INGENIERÍA DE SOFTWARE AVANZADA

(SESIÓN 4)

2. EL MARCO CONCEPTUAL

2.1 Metodología

Objetivo: Comprender los procesos de desarrollo de software, analizar el marco conceptual

2.1 Metodología Software

Probablemente la definición más formal de software sea la siguiente: La palabra «software» se refiere al **equipamiento lógico** o **soporte lógico** de un computador digital, y comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica, en contraposición a los componentes físicos del sistema (hardware).

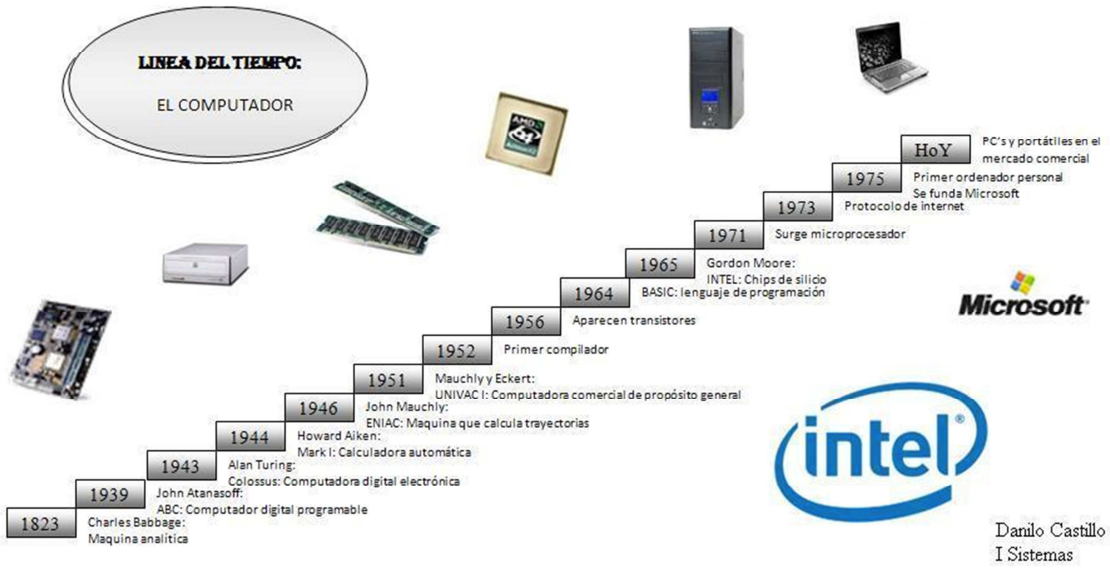
Bajo esta definición, el concepto de software va más allá de los programas de cómputo en sus distintos estados: código fuente, binario o ejecutable; también su documentación, datos a procesar e información de usuario es parte del software: es decir, abarca todo lo intangible, todo lo "no físico" relacionado.

Tales componentes lógicos incluyen, entre otros, aplicaciones informáticas tales como procesador de textos, que permite al usuario realizar todas las tareas concernientes a edición de textos; software de sistema, tal como un sistema operativo, el que, básicamente, permite al resto de los programas funcionar adecuadamente, facilitando la interacción con los componentes físicos y el resto de las aplicaciones, también provee
Software es lo que se denomina **producto** en la Ingeniería de Software. **Definición de Software**

El término «software» fue usado por primera vez en este sentido por John W. Tukey en 1957. En las ciencias de la computación y la ingeniería de software, el software es toda la

información procesada por los computadores
Es el conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que forman parte de las operaciones de un sistema de computación. Extraído del estándar 729 del IEEE sistemas informáticos: programas y datos.

El concepto de leer diferentes secuencias de instrucciones desde la memoria de un dispositivo para controlar los cálculos fue introducido por Charles Babbage y a su socia, la matemática británica Augusta Ada Byron (1815-1852), hija del poeta inglés Lord Byron como parte de su máquina diferencial. La teoría que forma la base de la mayor parte del software moderno fue propuesta por vez primera por Alan Turing en su ensayo de 1936, "Los números computables", con una aplicación al problema de decisión.



Clasificación del software

[tomado de http://www.ecured.cu/index.php/Software]

Si bien esta distinción es, en cierto modo, arbitraria, y a veces confusa, a los fines prácticos se puede clasificar al software en tres grandes tipos:

•□**Software de sistema:** Su objetivo es desvincular adecuadamente al usuario y al programador de los detalles del computador en particular que se use, aislándolo especialmente del procesamiento referido a las características internas de: memoria,

discos, puertos y dispositivos de comunicaciones, impresoras, pantallas, teclados, etc. El software de sistema le procura al usuario y programador adecuadas interfaces de alto nivel, herramientas y utilidades de apoyo que permiten su mantenimiento. Incluye entre otros:

o Sistemas operativos
o Controladores de dispositivo
o Herramientas de diagnóstico
o Herramientas de Corrección y Optimización o Servidores
o Utilidades

• **Software de programación:** Es el conjunto de herramientas que permiten al programador desarrollar programas informáticos, usando diferentes alternativas y lenguajes de programación, de una manera práctica. Incluye entre otros:

o Editores de texto o Compiladores
o Intérpretes
o Enlazadores
o Depuradores
o Entornos de Desarrollo Integrados (IDE): Agrupan las
anteriores herramientas, usualmente en un entorno visual, de forma que el programador no necesite introducir múltiples comandos para compilar, interpretar, depurar, etc. Habitualmente cuentan con una avanzada interfaz gráfica de usuario (GUI).

• **Software de aplicación**: Aquel que permite a los usuarios llevar a cabo una o varias tareas específicas, en cualquier campo de actividad susceptible de ser automatizado o asistido, con especial énfasis en los negocios. Incluye entre otros:

o Aplicaciones de Sistema de control y automatización industrial
o Aplicaciones ofimáticas o Software educativo
o Software empresarial
o Bases de datos
o Telecomunicaciones (p.ej. internet y toda su estructura lógica)
o Videojuegos
o Software médico
o Software de Cálculo Numérico
o Software de Diseño Asistido (CAD)

o Software de Control Numérico (CAM)

Proceso de creación de software

[recopilado de https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.utp.edu.co%2F~wilopez%2FExposicionesFII%2FCICLO%2520DE%2520VIDA%2520DE%2520UN%2520SOFTWARE%25202.ppt&ei=IhMqVKabDItyATQjoDgAg&usg=AFQjCNFnLu68fjOOIAmx93us3ln0xuSdmQ&sig2=8hfBF7ytDeGzJ9vVnl-fFQ&bvm=bv.76477589,d.aWw]

Se define como Proceso al conjunto ordenado de pasos a seguir para llegar a la solución de un problema u obtención de un producto, en este caso particular, para lograr la obtención de un producto software que resuelva un problema.

Ese proceso de creación de software puede llegar a ser muy complejo, dependiendo de su porte, características y criticidad del mismo. Por ejemplo la creación de un sistema operativo es una tarea que requiere proyecto, gestión, numerosos recursos y todo un equipo disciplinado de trabajo. En el otro extremo, si se trata de un sencillo programa (ejemplo: resolución de una ecuación de segundo orden), éste puede ser realizado por un solo programador (incluso aficionado) fácilmente.

Es así que normalmente se dividen en tres categorías según su tamaño (líneas de código) y/o costo: de Pequeño, Mediano y Gran porte. Existen varias metodologías para **estimarlo**, una de las más populares es el sistema COCOMO que provee métodos y un software (programa) que calcula y provee una estimación de todos los costos de producción en un "proyecto software" (relación horas/hombre, costo monetario, cantidad de líneas fuente de acuerdo a lenguaje usado, etc.). [Recopilado de http://www.sbamexico.mex.tl/images/20984/software.htm]

Considerando los de gran porte, es necesario realizar tantas y tan complejas tareas, tanto técnicas, de gerenciamiento, fuerte gestión y análisis diversos (entre otras) que toda una ingeniería hace falta para su estudio y realización: es la Ingeniería de Software.

En tanto que en los de mediano porte, pequeños equipos de trabajo (incluso un avezado analista-programador solitario) puede realizar la tarea. Aunque, siempre en casos de mediano y gran porte (y a veces también en algunos de pequeño porte, según su complejidad), se deben seguir ciertas etapas que son necesarias para la construcción del

software. Tales etapas, si bien deben existir, son flexibles en su forma de aplicación, de acuerdo a la metodología o Proceso de Desarrollo escogido y utilizado por el equipo de desarrollo o analista-programador solitario (si fuere el caso).

Los "**procesos de desarrollo de software**" poseen reglas preestablecidas, y deben ser aplicados en la creación del software de mediano y gran porte, ya que en caso contrario lo más seguro es que el proyecto o no logre concluir o termine sin cumplir los objetivos previstos y con variedad de fallos inaceptables (fracasan, en pocas palabras). Entre tales "procesos" los hay ágiles o livianos (ejemplo XP), pesados y lentos (ejemplo RUP) y variantes intermedias; y normalmente se aplican de acuerdo al tipo y porte y tipología del software a desarrollar, a criterio del líder (si lo hay) del equipo de desarrollo. Algunos de esos procesos son Extreme Programming (XP), Rational Unified Process (RUP), Feature Driven Development (FDD), etc.

Cualquiera sea el "proceso" utilizado y aplicado en un desarrollo de software (RUP, FDD, etc.), y casi independientemente de él, siempre se debe aplicar un "Modelo de Ciclo de Vida".

Se estima que, del total de proyectos software grandes emprendidos, un 28% fracasan, un 46% caen en severas modificaciones que lo retrasan y un 26% son totalmente exitosos. Cuando un proyecto fracasa, rara vez es debido a fallas técnicas, la principal causa de fallos y fracasos es la falta de aplicación de una buena metodología o proceso de desarrollo.

Entre otras, una fuerte tendencia, desde hace pocas décadas, es mejorar las metodologías o procesos de desarrollo, o crear nuevas y concientizar a los profesionales en su utilización adecuada.

Normalmente los especialistas en el estudio y desarrollo de estas áreas (metodologías) y afines (tales como modelos y hasta la gestión misma de los proyectos) son los Ingenieros en Software, es su orientación. Los especialistas en cualquier otra área de desarrollo informático (analista, programador, Lic. en Informática, Ingeniero en Informática, Ingeniero de Sistemas, etc.) normalmente aplican sus conocimientos especializados pero utilizando modelos, paradigmas y procesos ya elaborados.

Es común para el desarrollo de software de mediano porte que los equipos humanos involucrados apliquen sus propias metodologías, normalmente un híbrido de los procesos anteriores y a veces con criterios propios.administrativo, pasando por lo técnico y hasta la gestión y el gerenciamiento. Pero casi rigurosamente siempre se cumplen ciertas **etapas mínimas**; las que se pueden resumir como sigue:

- Captura, Elicitación, Especificación y Análisis de requisitos (ERS)
- Diseño
- Codificación
- Pruebas (unitarias y de integración)
- Instalación y paso a Producción
- Mantenimiento

En las anteriores etapas pueden variar ligeramente sus nombres, o ser más globales, o contrariamente más refinadas; por ejemplo indicar como una única fase (a los fines documentales e interpretativos) de "Análisis y Diseño"; o indicar como "Implementación" lo que está dicho como "Codificación"; pero en rigor, todas existen e incluyen, básicamente, las mismas tareas específicas.

Modelos de Proceso o Ciclo de Vida

Para cada una las fases o etapas listadas en el ítem anterior, existen sub-etapas (o tareas). El Modelo de Proceso o Modelo de Ciclo de Vida utilizado para el desarrollo define el orden para las tareas o actividades involucradas, también definen la coordinación entre ellas, enlace y realimentación entre las mencionadas etapas.

Entre los más conocidos se puede mencionar: **Modelo de prototipos,** Modelo en Cascada o secuencial, Modelo Espiral, Modelo Iterativo Incremental. De los antedichos hay a su vez algunas variantes o alternativas, más o menos atractivas según sea la aplicación requerida y sus requisitos.

Modelo de prototipos

En Ingeniería de software el **desarrollo con prototipos**, también llamado **modelo de prototipos** que pertenece a los **modelos de desarrollo evolutivo**, se inicia con la definición de los objetivos globales para el software, luego se identifican los requisitos conocidos y las áreas del esquema en donde es necesaria más definición. Entonces se

plantea con rapidez una iteración de construcción de prototipos y se presenta el modelado (en forma de un diseño rápido).

El diseño rápido se centra en una representación de aquellos aspectos del software que serán visibles para el cliente o el usuario final (por ejemplo, la configuración de la interfaz con el usuario y el formato de los despliegues de salida). El diseño rápido conduce a la construcción de un prototipo, el cual es evaluado por el cliente o el usuario para una retroalimentación; gracias a ésta se refinan los requisitos del software que se desarrollará.

La iteración ocurre cuando el prototipo se ajusta para satisfacer las necesidades del cliente. Esto permite que al mismo tiempo el desarrollador entienda mejor lo que se debe hacer y el cliente vea resultados a corto plazo.

Ventajas

•□Este modelo es útil cuando el cliente conoce los objetivos generales para el software, pero no identifica los requisitos detallados de entrada, procesamiento o salida.

•□También ofrece un mejor enfoque cuando el responsable del desarrollo del software está inseguro de la eficacia de un algoritmo, de la adaptabilidad de un sistema operativo o de la forma que debería tomar la interacción humano-máquina.

La construcción de prototipos se puede utilizar como un modelo del proceso independiente, se emplea más comúnmente como una técnica susceptible de implementarse dentro del contexto de cualquiera de los modelos del proceso expuestos.
Sin importar la forma en que éste se aplique, el paradigma de construcción de prototipos ayuda al desarrollador de software y al cliente a entender de mejor manera cuál será el resultado de la construcción cuando los requisitos estén satisfechos. De esta manera, este ciclo de vida en particular, involucra al cliente más profundamente para adquirir el producto.

Inconvenientes

•□El usuario tiende a crearse unas expectativas cuando ve el prototipo de cara al sistema final. A causa de la intención de crear un prototipo de forma rápida, se suelen desatender aspectos importantes, tales como la calidad y el mantenimiento a largo plazo, lo que obliga en la mayor parte de los casos a reconstruirlo una vez que el prototipo ha cumplido

su función. Es frecuente que el usuario se muestre reacio a ello y pida que sobre ese prototipo se construya el sistema final, lo que lo convertiría en un **prototipo evolutivo**, pero partiendo de un estado poco recomendado.

•□En aras de desarrollar rápidamente el prototipo, el desarrollador suele tomar algunas decisiones de implementación poco convenientes (por ejemplo, elegir un lenguaje de programación incorrecto porque proporcione un desarrollo más rápido).

Con el paso del tiempo, el desarrollador puede olvidarse de la razón que le llevó a tomar tales decisiones, con lo que se corre el riesgo de que dichas elecciones pasen a formar parte del sistema final.

•□por que es muy difícil y complejo realizarlo.

Conclusiones

A pesar de que tal vez surjan problemas, la construcción de prototipos puede ser un paradigma efectivo para la ingeniería del software. La clave es definir las reglas del juego desde el principio; es decir, el cliente y el desarrollador se deben poner de acuerdo en:

•□Que el prototipo se construya y sirva como un **mecanismo para la definición de requisitos**.

•□Que el prototipo se **descarte**, al menos en parte.

•□Que después se desarrolle el software real con un enfoque hacia la **calidad**.

Modelo Cascada

Este, aunque es más comúnmente conocido como Modelo en cascada es también llamado "Modelo Clásico", "Modelo Tradicional" o "Modelo Lineal Secuencial".

El Modelo en cascada puro **difícilmente se utilice tal cual**, pues esto implicaría un previo y absoluto conocimiento de los requisitos, la no volatilidad de los mismos (o rigidez) y etapas subsiguientes libres de errores; ello sólo podría ser aplicable a escasos y pequeños desarrollos de sistemas.

En estas circunstancias, el paso de una etapa a otra de las mencionadas sería sin retorno, por ejemplo pasar del Diseño a la Codificación implicaría un diseño exacto y sin errores ni probable modificación o evolución: "codifique lo diseñado que no habrán en absoluto variantes ni errores". Esto es utópico; ya que intrínsecamente el software es de carácter evolutivo, cambiante y difícilmente libre de errores, tanto durante su desarrollo

como durante su vida operativa.

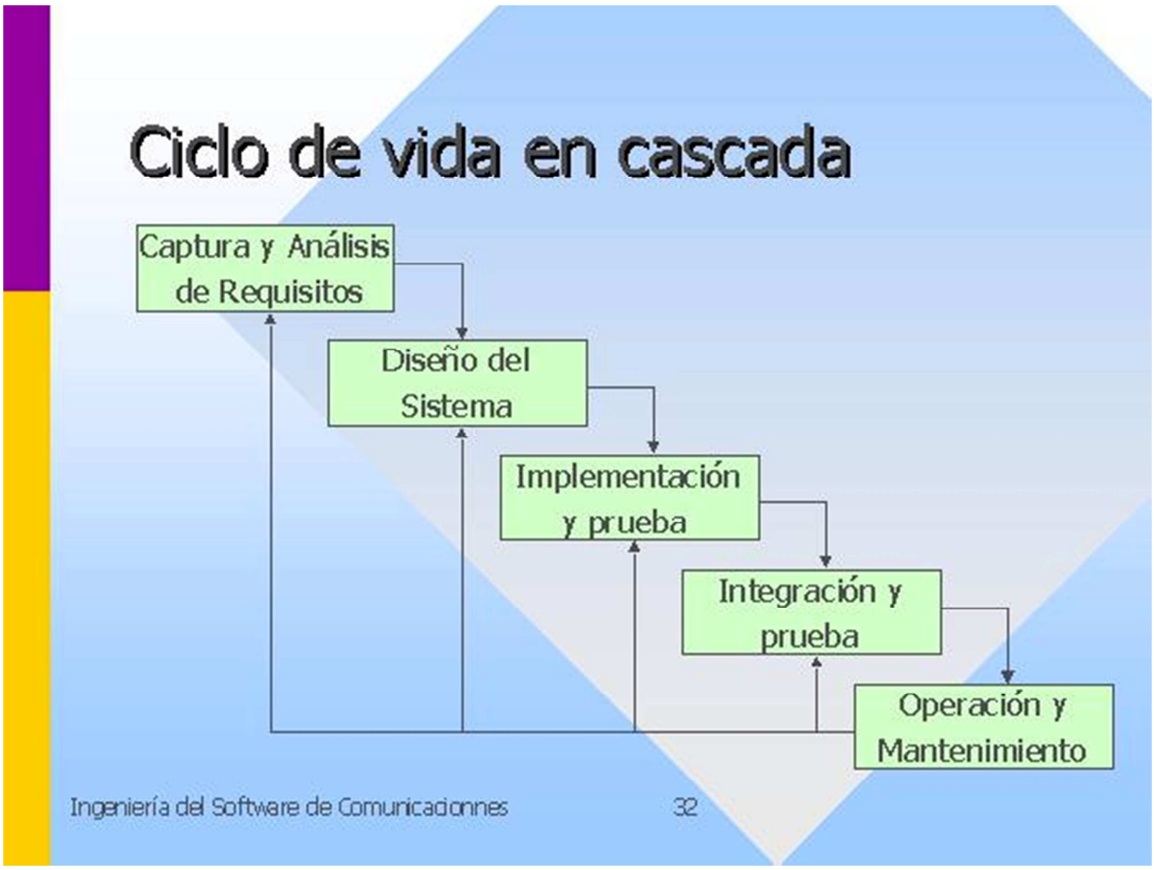


Fig. 2 - Modelo Cascada Puro o Secuencial para el Ciclo de Vida del Software

Algún cambio durante la ejecución de una cualquiera de las etapas en este modelo secuencial implicaría reiniciar desde el principio todo el ciclo completo, lo cual redundaría en altos costos de tiempo y desarrollo. La figura 2 muestra un posible esquema del modelo en cuestión.

Sin embargo, **el modelo cascada en algunas de sus variantes es uno de los actualmente más utilizados**, por su eficacia y simplicidad, más que nada en software de pequeño y algunos de mediano porte; pero nunca (o muy rara vez) se lo usa en su forma pura, como se dijo anteriormente.

En lugar de ello, siempre se produce alguna realimentación entre etapas, que no es completamente predecible ni rígida; esto da oportunidad al desarrollo de productos software en los cuales hay ciertas incertidumbres, cambios o evoluciones durante el ciclo de vida.

Así por ejemplo, una vez capturados (elicitados) y especificados los requisitos (primera etapa) se puede pasar al diseño del sistema, pero durante esta última fase lo más probable es que se deban realizar ajustes en los requisitos (aunque sean mínimos), ya sea por fallas detectadas, ambigüedades o bien por que los propios requisitos han cambiado o evolucionado; con lo cual **se debe retornar a la primera o previa etapa**, hacer los pertinentes reajustes y luego continuar nuevamente con el diseño; esto último se conoce como realimentación.

Lo normal en el modelo cascada será entonces la aplicación del mismo con sus etapas realimentadas de alguna forma, permitiendo retroceder de una a la anterior (e incluso poder saltar a varias anteriores) si es requerido.

De esta manera se obtiene un "**Modelo Cascada Realimentado**", que puede ser esquematizado como lo ilustra la figura 3.

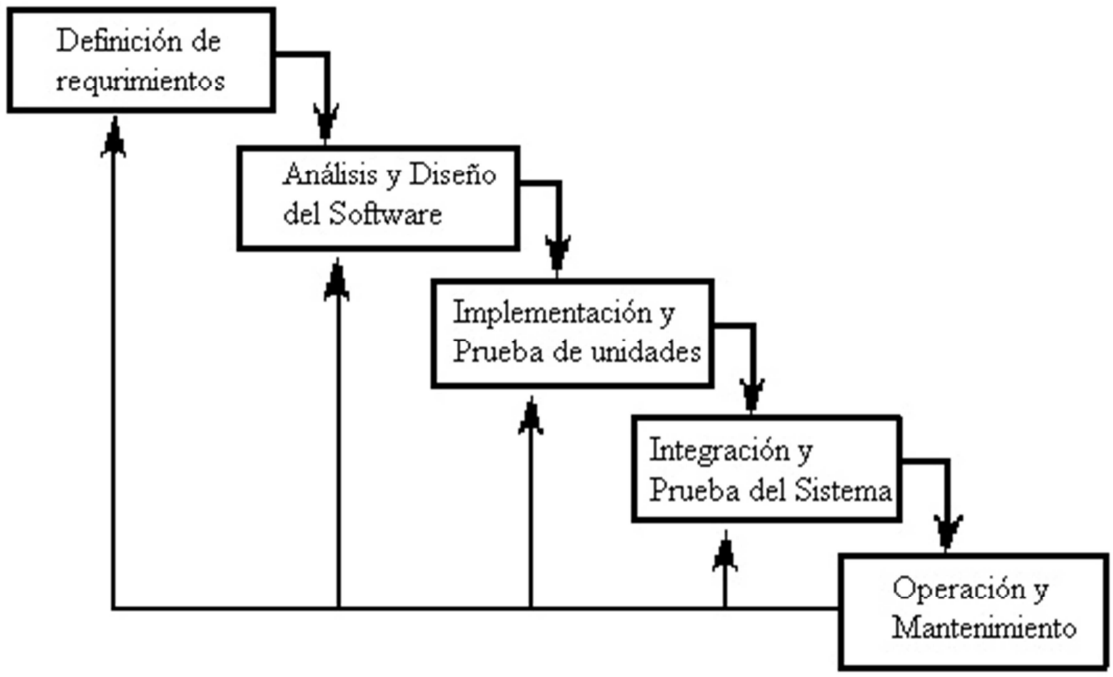


Fig. 3 - Modelo Cascada Realimentado para el Ciclo de Vida

Lo dicho es, a grandes rasgos, la forma y utilización de este modelo, uno de los más usados y populares. El modelo Cascada Realimentado resulta muy atractivo, hasta ideal,

si el proyecto presenta alta rigidez (pocos o ningún cambio, no evolutivo), los requisitos son muy claros y están correctamente especificados.

Hay más variantes similares al modelo: refino de etapas (más etapas, menores y más específicas) e incluso mostrar menos etapas de las indicadas, aunque en tal caso la faltante estará dentro de alguna otra. El orden de esas fases indicadas en el ítem previo es el lógico y adecuado, pero adviértase, como se dijo, que normalmente habrá realimentación hacia atrás.

El modelo lineal o en Cascada es el paradigma más antiguo y extensamente utilizado, sin embargo las críticas a él (ver desventajas) han puesto en duda su eficacia. **Pese a todo** tiene un lugar muy importante en la Ingeniería de software y **continúa siendo el más utilizado**; y siempre es mejor que un enfoque al azar.

Desventajas del Modelo Cascada:

•□Los cambios introducidos durante el desarrollo pueden confundir al equipo profesional en las etapas tempranas del proyecto. Si los cambios se producen en etapa madura (codificación o prueba) pueden ser catastróficos para un proyecto grande.

•□No es frecuente que el cliente o usuario final explicite clara y completamente los requisitos (etapa de inicio); y el modelo lineal lo requiere. La incertidumbre natural en los comienzos es luego difícil de acomodar.

•□El cliente debe tener paciencia ya que el software no estará disponible hasta muy avanzado el proyecto. Un error detectado por el cliente (en fase de operación) puede ser desastroso, implicando reinicio del proyecto con altos costos.

Modelos Evolutivos

El software evoluciona con el tiempo. Los requisitos del usuario y del producto suelen cambiar conforme se desarrolla el mismo. Las fechas de mercado y la competencia hacen que no sea posible esperar a poner en el mercado un producto absolutamente completo, por lo que se debe introducir una versión funcional limitada de alguna forma para aliviar las presiones competitivas.

En esas u otras situaciones similares los desarrolladores necesitan modelos de progreso que estén diseñados para acomodarse a una evolución temporal o progresiva, donde los requisitos centrales son conocidos de antemano, aunque no estén bien definidos a nivel

detalle.

En el modelo Cascada y Cascada Realimentado no se tiene en cuenta la naturaleza evolutiva del software, se plantea como estático con requisitos bien conocidos y definidos desde el inicio.

Los evolutivos son modelos iterativos, permiten desarrollar versiones cada vez más completas y complejas, hasta llegar al objetivo final deseado; incluso evolucionar más allá, durante la fase de operación.

Los modelos “Iterativo Incremental” y “Espiral” (entre otros) son dos de los más conocidos y utilizados del tipo evolutivo.

Modelo Iterativo Incremental

En términos generales, podemos distinguir, en la figura 4, los pasos generales que sigue el proceso de desarrollo de un producto software.

En el modelo de ciclo de vida seleccionado, se identifican claramente dichos pasos. La Descripción del Sistema es esencial para especificar y confeccionar los distintos incrementos hasta llegar al Producto global y final. Las actividades concurrentes (Especificación, Desarrollo y Validación) sintetizan el desarrollo pormenorizado de los incrementos, que se hará posteriormente.

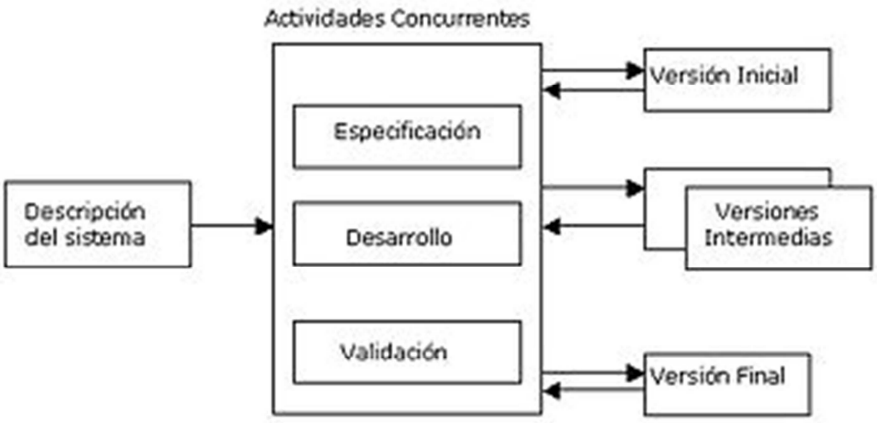


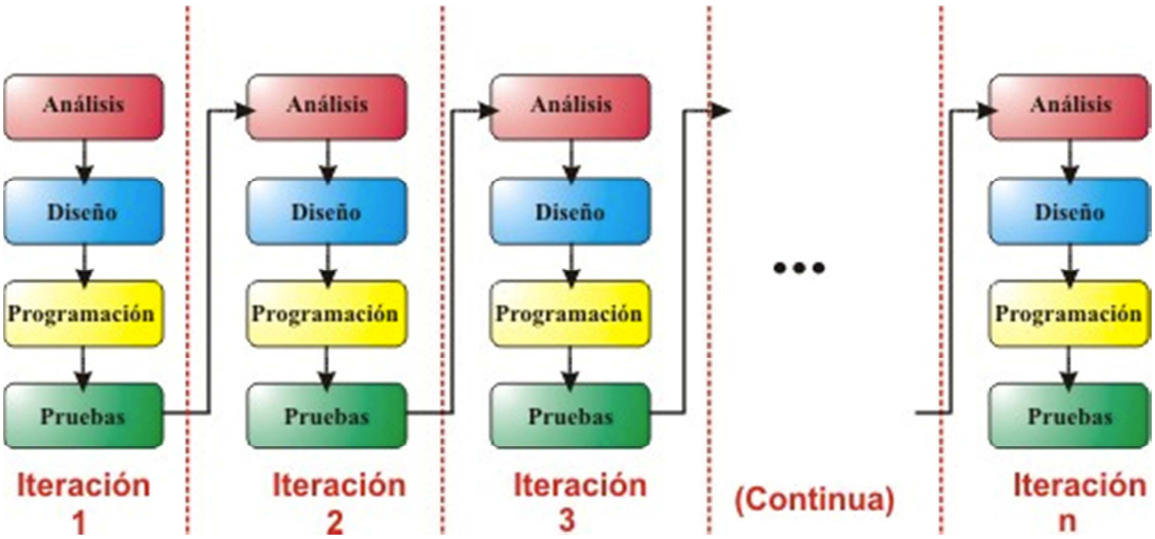
Fig. 4 - Diagrama genérico del Desarrollo Evolutivo Incremental

Fuente http://wwwisis.ufg.edu.sv/wwwisis/documentos/TEFLIP/378.17-A948a/HTML/assets/downloads/page0052.pdf

El diagrama 4 nos muestra en forma muy esquemática, el funcionamiento de un Ciclo

Iterativo Incremental, el cual permite la entrega de versiones parciales a medida que se va construyendo el producto final. Es decir, a medida que cada incremento definido llega a su etapa de operación y mantenimiento. Cada versión emitida incorpora a los anteriores incrementos las funcionalidades y requisitos que fueron analizados como necesarios. *El Incremental es un* ***modelo de tipo evolutivo*** *que está basado en varios ciclos Cascada realimentados aplicados repetidamente, con una filosofía iterativa.*

En la figura 5 se muestra un refino del diagrama previo, bajo un esquema temporal, para obtener finalmente el esquema del Modelo de ciclo de vida Iterativo Incremental, con sus actividades genéricas asociadas. Aquí se observa claramente cada ciclo cascada que es aplicado para la obtención de un incremento; estos últimos se van integrando para obtener el producto final completo. Cada incremento es un ciclo Cascada Realimentado, aunque, por simplicidad, en la figura 5 se muestra como secuencial puro.



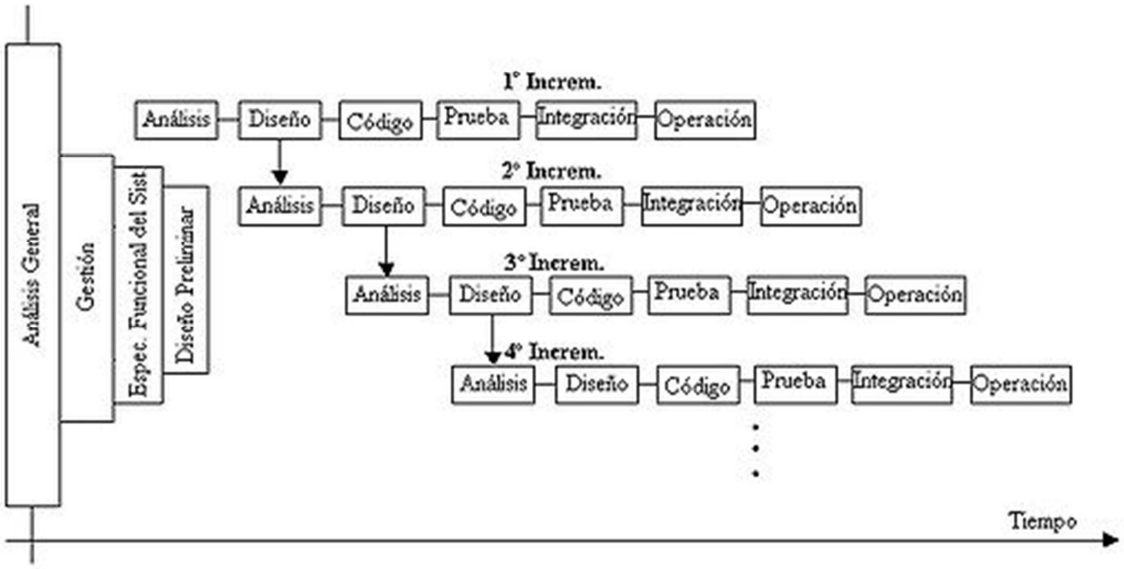


Fig. 5 - Modelo Iterativo Incremental para el ciclo de vida del software

Se observa que existen actividades de desarrollo (para cada incremento) que son realizadas en paralelo o concurrentemente, así por ejemplo, en la figura, mientras se realiza el diseño detalle del primer incremento ya se está realizando en análisis del segundo.

La figura 5 es sólo esquemática, un incremento no necesariamente se iniciará durante la fase de diseño del anterior, puede ser posterior (incluso antes), en cualquier tiempo de la etapa previa. Cada incremento concluye con la actividad de “Operación y Mantenimiento” (indicada "Operación" en la figura), que es donde se produce la entrega del producto parcial al cliente.

El momento de inicio de cada incremento es dependiente de varios factores: tipo de sistema; independencia o dependencia entre incrementos (dos de ellos totalmente independientes pueden ser fácilmente iniciados al mismo tiempo si se dispone de personal suficiente); capacidad y cantidad de profesionales involucrados en el desarrollo; etc.

Bajo este modelo se entrega software “por partes funcionales más pequeñas”, pero reutilizables, llamadas incrementos. En general cada incremento se construye sobre aquel que ya fue entregado.

Como se muestra en la figura 5, se aplican secuencias Cascada en forma escalonada, mientras progresa el tiempo calendario. Cada secuencia lineal o Cascada produce un incremento y a menudo el primer incremento es un sistema básico, con muchas funciones suplementarias (conocidas o no) sin entregar.

El cliente utiliza inicialmente ese sistema básico intertanto, el resultado de su uso y evaluación puede aportar al plan para el desarrollo del/los siguientes incrementos (o versiones). Además también aportan a ese plan otros factores, como lo es la priorización (mayor o menor urgencia en la necesidad de cada incremento) y la dependencia entre incrementos (o independencia).

Luego de cada integración se entrega un producto con mayor funcionalidad que el previo.

El proceso se repite hasta alcanzar el software final completo.

Siendo iterativo, *con el modelo Incremental se entrega un producto parcial pero completamente operacional en cada incremento*, y no una parte que sea usada para reajustar los requerimientos (como si ocurre en el Modelo de Construcción de Prototipos).
El enfoque Incremental resulta muy útil con baja dotación de personal para el desarrollo; también si no hay disponible fecha límite del proyecto por lo que se entregan versiones incompletas pero que proporcionan al usuario funcionalidad básica (y cada vez mayor). También es un modelo útil a los fines de evaluación.
Nota: Puede ser considerado y útil, en cualquier momento o incremento incorporar temporalmente el paradigma MCP como complemento, teniendo así una mixtura de modelos que mejoran el esquema y desarrollo general.

Ejemplo:
Un procesador de texto que sea desarrollado bajo el paradigma Incremental podría aportar, en principio, funciones básicas de edición de archivos y producción de

documentos (algo como un editor simple). En un segundo incremento se le podría agregar edición más sofisticada, y de generación y mezcla de documentos. En un tercer incremento podría considerarse el agregado de funciones de corrección ortográfica, esquemas de paginado y plantillas; en un cuarto capacidades de dibujo propias y ecuaciones matemáticas. Así sucesivamente hasta llegar al procesador final requerido.

Así, el producto va creciendo, acercándose a su meta final, pero desde la entrega del primer incremento ya es útil y funcional para el cliente, el cual observa una respuesta rápida en cuanto a entrega temprana; sin notar que la fecha límite del proyecto puede no estar acotada ni tan definida, lo que da margen de operación y alivia presiones al equipo de desarrollo.

Como se dijo, el Iterativo Incremental es un modelo del tipo evolutivo, es decir donde se permiten y esperan probables cambios en los requisitos en tiempo de desarrollo; se admite cierto margen para que el software pueda evolucionar. Aplicable cuando los requisitos son medianamente bien conocidos pero no son completamente estáticos y definidos, cuestión esa que si es indispensable para poder utilizar un modelo Cascada.

El modelo es aconsejable para el desarrollo de software en el cual se observe, en su etapa inicial de análisis, que posee áreas bastante bien definidas a cubrir, con suficiente independencia como para ser desarrolladas en etapas sucesivas.

Tales áreas a cubrir suelen tener distintos grados de apremio por lo cual las mismas se deben priorizar en un análisis previo, es decir, definir cual será la primera, la segunda, y así sucesivamente; esto se conoce como “definición de los incrementos” en base a priorización.

Pueden no existir prioridades funcionales por parte del cliente, pero el desarrollador debe fijarlas de todos modos y con algún criterio, ya que en base a ellas se desarrollarán y entregarán los distintos incrementos.

El hecho de que existan incrementos funcionales del software lleva inmediatamente a pensar en un **esquema de desarrollo modular**, por tanto este modelo facilita tal paradigma de diseño.

En resumen, un modelo Incremental lleva a pensar en un desarrollo modular, con entregas parciales del producto software denominados “incrementos” del sistema, que son escogidos en base a prioridades predefinidas de algún modo.

El modelo permite una implementación con refinamientos sucesivos (ampliación y/o mejora). Con cada incremento se agrega nueva funcionalidad o se cubren nuevos requisitos o bien se mejora la versión previamente implementada del producto software.

Este modelo brinda cierta flexibilidad para que durante el desarrollo se incluyan cambios en los requisitos por parte del usuario, un cambio de requisitos propuesto y aprobado puede analizarse e implementarse como un nuevo incremento o, eventualmente, podrá constituir una mejora/adecuación de uno ya planeado.

Aunque si se produce un cambio de requisitos por parte del cliente que afecte incrementos previos ya terminados (detección/incorporación tardía) *se debe evaluar la factibilidad y realizar un acuerdo con el cliente, ya que puede impactar fuertemente en los costos.*

La selección de este modelo permite realizar **entregas funcionales tempranas al cliente** (lo cual es beneficioso tanto para él como para el grupo de desarrollo). Se priorizan las entregas de aquellos módulos o incrementos en que surja la necesidad operativa de hacerlo, por ejemplo para cargas previas de información, indispensable para los incrementos siguientes.

El modelo Iterativo Incremental no obliga a especificar con precisión y detalle absolutamente todo lo que el sistema debe hacer, (y cómo), antes de ser construido (como el caso del cascada, con requisitos congelados). Sólo se hace en el incremento en desarrollo. Esto torna más manejable el proceso y reduce el impacto en los costos.

Esto es así, porque en caso de alterar o rehacer los requisitos, solo afecta una parte del sistema. Aunque, lógicamente, esta situación se agrava si se presenta en estado

avanzado, es decir en los últimos incrementos. *En definitiva, el modelo facilita la incorporación de nuevos requisitos durante el desarrollo.*
Con un paradigma Incremental se reduce el tiempo de desarrollo inicial, ya que se implementa funcionalidad parcial. También provee un impacto ventajoso frente al cliente, que es la entrega temprana de partes operativas del software.

El modelo proporciona todas las ventajas del modelo en cascada realimentado, reduciendo sus desventajas sólo al ámbito de cada incremento.

El modelo Incremental **no es recomendable** para casos de sistemas de tiempo real, de alto nivel de seguridad, de procesamiento distribuido, y/o de alto índice de riesgos.

Modelo Espiral
El Modelo Espiral fue propuesto inicialmente por Barry Boehm. Es un modelo evolutivo que conjuga la naturaleza iterativa del modelo MCP con los aspectos controlados y sistemáticos del Modelo Cascada. Proporciona potencial para desarrollo rápido de versiones incrementales.

En el modelo Espiral el software se construye en una serie de versiones incrementales. En las primeras iteraciones la versión incremental podría ser un modelo en papel o bien un prototipo. En las últimas iteraciones se producen versiones cada vez más completas del sistema diseñado

El modelo se divide en un número de Actividades de marco de trabajo, llamadas "**regiones de tareas**". En general existen entre tres y seis regiones de tareas (hay variantes del modelo). En la figura 6 se muestra el esquema de un Modelo Espiral con 6 regiones. En este caso se explica una variante del modelo original de Boehm, expuesto en su tratado de 1988; en 1998 expuso un tratado más reciente.

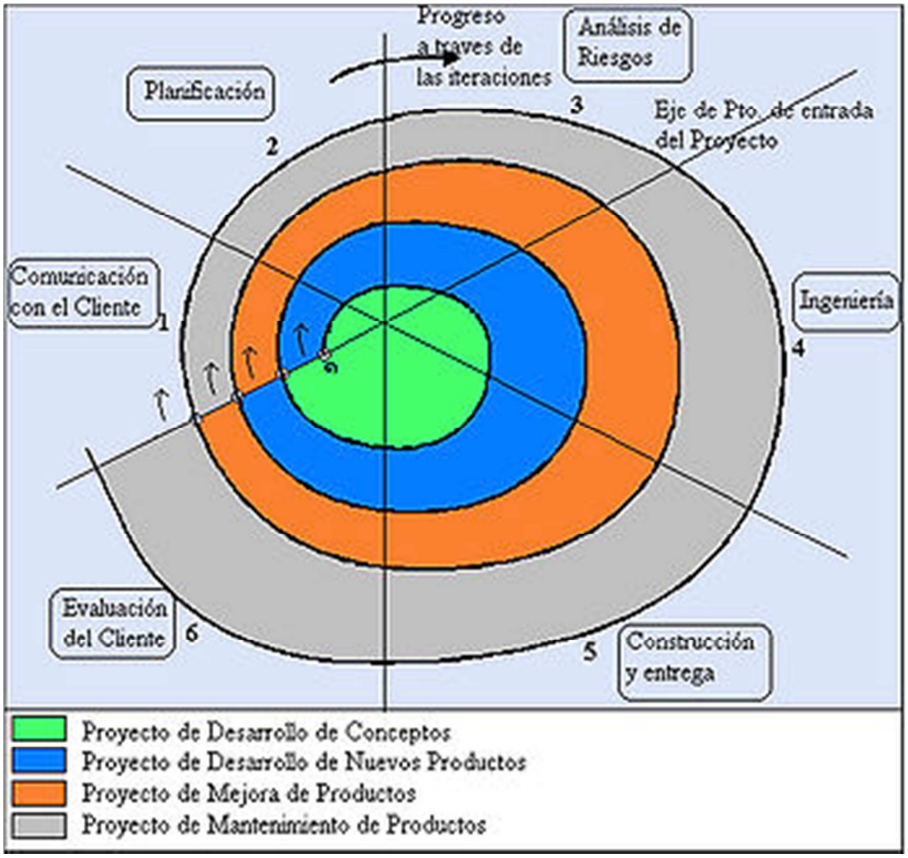


Fig. 6 - Modelo Espiral para el ciclo de vida del software Las regiones definidas en el modelo de la figura son:

•□Región 1 - Tareas requeridas para establecer la comunicación entre el cliente y el desarrollador.

•□Región 2 - Tareas inherentes a la definición de los recursos, tiempo y otra información relacionada con el proyecto.

•□Región 3 - Tareas necesarias para evaluar los riesgos técnicos y de gestión del proyecto.

•□Región 4 - Tareas para construir una o más *representaciones* de la aplicación software.

•□Región 5 - Tareas para construir la aplicación, instalarla, probarla y proporcionar soporte al usuario o cliente (Ej. documentación y práctica).

•□Región 6 - Tareas para obtener la reacción del cliente, según la evaluación de lo creado e instalado en los ciclos anteriores.

Las *Actividades enunciadas para el marco de trabajo son generales y se aplican a cualquier proyecto*, grande, mediano o pequeño, complejo o no. Las regiones que definen

esas actividades comprenden un "conjunto de tareas" del trabajo: ese conjunto **si** se debe adaptar a las características del proyecto en particular a emprender. Nótese que lo listado en los ítems de 1 a 6 son conjuntos de tareas, algunas de las ellas normalmente dependen del proyecto o desarrollo en si.

Proyectos pequeños requieren baja cantidad de tareas y también de formalidad. En proyectos mayores o críticos cada región de tareas contiene labores de más alto nivel de formalidad. En cualquier caso se aplican actividades de protección (por ejemplo, gestión de configuración del software, garantía de calidad, etc.).

Al inicio del ciclo, o proceso evolutivo, el equipo de ingeniería gira alrededor del espiral (metafóricamente hablando) comenzando por el centro (marcado con ⊙ en la figura 6) y en el sentido indicado; el primer circuito de la espiral puede producir el desarrollo de una especificación del producto; los pasos siguientes podrían generar un prototipo y progresivamente versiones más sofisticadas del software.

Cada paso por la región de planificación provoca ajustes en el plan del proyecto; el coste y planificación se realimentan en función de la evaluación del cliente. El gestor de proyectos debe ajustar el número de iteraciones requeridas para completar el desarrollo.

El modelo espiral puede ir adaptándose y aplicarse a lo largo de todo el ciclo de vida del software (en el modelo clásico, o cascada, el proceso termina a la entrega del software).

Una visión alternativa del modelo puede observarse examinando el "eje de punto de entrada de proyectos". Cada uno de los circulitos (⊙) fijados a lo largo del eje representan puntos de arranque de los distintos proyectos (relacionados); a saber:

- Un proyecto de "Desarrollo de Conceptos" comienza al inicio de la espiral, hace múltiples iteraciones hasta que se completa, es la zona marcada con verde.
- Si lo anterior se va a desarrollar como producto real, se inicia otro proyecto: "Desarrollo de nuevo Producto". Que evolucionará con iteraciones hasta culminar; es la zona marcada en color azul.
- Eventual y análogamente se generarán proyectos de "Mejoras de Productos" y de "Mantenimiento de productos", con las iteraciones necesarias en cada área (zonas roja y gris, respectivamente).

Cuando la espiral se caracteriza de esta forma, está operativa **hasta que el software se retira**, eventualmente puede estar inactivo (el proceso), pero cuando se produce un cambio el proceso arranca nuevamente en el punto de entrada apropiado (por ejemplo, en "Mejora del Producto").

El modelo espiral da un enfoque realista, que evoluciona igual que el software; se adapta muy bien para desarrollos a gran escala.

El Espiral utiliza el MCP para reducir riesgos y permite aplicarlo en cualquier etapa de la evolución. Mantiene el enfoque clásico (cascada) pero incorpora un marco de trabajo iterativo que refleja mejor la realidad.

Este modelo *requiere considerar riesgos técnicos* en todas las etapas del proyecto; aplicado adecuadamente debe reducirlos antes de que sean un verdadero problema.

El Modelo evolutivo como el Espiral es particularmente apto para el desarrollo de Sistemas Operativos (complejos); también en sistemas de altos riesgos o críticos (Ej. navegadores y controladores aeronáuticos) y en todos aquellos en que sea necesaria una fuerte gestión del proyecto y sus riesgos, técnicos o de gestión.

Desventajas importantes:

•□Requiere mucha experiencia y habilidad para la evaluación de los riesgos, lo cual es requisito para el éxito del proyecto.

•□Es difícil convencer a los grandes clientes que se podrá controlar este enfoque evolutivo.

Este modelo no se ha usado tanto, como el Cascada (Incremental) o MCP, por lo que no se tiene bien medida su eficacia, es un paradigma relativamente nuevo y difícil de implementar y controlar.

Modelo Espiral Win & Win

[Recopilado de https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&cad=rja&uact=8&ved=0CEEQFjAH&url=http%3A%2F%2Fcursos.aiu.edu%2FIngenieria%2520de%2520Software%2520Avanzada%2FPDF%2FTema%25202.pdf&ei=ExUgVJm4IMiPyASrmoGQCQ&usg=AFQjCNENUuPdAByrOYKKoabT8ztcZawWIA&sig2=6ELh9VWf50uqyXZb8y5Xxw&bvm=bv.76477589,d.aWw]

Una variante interesante del Modelo Espiral previamente visto (Fig. 6) es el "Modelo

Espiral Win-Win" (Barry Boehm). El Modelo Espiral previo (clásico) sugiere la comunicación con el cliente para fijar los requisitos, en que simplemente se pregunta al cliente qué necesita y él proporciona la información para continuar; pero esto es en un contexto ideal que rara vez ocurre. Normalmente cliente y desarrollador entran en una negociación, se negocia coste frente a funcionalidad, rendimiento, calidad, etc.
"Es así que la obtención de requisitos requiere una negociación, que tiene éxito cuando ambas partes ganan".

Las mejores negociaciones se fuerzan en obtener "Victoria & Victoria" (Win & Win), es decir que el cliente gane obteniendo el producto que lo satisfaga, y el desarrollador también gane consiguiendo presupuesto y fecha de entrega realista. Evidentemente, este modelo requiere fuertes habilidades de negociación.

El modelo Win-Win (ganar – ganar) define un conjunto de actividades de negociación al principio de cada paso alrededor de la espiral; se definen las siguientes actividades:
1 - Identificación del sistema o subsistemas clave de los directivos (*) (saber qué quieren).
2 - Determinación de "condiciones de victoria" de los directivos (saber qué necesitan y los satisface)
3 - Negociación de las condiciones "victoria" de los directivos para obtener condiciones "Victoria & Victoria" (negociar para que ambos ganen).

(*) Directivo: Cliente escogido con interés directo en el producto, que puede ser premiado por la organización si tiene éxito o criticado si no.

El modelo Win & Win hace énfasis en la negociación inicial, también introduce 3 hitos en el proceso llamados "puntos de fijación", que ayudan a establecer la completitud de un ciclo de la espiral, y proporcionan hitos de decisión antes de continuar el proyecto de desarrollo del software.

Etapas en el Desarrollo de Software: Captura, Análisis y Especificación de requisitos

Al inicio de un desarrollo (no de un proyecto), esta es la primera fase que se realiza, y, según el modelo de proceso adoptado, puede casi terminar para pasar a la próxima etapa (caso de Modelo Cascada Realimentado) o puede hacerse parcialmente para luego

retomarla (caso Modelo Iterativo Incremental u otros de carácter evolutivo).

En simple palabras y básicamente, durante esta fase, se adquieren, reúnen y especifican las características funcionales y no funcionales que deberá cumplir el futuro programa o sistema a desarrollar.

Las bondades de las características, tanto del sistema o programa a desarrollar, como de su entorno, parámetros no funcionales y arquitectura dependen enormemente de lo bien lograda que esté esta etapa. Esta es, probablemente, la de mayor importancia y una de las fases más difíciles de lograr **certeramente**, pues no es automatizable, no es muy técnica y depende en gran medida de la habilidad y experiencia del analista que la realice. Involucra fuertemente al usuario o cliente del sistema, por tanto tiene matices muy subjetivos y es difícil de modelar con certeza y/o aplicar una técnica que sea "la más cercana a la adecuada" (de hecho no existe "la estrictamente adecuada").

Si bien se han ideado varias metodologías, incluso software de apoyo, para captura, elicitación y registro de requisitos, no existe una forma infalible o absolutamente confiable, y deben aplicarse conjuntamente buenos criterios y mucho sentido común por parte del o los analistas encargados de la tarea; es fundamental también lograr una fluida y adecuada comunicación y comprensión con el usuario final o cliente del sistema.

El artefacto más importante resultado de la culminación de esta etapa es lo que se conoce como Especificación de Requisitos Software o simplemente documento **ERS**.

Como se dijo, la habilidad del analista para interactuar con el cliente es fundamental; lo común es que el cliente tenga un objetivo general o problema a resolver, no conoce en absoluto el área (informática), ni su jerga, ni siquiera sabe con precisión qué debería hacer el producto software (qué y cuantas funciones) ni, mucho menos, cómo debe operar.

En otros casos menos frecuentes, el cliente "piensa" que sabe precisamente lo que el software tiene que hacer, y generalmente acierta muy parcialmente, pero su empecinamiento entorpece la tarea de elicitación. El analista debe tener la capacidad para

lidiar con este tipo de problemas, que incluyen relaciones humanas; tiene que saber ponerse al nivel del usuario para permitir una adecuada comunicación y comprensión.

Escasas son las situaciones en que el cliente sabe con certeza e incluso con completitud lo que requiere de su futuro sistema, este es el caso más sencillo para el analista.

La tareas relativas a captura, elicitación, modelado y registro de requerimientos, además de ser sumamente importante, puede llegar a ser dificultosa de lograr acertadamente y llevar bastante tiempo relativo al proceso total del desarrollo; al proceso y metodologías para llevar a cabo este conjunto de actividades normalmente se las asume parte propia de la Ingeniería de Software, pero dada la antedicha complejidad, actualmente se habla de una Ingeniería en Requisitos , aunque ella aún no existe formalmente.

Hay grupos de estudio e investigación, en todo el mundo, que están exclusivamente abocados a la idear modelos, técnicas y procesos para intentar lograr la correcta captura, análisis y registro de requerimientos. Estos grupos son los que normalmente hablan de la Ingeniería en Requisitos; es decir se plantea ésta como un área o disciplina pero no como una carrera universitaria en si misma.

Algunos requisitos no necesitan la presencia del cliente, para ser capturados y/o analizados; en ciertos casos los puede proponer el mismo analista o, incluso, adoptar unilateralmente decisiones que considera adecuadas (tanto en requerimientos funcionales como no funcionales). Por citar ejemplos probables:

Algunos requisitos sobre la arquitectura del sistema, requisitos no funcionales tales como los relativos al rendimiento, nivel de soporte a errores operativos, plataformas de desarrollo, relaciones internas o ligas entre la información (entre registros o tablas de datos) a almacenar en caso de bases o bancos de datos, etc. Algunos funcionales tales como opciones secundarias o de soporte necesarias para una mejor o más sencilla operatividad; etc.

La obtención de especificaciones a partir del cliente (u otros actores intervinientes) es un proceso humano muy interactivo e iterativo; normalmente a medida que se captura la información, se la analiza y realimenta con el cliente, refinándola, puliéndola y corrigiendo

si es necesario; cualquiera sea el método de ERS utilizado. EL analista siempre debe llegar a conocer la temática y el problema a resolver, dominarlo, hasta cierto punto, hasta el ámbito que el futuro sistema a desarrollar lo abarque.
Por ello el analista debe tener alta capacidad para comprender problemas de muy diversas áreas o disciplinas de trabajo (que no son específicamente suyas); así por ejemplo, si el sistema a desarrollar será para gestionar información de una aseguradora y sus sucursales remotas, el analista se debe compenetrar en cómo ella trabaja y maneja su información, desde niveles muy bajos e incluso llegando hasta los gerenciales.

Dada a gran diversidad de campos a cubrir, los analistas suelen ser asistidos por especialistas, es decir gente que conoce profundamente el área para la cual se desarrollará el software; evidentemente una única persona (el analista) no puede abarcar tan vasta cantidad de áreas del conocimiento. En empresas grandes de desarrollo de productos software, es común tener analistas especializados en ciertas áreas de trabajo.

Contrariamente, no es problema del cliente, es decir él no tiene por qué saber nada de software, ni de diseños, ni otras cosas relacionadas; sólo se debe limitar a aportar objetivos, datos e información (de mano propia o de sus registros, equipos, empleados, etc.) al analista, y guiado por él, para que, en primera instancia, defina el "**Universo de Discurso**", y con posterior trabajo logre confeccionar el adecuado documento ERS.

Es bien conocida la presión que sufren los desarrolladores de sistemas informáticos para comprender y/o rescatar las necesidades de los clientes/usuarios. Cuanto más complejo es el contexto del problema más difícil es lograrlo, a veces se fuerza a los desarrolladores a tener que convertirse en casi expertos de los dominios que analizan.

Cuando esto no sucede es muy probable que se genere un conjunto de requisitos erróneos o incompletos y por lo tanto un producto de software con alto grado de desaprobación por parte de los clientes/usuarios y un altísimo costo de reingeniería y mantenimiento.

> *Todo aquello que no se detecte, o resulte mal entendido en la etapa inicial provocará un fuerte impacto negativo en los requisitos, propagando esta corriente degradante a lo largo de todo el proceso de desarrollo e*

incrementando su perjuicio cuanto más tardía sea su detección (Bell y Thayer 1976) (Davis 1993).

Procesos, modelado y formas de elicitación de requisitos

Siendo que la captura, elicitación y especificación de requisitos, es una parte crucial en el proceso de desarrollo de software, ya que de esta etapa depende el logro de los objetivos finales previstos, se han ideado modelos y diversas metodologías de trabajo para estos fines. También existen herramientas software que apoyan las tareas relativas realizadas por el ingeniero en requisitos.

El estándar IEEE 830-1998 brinda una normalización de las "Prácticas Recomendadas para la Especificación de Requisitos Software" .

A medida que se obtienen los requisitos, normalmente se los va analizando, el resultado de este análisis, con o sin el cliente, se plasma en un documento, conocido como ERS o Especificación de Requisitos Software, cuya estructura puede venir definida por varios estándares, tales como CMM-I.

Un primer paso para realizar el relevamiento de información es el conocimiento y definición acertada lo que se conoce como "Universo de Discurso" del problema, que se define y entiende por:

Universo de Discurso (UdeD): es el contexto general en el cual el software deberá ser desarrollado y deberá operar. El UdeD incluye todas las fuentes de información y todas las personas relacionadas con el software. Esas personas son conocidas también como **actores** de ese universo. El UdeD es la realidad circunstanciada por el conjunto de objetivos definidos por quienes demandaron el software.

A partir de la extracción y análisis de información en su ámbito se obtienen todas las especificaciones necesarias y tipos de requisitos para el futuro producto software.

El objetivo de la Ingeniería de Requisitos (IR) es sistematizar el proceso de definición de

requisitos permitiendo elicitar, modelar y analizar el problema, generando un compromiso entre los Ingenieros de Requisitos y los clientes/usuarios, ya que ambos participan en la generación y definición de los requisitos del sistema. La IR aporta un conjunto de métodos, técnicas y herramientas que asisten a los ingenieros de requisitos (analistas) para obtener requerimientos lo más seguros, veraces, completos y oportunos posibles, permitiendo básicamente:

- Comprender el problema
- Facilitar la obtención de las necesidades del cliente/usuario
- Validar con el cliente/usuario
- Garantizar las especificaciones de requisitos

Si bien existen diversas formas, modelos y metodologías para elicitar, definir y documentar requerimientos, no se puede decir que alguna de ellas sea mejor o peor que la otra, suelen tener muchísimo en común, y todas cumplen el mismo objetivo. Sin embargo, lo que si se puede decir sin dudas es que es indispensable utilizar alguna de ellas para documentar las especificaciones del futuro producto software.

Así por ejemplo, hay un grupo de investigación argentino que desde hace varios años ha propuesto y estudia el uso del LEL (Léxico Extendido del Lenguaje) y Escenarios como metodología, aquí se presenta una de las tantas referencias y bibliografía sobre ello. Otra forma, más ortodoxa, de capturar y documentar requisitos se puede obtener en detalle, por ejemplo, en el trabajo de la Universidad de Sevilla sobre "Metodología para el Análisis de Requisitos de Sistemas Software" .

En la Fig. 7 se muestra un esquema, más o menos riguroso, aunque no detallado, de los pasos y tareas a seguir para realizar la captura, análisis y especificación de requerimientos software. También allí se observa qué artefacto o documento se obtiene en cada etapa del proceso. En el diagrama no se explicita metodología o modelo a utilizar, sencillamente se pautan las tareas que deben cumplirse, de alguna manera.

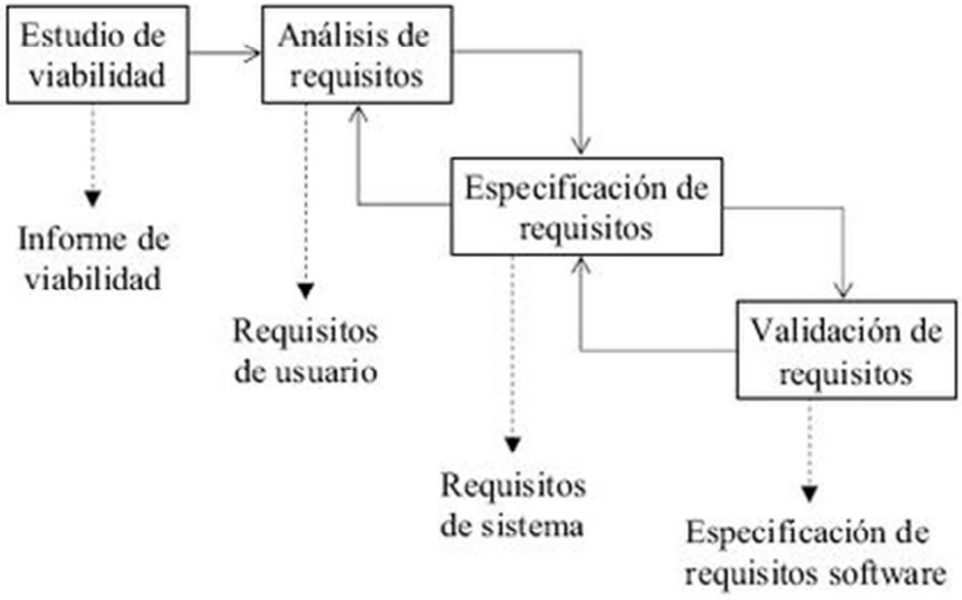


Fig. 7 - Diagrama de tareas para captura y análisis de Requisitos

Una posible lista, general y ordenada, de tareas recomendadas para obtener la definición de lo que se debe realizar, los productos a obtener y las técnicas a emplear durante la actividad de elicitación de requisitos, en fase de Especificación de Requisitos Software es:

•□1 - Obtener información sobre el dominio del problema y el sistema

•□actual (UdeD).

•□2 - Preparar y realizar las reuniones para elicitación/negociación.

•□3 - Identificar/revisar los objetivos del usuario.

•□4 - Identificar/revisar los objetivos del sistema.

•□5 - Identificar/revisar los requisitos de información.

•□6 - Identificar/revisar los requisitos funcionales.

•□7 - Identificar/revisar los requisitos no funcionales.

•□8 - Priorizar objetivos y requisitos.

Algunos principios básicos a tener en cuenta:

•□Presentar y entender cabalmente el dominio de la información del problema.

•□Definir correctamente las funciones que debe realizar el Software.

•□Representar el comportamiento del software a consecuencias de acontecimientos externos, particulares, incluso inesperados.

•□Reconocer requisitos incompletos, ambiguos o contradictorios.
•□Dividir claramente los modelos que representan la información, las funciones y comportamiento y características no funcionales.

Clasificación e identificación de requerimientos Se pueden identificar **dos formas** de requisitos:

•□Requisitos de usuario.

Los requisitos de usuario son frases en lenguaje natural junto a diagramas con los **servicios que el sistema** debe proporcionar, así como las restricciones bajo las que debe operar.

•□Requisitos de sistema.

Los requisitos de sistema determinan los **servicios del sistema** y
pero con las restricciones en detalle. Sirven como contrato. Es decir, ambos son lo mismo, pero con distinto nivel de detalle.

- Ejemplo de requisito de usuario: El sistema debe hacer préstamos
- Ejemplo de requisito de sistema: Función préstamo: entrada código socio, código ejemplar; salida: fecha devolución; etc.

Se clasifican en tres los tipos de requisitos de sistema:

•□1 - Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales describen:

- Los servicios que proporciona el sistema (funciones).
- La respuesta del sistema ante determinadas entradas.
- El comportamiento del sistema en situaciones particulares.

•□2 - Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales son restricciones de los servicios o funciones que ofrece el sistema (Ej. cotas de tiempo, proceso de desarrollo, rendimiento, etc.)

Ejemplo 1. La biblioteca Central debe ser capaz de atender simultáneamente a todas las bibliotecas de la Universidad

Ejemplo 2. El tiempo de respuesta a una consulta remota no debe ser superior a 1/2 s

A su vez, hay **tres tipos** de requisitos no funcionales:

- Requisitos del producto. Especifican el comportamiento del producto (Ej. prestaciones, memoria, tasa de fallos, etc.)
- Requisitos organizativos. Se derivan de las políticas y procedimientos de las organizaciones de los clientes y desarrolladores (Ej. estándares de proceso, lenguajes de programación, etc.)
- Requisitos externos. Se derivan de factores externos al sistema y al proceso de desarrollo (Ej. requisitos legislativos, éticos, etc.)

- 3 - Requisitos del dominio.

  Los requisitos del dominio se derivan del dominio de la aplicación y reflejan características de dicho dominio.

  Pueden ser funcionales o no funcionales.

Ej. El sistema de biblioteca de la Universidad debe ser capaz de exportar datos mediante el Lenguaje de Intercomunicación de Bibliotecas de España (LIBE).

Ej. El sistema de biblioteca no podrá acceder a bibliotecas con material censurado.

Diseño del Sistema

Codificación del software

Durante esta la etapa se realizan las tareas que comúnmente se conocen como programación; que consiste, esencialmente, en llevar a código fuente, en el lenguaje de programación elegido, todo lo diseñado en la fase anterior. Esta tarea la realiza el programador, siguiendo por completo los lineamientos impuestos en el diseño y en consideración siempre a los requisitos funcionales y no funcionales (ERS) especificados en la primera etapa.

Es común pensar que la etapa de programación o codificación (algunos la llaman implementación) es la que insume la mayor parte del trabajo de desarrollo del software; sin embargo, esto puede ser relativo (y generalmente aplicable a sistemas de pequeño porte) ya que las etapas previas son cruciales, críticas y pueden llevar bastante más tiempo. Se suele hacer estimaciones de un 30% del tiempo total insumido en la programación, pero esta cifra no es consistente ya que depende en gran medida de las características del sistema, su criticidad y el lenguaje de programación elegido. En tanto menor es el nivel del lenguaje mayor será el tiempo de programación requerido, así por ejemplo se tardaría más tiempo en codificar un algoritmo en Assembly que el mismo

programado en lenguaje C.

Mientras se programa la aplicación, sistema, o software en general, se realizan también tareas de depuración, esto es la labor de ir liberando al código de los errores factibles de ser hallados en esta fase (de semántica, sintáctica y lógica). Hay una suerte de solapamiento con la fase siguiente, ya que para depurar la lógica es necesario realizar pruebas unitarias, normalmente con datos de prueba; claro es que no todos los errores serán encontrados sólo en la etapa de programación, habrán otros que se encontrarán durante las etapas subsiguientes. La aparición de algún error funcional (mala respuesta a los requerimientos) eventualmente puede llevar a retornar a la fase de diseño antes de continuar la codificación.

Durante la fase de programación, el código puede adoptar varios estados, dependiendo de la forma de trabajo y del lenguaje elegido, a saber:

- Código fuente: es el escrito directamente por los programadores en editores de texto, lo cual genera el programa. Contiene el conjunto de instrucciones codificadas en algún lenguaje de alto nivel. Puede estar distribuido en paquetes, procedimientos, librerías fuente, etc.

- **Código objeto:** es el código binario o intermedio resultante de procesar con un compilador el código fuente. Consiste en una **traducción completa** y de una sola vez de éste último. El código objeto no es inteligible por el ser humano (normalmente es formato binario) pero tampoco es directamente ejecutable por la computadora. Se trata de una representación intermedia entre el código fuente y el código ejecutable, a los fines de un enlace final con las rutinas de librería y entre procedimientos o bien para su uso con un pequeño intérprete intermedio [a modo de distintos ejemplos véase EUPHORIA, (intérprete intermedio), FORTRAN (compilador puro) *MSIL (Microsoft Intermediate Language)* (intérprete) y BASIC (intérprete puro, intérprete intermedio, compilador intermedio o compilador puro, depende de la versión utilizada)].

El código objeto **no existe** si el programador trabaja con un lenguaje **a modo de intérprete puro**, en este caso el mismo intérprete se encarga de traducir y ejecutar línea por línea el código fuente (de acuerdo al flujo del programa), en tiempo de ejecución. En este caso **tampoco existe** el o los archivos de código ejecutable. Una desventaja de esta

modalidad es que la ejecución del programa o sistema es un poco más lenta que si se hiciera con un intérprete intermedio, y bastante más lenta que si existe el o los archivos de código ejecutable. Es decir no favorece el rendimiento en velocidad de ejecución. Pero una gran ventaja de la modalidad intérprete puro, es que el esta forma de trabajo facilita enormemente la tarea de depuración del código fuente (frente a la alternativa de hacerlo con un compilador puro). Frecuentemente se suele usar una forma mixta de trabajo (si el lenguaje de programación elegido lo permite), es decir inicialmente trabajar a modo de intérprete puro, y una vez depurado el código fuente (liberado de errores) se utiliza un compilador del mismo lenguaje para obtener el código ejecutable completo, con lo cual se agiliza la depuración y la velocidad de ejecución se optimiza.

•□**Código ejecutable**: Es el código binario resultado de enlazar uno o más fragmentos de código objeto con las rutinas y librerías necesarias. Constituye uno o más archivos binarios con un formato tal que el sistema operativo es capaz de cargarlo en la memoria RAM (eventualmente también parte en una memoria virtual), y proceder a su ejecución directa. Por lo anterior se dice que el código ejecutable es directamente "inteligible por la computadora". El código ejecutable, también conocido como código máquina, no existe si se programa con modalidad de "intérprete puro".

Pruebas (unitarias y de integración)

Entre las diversas pruebas de software se encuentran:

•□Prueba unitaria: Consiste en probar o testear piezas de software elementales. Dichas pruebas se utilizan para asegurar el correcto funcionamiento de secciones de código reducidas.

•□Pruebas de integración: Se realizan una vez que las pruebas unitarias fueron concluidas; con estas se intenta asegurar que el sistema o los subsistemas que componen las piezas individuales del software funcionen correctamente al operar en conjunto.

Instalación y paso a Producción

La instalación del software es el proceso por el cual los programas desarrollados son transferidos apropiadamente al computador destino, inicializados, y, eventualmente, configurados; todo ello con el propósito de ser ya utilizados por el usuario final. Constituye

la etapa final en el desarrollo propiamente dicho del software. Luego de ésta el producto entrará en la fase de funcionamiento y producción, para el que fuera diseñado.
La instalación, dependiendo del sistema desarrollado, puede consistir en una simple copia al disco rígido destino (casos raros actualmente); o bien, más comúnmente, con una de complejidad intermedia en la que los distintos archivos componentes del software (ejecutables, librerías, datos propios, etc.) son descomprimidos y copiados a lugares específicos preestablecidos del disco; incluso se crean vínculos con otros productos, además del propio sistema operativo. Este último caso, comúnmente es un proceso bastante automático que es creado y guiado con herramientas software específicas (empaquetado y distribución, instaladores).

En productos de mayor complejidad, la segunda alternativa es la utilizada, pero es realizada y/o guiada por especialistas; puede incluso requerirse la instalación en varios y distintos computadores (instalación distribuida).
También, en software de mediana y alta complejidad normalmente es requerido un proceso de configuración y chequeo, por el cual se asignan adecuados parámetros de funcionamiento y se testea la operatividad funcional del producto.
En productos de venta masiva las instalaciones completas, si son relativamente simples, suelen ser realizadas por los propios usuarios finales (tales como sistemas operativos, paquetes de oficina, utilitarios, etc.) con herramientas propias de instalación guiada; incluso la configuración suele ser automática. En productos de diseño específico o "a medida" la instalación queda restringida, normalmente, a personas especialistas involucradas en el desarrollo del software en cuestión.
Una vez realizada exitosamente la instalación del software, el mismo pasa a la fase de producción (operatividad), durante la cual cumple las funciones para las que fue desarrollado, es decir, es finalmente utilizado por el (o los) usuario final, produciendo los resultados esperados.