



XVIII Congresso Internacional de Custos
XXX Congresso Brasileiro de Custos

15 a 17 de novembro de 2023
Natal / RN / Brasil



LOS PROYECTOS INFORMÁTICOS Y SUS COSTOS. UNA PROPUESTA DESDE LA TEORÍA GENERAL DE LOS COSTOS

Martine Joséé Pozo (IAPUCO) - martinejoseepozo@gmail.com

Resumo:

El presente trabajo pretende contribuir con un análisis de los distintos modos de determinación de los costos de proyectos informáticos a partir del enfoque de la ingeniería del software y la perspectiva económica propuesta por la Teoría General de los Costos.

Se trata de una investigación cuantitativa descriptiva, basada en una revisión de la literatura de fuentes primarias.

Esta investigación permitió conocer distintas formas de determinación de costos desde los enfoques ingenieril y económico además de resaltar las características genéricas de los proyectos y en particular de los proyectos informáticos.

Finalmente se propone la aplicación de determinación de costos a un caso a través de la aplicación de técnicas de costeo en el marco del enfoque económico.

A partir de éste estudio, cabe recomendar la difusión del enfoque de los costos desde la perspectiva económica, destacando la utilidad brindada para la determinación de resultados, el planeamiento y el control administrativo de las operaciones y la toma de decisiones de los órganos de conducción constituyendo en una fuente de información de suma importancia para el control de gestión.

Palavras-chave: *Proyectos informáticos. Ingeniería del software. Costos.*

Área temática: *Contribuições teóricas para a determinação e a gestão de custos*

Los proyectos informáticos y sus costos. Una propuesta desde la teoría general de los costos

RESUMEN

El presente trabajo pretende contribuir con un análisis de los distintos modos de determinación de los costos de proyectos informáticos a partir del enfoque de la ingeniería del software y la perspectiva económica propuesta por la Teoría General de los Costos.

Se trata de una investigación cuantitativa descriptiva, basada en una revisión de la literatura de fuentes primarias.

Esta investigación permitió conocer distintas formas de determinación de costos desde los enfoques ingenieril y económico además de resaltar las características genéricas de los proyectos y en particular de los proyectos informáticos.

Finalmente se propone la aplicación de determinación de costos a un caso a través de la aplicación de técnicas de costeo en el marco del enfoque económico.

A partir de éste estudio, cabe recomendar la difusión del enfoque de los costos desde la perspectiva económica, destacando la utilidad brindada para la determinación de resultados, el planeamiento y el control administrativo de las operaciones y la toma de decisiones de los órganos de conducción constituyendo en una fuente de información de suma importancia para el control de gestión.

Palabras clave: Proyectos informáticos. Ingeniería del software. Costos.

Área temática: Aportes teóricos para la determinación y gestión de costos.

1. INTRODUCCIÓN

Un proyecto puede ser definido como la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver, entre muchas, una necesidad humana. En tanto que un proyecto de inversión se puede describir como un plan, que, si se le asigna determinado monto de capital y se le proporcionan insumos de varios tipos, podrá producir un bien o servicio, útil al ser humano o a la sociedad en general (Semyraz, D. 2006 p. 16).

Mientras que, un proyecto informático, se puede decir que es un sistema de cursos de acción simultáneos y/o secuenciales que incluye personas, equipamiento de hardware, software y comunicaciones, enfocados en obtener uno o más resultados deseables sobre un sistema de información (Delgado, H. 2022).

Para poder realizar una introducción sobre las nociones básicas de costos, desde una perspectiva económica, resulta necesario reconocer a las empresas como “unidades de producción” que combinan recursos con el objetivo de obtener determinados bienes o servicios a partir de un efecto sinérgico, logrando que los productos posean una utilidad superior a los que poseían los factores empleados.

Los recursos pueden ser de distinta naturaleza, tales como:

- Bienes y servicios intermedios, son productos elaborados por otras unidades productivas supeditadas a nuevas transformaciones para convertirse en productos finales.

- Bienes de capital, son productos también elaborados por otras unidades productivas para aumentar la eficiencia productiva, si bien no están sujetos a modificaciones posteriores.
- Recursos humanos, son los servicios brindados por las personas que integran la empresa, tanto para la producción como la gestión.
- Capital financiero, se refiere a todo el dinero afectado para los procesos de producción.

El proceso de producción, considerado como la función de producción desarrollada por toda empresa, es un sistema de acciones dinámicamente interrelacionadas orientadas a la transformación de ciertos elementos “entradas” denominados factores, en ciertos elementos “salidas” denominados productos, con el objetivo primario de incrementar su utilidad, es decir la capacidad para satisfacer necesidades según Podmoguilnye, M. (2017a p. 14-15) y se ilustra en la figura N° 1.

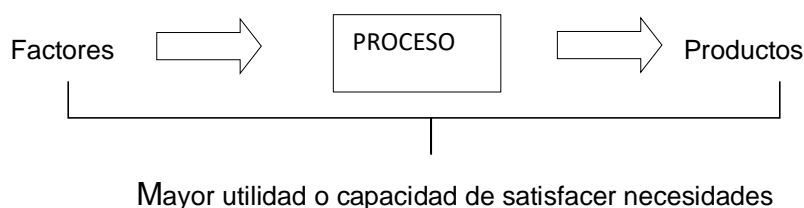


Figura N° 1. El proceso de producción

Fuente: adaptación (Podmoguilnye, M. 2017b p. 15)

La teoría económica del costo estudia la problemática de las relaciones entre los resultados de los procesos de producción o transformación, cualquiera sea la naturaleza de éstos y los factores necesarios para su obtención.

Una primera definición genérica del concepto costo podría ser: “Costo es un vínculo coherente entre los objetivos de un proceso de producción y los factores considerados de consumo necesario para su desarrollo” según Cartier, E. (2017 p. 46).

A partir de éste concepto corresponden algunas apreciaciones tales como:

- Los factores, las acciones y los productos son determinantes de los costos.
- La relación racional coherente entre los factores necesarios y los objetivos productivos.
- La necesidad o necesariedad del consumo el factor hace referencia de los aspectos cuantitativos y cualitativos.

La definición de costos interesa a múltiples disciplinas como la economía, el derecho, la ingeniería y la contabilidad, por lo tanto, no debe sorprendernos que existan diversas versiones del concepto costos o su sinónimo costes, además de la noción intuitiva utilizada continuamente en la vida ordinaria.

Existen variados conceptos del costo para diferentes propósitos, explicitados en las disciplinas que deben elaborar conceptualizaciones más refinadas para enfrentarse a la solución de problemas económicos; ni debe darse importancia a que para el hombre ordinario y para muchos empresarios pequeños, el costo sea un concepto simple, consistente en el precio que se paga por los servicios o mercancías que compran. Tampoco, por otra parte, deben utilizarse refinamientos conceptuales donde no sea necesario ni fuera de su contexto adecuado Mallo, C., Kaplan, S. y Giménez, C.(2000a p. 33).

El concepto de costo es un concepto relativo, necesariamente condicionado por el propósito del análisis para el cual será utilizado. La premisa es “Diferentes costos para diferentes finalidades”.

Es así que se puede afirmar que en los proyectos en general y específicamente en los proyectos informáticos, resulta necesario el sacrificio de determinados factores para alcanzar ciertos resultados u objetivos, a través de acciones específicas tendientes a satisfacer necesidades y que pueden medirse y valuarse de distinta manera según el objetivo perseguido.

El trabajo planteado tiene como objetivo principal conocer distintas propuestas de determinación de costos desde el enfoque de la ingeniería del software y la perspectiva económica.

En tanto que a través de los objetivos específicos busca identificar las características más importantes de los proyectos en general y las específicas de los proyectos informáticos, además de tratar las nociones básicas de la teoría general de los costos, modelos y técnicas para finalmente proponer la determinación de los costos en el caso de un proyecto informático utilizando técnicas de costeo en el marco del enfoque económico.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La ingeniería del software

El origen de la ciencia conocida como “Ingeniería del software” suele fijarse a finales de la década de los años 60, cuando, después de más de veinte años de desarrollo “artesanal” del software, la Comisión de Ciencias de la OTAN, en otoño de 1968, convoca a un grupo de medio centenar de expertos con la intención de trazar las líneas maestras para salir de la denominada “crisis de la programación” o “crisis del software”. El arte de la programación se encontraba, entonces, en una situación en la que los fracasos operativos cada día eran más frecuentes. Los expertos concentrados por la OTAN no lograron definir un camino capaz de guiar la nave a buen puerto, aunque acuñaron un término para esa lejana meta: “La ingeniería del Software” (Gutiérrez de Mesa, J. & Pagés Arévalo, C. 2008a p. 10).

Una de las primeras definiciones de ingeniería del software se debe a Fritz Bauer, como “el establecimiento y uso de los principios de ingeniería robustos, orientados a obtener software económico que sea fiable y funcione de manera eficiente sobre máquinas reales”. Algunas definiciones posteriores, como la de Boehm, la entienden como “la aplicación práctica del conocimiento científico en el diseño y la construcción de programas de computadora y la documentación asociada requerida para desarrollarlos y mantenerlos”. Posteriormente, Zelkovitz, Shaw y Gannon (1978) consideraron que la Ingeniería de Software es “el estudio de los principios y metodologías para el desarrollo y mantenimiento de sistemas de software”. Finalmente en 1993 IEEE Computer Society la define como “la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento del software” (Gutiérrez de Mesa, J. et al. 2008b p. 10).

Es decir, que la incumbencia de la ingeniería del software, es buscar resolver los inconvenientes planteados en las organizaciones dedicadas a la producción industrializada del software, centrados fundamentalmente en el “el triángulo de hierro de la gestión de proyectos informáticos” explicados en la figura N° 1, orientado a la mejora de la calidad total. Lo cual plantea el desafío de realizar actividades de gestión con un enfoque sistemático que integren la planificación, el seguimiento y control de

los procesos y recursos, tanto humanos como materiales necesarios en el desarrollo de un proyecto de software para obtener un resultado de manera eficiente.

La gestión de proyectos es una rama especializada en el campo de la gestión, cuya evolución ha servido para controlar y coordinar algunas de las complejas actividades de la industria moderna, obligada a adaptarse a las necesidades cambiantes, entre las cuales se encuentran los proyectos informáticos.

2.2. Proyectos informáticos

Se tratará en primer término a los proyectos en general, para luego pasar a conocer las particularidades de los proyectos informáticos. Es así que, de manera genérica, se puede considerar a un proyecto como un conjunto o secuencia de actividades que se desarrollan durante un tiempo con un equipo de personas para obtener un resultado (Rodríguez, J. 2007a p. 15).

A continuación, en la tabla N° 1 se señalan las características más significativas de los proyectos en general:

Características de los proyectos	
Es un proceso	Es un conjunto de actividades interrelacionadas que transforman recursos (inputs) en resultados (outputs) con valor (cliente interno o externo).
Tiene un objetivo	Es un resultado que puede surgir de la transformación de algo existente.
Tiene una duración	La temporalidad es una característica diferencial, es decir que tiene un inicio y un final.
Es único y diferente	Cada proyecto es único e irrepetible a diferencia de la mayoría de los procesos industriales.
Es multidisciplinario	Involucra recursos y habilidades de diferentes partes de una o varias organizaciones.
Sus recursos son limitados	Generando costos de distinta naturaleza.

Tabla N° 1. Características de los proyectos

Fuente: adaptación (Rodríguez, J. 2007b p. 15)

En cuanto a los proyectos informáticos en particular, además de las características señaladas para los proyectos en general cuentan con aspectos singulares señalados a continuación en la tabla N° 2:

Características específicas de los proyectos informáticos	
Son más o menos replicables	Muchos productos son estándar para resolver determinada clase de problemas.
Los especialistas son informáticos	Los profesionales comparten conocimientos, lenguaje y métodos que en otras prácticas profesionales.
Sujetos a rápidos cambios	El cambio tecnológico es más rápido que en otros entornos.

Tabla N° 2. Características propias de los proyectos informáticos

Fuente: adaptación (Rodríguez, J. 2007c p. 15)

Luego de éstas consideraciones, se puede decir que: “un proyecto informático es una secuencia de actividades que se desarrollan durante un tiempo predeterminado y con unos recursos limitados, un equipo de personas, informáticos o no informáticos, para obtener unos resultados sobre la organización y los procesos de trabajo. Una parte sustancial de estas actividades requieren conocimientos y habilidades en las materias de sistemas y tecnologías de la información (Rodríguez, J. 2007d p. 16). Cabe señalar que la perspectiva considerada, es de proyectos informáticos que producen cambios en los procesos de trabajo de una organización, propia o de clientes, repercutiendo tanto en la parte interna como en el entorno de la misma.

Es así que todas las actividades relacionadas a la gestión de proyectos informáticos, constituye un campo del conocimiento propio de la Ingeniería del Software.

Entre los ejemplos que se puede mencionar sobre proyectos informáticos vinculados con las organizaciones, se pueden citar los siguientes:

- Desarrollo de aplicaciones a medida.
- Adquisición e instalación de infraestructura.
- Integración de sistemas.
- Implantación de software estándar.
- Virtualización de data centers.
- Despliegue de un entorno de desarrollo.
- Migración de plataformas.
- Desarrollos de sitios web.
- Dimensionamiento e implementación de almacenamiento en red.
- Configuración y administración de soluciones de back up.
- Reingeniería de procesos y circuitos de información.

2.2.1. Dimensiones de los proyectos informáticos

Las dimensiones fundamentales a considerar en todo proyecto informático son las indicadas en la tabla N° 3.

DIMENSIONES DE UN PROYECTO INFORMÁTICO	
1. Cliente	El cliente realiza el encargo y determina los objetivos, recursos, costos, duración, las modificaciones o revisiones del proyecto.
2. Objetivos	Los objetivos deben estar claramente definidos, es decir los resultados a alcanzar, expresados en términos de entregables (productos, aplicaciones, documentación, etc.) indicando los estándares de calidad y rendimiento a cumplir.
3. Calidad	La calidad de los resultados de conformidad con los objetivos y estándares establecidos considerando tanto la dimensión objetiva (conformidad con las normas) como la dimensión subjetiva (satisfacción del cliente y usuario).
4. Alcance	El alcance, detallando el contenido y limitaciones o exclusiones en los objetivos del proyecto.
5. Costo	El valor económico de los recursos humanos y materiales necesarios para realizar un proyecto constituye su costo.
6. Tiempo	Los proyectos se desarrollan dentro de un límite temporal, denominado límite del proyecto y abarca el período comprendido desde su inicio hasta su finalización.
7. Riesgo	Hace referencia a la incertidumbre de lograr los resultados en el tiempo, costo y niveles de calidad acordados.
8. Equipo de proyecto	Es el grupo de personas constituido para desarrollar el proyecto, algunas personas asignadas de manera estable al proyecto y otras que representan a la organización usuaria (cliente).
9. Responsable del proyecto	Es el jefe de proyecto o gerente de proyecto a cargo del éxito o el fracaso de un proyecto, tanto desde el punto de vista técnico como económico.
10. Resistencia al cambio	Debe gestionarse el cambio de manera adecuada, considerando tanto los componentes hard (aspectos de la estructura organizacional, procesos de gestión) como los componentes soft (gestión de actitudes, sentimientos, comportamientos de las personas).

Tabla N° 3. Dimensiones de los proyectos informáticos

Fuente: adaptación (Rodríguez, J. 2007e p. 17)

2.2.2. El triángulo de hierro

Estos elementos están todos interrelacionados, sobre todo los conceptos de alcance, calidad, tiempo y costo. Si se modifica uno de ellos, impactan también en los demás. Cabe mencionar un modelo desarrollado por Martín Barnes en 1969, ex presidente de la Asociación para la Gestión de Proyectos (APM) de Reino Unido, conocido como el triángulo de hierro o triángulo de la gestión de proyectos, que se ilustra en la figura N° 2. El cual representa un problema de triple restricción y muestra cómo están relacionadas las tres variables que son los pilares del triángulo de hierro: el alcance, el costo y el tiempo las cuales a su vez determinan la calidad del proyecto. Si se cambia una de las variables, también habrá que modificarse las demás para mantener conectado el triángulo. Si el triángulo se rompe, es decir que, si un punto se mueve sin trasladar los cambios a uno o ambos puntos restantes, se verá afectada la calidad del proyecto. La tarea del gerente del proyecto es lograr el equilibrio entre los tres aspectos para maximizar la calidad, dentro del plazo, presupuesto y requerimientos. Por su parte, de manera similar, Gutiérrez de Mesa, J. et. Al. (2008c p. 39) Consideran que todo se traduce en precisar un equilibrio en el triángulo del triple compromiso: calidad, costo y calendario.

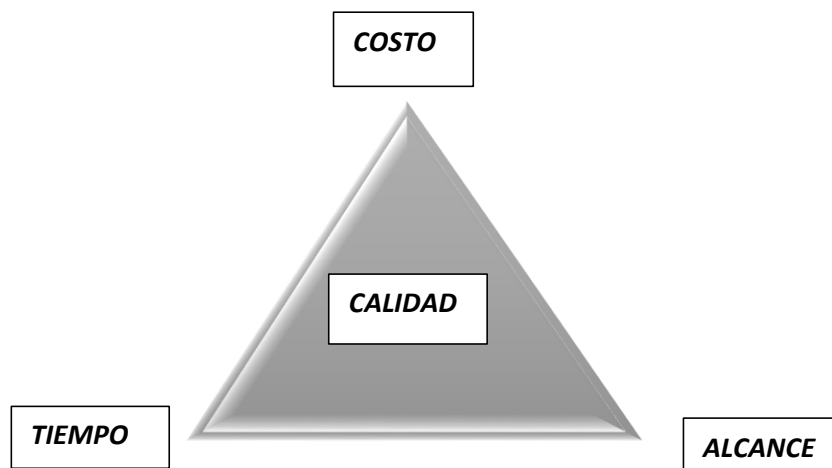


Figura N° 2. El triángulo de hierro de la gestión de proyectos informáticos

Fuente: adaptación (Asana Enterprise.2022)

2.2.3. Etapas para el desarrollo de un proyecto informático

A continuación, se ilustra en la figura N° 3 la secuencia de etapas a seguir, para el desarrollo de un proyecto informático, de manera sistemática y desde un enfoque simplificado, a su vez se describe sintéticamente las distintas etapas en la tabla N° 4.

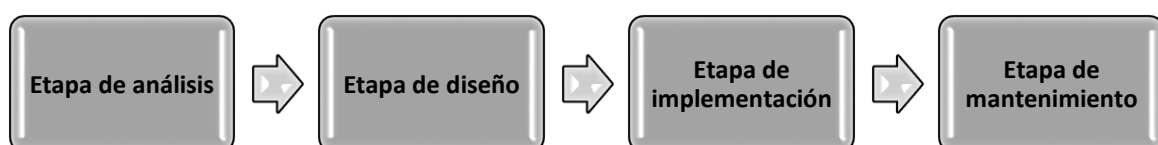


Figura N° 3. Modelo de etapas para el desarrollo de proyectos software

Fuente: (Gutiérrez de Mesa, J. et. al. 2008d p. 11)

Etapas	Descripción sintética
Análisis	En la que se definen los requisitos o requerimientos del sistema.
Diseño	Definición de las especificaciones funcionales de diseño, tales como salidas, archivos, procesos, entradas. También incluye el diseño físico como el diseño social.
Implementación	Incluye la programación e implementación del entregable.
Mantenimiento	Es el control y ajuste del sistema.

Tabla N° 4: Etapas de desarrollo de proyectos informáticos

Fuente: elaboración propia

2.2.4. El ciclo de vida de un proyecto informático

El conjunto de todas las fases de un proyecto informático, desde que se concibe hasta que muere, por desuso o sustitución, se denomina ciclo de vida de un producto o sistema informático. Existen distintas formas de clasificar y definir las diferentes fases, de manera sucinta se ilustra en la figura N° 4 sobre las fases y principales contenidos, propuesto por la Gestión de Proyectos orientada a Objetivos (GDPM), cuyo análisis escapa al objeto de estudio del presente trabajo.

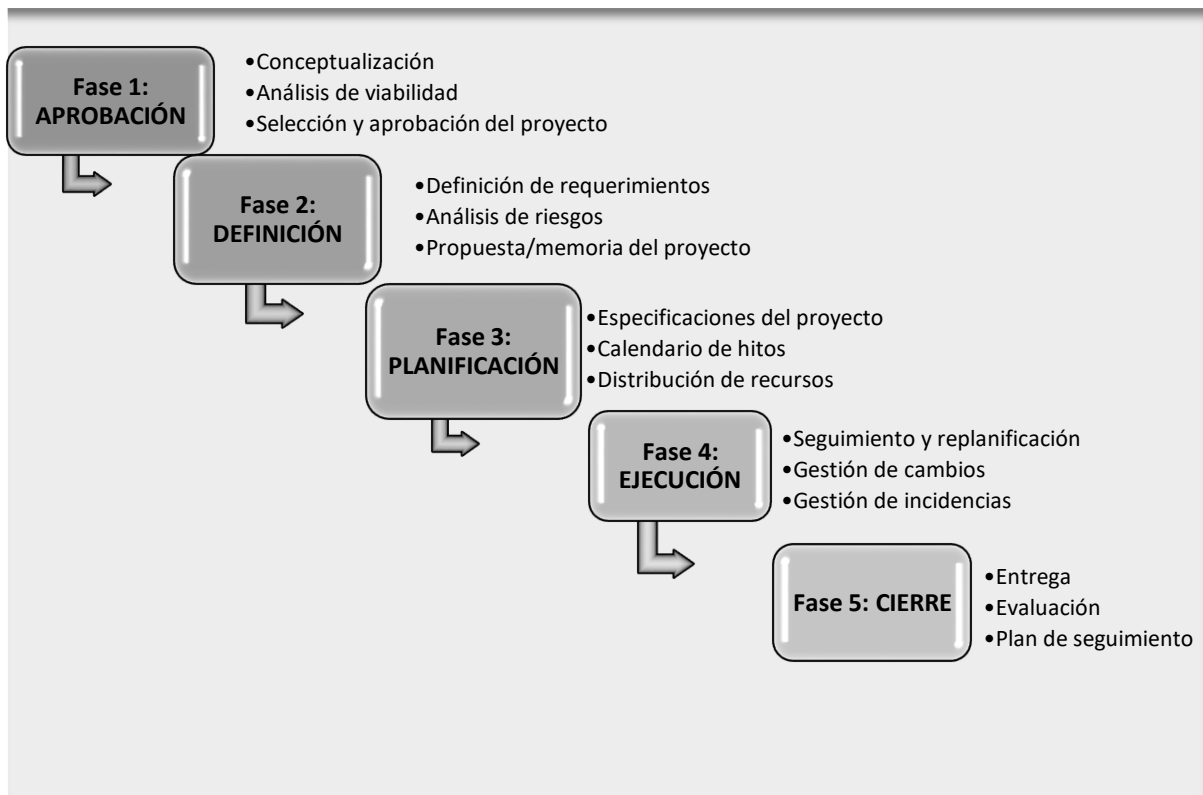


Figura N° 4. Fases del ciclo de vida de un proyecto

Fuente: adaptación (Rodríguez, J. 2007f p. 19)

2.3. Métodos para el cálculo de los costos

Existen muchas propuestas sobre técnicas y métodos para la determinación de los costos. Se comenzará con una somera descripción desde la perspectiva de la ingeniería de software, para luego continuar con el punto de vista de la teoría general de los costos, planteado como uno de los objetivos de este trabajo.

2.3.1. Enfoque de la ingeniería de software

Para Boehm, mencionado en Rodríguez, J. (2007g p 52) uno de los clásicos en ingeniería de construcción de software, afirma que existen siete métodos diferentes de estimación de costos de proyectos informáticos, que se muestran en la tabla N° 5.

MODELOS	
1	Modelos algorítmicos que dan una estimación del costo en función de un número determinado de variables que influyen.
2	El juicio experto en proyectos, que aprovecha la opinión de profesionales que han liderado proyectos similares.
3	La analogía con otro proyecto comparable con el que se plantea.
4	La utilización de los recursos , en el cual lo que limita el costo es el volumen de recursos que se dispone en cada etapa.
5	El precio ganador , en el que la estimación de los costos no se realiza en función de las cargas de trabajo, sino de las condiciones del mercado y la competencia.
6	La estimación global descendente (top-down), en la que se intenta fijar un costo general del proyecto a partir de sus características principales (tamaño, complejidad, dificultad técnica, calidad, flexibilidad, etc.)
7	La estimación ascendente a partir de la desagregación de las actividades en tareas (work breakdown structure).

Tabla N° 5. Modelos de estimación de costos en proyectos informáticos

Fuente: adaptación (Rodríguez, J. 2007h p. 52)

Por su parte el Dr. José Javier Martínez Herraiz, en Gutiérrez de Mesa, J. et. al. (2008e p. 123) sostiene que, si bien se encuentran muchos estudios sobre técnicas de estimación de costos, los más utilizados son:

- Los modelos empíricos
- La técnica de los puntos función de Albrecht (IBM)

- Distribución porcentual del esfuerzo
- El método COCOMO (Constructive Cost Method) de Boehm
- El método de estimación de Putman

2.3.1.1. Los modelos empíricos

En la mayoría de los casos la estimación de los costos del desarrollo de un software se basa en experiencias, y tiene aplicación sobre todo en la fase de definición.

Entre los modelos empíricos de estimación de costos basados en la experiencia se encuentran:

- Juicio de experto: Se trata de un experto o grupo de expertos estudian las especificaciones y hacen su estimación (jerárquica hacia arriba o hacia abajo) en base a conocimientos previos.
- Analogía: Consiste en comparar las especificaciones de un proyecto, con las de otros proyectos similares según el tamaño, complejidad, número, tipo de usuarios y otros factores como sistemas operativos, hardware, personal, etc.
- Distribución de la utilización de los recursos durante el ciclo de vida: solo se puede aplicar cuando el proyecto ya ha comenzado y se ha desarrollado en algunas de sus fases en el que se espera que los costos se distribuyen de manera proporcional en las fases siguientes.
- Otros métodos, menos utilizados como:
 - Método basado exclusivamente en los recursos, en ésta estimación se considerará como recurso a utilizar solo el personal disponible para el proyecto y cuánto tiempo se dispone de él.
 - Método basado exclusivamente en el mercado, dónde se estimará el costo del proyecto en base al precio que está dispuesto a pagar el cliente menos el beneficio económico deseado.

2.3.1.2. La técnica de los puntos función de Albrecht

Se basa en la experiencia y luego de haber estudiado distintos proyectos de software, el punto de función consiste en establecer relaciones entre los componentes básicos de cada tarea y el esfuerzo requerido en desarrollarlos.

2.3.1.3. Distribución porcentual del esfuerzo

Se utilizan en empresas que desarrollan proyectos homogéneos, se basa en tener una estadística de los tiempos medios necesarios para cada de las fases del proyecto. Al conocer la media de los últimos trabajos en la fase de diseño, que representa un porcentaje del tiempo total invertido en cada proyecto con independencia del tamaño y a la vez cada una de las fases se distribuye según el porcentaje expuesto. De éste modo se puede estimar la duración total del proyecto por medio de la extrapolación, cuando se ha ejecutado algunas de sus partes.

2.3.1.4. El método COCOMO

Es un modelo de costos descrito por Barry W. Boehm en 1981 es de tipo algorítmico que proporciona estimaciones empíricas tanto de la duración como del esfuerzo y está

basado en la cantidad de líneas de código fuente escritas en la totalidad del ciclo de vida del proyecto (Gutiérrez de Mesa, J. et. al. 2008f p. 134-162).

Boehm, en los modelos denominados COCOMO, creo tres escenarios de estimación, clasificándolos de manera jerárquica, en base a la complejidad y cantidad de información utilizada en la estimación, ellos son:

- **El modelo básico**, es estático, calcula el esfuerzo y el costo de desarrollo del software en función del tamaño del programa expresado en líneas de código estimadas (DSI o LDC).
- **El modelo intermedio** calcula el esfuerzo de desarrollo en función del tamaño del programa y un conjunto de guías de costo que incluyen una evaluación subjetiva tanto del producto, como del hardware, del personal y de los atributos del proyecto.
- **El modelo avanzado** incorpora a la versión intermedia la evaluación del impacto de las guías de costo en cada fase del proceso de ingeniería del software.

Boehm, reconoce a su vez tres modos de desarrollo según las características del producto software detallados en la tabla N° 6 y aplicable a los modelos mencionados.

Modo	Características
Orgánico	Se trata de pequeños equipos de trabajo, con una intensa interacción, aplicable a proyectos sencillos y pequeños.
Empotrado	En éste caso el producto debe operar dentro de una serie de restricciones rígidas de hardware, software y procedimientos. Utiliza mucho tiempo en las primeras etapas que deben estudiarse de manera minuciosa, considerando que todo cambio que deba introducirse a posteriori, puede afectar los plazos de entrega y los costos.
Semiacoplado	Es una situación intermedia entre el modo orgánico y el empotrado, tratándose de un proyecto intermedio en cuanto a tamaño y complejidad con un equipo compuesto por personas no todas experimentadas que deben satisfacer requerimientos poco y medio rígidos.

Tabla N° 6. Tipos de modos de desarrollo del producto software

Fuente: elaboración propia

Por otra parte, clasifica los proyectos considerando el factor tamaño, según las líneas de código fuente (LDC) se ilustra a continuación en la tabla N°7.

Factor tamaño	Líneas de código fuente
Pequeños	Menores de 2.000 LDCs
Intermedios	Entre 2.001 y 8.000 LDCs
Medios	Entre 8.001 y 32.000 LDCs
Grandes	Entre 32.001 y 128.000 LDCs
Muy grandes	Entre 128.001 y 512.000 LDCs

Tabla N° 7. Clasificación de proyectos según su tamaño (LDC)

Fuente: adaptación (Gutiérrez de Mesa, J.et.al. 2008g p. 141)

Luego del análisis de un muestreo de datos de distintos proyectos de software, dónde considera la productividad relacionando el tamaño (medido en término de líneas de código fuente), el esfuerzo (medido en meses – hombre -MM) y el tiempo de desarrollo

del calendario el modelo propone ecuaciones para realizar las estimaciones del costo, aplicando las fórmulas que a modo de ejemplo se pueden apreciar en la tabla N° 8.

Modo	Esfuerzo	Calendario
Orgánico	MM= 2.4 (KDSI) ^{1.05}	TDEV= 2,5 (MM) ^{0.38}
Semiacoplado	MM= 3.0 (KDSI) ^{1.12}	TDEV= 2,5 (MM) ^{0.35}
Empotrado	MM= 3.6 (KDSI) ^{1.20}	TDEV= 2,5 (MM) ^{0.32}

Tabla N°8. Ecuaciones de esfuerzo y tiempo en COCOMO básico

Fuente: Gutiérrez de Mesa, J. et. al. (2008h p. 143)

El modelo básico es fácil y rápido para obtener una estimación del costo de un producto software. También puede incorporarse al análisis otros factores, tales como la productividad, el número de personal medio que trabaja a tiempo completo considerando además los distintos tamaños (tabla N° 7) y modos (tabla N° 6) además de desagregar por fase del proyecto.

En el modelo COCOMO intermedio, a diferencia del modelo básico se incorpora también el efecto de las restricciones del hardware, factores que afectan al personal, atributos ambientales, entre otros. Esto permite un análisis de costos más minucioso, pero a la vez más complejo. Sus limitaciones se presentan como consecuencia de la inexactitud de la distribución de los esfuerzos entre las fases y también por su complejidad cuando se trata de un producto con muchos componentes.

Y por último cabe señalar que el modelo COCOMO avanzado permite realizar estimaciones de costos, considerando tres jerarquías de niveles de producto, a nivel modular, nivel de subsistema y nivel de sistema.

El programa COSTAR es un programa de usuario basado en la aplicación del modelo COCOMO del Dr. Boehm.

2.3.1.5. El método de estimación de Putman

Según Gutiérrez de Mesa, J. et.al (2008i p. 162-163), es un modelo de estimación multivariable dinámico que asume una distribución específica del esfuerzo a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de desarrollo de software. Las curvas mostradas en la figura toman la forma clásica descrita por Lord Rayleigh en 1978 y los datos empíricos fueron recogidos por Norden. La función asume la siguiente forma:

$$L=C_k \times K^{1/3} \times (t_d)^{4/3}$$

Dónde:

C_k : es una constante de estado de la tecnología y refleja “las restricciones directas que frenan el progreso del programador”.

K : es el esfuerzo necesario medido en personas-hombre durante todo el ciclo de vida.

t_d : es el tiempo de desarrollo en años.

L : es número de miles de líneas fuente del proyecto.

2.3.2. Enfoque económico

El concepto económico de costos se ha utilizado en dos versiones generales: la primera, en sentido de consumo o sacrificio de recursos de factores productivos, y la segunda en el sentido de costo alternativo o de oportunidad. Así, Pedersen desarrolla la idea de sacrificio, definiendo. “Costo es el consumo valorado en dinero de bienes y servicios para la producción que constituye el objetivo de la empresa”. Para Schneider, costo es “el equivalente monetario de los bienes aplicados o consumidos en el proceso de producción”. El costo alternativo o de oportunidad de cualquier factor empleado en el proceso productivo se mide de acuerdo con el beneficio perdido por no emplear ese factor en su mejor aplicación alternativa; es decir, el costo de oportunidad es el valor de la mejor alternativa que se pierde Mallo, C. et. al. (2000b p. 33).

Estos conceptos fueron tratados por economistas clásicos, como David Ricardo y la escuela marginalista, destacando la esencia de la actividad económica racional, considerando que todo sacrificio, para que sea costo, debe aumentar el valor social del bien al que se aplica; todo sacrificio que no cumpla esta condición debe ser considerado como un despilfarro.

Por su parte Giménez, C. (2007 p. 24) considera que el costo representa la suma de esfuerzos y sacrificios voluntarios de bienes o servicios para alcanzar un objetivo específico actual o futuro.

2.3.2.1. Los costos y las contabilidades

La contabilidad financiera, fue la primera en utilizar el término de costos dentro de la ciencia económica, con la finalidad de determinar el beneficio.

En tanto que la contabilidad de gestión, como una nueva corriente de la contabilidad, no se encuentra sujeta a las mismas restricciones, y pretende elaborar información para la toma de decisiones empresariales, relativas a los costos, en escenarios cambiantes y con distintos propósitos, tal como lo considera Mallo, C. et. al. (2000c p. 34):

- Medición de los ingresos –costos- beneficios.
- Información para la planificación
- Información para el control
- Información para la toma de decisiones sobre producción, inversión, compras, sustitución de productos, precios de venta, etc.
- Información sobre las distintas actividades que componen la cadena de valor y sobre los cost drivers que reflejan la relación causal de los consumos.

Por su parte, Sáez Torrecilla, A., Fernández Fernández, A. y Gutiérrez Díaz, G. (2009 p. 2-5) consideran que con relación a la delimitación entre la contabilidad de gestión y la contabilidad de costos se pueden distinguir tres corrientes:

- Corriente restrictiva
- Corriente integradora
- Corriente renovadora

La corriente restrictiva considera que ambas contabilidades son distintas, por tener objetivos diferentes. A la contabilidad de costos le corresponde la determinación de los costos para valorar existencias, en tanto que la contabilidad de gestión tiene a su cargo la planificación y el control, ubicando a la contabilidad de costos en el ámbito de la contabilidad financiera.

Por su parte la corriente integradora, las considera a ambas contabilidades, como una misma rama de la contabilidad, que pueden recibir de manera indistinta cualquiera de las dos denominaciones, teniendo como objetivos tanto la planificación y el control como la valuación de bienes y servicios.

Finalmente, la corriente renovadora, que contempla la separación de ambas contabilidades, a partir de sus objetivos. De ese modo, considera a la contabilidad de costos como una rama de la contabilidad de gestión que se ocupa tanto de determinar el costo de los productos como de las tareas de planificación y control de la producción. En tanto asigna a la contabilidad de gestión el rol de atender todo tipo de decisiones relacionadas con la gestión de la empresa. Dentro de ésta última concepción se hará el análisis propuesto en éste trabajo.

2.3.2.2. Características de la contabilidad de costos

El sistema de contabilidad de costos es un sistema especializado de información contable referido a un aspecto específico de la vida de un ente económico: la forma en que la riqueza se aplica a la consecución de un objetivo. Como tal, tiene un sujeto propio que es el costo en sí mismo y en relación con el ingreso: un conjunto de métodos, que incluyen técnicas y criterios de determinación, registración y exposición; y un destinatario único o múltiple, que es quien requiere sus informaciones para alcanzar su cometido último de interpretar lo ocurrido y analizarlo con miras a la valuación, el control y/o la decisión Cascarini, D. (2013a p. 43).

Por otra parte, según Cascarini, D. (2013b p. 43 – 45), todo sistema de contabilidad de costos responde a tres aspectos:

1. La necesaria identificación con las particularidades de la actividad desarrollada y su requerimiento de mecánicas y criterios de costeo diferentes, según se trate de:
 - a. Operaciones de rutina, que se concretan en unidades de producto o servicio constantes en el tiempo, en cuyo caso es necesario adoptar el mecanismo de costeo por proceso.
 - b. Operaciones cambiantes, que se concretan en unidades o lotes de unidades diferentes cada vez, en cuyo caso es necesario adoptar el mecanismo de costeo por órdenes.A su vez, en cualquiera de los dos casos anteriores, se trata de:
 - Operaciones de incorporación de materiales y/o ensamble de piezas, en el que además el sistema se llevará a cabo a través de un costeo por desintegración.
 - Operaciones de separación de derivados (productos/subproductos) y en que además el sistema se llevará a cabo a través de un costeo por desintegración.
2. La adopción de una base de datos que ha de tomar en cuenta para la formulación y empleo de los costos, ya sea que se basen:
 - a. Exclusivamente en datos provenientes de la realidad histórica, por lo que el sistema funcionará a través del costeo resultante.
 - b. Utilizando datos predeterminados, por lo que el sistema funcionará a través del costeo predeterminado, el cual en función de su propósito deberá ser costeo estimado, costeo normalizado o costeo estándar, cuando se trate respectivamente de objetivos de estimación, normalización o de control.

3. La definición de la concepción o filosofía con que se vinculan los costos con la actividad desarrollada o con el transcurso del tiempo, fundadas principalmente en su comportamiento:
 - a. Si la información requerida del sistema se orienta al propósito de valuación o control, la filosofía será considerar el costo completo, o sea costeo por absorción.
 - b. Si la información requerida del sistema se orienta a ser utilizada además a la toma de decisiones, la filosofía será considerar el costo variable, o sea el costeo variable.

La combinación de éstos tres aspectos o pilares que lo sustentan, en cada caso particular, definirá el sistema adoptado que, por supuesto cumplirá cabalmente su propósito en la medida que satisfaga plenamente los requerimientos informativos que de él se esperan. Sin perjuicio de ello, se debe considerar un cuarto aspecto, que, si bien no surge del mecanismo ni del modelo de costeo a ser adoptado, resulta absolutamente necesario para su funcionamiento, esto es el sistema de valuación a utilizar para determinar el valor de descarga del inventario de materiales y productos en la medida que se consumen o transfieren o por cualquier otro motivo debe darse de baja (roturas, diferencias, etc.).

En síntesis, todo sistema de costos, debe sustentarse en tres aspectos o pilares básicos y en un método de valuación, tal como lo ilustra la figura N° 5 a continuación.

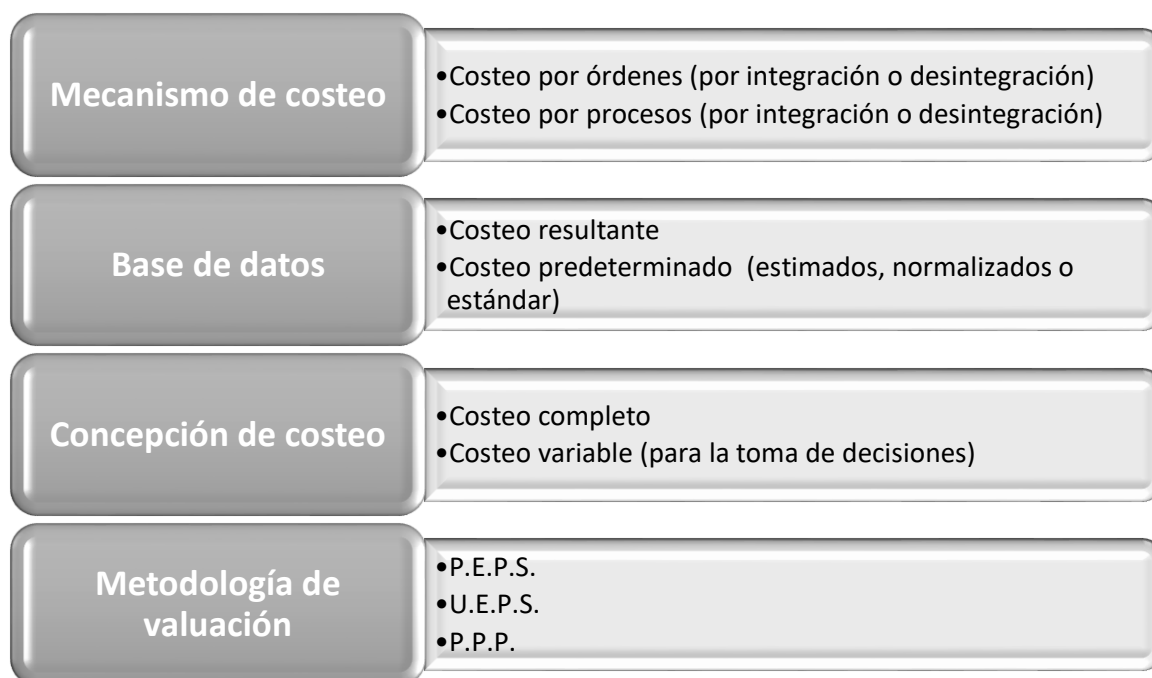


Figura N° 5. Configuración del sistema de costos

Fuente: adaptación (Casarini, D. 2013c p. 45)

3. CASO DE UN PROYECTO DE SOFTWARE: “APRENDER JUGANDO”

Se trata del diseño y desarrollo de un videojuego a utilizarse como herramienta de enseñanza aprendizaje orientada a los niños estudiantes de una escuela primaria, como solución posible a una problemática identificada en esa institución: el bajo

rendimiento académico de los alumnos en la asignatura matemática. Este producto software, se trata de un videojuego didáctico del género plataformas que tiene la finalidad de estimular el aprendizaje de matemáticas y fomentar la creatividad del usuario de una forma entretenida. La codificación del videojuego se realizó utilizando los lenguajes HTML, CSS y JavaScript en el front-end y PHP en el back-end y se crearon dos bases de datos utilizando el lenguaje MySQL: una para el alta, baja, modificación y lectura de los registros de alumnos y almacenamiento de sus puntajes y otra para las preguntas a contestar por los jugadores.

La trama del juego transcurre según las aventuras de un niño llamado Guido, que debe buscar determinados objetos dispersos en distintos escenarios, saltando plataformas, evitando enemigos, sorteando obstáculos y resolviendo problemas matemáticos a través de preguntas que debe contestar para avanzar (Zarza, M. 2019a).

Se determinará en el caso, el costo de los requerimientos en la etapa de planificación, para lo cual se propone desde la perspectiva económica, un sistema de acumulación de costos por órdenes, predeterminado y variable a utilizarse para la toma de decisiones recomendando que los costos de mantenimiento de la estructura se imputen al período.

En la etapa de planificación es importante definir de manera clara los hitos y actividades del proyecto (tabla N° 9), además de organizar los roles y la distribución de las cargas de trabajo dentro del equipo de proyecto (tablas Nro. 10 y 11) todo lo cual nos permitirá conocer los requerimientos de recursos para lograr objetivos y así también estimar los costos.

Definición de hitos	Definición de actividades
HITO 1: Relevamiento de datos	Actividad 1: Entrevistas (Analista y asistente)
HITO 2: Análisis y compra de requerimientos	Actividad 2: Investigación (Analista) Actividad 3: Compra de insumos (Asistente)
HITO 3: Diseño del sistema	Actividad 4: Diseño de la interfaz (Diseñador gráfico) Actividad 5: Elaboración de diagramas (Diseñador gráfico)
HITO 4: Codificación	Actividad 6: Escritura y depuración del código fuente (Programador)
HITO 5: Testing	Actividad 7: Pruebas de verificación y validación (Técnicos de hardware y redes) Actividad 8: Corrección de errores y refinamiento (Programador)
HITO 6: Implementación	Actividad 9: Instalación del software desarrollado (Técnicos y asistentes) Actividad 10: Mantenimiento (Administrador del proyecto y programador)

Tabla N°9. Definición de hitos y actividades

Fuente: Elaboración propia

Integrantes del equipo	Referencias
Director del proyecto	A
Diseñador de software	B
Diseñador gráfico	C
Programador	D
Analista	E
Técnico de redes	F
Técnico de hardware	G
Asistente	H

Tabla N°10. Referencias del equipo

Fuente: Elaboración propia

		Responsables							
	HITOS	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Relevamiento de datos					X			X
2	Análisis y compra de requerimientos					X			X
3	Diseño del sistema		X	X					
4	Codificación				X				
5	Testing						X	X	
6	Implementación	X			X			X	X

Tabla N°11. Matriz de roles y responsabilidades

Fuente: Elaboración propia

A partir del análisis de las tablas Nro. 9 – 10 y 11 surgen los distintos requerimientos de recursos o factores, cuyo costo puede calcularse considerando los componentes físicos y monetarios de acuerdo a lo mencionado en la introducción del trabajo.

Recursos de capital e insumos			
Cantidad	Descripción	Precio (U\$S)	
		Unitario	Total
3 unidades	Computadoras (PC)	200	600
1 unidades	Computadora de desarrollo	300	300
30 metros	Cable UTP (metros)	1	30
1 unidades	Router wifi	20	20
Costo total de recursos de capital e insumos			950

Tabla N°12. Costo total de recursos de capital e insumos

Fuente: Elaboración propia

Recursos humanos			
Cantidad de horas	Responsable	Precio (U\$S)	
		Unitario	Total
30	Administrador del proyecto	10	300
20	Analista	5	100
24	Diseñador gráfico	3	72
24	Diseñador de software	3	72
130	Programador	2	260
25	Técnico de redes	2	50
25	Técnico de hardware	2	50
25	Asistente	1	25
Costo total de recursos humanos			929

Tabla N°13. Costo total de recursos humanos

Fuente: Elaboración propia

Costos	Monto (U\$S)
Costo total de recursos de capital e insumos	950
Costo total de recursos humanos	929
Costo variable total	1.879

Tabla N°14. Costo variable total

Fuente: Elaboración propia

Aclaración: Es un caso solo para ilustrar del tema tratado en el trabajo y es una adaptación del trabajo final integrador “Aprender Jugando” (Zarza, M. 2019b)

4.CONCLUSIONES

En éste trabajo se abordaron las distintas formas de determinar los costos según las propuestas de la ingeniería del software y la teoría económica, observando la complejidad del primer enfoque e incluso en algunos casos resulta muy intuitivo. Además:

- Se caracterizaron los proyectos en general y sus diferencias con los proyectos informáticos.
- Se mencionaron las distintas etapas del desarrollo de un proyecto informático según el modelo GDPM (Gestión de Proyectos orientada a Objetivos) indicando sus características más importantes.
- Se dio un breve tratamiento a las nociones básicas sobre costos, desde el enfoque de la teoría general de los costos, así como también sus distintos modelos y técnicas de costeo.
- Por último, se ilustro la determinación de los costos desde la perspectiva económica aplicado a un caso de un desarrollo de software.

A partir de éste desarrollo, cabe recomendar la difusión de la aplicación del enfoque económico por permitir de una manera más sencilla conocer los costos de los proyectos informáticos además de resultar más adecuado y de mayor utilidad para la gestión y la toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

- Asana Enterprise. (2022, octubre) *Triángulo de hierro o de gestión de proyectos: qué es y cómo funciona*. <https://asana.com/es/resources/project-management-triangle>
Acceso: 11/07/ 2023.
- Cartier, E. (2017). *Apuntes para una teoría del costo*. Buenos Aires. La Ley.
- Cascarini, D. (2013). *Teoría y práctica de los sistemas de costos*. Buenos Aires. La Ley.
- Delgado, H. (2022, agosto) *Proyectos Informáticos - ¿Qué es? Tipos y ejemplos*
<https://disenowebakus.net/control-y-desarrollo-de-proyectos.php>
Acceso: 13/08/2023.
- Giménez, C y colaboradores (2007). *Sistemas de costos*. Buenos Aires. La Ley.
- Gutiérrez de mesa, J. y Pagés Arévalo, C. (2008). *Planificación y gestión de proyectos informáticos* (2º edición). España. Universidad de Alcalá.
- Mallo, C., Kaplan, S. y Giménez, C. (2000). *Contabilidad de costos y Estratégica de Gestión*. Madrid. Prentice Hall Iberia.
- Podmoguilnye, M., Ayuso, M., Cartier, E., Coronel Troncoso, G. y Farré, D. (2014). *El presupuesto integrado a la estrategia empresarial*. Buenos Aires. La Ley.
- Rodríguez, J., García Mínguez, J. y Lamarca Orozco, I. (2007). *Gestión de proyectos informáticos: métodos, herramientas y casos*. Barcelona. Editorial UOC.
- Sáez Torrecilla, A., Fernández Fernández, A. y Gutiérrez Díaz, G (2009). *Contabilidad de costes y contabilidad de gestión* -Tomo II. Madrid. Mc Graw Hill.
- Semyraz, D. (2006). *Preparación y evaluación de proyectos de inversión*. Buenos Aires. Osmar D. Buyatti.
- Zarza, M. (2019). *Aprender Jugando*. Trabajo Integrador Final de grado. Universidad de la Cuenca del Plata sede Formosa. Argentina.