaciones previas al vuelo
3. Realizar despegue
4. Realizar ascenso
5. Realizar crucero
6. Realizar descenso
7. Realizar enfoque
8. Realizar aterrizaje
9. Realizar operaciones después del aterrizaje y después del vuelo

Todo lo anterior realizando tareas de formación con procesos de navegación que deben ser tenidas en cuenta al momento de llevar a cabo en un despegue, realizando un pre despegue y preparación previa a la partida, de igual forma realizar la carrera de despegue, la transición a las reglas de vuelo por instrumentos, realizar el ascenso inicial para batir altitud retracción, realizar despegue abortado, realizar navegación y gestionar las situaciones normales de emergencia.

Teniendo en cuenta salidas normalizadas por instrumentos y navegación en ruta, procedimientos de ascenso completo y listas de verificación modificando velocidades de ascenso y altitud de crucero, operando los sistemas y procedimientos; las situaciones anormales y de emergencia son un factor prioritario al igual que las comunicaciones con la tripulación de cabina, pasajeros y entidades que afecten la operación de las aeronaves es decir los controladores aéreos ubicados en torres de control y para operación militar tropas en tierra.

1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE SIMULACIÓN [2][9]

Para ayudar en la definición de los dispositivos para la fabricación de un FSTD a través de un enfoque en el análisis de formación, es determinante establecer que cualquier FSTD debe tener componentes claves que conducen a especificaciones puntuales con una estructura regulada por entidades internacionales como la FAA y la OACI. Las características para un FSTD se define a partir de una perspectiva de formación que se utilizan conjuntamente, teniendo criterios que adelante se relacionan, que sirvan de guía al personal de ingenieros en el diseño de un FSTD, parámetros que se relacionan a continuación así:

- **Cockpit diseño y estructura:** Define la estructura física y el diseño del entorno de la cabina, el diseño de instrumentos y presentación, los controles y el asiento piloto, instructor y el observador.
- **Vuelo modelo (aerodinámica y motor):** Define los modelos matemáticos y datos asociados que se utiliza para describir la aerodinámica y características de propulsión necesario para ser modelado en el FSTD.
- **Manejo en tierra:** Define los modelos matemáticos y datos asociados que se utiliza para describir el manejo en tierra características y condiciones de la pista deben ser modelado en el FSTD.
- **Los sistemas de aeronaves:** Define los tipos de aeronaves simulación de sistemas necesarios para ser modelado en el FSTD. El capítulo de ATA estas definiciones describen con mayor detalle (por ejemplo, energía hidráulica, combustible, energía eléctrica, etc.) Sistemas de simulación permitirá a los procedimientos normales, anormales y de emergencia a llevarse a cabo.
- **Controles de vuelo y fuerzas:** Define los modelos matemáticos y datos asociados que se utiliza para describir los controles de vuelo y fuerza de control de vuelo y las características dinámicas deben ser modeladas en el FSTD.
- **Sonido de Señal:** Define el tipo de señales de sonido necesarios para ser modelada. Estas señales de sonido son los relacionados con los sonidos generados externamente al medio ambiente cockpit como el sonido de la aerodinámica, propulsión, pista Rumbo, efectos meteorológicos, etc y los internos de la cabina.
- **visual:** Define el tipo de visualización fuera de la cabina ventana de la imagen (por ejemplo colimado o no colimado-) y el campo de visión (horizontal y vertical) que se requiere para ser visto por los pilotos utilizando el FSTD de su referencia con punto de mira. Requisitos técnicos tales como relación de contraste y los detalles del punto de luz también son descritos. HUD y las opciones de EFV también son tratados.
- **Movimiento:** Define el tipo de movimiento cueing requiere que puede ser generado por la dinámica de la aeronave y de otros efectos tales como el fuselaje de buffet, buffet superficie de control, el tiempo, las operaciones de tierra, etc
- **Ambiente de Control:** Define el nivel de complejidad del ambiente de control aéreo simulado del tráfico y cómo interactúa con la tripulación de vuelo en virtud de la formación en el FSTD. El objetivo de esta función es en el área terminal de maniobra, no en la fase de crucero en vuelo de vuelo.
- **Navegación:** Define el nivel de complejidad de las ayudas simuladas de navegación, sistemas y redes con los que la los miembros de la tripulación de vuelo se requieren para operar, como el GPS, VOR, DME, ILS, NDB, etc

1.2 REALIDAD VIRTUAL [9] [10] [11]

El término realidad virtual (RV) surgió en los años 80 a través del fundador de la VPL. Research Inc., Jaron Lanier, para diferenciar simulaciones tradicionales hechas por computador, de simulaciones en ambientes compartidos por múltiples usuarios.

A pesar de la diversidad de conceptos sobre Realidad Virtual, la mayoría recae en algunas de las características de su esencia básica: inmersión, interactividad y envolvimiento. La inmersión puede

ser definida como el sentimiento de participar del ambiente tridimensional, estando incluso en el mismo.

La sensación de inmersión completa puede ser obtenida con el uso de dispositivos tales como: HMD (*Head Mounted Display* - cascos), lentes tridimensionales y CAVEs (*Cave Automatic Virtual Environment*) o salas de proyección.

La interacción es la capacidad del usuario de recibir la respuesta del sistema después de realizar alguna acción sobre el ambiente, o sea, es la respuesta del sistema a la acción del usuario (capacidad relativa del ambiente). Sensaciones táctiles, de olfato y sonido aumentan la sensación de inmersión.

El involucrimiento es medido por el nivel de motivación del usuario en realizar alguna tarea. Tal hecho depende muchas veces del grado de entendimiento en relación al sistema al cual la persona está operando y de la facilidad de navegar e interactuar con él. La tridimensionalidad del ambiente suministra una visión más realista de profundidad y de volumen. Tales sensaciones visuales son obtenidas con el uso de técnicas de estereoscopia¹ por computador, que a su vez se basan en la estereoscopia visual humana. La estereoscopia visual viene del hecho de que cada uno de los ojos humanos observan una imagen diferente de la otra. Esas diferentes imágenes son procesadas por el cerebro, suministrando la idea de profundidad y en consecuencia la sensación de inmersión en ambientes, con elementos en diversas posiciones.

Otros dispositivos de Realidad Virtual importantes son los que posibilitan manipular objetos y navegar por el ambiente virtual. Esos dispositivos pueden ser clasificados en dos categorías principales: dispositivos de entrada de datos y dispositivos de salida de datos. Según [Pimentel 1995] los dispositivos de entrada de datos pueden ser clasificados en dos tipos: dispositivos de interacción que dan soporte al movimiento y manipulación de objetos y dispositivos de trayectoria que sirven para monitorear los movimientos del usuario.

Los dispositivos de entrada de datos más comunes en sistemas de Realidad Virtual son: *mouses*, teclados y *joysticks*. Esos dispositivos poseen dos grados de libertad (2DOF - *Degree Of Freedom*) y actúan de forma simple y directa en el ambiente virtual, aparte de esto poseen la ventaja del fácil uso y bajo costo de implementación. Guantes, rastreadores, dispositivos de trayectoria, sensores de comando de voz también son considerados dispositivos de entrada de datos.

Los dispositivos de salida de datos pueden ser clasificados de acuerdo con el grado de inmersión suministrado al usuario, siendo clasificados como no inmersivos y inmersivos. Sistemas basados en monitores comunes (*desktops*) son considerados no inmersivos por que limitan la visualización del usuario al tamaño de la pantalla de proyección, pudiendo o no utilizar lentes de estereoscopia.

1.3 DISPOSITIVO HÁPTICO [11] [12]

Es un dispositivo que cuenta con entradas/salidas y que sirve como interfaz entre el hombre y una máquina. El dispositivo captura los movimientos del usuario y devuelve como respuesta una sensación háptica en función de las consecuencias del movimiento del usuario dentro de otro entorno diferente, como el entorno virtual. Interfaces que proporcionen un feedback de fuerza. Dispositivos.- que permiten la interacción puntual con el objeto virtual a través de un terminal, materializado como un lápiz, dedo virtual o un joystick. • Guantes.- que permiten la manipulación "dexterizada" (en múltiples puntos de contacto) de objetos virtuales con retorno de fuerza.

¹La estereoscopia, imagen estereográfica, o imagen 3D (tridimensional) es cualquier técnica capaz de recoger información visual tridimensional y/o crear la ilusión de profundidad en una imagen.

1.4 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UN HELICÓPTERO MI 17 [2]

El helicóptero MI 17 está dotado de dos motores de turbina provista del eje TB3-117M de la serie 02 (tb3-117M) destinado para transporte de personal y diferentes cargas dentro de la cabina de carga, cargas de grandes dimensiones suspendidas exteriormente, así como para cumplir otras misiones de carácter especial.

El helicóptero MI 17 de fabricación Rusa, fabricado con versiones militares y civiles tiene las siguientes variables de aplicación, como son con tanques de combustible, sin tanques de combustible, sirve para transporte de carga interna como externa, sirve como equipo de ambulancia, para misiones de rescate y salvamento; a parte el helicóptero por su versatilidad puede conducir misiones en el día como en la noche.

La tripulación del helicóptero consta de 3 personas, un comandante de la aeronave, piloto navegante y técnico a bordo.

La duración del vuelo del helicóptero MI 17 de acuerdo a sus configuraciones de transporte se debe preestablecer mediante técnicas las cuales a partir de cálculos matemáticos determinan cual es el punto crítico de consumo de acuerdo a factores como distancia, altura, consumo de combustible por hora, velocidad y masa.

De igual forma las particularidades de cálculo del radio y alcance al volar sobre montañas se deben tener restricciones impuestas por condiciones de despegue, como factores determinados por el efecto viento.



Figura No 1. Helicóptero MI - 17
Fuente: www.ejercito.mil.co/operacion Jaque (1), (2011).

1.5 CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO. [5] [13] [14] [15]

El ciclo de vida de un proyecto de inversión se inicia con un problema originado en una necesidad, a la cual debe buscársele solución coherente. Generalmente, los proyectos de inversión atraviesan por cuatro grandes fases:



Figura 2. Fases de un proyecto
Fuente: Miranda Miranda J., (2006). Gestión de Proyectos.

1.5.1 PRE-INVERSIÓN

La fase de preinversión corresponde al estudio de factibilidad económica de las diversas opciones de solución identificadas para cada una de las ideas de proyectos. Cuanto menos cantidad y calidad tenga la información, más se acerca al estudio del perfil; mientras que más y mejor sea la información, más se acerca al nivel de factibilidad.

La preinversión consiste en identificar, formular y evaluar el proyecto y establecer cómo se llevaría a cabo, para resolver el problema o atender la necesidad que le da origen. La fase de pre-inversión presenta las siguientes etapas:

- **Etapas de IDEA:**

En la etapa de IDEA se pueden establecer distintas necesidades, las cuales orientadas hacia un problema pueden generar oportunidades, es decir se alumbró un panorama de solución a un problema a partir del diagnóstico de necesidades comunes que afectan una población o sociedad.

En esta etapa se establece la primera barrera de entrada en vigencia de un proyecto, ya que la investigación superficial de los elementos que estarán en contacto con el proyecto se verán afectados, teniendo como base las características de la población a evaluar como pueden ser económicas, sociales, climatológicas, culturales, etc. Generando una serie de interrogantes que deberán ser respondidos de forma anticipada, por ejemplo ¿Cuál es la actividad económica de esta comunidad? ¿a quienes beneficiará el proyecto? ¿existen los elementos económicos y técnicos para el proyecto?, con esto la idea pretende realizar la depuración de muchas alternativas de solución al problema existente, teniendo en cuenta aspectos que puedan afectar de manera directa el proyecto.

La recopilación de información: Se refiere a todas aquellas investigaciones, entrevistas, búsquedas de datos, etc., que servirán para analizar en forma detallada el proyecto de inversión. Estos estudios se basan en la información que se tiene de primera mano, es decir, sin efectuar investigaciones detalladas.

Se consideran todos los aspectos generales para poder iniciar lo que será el proyecto de inversión. Dentro de esta etapa se debe buscar la conceptualización principal del proyecto, tratando de limitar los rangos mínimos y máximos de la inversión, el riesgo, etc.

La recopilación de la información consta de los siguientes momentos:

- ✓ Determinación de las fuentes de información
- ✓ Entrevistas preliminares con: Accionistas, proveedores de maquinaria y equipo, proveedores de materia prima, Distribuidores, Instituciones de crédito, Dependencias gubernamentales
- ✓ Recopilación de información y datos
- ✓ Definición de estrategias y características del proyecto

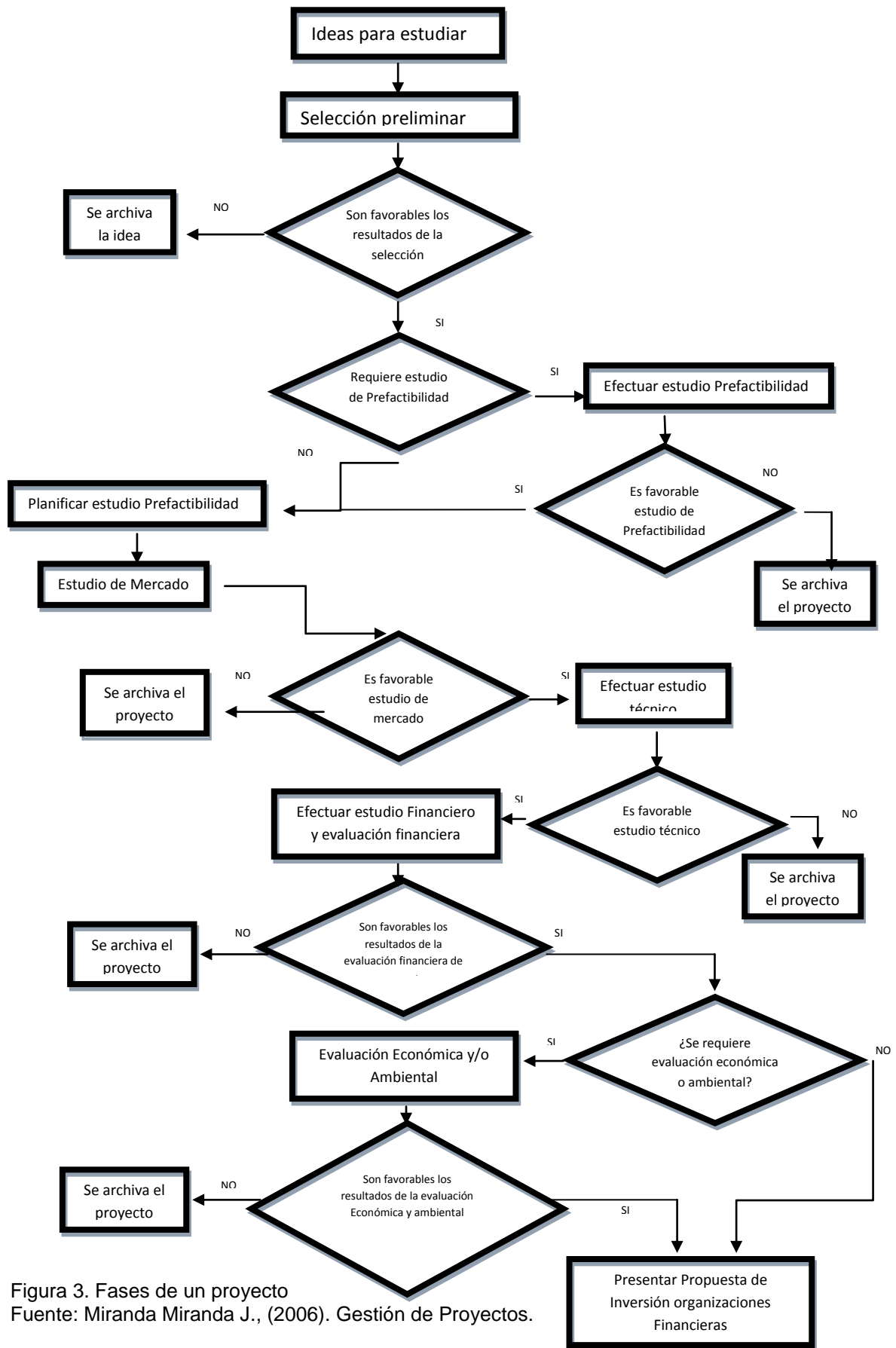


Figura 3. Fases de un proyecto
 Fuente: Miranda Miranda J., (2006). Gestión de Proyectos.

- **Etapa de PERFIL:** el estudio de perfil es el más preliminar, estático, y basado en información secundaria y cualitativa (opiniones de expertos o cifras estimativas).

Es la gran visión o identificación de la idea, el cual se elabora a partir de información existente, el juicio común y la opinión de la experiencia. En términos monetarios sólo presenta las inversiones, los costos y los ingresos, sin entrar a investigaciones de campo.

Naturalmente, la información a este nivel debe aportar precisión a la de la fase de idea, lo que se concreta en cada aspecto del proyecto según lo siguiente:

- Mercado o destino de la producción: definición preliminar de los usuarios finales al que apunta el proyecto, y juicio sobre la viabilidad de lograrlo.
- Indicación del tamaño de la inversión, en términos de rangos muy amplios, donde se aceptan márgenes de error considerables, pero menores a los de la idea. Indicaciones preliminares de la factibilidad de financiar dicha inversión.

En esta etapa se evalúan las diferentes alternativas partiendo de la información técnica, y se descartan las que no son viables. Se especifica y describe el proyecto con base en la alternativa seleccionada. Por lo general, la información en que se apoya la elaboración del perfil que proviene de fuentes de origen secundario como: encuestas, cuestionarios.

- **Etapa de PRE-FACTIBILIDAD:** es conocida como ANTEPROYECTO y es un análisis que profundiza la investigación en las fuentes secundarias y primarias en el estudio de mercado, detalla la tecnología que se empleará, determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto, y es la base en que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión.

En esta etapa se realiza una evaluación más profunda de las alternativas encontradas viables, y se determina la bondad de cada una de ellas. Es dinámica, proyecta los costos y beneficios a lo largo del tiempo y los expresan mediante un flujo de caja (la información es primaria).

Implica un nivel de precisión de la información utilizada que excede el nivel de perfil y que debe permitir calcular la rentabilidad de la inversión. Esta es calculada en términos privados y desde la óptica del conjunto de la economía nacional.

Este estudio profundiza la investigación en fuentes secundarias y primarias en investigación de mercados, detalla la tecnología que se empleará, los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto, y es la base en la que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión. Los aspectos que se deben considerar en la Prefactibilidad son:



Figura 4. Aspectos de la etapa de prefactibilidad
Fuente: Miranda Miranda J., (2006). Gestión de Proyectos.

- **Etapa de FACTIBILIDAD:** en esta etapa se perfecciona la alternativa recomendada, generalmente con base en la información recolectada. Es el nivel más profundo, conocido como PROYECTO DEFINITIVO o PROYECTO simplemente. Contiene básicamente toda la información del anteproyecto, pero aquí son tratados los puntos más finos. Aquí no sólo deben presentarse los canales de comercialización más adecuados para el producto, sino que deberá presentarse una lista de contratos ya establecidos; se deben actualizar y preparar por escrito las cotizaciones de la inversión, presentar los planos arquitectónicos de la construcción, etc.

La factibilidad está enfocada al análisis de la alternativa más atractiva estudiada en la Prefactibilidad, abordando en general los mismos aspectos, pero con mayor profundidad y dirigidos a la opción más recomendable.

Tipos de factibilidad

Para recomendar la aprobación de cualquier proyecto es preciso estudiar un mínimo de tres factibilidades que condicionarán el éxito o fracaso de una inversión: la factibilidad técnica, la legal y la económica. Otras factibilidades son las de gestión, política y ambiental.

Clasificación De los estudios de factibilidad:

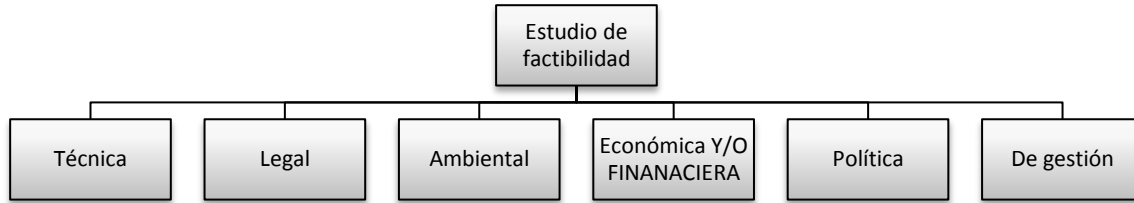


Figura 5. Clasificación de los estudios de factibilidad

Fuente: Arboleda Vélez G., (2003). Proyectos Formulación Evaluación y control.

- **La factibilidad técnica:** determina si es posible física o materialmente hacer un proyecto. Puede incluso llegar a evaluar la capacidad técnica y motivación del personal involucrado.
- **La factibilidad legal:** determina la existencia de trabas legales para la instalación y operación normal del proyecto, incluyendo las normas internas de la empresa.
- **La factibilidad ambiental:** determina el impacto sobre el ambiente, por ejemplo, la contaminación.
- **La factibilidad económica y/o financiera:** determina la rentabilidad de la inversión en un proyecto.
- **La factibilidad política:** corresponde a la intencionalidad de quienes deben decidir si quieren o no implementar un proyecto, independientemente de su rentabilidad.
- **La factibilidad de gestión:** determina si existen las capacidades gerenciales internas de la empresa para lograr la correcta implementación y eficiente administración del negocio.

Etapas del estudio de factibilidad

- **Estudio de mercado:**
Permite conocer la situación que existe entre la oferta y la demanda y los precios de un determinado bien para saber si existe demanda potencial que pueda ser cubierta mediante un aumento de los bienes ofrecidos.
- **Estudio técnico:**
Tiene por objeto proveer información para cualificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertenecientes a esta área. Su propósito es determinar las condiciones técnicas de realización del proyecto (materias primas, energía, mano de obra, etc.); en este estudio se incluyen los aspectos de tamaño, localización e ingeniería:
- **Estudio financiero:**
El estudio financiero tiene como finalidad demostrar que existen recursos suficientes para llevar a cabo el proyecto de inversión, así como de un beneficio, en otras palabras, que el costo del capital invertido será menor que el rendimiento que dicho capital obtendrá en el horizonte económico (período de tiempo dentro del que se considera que los efectos de la inversión son significativos).

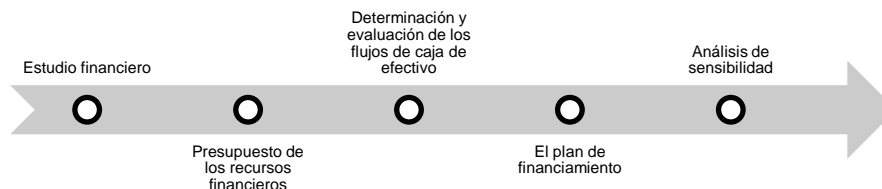


Figura 6. Estudio financiero. Fuente: A., (2007). Project Management Planning And Control.

2. PROPUESTA

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA [3](2)

El Gobierno Nacional, el Comando de las FF.MM. y el EJÉRCITO NACIONAL, consideraron que el método más eficiente para afrontar la amenaza existente y su posible crecimiento en el futuro, es el fortalecimiento de la AVIACIÓN DEL EJÉRCITO, enfocando su misión principal en el transporte táctico de personal y carga, para las tropas de superficie mediante el empleo de los helicópteros militares.

Hasta el año 2011 la Aviación del Ejército contaba con 23 helicópteros MI-17, este incremento en las Unidades de Aviación y campos aéreos, hace necesario el alistamiento operacional de dichas aeronaves y la continua selección y capacitación del personal de vuelo para brindar un apoyo oportuno a las Unidades y para tener tripulaciones calificadas capaces de cumplir con las diferentes misiones eficientemente y de forma segura.

Es por esto que se requiere capacitar a Oficiales del Ejército Nacional como pilotos de ala rotatoria con el fin de ser posteriormente entrenados en el equipo MI-17 en sus diferentes series y versiones, para mantener el alto entrenamiento, y nivel de preparación para dar cumplimiento a la responsabilidad del Ejército Nacional.

De igual forma la continua rotación del personal, las novedades relativas a ascensos, incapacidades médicas, comisiones del servicio, vacaciones, situación jurídica de algunos pilotos que tienen medida de aseguramiento, entre otras, hacen que la disponibilidad operacional se vea notablemente disminuida, recurriendo en varias oportunidades a doblar los turnos de operaciones de los pilotos para poder cumplir con las metas del plan de campaña del Ejército.

Debido a esta escasez de personal, desde el año 2007, para la operación de los helicópteros tipo MI-17 de la Aviación del Ejército, se determinó un plan de acción donde se consideró la necesidad de capacitar nuevos pilotos que reforzaran la planta de tripulaciones, así como fortalecer la pericia y la seguridad de vuelo operacional de las tripulaciones existentes, a través del cumplimiento irrestricto del entrenamiento establecido en la doctrina de aviación aprobada por el Comando del Ejército.

Existen diversos inconvenientes que han imposibilitado el desarrollo continuo de la capacitación de la Aviación del Ejército en relación al equipo MI-17, los más significativos son:

- Falta de cursos de calificación inicial en ala rotatoria (IERWC) por parte de la Aviación del Ejército, ya que no tiene aeronaves ni una escuela de entrenamiento de vuelo propia cuenta con una escuela de vuelo propia que le permita fundamentar en la práctica la doctrina de aviación militar. En razón a la inexistencia de escuelas de vuelo propias, este entrenamiento ha sido adquirido a través de la cooperación técnico-militar del Gobierno de los Estados Unidos, adoptándose finalmente el modelo de ese gobierno para el desarrollo de los cursos de capacitación aeronáutica básica y avanzada o por medio de la contratación de una empresa rusa.
- Falta de disponibilidad de personal calificado para labores de instrucción de manera permanente, en razón a que deben desempeñarse como parte de las tripulaciones en las operaciones y cumplir con misiones de vuelo en el campo de combate.
- Falta de infraestructura propia (simulador de vuelo, ayudas técnicas de instrucción, bancos de prueba, etc.) para el desarrollo del entrenamiento de aviación.
- Demora en el inicio de cursos de calificación inicial en ala rotatoria debido a la limitada disponibilidad presupuestal de la Fuerza y al bajo mercado aeronáutico enfocado a fines militares, demorándose el personal en comenzar la capacitación en promedio un año desde su ingreso a la Aviación del Ejército.
- Demora en la obtención de pilotos calificados para Helicóptero MI-17 listos para la misión (NP1) toda vez que desde su ingreso a la Aviación hasta su calificación transcurre un lapso de dos años aproximadamente, tiempo excesivo para la Fuerza.

- El tiempo requerido para capacitar un piloto y dejarlo como piloto al mando es de 6 meses aproximadamente lo que en contraste con la formación de un piloto en su curso inicial, que demora entre uno y dos años aproximadamente hace que se estime la necesidad de tener pilotos suficientes para no generar traumas en las plantas.

Durante los últimos 5 años, se ha dado respuesta a esta situación por medio de la contratación de los servicios de la empresa rusa privada AVIABALTIKA, de esta manera se ha podido satisfacer la necesidad, sin embargo se ha incurrido en altos costos, como se muestra en la tabla a continuación, por los cuales la División de Aviación se ha visto forzada a designar parte de su presupuesto a la adquisición de servicios de capacitación.

Tabla 1. Costos de capacitaciones anteriores

DESCRIPCIÓN	VALOR
Curso de repaso y actualización (reentrenamiento) en sistemas simulados de entrenamiento de vuelo (SSEV) simulador de vuelo MI-17 para 25 tripulaciones	\$ 2.817'600.000
Curso de repaso y actualización (reentrenamiento) en sistemas simulados de entrenamiento de vuelo (SSEV) simulador de vuelo MI-17 para 35 tripulaciones	\$ 3.945'000.000
Curso de repaso y actualización (reentrenamiento) en sistemas simulados de entrenamiento de vuelo (SSEV) simulador de vuelo MI-17 para 55 tripulaciones	\$ 7.750'000.000

Fuente: Documentos privativos del Ejército Nacional

2.2 FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS

Las posibles alternativas de solución para el problema planteado son:

- 2.2.1 Análisis de las características del simulador ofrecido por la empresa Kirvit **(4)** y posterior creación de un convenio para realizar el entrenamiento de los pilotos de la División de Asalto Aéreo del Ejército utilizando el sistema ofrecido por dicha empresa, o por lo menos alguna de sus fases.

KIRVIT es una empresa que se encarga de mantener vigentes todo tipo de dispositivos simuladores de vuelo y ajustarlos a los nuevos requerimientos de la tecnología y las normas aeronáuticas, así mismo, configura soluciones tecnológicas para la modernización de simuladores de vuelo que se encuentran fuera de servicio o que simplemente necesitan la actualización de uno o todos sus sistemas, además de la implementación de otros nuevos.

Esta empresa ha hecho la integración de tecnología análoga y digital occidental con tecnología rusa de los años '70 para obtener la implementación de un sistema visual exterior y la adición de instrumentos básicos de navegación (ADF y VOR) al simulador de vuelo para el helicóptero MI-8/MI-17, equipo de entrenamiento certificado y operado por la compañía aérea Vertical de Aviación, quedando habilitado para simular operaciones bajo reglas IFR en cualquier escenario del mundo.

Posteriormente, llevó a cabo la inclusión de la cubierta de vuelo dentro de un casco para permitir la proyección de la visual exterior en un rango de 210° aproximadamente y recientemente, llevó a cabo una nueva implementación a este equipo, consistente en la habilitación de un sistema GPS y un radar meteorológico integrados al motor de simulación, completando así la aviónica con la que cuentan los helicópteros reales. Del mismo modo, amplió el campo visual exterior incluyendo dos vistas laterales inferiores con lo cual los pilotos pueden practicar mejor el vuelo estacionario y el despegue y aterrizaje verticales.

Actualmente, KIRVIT está trabajando en el diseño, fabricación y desarrollo de un nuevo dispositivo simulador de este helicóptero que busca la certificación de operación de la Autoridad Aeronáutica colombiana como FFS Nivel B.

El Centro de Instrucción y Entrenamiento Aeronáutico KIRVIT ha estructurado opciones para la formación de pilotos virtuales y aficionados, el entrenamiento en tierra de pilotos reales y la

capacitación complementaria de todo personal relacionado con la aviación, ofreciendo herramientas que permitan aprender, comprender y aplicar toda la fundamentación teórica pertinente, así como prepararse practicando en los mejores dispositivos estáticos de simulación (FTDs) para la práctica de vuelo.

Para esta capacitación, cuenta con una sede en la ciudad de Bogotá, instructores calificados, amplio material didáctico y de consulta a disposición de los estudiantes, y complejos equipos para la simulación de vuelo desarrollados por KIRVIT Technologies.

A pesar de lo anterior, teniendo en cuenta tanto las necesidades específicas del Ejército Nacional como los requerimientos técnicos, la opción se descarta fundamentalmente por dos razones:

- Es una escuela de formación tipo civil sin experiencia en los programas de entrenamiento militar requeridos, contraviniendo de cierta manera los principios básicos de estandarización y seguridad aérea de la Aviación del Ejército.
- Las escuelas de aviación civil existentes en Colombia no están avaladas por los Departamentos de Estado y Defensa de los EE.UU., además de no brindar preparación en visores ANVIS-6 y ANVIS-9, que se obtiene en los centros de entrenamiento extranjeros.

2.2.2 Análisis de las características del simulador fabricado por el Ejército Peruano y posterior adquisición de un sistema del mismo tipo o la creación de un convenio para que el entrenamiento de los pilotos colombianos se lleve a cabo en ese país.

El Centro de Investigación de Ciencia y Tecnología del Ejército (CICTE), viene ejecutando proyectos de interés institucional, como el simulador de vuelo de helicóptero MI-17 **(1)(5)**, un sistema que permite, mediante la utilización de tecnología de realidad virtual tanto en software y hardware, reproducir o emitir una situación real para la instrucción y entrenamiento de los pilotos de esta aeronave, obteniendo las siguientes ventajas:

- Disminuye radicalmente la cantidad de horas de vuelo de helicóptero para el proceso de instrucción y entrenamiento de las tripulaciones.
- Genera un ahorro económico sustancial en combustible, mantenimiento y operación de los helicópteros.
- Las tripulaciones pueden contar con un medio seguro y con mayor cantidad de horas para su entrenamiento.
- Las tripulaciones podrían simular situaciones de emergencia que no podrían ser posibles de efectuarse en helicópteros reales.

En la actualidad, el Ejército Peruano ya está haciendo uso de este sistema de simulación, y ha obtenido muy buenos resultados. Además, ha expresado su interés de ofrecer los servicios de entrenamiento a otros países en Latinoamérica.

Esta alternativa no se puede considerar no viable sin antes hacer un estudio detallado y exhaustivo de las condiciones técnicas que ofrece el sistema considerado para determinar si cumple con los requerimientos específicos de la División de Aviación Asalto Aéreo de Ejército de Colombia y sin tener una cotización de parte del Ejército del Perú para conocer el costo del servicio ofrecido por esta institución. Sin embargo, aunque esta alternativa puede significar una reducción en los costos respecto a los que se tienen actualmente, no representa un cambio importante, ya que el hecho de seguir contratando el servicio con una empresa extranjera, independiente de que sea privada o pública, implica altos costos.

2.2.3 Diseño e implementación de un sistema de simulación de fabricación nacional, con profesionales de diferentes áreas pertenecientes al Ejército de Colombia y en conjunto con algún grupo de investigación de alguna universidad en el país que tenga experiencia y capacidad para desarrollar simuladores con las características que requiere el Ejército.

Esta alternativa puede considerarse viable teniendo en cuenta que ya hay experiencias previas de construcción de simuladores por parte de algunas universidades, como la Universidad de Los Andes que desarrolló entre otros un Simulador inmersivo de ataque con arma de fuego unipersonal en un ambiente fluvial [16] y la Universidad Militar Nueva Granada, que desarrolló el Simulador de vuelo T-37 [17]. No solamente hay antecedentes de éxito en la construcción de simuladores, sino que también se han desarrollado proyectos de universidades en asocio con las Fuerzas Armadas, que pueden servir como guía y precedente para el proyecto propuesto, como es el caso del Simulador de vuelo T-37 de la Universidad Militar Nueva Granada, que fue hecho con apoyo y para el servicio de la Fuerza Aérea Colombiana.

Por otra parte, la alianza estratégica del Ejército con una institución universitaria puede llegar a reunir los recursos humanos, económicos y técnicos necesarios para lograr el desarrollo exitoso de un sistema como el propuesto.

De acuerdo con esto, se decidió continuar con el análisis de algunas especificaciones de esta alternativa, que en adelante será el proyecto objeto del estudio de preinversión.

2.3 ESPECIFICACIONES DE LOCALIZACIÓN, USUARIOS FINALES, AGENTE PROMOTOR, SERVICIO QUE SE DESEA OFRECER Y DURACIÓN [18]

Para dar solución al problema planteado, con el desarrollo de este proyecto el servicio que se desea ofrecer es el de diseño, desarrollo y fabricación de un sistema de simulación de helicóptero MI-17 que permita el entrenamiento y capacitación para el manejo de este tipo de aeronaves.

Dado que el presente proyecto surgió de una necesidad específica de la División de Aviación Asalto Aéreo del Ejército de Colombia, y por tanto está encaminado a satisfacer los requerimientos propios de esta institución, se plantea que para el desarrollo del mismo, dicha institución actuará como agente promotor, brindando los recursos financieros necesarios.

El personal de la División de Aviación Asalto Aéreo que requiera entrenamiento y capacitación para el manejo del Helicóptero MI-17 será el grupo de usuarios finales, razón por la cual se prevé que el sistema se localizará en un área dentro de las instalaciones de alguna de las Brigadas de esta División que estará destinada específicamente para llevar a cabo el entrenamiento de los pilotos, y que por tanto, proporcione el espacio suficiente y cuente con las características requeridas.

Para una estimación inicial de la duración del proyecto, se dividió en las siguientes etapas:

- Diseño: 3 meses
- Adquisición de equipos: 2 meses
- Implementación: 4 meses
- Integración y pruebas: 2 meses

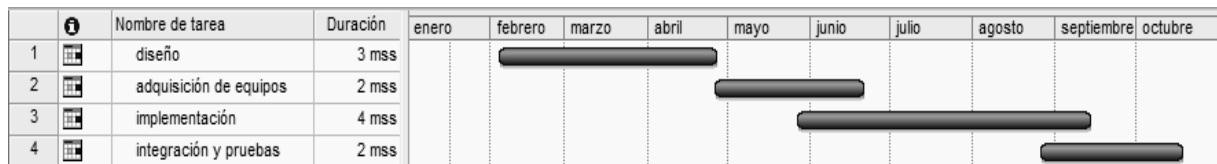


Figura 7. Diagrama de Gantt.
Fuente: Análisis propio

2.4 ASPECTOS DE MERCADO:

Para este proyecto no fue realizado estudio de mercado, ya que no se trata ni de un producto ni de un servicio que se ofrece al público en general, consiste en satisfacer una necesidad específica de una institución como lo es el Ejército Nacional, que en este caso sería el cliente, y por tanto está planteado para cumplir con los requerimientos previamente establecidos por la División de Aviación.

En cuanto a la competencia, que incluye empresas dedicadas a la fabricación de simuladores o a ofrecer servicios de entrenamiento de pilotos así como instituciones que desarrollaron proyectos similares a estos en otros países **(1)(4)(5)**, fue tomada en cuenta para el planteamiento de alternativas de solución al problema la etapa de perfil, sin embargo, se plantearon las razones por las cuales fueron descartadas, que a su vez son las mismas razones por las que el servicio que ofrecerá el presente proyecto supera los de sus competidores. De igual manera, los usuarios finales también fueron determinados previamente en la etapa de perfil.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede concluir que el proyecto es factible desde el punto de vista del mercado.

2.5 ASPECTOS AMBIENTALES:

Por otra parte, se espera que el proyecto no tenga algún impacto notable sobre el medio ambiente, ya que es un sistema que no produce emisiones que contaminen el aire, el agua o el suelo ni tiene contacto directo con especies animales ni vegetales que se puedan ver afectadas. Para su funcionamiento se requiere únicamente el consumo de energía eléctrica y en su mayoría será fabricado con materiales compuestos. Basándose en lo anterior, es posible deducir que aunque hace falta un análisis más detallado al respecto que se hará en la etapa posterior del proyecto, no habrá razones para declararlo como un proyecto no viable desde el enfoque ambiental.

2.6 ESTUDIO TÉCNICO

Para poder analizar las condiciones técnicas que debe tener el sistema de simulación, es necesario conocer las características básicas del sistema real que se pretende simular, en este caso, el helicóptero MI-17.

Está diseñado básicamente como aparato de transporte, construido con un esquema de hélice de timón y dos turbinas que aseguran su operación en bases y estaciones militares situadas hasta una altura de 3.980 metros.

Tiene capacidad para transportar 24 soldados armados y equipados, además de las siguientes características **(6)**:

- Carga interna (Kg.): entre 2.800 y 4.000
- Carga externa (Kg.): entre 3.000 y 5.000
- Velocidad máxima: 250 kilómetros por hora.

Para que con el desarrollo de la alternativa seleccionada se puedan satisfacer las necesidades y cumplir con los requerimientos del Ejército Nacional **[3]** en el proceso de capacitación de sus oficiales es fundamental que cumpla con las siguientes características técnicas:

- Sistema visual del simulador basado en gráficas de 3 dimensiones
- La pantalla del simulador de vuelo esférica, policromática, con 16 millones de colores y 24 escenas por segundo
- El campo visual del simulador debe tener como mínimo 210° horizontal y 60° vertical disponibles para cada piloto. Además, las ventanillas de cabina que representan las reales de la nariz real del helicóptero son requeridas.
- La respuesta visual y de los instrumentos de vuelo en respuesta al movimiento de los controles de manera abrupta por parte del piloto debe ser no mayor a 100 milisegundos
- El sistema visual del simulador de vuelo debe tener resolución mínima 1400x1100 de año de fabricación superior a 2007
- Cambio de la visibilidad local incluyendo: lluvia, humo, niebla, neblina, nieve, polvo, arena
- Cambio del brillo dependiendo en el tiempo meteorológico y condiciones solares/lunares
- Sistema visual realista en la generación de imágenes, terreno y objetos estáticos y en movimiento en las áreas de vuelo y efectos de animación en la cabina del simulador, como mínimo en 5 escenarios diferentes incluyendo: embarcaciones, edificaciones, accidentes

geográficos, masas de agua, aeródromos, plataformas petroleras, fenómenos meteorológicos de tiempo presente

- Sistema visual con generación de escenas de 25-80 Hz
- Escenas visuales que representen las ilusiones visuales que se presentan en realidad generalmente en el aterrizaje tales como: pistas cortas, percepciones de aterrizaje sobre el agua en movimiento, llegadas al final alto y bajo, incremento del terreno en la senda de aproximación, y características únicas topográficas. (3)
- Sistema de grabación digital de las acciones de tripulación en la cabina
- Sistema de reproducción de ruidos reales en amplitud y frecuencia en la cabina del simulador incluyendo: motores (planta principal de potencia), APU (planta auxiliar de potencia), movimiento en la pista de aterrizaje, transmisión, palas del rotor principal, interacción del flujo de viento con la superficie, tormentas, lluvias y precipitaciones, instrumentos y equipos del helicóptero, sonido del parabrisas y otros ruidos significantes perceptibles por la tripulación durante las operaciones normales y el sonido del golpe cuando el simulador sea aterrizado excediendo las limitaciones del tren de aterrizaje. (7)[13]
- Cabina del simulador de vuelo real del helicóptero MI-17 que permita a toda la tripulación interactuar de manera simultánea, los equipos que están dentro de la cabina del simulador de vuelo, sus dimensiones geométricas y disposición del interior de la cabina deben ser idénticos a la cabina de vuelo real del helicóptero MI-17
- Instrumentos de vuelo, equipos, controles de vuelo, etc. 100% reales con lecturas de parámetros de vuelo acordes con la misión ejecutada.
- Fuerzas de retroceso en los controles de vuelo idénticas a las que son experimentadas en la aeronave real.(8)
- Práctica en los simuladores de vuelo de todas las maniobras normales y procedimientos de emergencia descritos en el manual de empleo combativo del helicóptero MI-17
- Simulación de vuelo en diferentes terrenos, condiciones atmosféricas, temperaturas, altitudes, pesos, climas, etc.
- Software del simulador de vuelo del año 2007 en adelante
- Grabación del entrenamiento en el simulador de vuelo en audio y video digital de los errores y/o aciertos de la tripulación para su impresión y utilización en la evaluación.
- Entrenamiento en procedimientos IFR con los sistemas NDB, VOR/DME, ILS, y GNSS durante los despegues, rutas R-NAV y convencionales, patrones de sostenimiento y procedimientos de aproximación de precisión y de no precisión y aproximación frustrada; además de procedimientos SID y STAR. (9)
- Simuladores con la capacidad de efectuar entrenamiento con lentes de visión nocturna (LVN) del tipo ANVIS-6 y/o ANVIS-9. Los lentes de visión nocturna, comprenden tanto el visor como el casco al cual debe ser ensamblado y todos los elementos que aseguren un entrenamiento adecuado, con las debidas condiciones de higiene en la utilización de los elementos.(9)
- Simuladores con capacidad de efectuar vuelos mediante la integración de múltiples aeronaves, que permita el vuelo en formación y por lo tanto el entrenamiento de unidad.
- Capacidad de efectuar vuelos con equipo especial y con armamento.
- Los simuladores con mecanismos que permitan percibir a la tripulación los diferentes eventos durante vuelo traslacional etc. (8)(10)
- Los simuladores deben permitir la navegación por medio del sistema de posicionamiento global GPS
- Estación de monitoreo del instructor equipado con monitores y sistemas digitales que permiten la visualización y audición de: condiciones de visibilidad, indicadores de los instrumentos, mapa electrónico de área de entrenamiento de vuelo, desarrollo de la misión de vuelo planeada, acciones de la tripulación de la cabina, sonido ambiental de la aeronave.
- Reproducción de la información de voz del sistema avisador de fallas reproducción de las demás señales generadas por los equipos del helicóptero y transmitidas a los auriculares de los tripulantes.

El cumplimiento de las anteriores especificaciones garantiza desde el punto de vista técnico la viabilidad de la alternativa de solución escogida para el problema planteado y reviste gran

importancia en la medida en que su incumplimiento implica que el proyecto se vuelva inviable. De acuerdo a la forma en la que se plantea el presente proyecto, se estaría en capacidad de adquirir los diferentes sistemas y dispositivos necesarios y el personal involucrado estaría capacitado para su correcta instalación, integración y manipulación.

2.6 FACTIBILIDAD LEGAL

El Ejército de Colombia, por su naturaleza de institución pública, está regido por la Ley 1150 de 2007 para la celebración de contratos. En los contratos que se han ejecutado hasta ahora referentes a la Adquisición de Servicios de Capacitación, Curso de Repaso y Actualización en Sistemas Simulados de Entrenamiento de Vuelo (SSEV) – Simulador de Vuelo MI-17 para el Batallón de Aviación No. 3 [3] se han hecho mediante la modalidad de contratación directa para la adquisición de bienes y servicios del sector Defensa que necesitan reserva para su adquisición, descrita como excepción en el numeral 1º del artículo 2º de la Ley 1150 de 2007.

Sin embargo, para el desarrollo de la alternativa propuesta, no será necesario un contrato como los que se han celebrado anteriormente, ya que se trata de un proyecto ejecutado en conjunto por el Ejército y alguna (s) institución (es) universitarias del país y no por una empresa privada como se venía haciendo. Considerando que no es la primera vez que las F.F.M.M. llevan a cabo un proyecto de este tipo, como ya había sido mencionado anteriormente, se concluye que no existe un impedimento legal para su desarrollo, y que el Ejército cuenta con la capacidad necesaria y suficiente para hacerlo.

Por otra parte, y con el fin de que el proyecto pueda satisfacer las necesidades de la Brigada de Aviación del Ejército, se considera necesario tener en cuenta las normas listadas a continuación en el momento de la ejecución del mismo:

- Reglamento EJC 3-176 “Reglas de Vuelo para el Ejército”. 05 Diciembre 2007.
- Manual EJC 4-33 “Entrenamiento de Tripulación Helicóptero Multipropósito MI-17”. 16 Julio 2007.
- Manual EJC 4-34 “Listas de chequeo Helicóptero Multipropósito MI-17”. 16 Julio 2007.
- Directiva Permanente No. 000164 de 1997. Reglamentación Arma Aviación Ejército.
- Directiva Permanente No. 000244 de 2002. Reglas de Vuelo para el Ejército.
- Directiva Permanente No. 300-5 de 2002. Normas sobre doctrina y educación para la formación, capacitación, especialización, instrucción y entrenamiento para el personal de Oficiales, Suboficiales y Soldados.
- Directiva Permanente No. 0011 de 2005. Normas y requisitos de vuelo para Oficiales, Suboficiales y Civiles de la Aviación del Ejército.
- Directiva Permanente No. 300-6 de 2007. Normas sobre doctrina y educación para la formación, capacitación, especialización, instrucción y entrenamiento para el personal de Oficiales, Suboficiales y Soldados.
- Directiva Permanente No. 0030 de 2004. Normas sobre educación, doctrina, formación, capacitación, especialización, entrenamiento, rentrenamiento e instrucción para el personal de Oficiales, Suboficiales, Soldados y Civiles de la Aviación del Ejército Nacional.
- Directiva Permanente No. 0032 de 2004. Programa de Entrenamiento de Tripulaciones de la Aviación del Ejército (PET).
- Sumario Órdenes Permanentes (SOP) Helicóptero Multipropósito MI-17. Tercera revisión. 2008.
- Apreciación de Instrucción y entrenamiento Batallón de Aviación No. 3 (MI-17) año 2009.

2.7 FACTIBILIDAD DE GESTIÓN

Para llevar a cabo el presente proyecto, se contará con profesionales de diversas áreas vinculados al Ejército de Colombia o a la (s) institución (es) universitaria (s) que se involucren en su desarrollo, dentro de los cuales se incluyen ingenieros mecánicos, electrónicos, aeronáuticos, mecatrónicos, de sistemas, en telecomunicaciones, entre otros. De esta manera, se contará con un equipo

humano interdisciplinario capacitado para ejecutar las diferentes fases del proyecto que permitirán contar con el sistema de simulación esperado (diseño, adquisición de equipos, implementación, integración y pruebas).

De igual forma, se formará un equipo encargado del entrenamiento a los pilotos, con profesionales igualmente vinculados a la Brigada de Aviación de Ejército, cuya formación les permita estar en capacidad de darle el mejor manejo posible al simulador e impartir la capacitación solicitada. Por tratarse de miembros de dicha institución, se puede garantizar que se cumpla con los requisitos de capacitación establecidos en el Manual EJC 4-33 y que se garantice la continuidad de los lineamientos y directrices técnicas operacionales / tácticas empleadas por la Aviación del Ejército en referencia con los helicópteros MI-17, así como las políticas de entrenamiento del Departamento de Defensa y Estado de los Estados Unidos y la agencia NAS por ser este estándar empleado durante los últimos años con excelentes resultados.

Adicionalmente, se formará un equipo encargado de administrar y gerenciar todos los recursos asociados al proyecto.

Por otra parte, la existencia de usuarios finales dispuestos a emplear el servicio generado por el proyecto está garantizada, en la medida en que éste surgió precisamente por la necesidad de capacitación y actualización de los pilotos de la División de Aviación del Ejército que manejan los helicópteros MI-17.

A partir de lo anterior, es posible concluir que el proyecto resulta viable desde este enfoque y permite cumplir con las exigencias más importantes que hace el Ejército en el momento de adquirir los servicios de entrenamiento [3]:

- Continuidad y estandarización en los programas de instrucción y entrenamiento, con el objeto de formar una línea técnica y profesional definida basada en los principios establecidos por el Comando General de las Fuerzas Militares a través de la Escuela Conjunta de la Fuerza Pública, el Ejército Nacional, Aviación del Ejército de Colombia, el Departamento de Defensa y Estado de los Estados Unidos, la casa fabricante de las aeronaves y la autoridad aeronáutica del país de origen del centro de instrucción.
- Seguridad, legitimidad y trazabilidad en la capacitación y procedimientos de mantenimiento estandarizados que garantice la seguridad aérea y terrestre de manera permanente durante la instrucción de vuelo.
- Conocimiento detallado de la documentación técnica estandarizada, sus cambios y modificaciones aprobados por la casa fabricante de los helicópteros.
- Legitimidad a través del cumplimiento de la doctrina de aviación establecida y estandarizada para la Aviación del Ejército de Colombia.

2.8 EVALUACIÓN FINANCIERA

Para el caso de este proyecto, no se calcularon indicadores como Tasa Interna de Retorno o Valor Presente Neto, ya que no se trata de una inversión que genere ingresos a corto, mediano o largo plazo. La razón para invertir en el diseño e implementación de un simulador para el helicóptero MI-17 es satisfacer la necesidad de capacitación para el personal de la División de Aviación, no vender el sistema a terceros ni ofrecer un servicio en el mercado, por lo cual no se tendrá un retorno financiero a los inversionistas producto de los ingresos atribuibles al proyecto.

Por lo anterior, en esta etapa sólo se elaboró un flujo de costos del proyecto, incluyendo los de inversión, operación y mantenimiento, basados en precios encontrados en el mercado⁽²⁾. En una etapa posterior, se requiere tener un análisis de costos detallado, para lo cual se hace necesario tener un diseño inicial con el fin de determinar los equipos y dispositivos que se deben adquirir para poder conocer su costo.

2 Cotizaciones obtenidas vía e-mail a diferentes empresas privadas fabricantes de simuladores

Tabla 2. Flujo de costos.

		2013	2014	2015	2016	2017
INVERSION	DISEÑO	300				
	ADQUISICIÓN DE EQUIPOS	1.000				
	IMPLEMENTACIÓN	600				
	INTEGRACIÓN Y PRUEBAS	350				
COSTOS OPERACIÓN – MANTENIMIENTO	Operación y Mantenimiento		50	51	52	53
FLUJO DE COSTOS DEL PROGRAMA		1.950	50	51	52	53
VALOR PRESENTE DE COSTOS (VPC)		2.128				
COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE)		433	\$ 433	\$ 433	\$ 433	\$ 433

Fuente: Análisis propio. 2012

Teniendo en cuenta que la etapa de inversión genera la mayor parte de los costos y que ésta se da en el año 2013, se realizó la siguiente gráfica, donde se puede observar la composición de los costos en esta etapa.



Figura 8. Composición de costos de Inversión.

Fuente: Análisis propio

Para invertir en el desarrollo del presente proyecto no es necesario acudir a créditos de financiamiento, ya que el capital en efectivo que se requiere sería aportado por el Ejército de Colombia, teniendo en cuenta que el presente proyecto resolvería un problema específico de la División de Aviación y que dicha institución cuenta con la capacidad para financiarlo.

Teniendo en cuenta que el presupuesto Oficial asignado para la adquisición de servicios de capacitación para el Batallón de Aviación No.3 del Ejército de Colombia, es de \$2.980.000.000 para el año 2013 [3] se puede considerar que los recursos financieros no son un impedimento para desarrollar el proyecto, ya que la institución cuenta con un capital importante el cual puede destinar para apoyar la propuesta planteada. De esta manera, se considera que el proyecto es viable desde el punto de vista financiero a pesar de no representar ingresos para los inversionistas, ya que no se trata de una empresa privada ni de un proyecto con fines lucrativos.

2.9 EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica del proyecto se realizó teniendo en cuenta que a pesar de no representar ingresos, el proyecto tiene un impacto positivo para el Ejército, como lo es el ahorro en los costos por la adquisición de los servicios de capacitación. La valoración de este impacto se determinó comparando el escenario sin proyecto con el escenario con proyecto, para los cuales se planteó un horizonte de 5 años.

ESCENARIO SIN PROYECTO (S.P):

Si el proyecto no se ejecuta, la necesidad de capacitar a los pilotos de la División de Aviación Asalto Aéreo seguirá existiendo y por lo tanto, se deberá continuar contratando los servicios ofrecidos por una entidad privada como se ha venido haciendo hasta ahora **[3]**, según los antecedentes analizados. A partir de esta situación, se construyó el escenario sin proyecto.

Tabla 3. Escenario sin proyecto

SITUACION SIN PROYECTO						
	2013	2014	2015	2016	2017	
Pago a empresas privadas	8.200	8.610	9.041	9.493	9.967	

Fuente: Análisis propio

ESCENARIO CON PROYECTO (C.P):

Con la ejecución del proyecto, la contratación con empresas privadas para adquirir el servicio de capacitación no será necesaria, ya que los pilotos podrán recibir los entrenamientos y certificaciones en las instalaciones de la División haciendo uso del simulador desarrollado.

Tabla 4. Escenario con proyecto

SITUACION CON PROYECTO						
	2013	2014	2015	2016	2017	
Pago a empresas privadas	8.200	0	0	0	0	

Fuente: Análisis propio

Después de tener los dos escenarios, se procedió a realizar una comparación entre ambos con el fin de cuantificar el impacto (C.P-S.P). Por ser costos, deben tener signo negativo, resultando:

Tabla 5. Cuantificación del impacto

CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO						
IMPACTO	2013	2014	2015	2016	2017	
Pago a empresas privadas	0	8.610	9.041	9.493	9.967	

Fuente: Análisis propio. 2012

No es necesario hacer una valoración del impacto debido a que en la cuantificación ya se tienen las cifras en valor monetario.

Tabla 6. Valoración económica de costos

VALORACIÓN ECONÓMICA (PRECIOS ECONÓMICOS) DE LOS COSTOS DEL PROYECTO						
INVERSION	PRECIO DE MERCADO	RPC			PRECIO ECONOMICO	
DISEÑO	\$ 300		1		\$ 300	
ADQUISICIÓN DE EQUIPOS	\$ 1.000		1,18		\$ 1.180	
IMPLEMENTACIÓN	\$ 600		1		\$ 600	
INTEGRACIÓN Y PRUEBAS	\$ 350		0,8		\$ 280	
OPERACIÓN	2013	2014	2015	2016	2017	
Costos de Operación y Mantenimiento Precios Mercado	0	50	51	52	53	
RPC	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
Costo de Operación Mantenimiento Precios Económicos	\$ 0	\$ 40	\$ 41	\$ 42	\$ 42	

Fuente: Análisis propio. 2012

Posteriormente, se registran los impactos en un flujo de caja, año por año y se establece la diferencia entre beneficios y costos para obtener un flujo neto económico, como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 7. Flujo de caja económico.

FLUJO DE CAJA A PRECIOS ECONOMICOS Y CONSTANTES					
	2013	2014	2015	2016	2017
BENEFICIOS ECONOMICOS	\$ 0,00	\$ 8.610,00	\$ 9.040,50	\$ 9.492,53	\$ 9.967,15
AHORRO EN COSTOS POR MENOR PAGO A EMPRESAS PRIVADAS	0	8.610	9.041	9.493	9.967
COSTOS ECONOMICOS	\$ 2.360	\$ 40	\$ 41	\$ 42	\$ 42
1. Inversión	\$ 2.360				
DISEÑO	\$ 300				
ADQUISICIÓN DE EQUIPOS	\$ 1.180				
IMPLEMENTACIÓN	\$ 600				
INTEGRACIÓN Y PRUEBAS	\$ 280				
2. Costos Operación y Mantenimiento		\$ 40	\$ 41	\$ 42	\$ 42
FLUJO NETO ECONOMICO	-\$ 2.360	\$ 8.570	\$ 9.000	\$ 9.451	\$ 9.925
VALOR PRESENTE NETO ECONOMICO (TSD 12%)	\$ 25.528				

Fuente: Análisis propio. 2012

El flujo neto económico de cada año se representa en la siguiente gráfica:

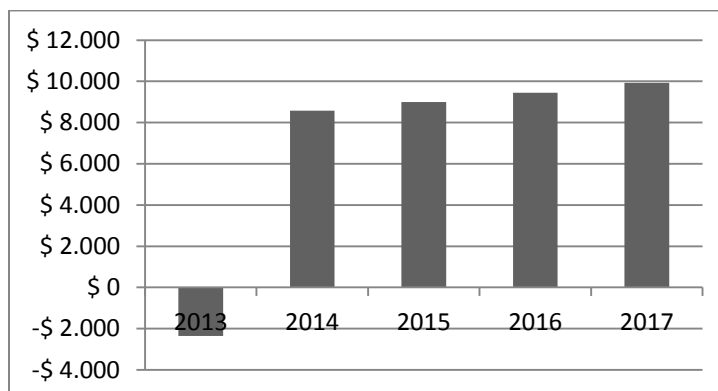


Figura 9. Flujo neto económico.

Fuente: Análisis propio

A partir de la gráfica anterior, podemos deducir que los costos económicos están mayormente representados en el primer año, esto debido a la inversión que demanda inicialmente la ejecución del proyecto, ya que a partir del segundo año disminuyen considerablemente, esto se debe a que están representados por costos de mantenimiento y operación, que no tan representativos como los de inversión. Por el contrario, en el año 2013 no hay beneficio económico, ya que es el período durante el cual se lleva a cabo la construcción del sistema de simulación y por tanto es necesario contratar los servicios de capacitación y entrenamiento para los pilotos como se ha venido haciendo, de otra parte, se observa un crecimiento proporcional de los beneficios económicos desde el año 2013 hasta el 2017 representado por el ahorro en el pago a empresas privadas por el servicio y que es muy superior a los costos generados en esos mismos años.

Al flujo económico obtenido se le aplicó el indicador Valor Presente Neto (VPN), en el cual se utilizó una Tasa Social de Descuento (TSD) del 12%. El resultado obtenido fue un VPNe =

\$25.528.000.000 que confirma que el beneficio económico obtenido por el proyecto es superior a los costos, por lo cual se concluye que su ejecución es factible desde este enfoque.

2.10 EVALUACIÓN SOCIAL

A pesar de que cuando se trata de recursos públicos la evaluación social es de suma importancia, para el caso específico de este proyecto no se llevó a cabo. Esto, debido a que no existen impactos (ni beneficios ni costos) de tipo social que afecten directamente el bienestar de la sociedad en su conjunto. La ejecución del proyecto propuesto no implica intervención alguna de ningún grupo social, ya que los encargados de su desarrollo serán miembros del Ejército y grupos de investigación de universidades, sobre los cuales no habrá impacto significativo debido a que seguirían cumpliendo sus labores como lo harían normalmente. De igual forma, la puesta en marcha del proyecto no significará un gran cambio para los pilotos de la División de Aviación como usuarios finales, ya que de una u otra forma, ellos recibirán la capacitación que requieren para desempeñar de la mejor forma sus funciones.

Ningún miembro de la comunidad tendrá contacto con el proyecto, no intervendrá en su desarrollo, no podrá hacer uso del servicio y tampoco verá un cambio en su bienestar que sea consecuencia directa del proyecto, por lo tanto no habrá ni beneficio ni perjuicio alguno.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en el análisis de preinversión para el proyecto un simulador de vuelo para el helicóptero MI-17 del Ejército de Colombia permite concluir que es viable su ejecución, ya que a pesar de que no tiene un retorno a la inversión financiera y tampoco tiene beneficios de tipo social para el país a pesar de que utiliza los recursos del Estado, sí ofrece un beneficio económico importante debido al ahorro en los gastos que tiene la División de Aviación Asalto Aéreo por capacitación y entrenamiento de pilotos y no tiene impactos negativos para la sociedad o el ambiente.

La forma en que está propuesto el proyecto lo convierte en la mejor opción frente a otras alternativas de solución al problema planteado teniendo en cuenta que el hecho de que el Ejército cuente con su propio simulador de vuelos para helicópteros MI-17 reduce los costos de la capacitación dado que los gastos por concepto de traslados al lugar de la capacitación, el hospedaje, la alimentación y demás servicios que requieren los pilotos al encontrarse fuera del país. Adicionalmente, requiere una menor inversión frente a la alternativa de comprar el sistema a una empresa privada, ya que aunque los requerimientos técnicos en cuanto a equipos son bastante específicos y serían iguales en ambos casos, la diferencia la hace la mano de obra, cuyos costos son incluidos en el precio que habría que pagar a la empresa que lo fabrique, mientras que en el proyecto propuesto, los costos de mano de obra se reducen teniendo en cuenta que el personal hace parte de los grupos de investigación de la institución universitaria asociada o del mismo Ejército.

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible decir que la realización del presente estudio de preinversión permitió entre otras cosas comprobar que cada proyecto tiene aspectos que lo hacen único y diferente de todos los demás, por lo cual no se puede generalizar diciendo que un proyecto que no tenga rentabilidad financiera debe ser descartado, o que si involucra recursos del Estado no es viable si no beneficia a algún grupo de la población desde el punto de vista social. Es necesario tener en cuenta todos los aspectos y las condiciones propias en las que cada uno se desarrolla, ya que aunque comúnmente se preste mayor atención a las evaluaciones financiera y económica-social, los demás estudios, como el de viabilidad legal, ambiental, de gestión, etc. son también de gran importancia, ya que de nada sirve tener un proyecto viable y rentable financiera, económica y socialmente si no es viable desde alguno de los otros enfoques, por ejemplo, si existe una ley que impide su ejecución.

Cumpliendo con los requerimientos técnicos especificados, además de satisfacer una necesidad existente, se estará creando un sistema que a largo plazo representaría un gran avance en el tema del desarrollo tecnológico en Colombia. Así mismo, luego de haber finalizado el proyecto de manera exitosa, se deja abierta la posibilidad de iniciar un nuevo proyecto con el fin de ofrecer el servicio de capacitación con sistema de simulación de helicóptero MI-17 a las Fuerzas Armadas de otros países, brindando la seguridad de que sus pilotos recibirán un entrenamiento que cumple con altos estándares de calidad, lo cual además de darle reconocimiento al país puede significarle un ingreso adicional.

Se recomienda continuar con la siguiente etapa del ciclo de vida del proyecto para lograr su posterior ejecución, además de profundizar, con la ayuda de especialistas, aspectos como el estudio ambiental y el análisis de costos con el fin de tener resultados más detallados y cifras más exactas. De igual forma, es importante presentar la propuesta a los miembros de la División de Aviación Asalto Aéreo del Ejército Nacional y los resultados del estudio de preinversión, ya que como agente promotor su opinión es parte fundamental del proyecto.

Por otra parte, se recomienda dar bastante importancia a la conformación de los grupos de profesionales encargados del diseño y construcción del sistema de simulación, ya que el entendimiento entre los especialistas de las diferentes áreas es esencial para culminarlo exitosamente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Manual de Vuelo Helicoptero MI - 17, (1994), "Planta de Helicopteros KAZAN". Pages 01 – 21
- [2] (ICAO) International Civil Aviation Organization, (1994), 'Manual of Criteria for the Qualification of Flight Simulation as amended. Pages 10 – 25
- [3] Ejército Nacional de Colombia. Documentos de uso privativo de las Fuerzas Militares de carácter Reservado.
- [4] García Mendoza A., (2005). Evaluación de Proyectos de Inversión. México. Mc Graw Hill Interamericana Editores, 17-63 p.
- [5] Miranda Miranda J., (2006). Gestión de Proyectos. Bogotá. Editora Guadalupe, 5-28 p.
- [6] Córdoba Padilla M., (2006). Formulación y Evaluación de Proyectos. Bogotá. ECOE Ediciones, 28 p.
- [7] C. Poullis and S. You, 'Automatic creation of massive virtual cities,' in Proc. IEEE Virtual Reality Conf. VR 2009, 2009, pp. 199_202.
- [8] Rodríguez Castro, F.A. y Segura Folleco, I.J.; Diseño E Implementación De Un Prototipo De Sistema Haptico Con Realimentación De Fuerza Utilizando Realidad Virtual Para Simular El Disparo De Artillería En Tierra; Bogotá, 2011,21p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecatrónico), Universidad Militar Nueva Granada; Facultad de Ingeniería.
- [9] (OASI) Organización de Aviación Civil Internacional, A. G. (1994), 'Manual of Criteria for the Qualification of Flight Simulation Training Devices. Pages 10 – 25
- [10] N. Durlach and A. Mavor. Virtual reality research and development. In Virtual Reality: Scientific and Technological Challenges, 1995.
- [11] K. S. Nisum, T. H. Larsen, O. Madsen, and H. Nielsen. Virtual 3d environment for planning robotic paint routes. In Proc. IEEE IntRobotics and AutomationConf, pages 4776_4781, 2007.
- [12] ISMAEL O.M ELLIS R.E. Design and evaluation of a high performance haptic interface. 4:321–327, 1996.
- [13] Domingo Ajenjo A., (2005). Dirección y Gestión de Proyectos. México D.F. Editora Alfaomega Grupo Editor, 71-132 p.
- [14] Etienne T., (2004). Financiamiento y Administración de Proyectos de Desarrollo. Bogotá. Alfaomega Colombiana, 19-25 p.
- [15] Arboleda Vélez G., (2003). Proyectos Formulación Evaluación y control. Cali. Ac Editores, 23-38 p.

[16] ORDOÑEZ M, S. (2008) Simulador inmersivo de ataque con arma de fuego unipersonal en un ambiente fluvial. Revista Sistemas (ISSN 0120-5919) 107(-), pp. 14-23

[17] PEREZ G, B., URIBE Q, A., GOMEZ R, W., LLANO, E. "Design and Construction of a T-37 Flight Simulator Platform" En: Colombia. 2007. Evento: 23rd ISPE International Conference on CAD/CAM, ROBOTICS & Factories of the Future, CARS & FOF 07 Ponencia: Libro:Proceedings Of The 23rd Ispe International Conference On Cad/Cam, Robotics & Factories Of The Future - Cars & Fof07, Universidad Militar Nueva Granada,p.112 - 118 , v. <, fasc.

[18] Lester A., (2007). Project Management Planning And Control. Oxford. Elsevier Ltd, 20-26 p.

[19] Ferreira, A. G. (1999), 'Uma arquitetura para visualização distribuída de ambientes virtuais', Dissertação de mestrado- PUCRio - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

WEBGRAFÍAS

- (1) http://www.ejercito.mil.pe/index.php?view=article&catid=192%3Acicte&id=1135%3Asimulador-de-vuelo-de-helicoptero-mi-17&option=com_content&Itemid=453
- (2) Ejército Nacional de Colombia. Helicópteros MI-17 reforzaran flotilla de la Brigada de Aviación del Ejército para adelantar operaciones militares [en línea]. Disponible en internet: <<http://www.ejercito.mil.co/?idcategoria=216592>>
- (3) Division Reality (2003), 'Parametric Technology Corporation - Division Reality', World Wide Web, <http://www.ptc.com>. Acessado em: dez 2005.
- (4) Kirvit Simuladores Aviación Conducción Bogotá, Colombia. Página consultada el 13 de agosto de 2012. En: <http://www.kirvit.com/simuladores-vuelo-maquinas>
- (5) Revista Actualidad Militar. Simulador de Vuelo de Helicóptero MI-17 de la Aviación del Ejército del Perú. Editado por Maquina de Combate. [en línea]. Disponible en internet: <http://maquina-de-combate.com/blog/archives/2108>
- (6) Ventajas y desventajas del MI-17. Publicación el tiempo.com. Sección Otros. Página consultada el 27 de julio de 2012. En: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-545819>
- (7) <http://www3.ntu.edu.sg/mae/Research/Programmes/IMR/>
- (8) <http://www.car-d.fr/images/hommages/hexapode.JPG>
- (9) <http://www.youtube.com/watch?v=bchaldEvpRc>
- (10) http://www.kuka-robotics.com/NR/rdonlyres/0407A548-D100-4A34-834A-2044FE5B5A15/0/PR_KUKA_Industrial_Robot_KR60_KS_F_01.jpg