



Revista Andaluza de Archivos

La documentación de ingeniería y las nuevas tecnologías de la información / *Engineering Records and New Information Technologies*

Antonio Martín Navarro
Catedrático de Ingeniería de la Construcción
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
amartin@esi.us.es

Resumen

En primer lugar, se describen las características específicas de la documentación técnica asociada a las actividades de ingeniería y arquitectura, y su evolución a lo largo del tiempo.

El segundo aspecto tratado, es el impacto que las nuevas tecnologías de la información han tenido en el tratamiento de la información técnica y su correspondiente documentación.

Finalmente, se realiza un somero análisis de las tendencias futuras en el ámbito de la gestión de la información (datos y conocimiento).

Abstract

First, the specific characteristics of the technical documentation associated to engineering and architecture activities, and its time evolution, are described.

The second treated aspect, is the impact that the new information technologies have had in the processing of the technical data, and its corresponding documentation.

Finally, it is made a brief analysis of the future tendencies in the scope of information (data and knowledge).

Palabras clave: TIC – Proyectos de Ingeniería y Arquitectura – Sistemas CAD – PLM

Keywords: ITC – Projects Management – CAD Systems -- PLM

1. Introducción

En general, los procesos asociados a la documentación y archivo de información pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

- * Generación
- * Almacenamiento
- * Transmisión
- * Manipulación

Por otro lado, es preciso concretar el tipo de información utilizado en dichos procesos, esto es, responder a las preguntas:

- ¿Que documentación se utiliza?
- ¿Qué contenidos tiene?
- ¿Qué usuarios la utilizan?
- ¿Qué usos tiene?
- ¿Qué soportes se utilizan?
- ¿Qué herramientas se utilizan?

En el caso de la ingeniería, antes de poder responder a dichas cuestiones, es preciso en primer lugar establecer claramente sus objetivos.

La Real Academia Española define la ingeniería como:

- 1.- *f. Estudio y aplicación, por especialistas, de las diversas ramas de la tecnología.*
- 2.- *f. Actividad profesional del ingeniero.*

Ampliando dicha definición, podemos entender la ingeniería como: **El conjunto de conocimientos y de técnicas que permiten aplicar el saber científico a la utilización de la materia y de las fuentes de energía, mediante invenciones o construcciones útiles para el hombre.**

En definitiva, las actividades del ingeniero van encaminadas a resolver los problemas planteados por el hombre, que previamente no hayan sido resueltos de forma natural por la propia naturaleza, utilizando para ello la ciencia y la técnica disponible en cada momento, en lugar del mecanismo de evolución natural que emplea la naturaleza.



Resolución de problemas

Así pues, **los procesos de documentación y archivo en ingeniería se traducen en Generación, Uso, y Transmisión de Conocimiento Técnico en general, necesarios para realizar las tareas asociadas a la propia ingeniería.**

Es evidente que dichos procesos han sufrido diferentes cambios a lo largo del tiempo. La descripción de estos cambios, y el impacto que las nuevas tecnologías de la información han tenido en ellos es el objeto de esta ponencia.

2. Los primeros tiempos

La transmisión de información en forma documental entre los humanos ha sido una actividad primordial desde los inicios de la existencia del hombre, que ha utilizado básicamente tres vehículos, a saber:

- *El lenguaje gráfico
- *El lenguaje simbólico
- *El Lenguaje escrito

De cada uno de estos sistemas existen vestigios y documentos muy diversos y conocidos, tales como las pinturas rupestres, que pueden considerarse como las primeras representaciones gráficas



El lenguaje gráfico: Las pinturas rupestres

Un avance posterior es el que suponen los lenguajes simbólicos, como precedentes a la escritura basada en alfabetos.



El lenguaje simbólico. La escritura cuneiforme

Entre los distintos usos del lenguaje, el asociado a la transmisión de información técnica ha sido uno de ellos, sobretodo el uso en agrimensura y arquitectura.



Fig. 31.—Escritor del antiguo Egipto, con la cinta o «cintura» y la tabla de escribir, que apoya sobre el brazo izquierdo. Detrás de la cintura, o atravesando su cintura, lleva dos ciltanos. A la derecha, arriba, un objeto que se supone es el ciltano. En la parte, algunos jeroglíficos.

El lenguaje escrito. La piedra de Rosetta

Como primera manifestación del uso en arquitectura e ingeniería puede citarse el considerado como el primer plano del que ha quedado constancia: la planta de un zigurat (templo de configuración escalonada) esculpido sobre un tablero de dibujo (y acompañado de los utensilios utilizados para dibujarlo), que forma parte de la estatua del rey mesopotámico Gudea de Lagash que se encuentra en el Louvre y datada en el año 2130 A.C.



El lenguaje gráfico. Planta de un zigurat. Año 2130 A.C.

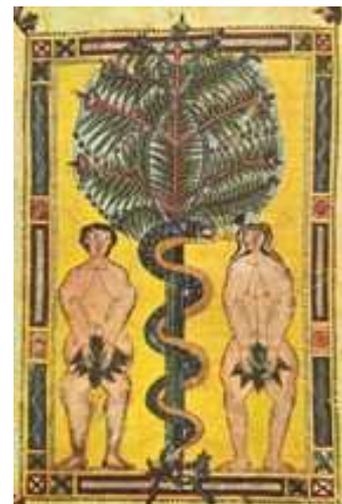
Finalmente, aparece la necesidad de transmitir información y conocimientos geométricos. Por ejemplo, fue el pueblo egipcio, quien como fruto de las mediciones en el Valle del Nilo y de las

necesidades surgidas de la construcción de las pirámides, desarrolló los primeros fundamentos de la Ciencia Geométrica. El papiro atribuido al egipcio Ahmes (1650 a.C) y conservado en el British Museum, es uno de los documentos más antiguos que se conocen sobre la transmisión de conocimientos geométricos. Este escriba egipcio, redactó, en un papiro de 33 por 548 cm., una exposición de contenido geométrico dividida en cinco partes que abarcan: la aritmética, la estereotomía, la geometría y el cálculo de pirámides. En él, se explica como construir un triángulo cuyos lados están en la relación 3,4, 5, y se llega incluso a dar un valor aproximado al numero pi.



El lenguaje gráfico-escrito. El papiro de Ahmes. Año 1650 a.C.

En cuanto al tipo de soportes utilizados, aun cuando pueden considerarse variados, quizás la evolución se ha plasmado en el uso inicial de la piedra, para pasar posteriormente al papiro y el pergamino.



Los soportes. El papiro y el pergamino

Por último, respecto a las herramientas, la evolución ha ido unida al soporte utilizado, pasando del punzón al cálamo de caña, al posteriormente al cálamo de pluma de ave.

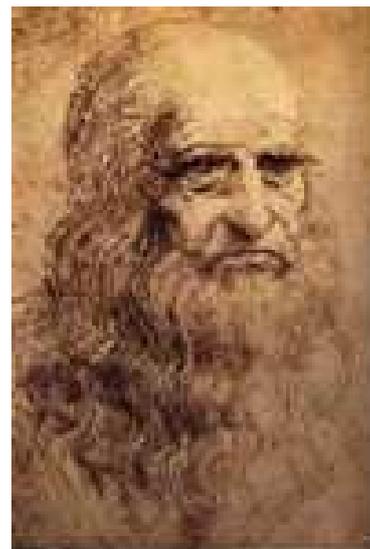


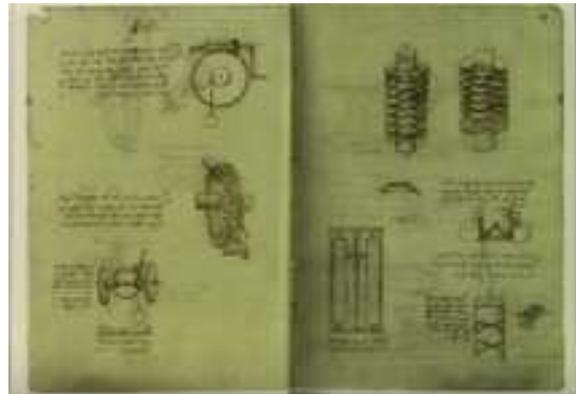
Las herramientas

3. El período clásico

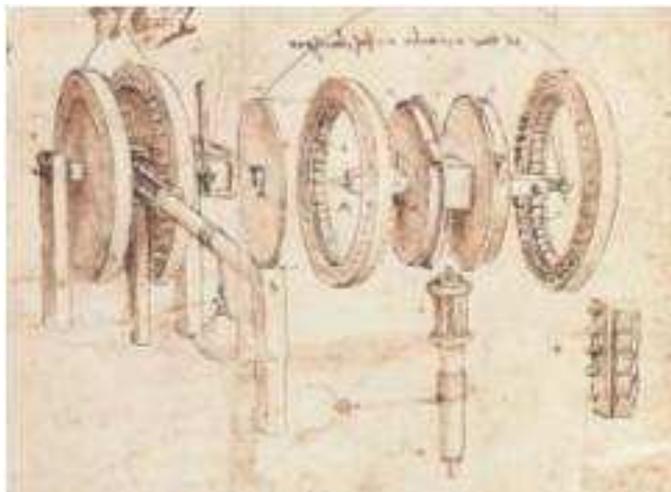
La evolución del lenguaje gráfico y escrito, una vez superada la etapa previa a la creación de los alfabetos puede considerarse desde el punto de vista tecnológico como muy estable, llegándose a una alta capacidad de representación de la información necesaria en arquitectura e ingeniería, especialmente en lo que se refiere a la representación gráfica y geométrica.

Respecto a los usuarios de la documentación técnica, podemos considerar que ésta se utiliza únicamente por un número muy reducido de personas, a su vez organizadas generalmente alrededor de la figura de un “maestro”, el cual era depositario de la información (datos y conocimiento), constituyendo “escuelas” o “talleres” propios, con sus métodos y técnicas de trabajo específicos, diferentes entre ellas, y con muy poca intercomunicación. Quizás el caso más significativo de esta situación en el ámbito de la ingeniería puede ser el de Leonardo da Vinci.



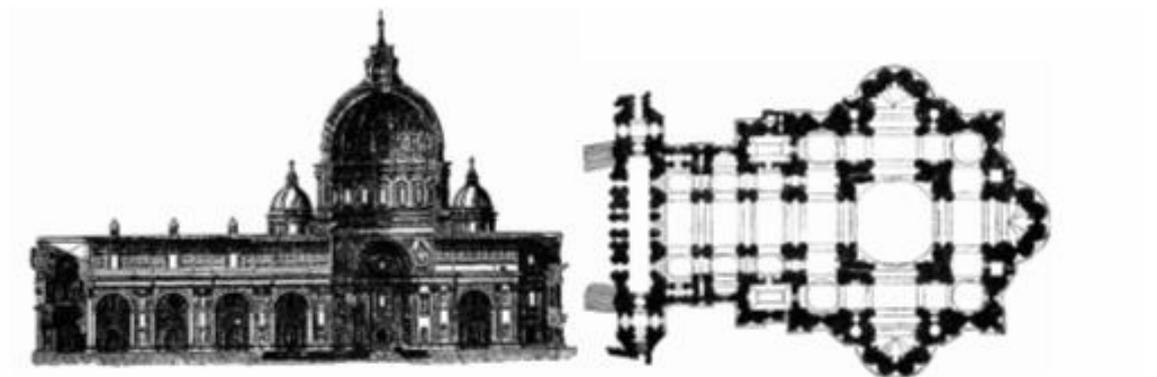


La documentación técnica de ingeniería. Los Códices de Leonardo de Vinci



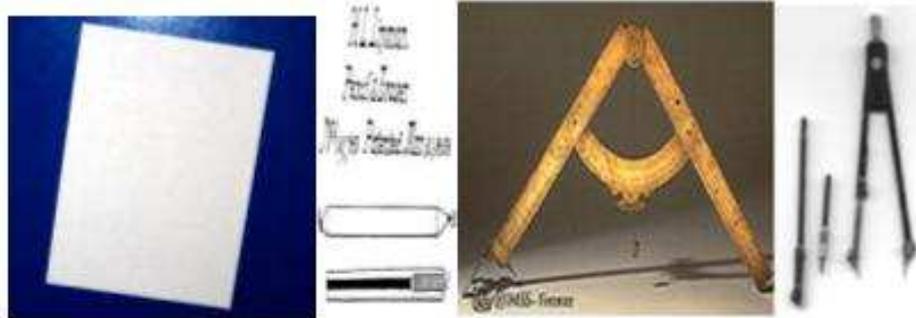
Perspectiva explotada de una máquina. Codex Atlanticus. Leonardo da Vinci

En cuanto a los soportes, se introduce de manera generalizada el uso del papel, aunque muy lentamente, ya que su descubrimiento se atribuye a Tsi Lun, un oficial del emperador chino de la dinastía Han, en el año 105 d.C., pero su difusión en Occidente fue debida a los árabes a partir de 751 d.C., y hasta los siglos X y XI no empieza realmente a ser usado en Europa y, con todo, tardará en desplazar al pergamino.



La documentación técnica de arquitectura. Los planos de la Catedral de San Pedro.

Respecto a las herramientas, se sustituye progresivamente la pluma de ave por la pluma metálica, inventada por el mecánico francés Arnoux, y finalmente por el lápiz de grafito de Faber.



Para la escritura, se usan tintas y tinteros, y para los dibujos se perfeccionan los compases y se introducen los primeros transportadores de ángulos y los juegos de escuadra y cartabón.

4. La época moderna. La Revolución Industrial

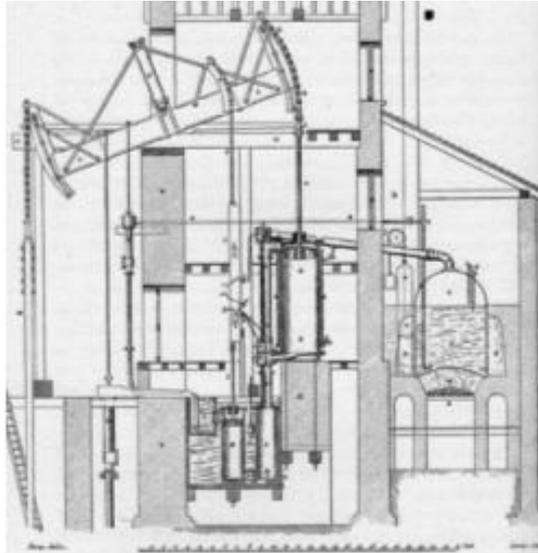
En el siglo XVII la ciencia experimenta un progreso impresionante, con las aportaciones de grandes figuras como Kepler, Galileo, Newton, etc. Ello es el origen del posterior desarrollo tecnológico que se produce durante el siglo XVIII, y que tiene como consecuencia la transformación radical de las actividades de ingeniería y Arquitectura.

Desde el punto de vista de la documentación técnica, estas transformaciones tienen evidentes repercusiones, que pueden sintetizarse en tres aspectos básicos.

- En primer lugar, el desarrollo de los conocimientos científicos generales modifica sustancialmente la forma en la que éstos se transmiten, pasándose de la organización clásica de “talleres de autor”, a la creación de escuelas institucionales con estudios generales organizados. Francia fue el primer país en reconocer esta transformación con la creación en primer lugar de la “Academia des Beaux Arts”, fundada en 1670, y posteriormente de otras como la “École des Ponts et Chaussées” en 1747 o la École Polytechnique de Paris en 1794. En España Agustín de Betancourt y Molina consiguió que se creara en 1802 la Escuela Oficial del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, teniendo su primera sede en el Palacio del Buen Retiro.



- En segundo lugar, la aplicación de los conocimientos recientemente formalizados, permite la invención de máquinas que mejoraban los procesos productivos. La máquina de vapor inventada y desarrollada por Watt en 1768, inicia la denominada Primera Revolución Industrial.



Plano de la máquina de vapor de Watt. 1788

- Finalmente, la necesidad de compartir generalizadamente la información por muchos usuarios, provoca la sistematización de ésta, y la aparición del fenómeno de la normalización. La implantación del sistema métrico decimal en Francia en 1800, y la creación del sistema de roscas de Joseph Whitworth en Inglaterra en 1841, pueden considerarse como los hitos que marcaron el comienzo de la normalización. En 1946, delegados de 25 países deciden crear la Organización Internacional de Normalización, ISO, cuyo objeto sería “facilitar la coordinación internacional y unificación de las normas industriales”, entidad que sigue siendo actualmente la más importante en el campo de la normalización.

El resultado de estas transformaciones es que la documentación técnica modifica radicalmente su estructura y contenido, ya que tanto la descripción de los conceptos, como la simbología y la representación gráfica de la información están fuertemente sistematizadas a través de las especificaciones recogidas en la normativa técnica desarrollada, que es de carácter internacional, y de uso generalizado.

Así, en cualquiera de los ámbitos técnicos de interés se establecen una serie de normativas que son de aplicación general, y que especifican al menos:

- Los conceptos involucrados en el ámbito de interés, a través de un glosario de términos con sus correspondientes definiciones.
- La información mínima que debe ser aplicada/utilizada.
- La simbología alfabética y gráfica aplicable.

Ello supone que toda la documentación que se genera debe seguir dichas reglas normativas, lo que hace que ésta pueda ser utilizada de forma generalizada por cualquier persona que conozca dichas normativas, independientemente de quién haya generado dicha documentación.

Quizás el ejemplo más significativo de este nuevo esquema de generación, almacenamiento, transmisión, y manipulación de documentos, es el de la normativa vigente en relación a la elaboración de documentación en ingeniería y arquitectura.

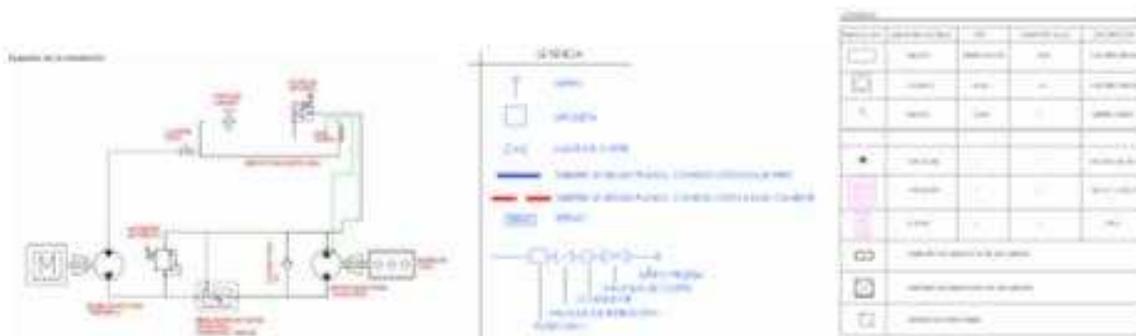
Así, la R.A.E. establece la siguiente definición:

PROYECTO: Conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura ó de ingeniería.

La normativa general que afecta a este concepto es la **UNE 157001: Criterios Generales para la Elaboración de Proyectos**, que efectivamente recoge tanto los conceptos generales como la forma en que debe ser desarrollada la documentación asociada a cualquier proyecto.

<p>norma española</p> <p>UNE 157001</p> <p>Índice (200)</p> <p>Índice Criterios generales para la elaboración de proyectos</p>	<p>0 INTRODUCCIÓN</p> <p>1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN</p> <p>2. NORMAS PARA CONSULTA</p> <p>3. DEFINICIONES</p> <p>4. REQUISITOS GENERALES</p> <p>5. ÍNDICE GENERAL</p> <p>6. MEMORIA</p> <p>7. ANEXOS</p> <p>8. PLANOS</p> <p>8. PLIEGO DE CONDICIONES</p> <p>9. ESTADO DE MEDICIONES</p> <p>11. PRESUPUESTO</p> <p>12. ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA</p>
---	--

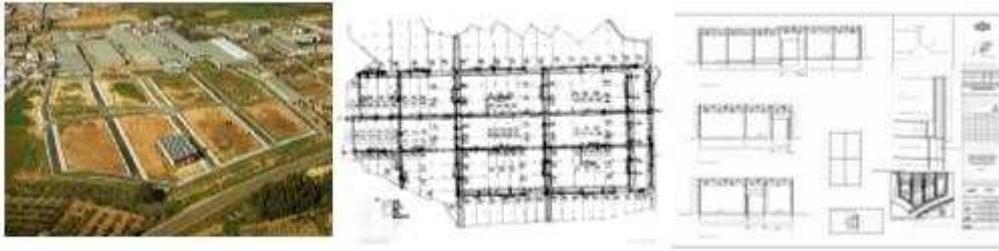
En cuanto a la información gráfica de los proyectos, la normativa es muy extensa, tanto en los aspectos de representación gráfica general como en los correspondientes a la simbología aplicable en cada uno de los ámbitos de interés (eléctrico, mecánico, químico, etc.).



Representación Técnica. Dibujo Industrial

DOCUMENTACIÓN TÉCNICA. PLANOS

UNE 1027, UNE 1032, UNE 1035, UNE 1039, UNE 1089-1, UNE 1089-2, UNE 1135, UNE 1166-1, UNE-EN ISO 3098-0, UNE-EN ISO 3098-2, UNE-EN ISO 3098-3, UNE-EN ISO 3098-4, UNE-EN ISO 3098-5, UNE-EN ISO 3098-6, UNE-EN ISO 5455, UNE-EN ISO 5456-1, UNE-EN ISO 5456-2, UNE-EN ISO 5456-3, UNE-EN ISO 5457, UNE-EN ISO 6433, UNE-EN ISO 10209-2, UNE-EN ISO 11442-1, UNE-EN ISO 11442-2, UNE-EN ISO 11442-3, UNE-EN ISO 11442-4, UNE-EN ISO 81714-1.



Documentación técnica. Planos. Simbología

En relación al soporte, el papel es ya utilizado de manera totalmente generalizada, pero la aparición de la maquinaria de imprenta y la utilización de las rotativas y de los distintos métodos de impresión como la flexografía, litografía, offset, etc, han supuesto una enorme transformación en la difusión y uso de la documentación en formato de libros y manuales, siendo ello de especial importancia en el ámbito técnico.



4. La época contemporánea. El ordenador

La aparición del ordenador a mediados del siglo XX, ha supuesto una nueva revolución en todos los ámbitos, equivalente a la ya mencionada revolución industrial, apareciendo en este caso la nueva Tecnología de la Información y las Comunicaciones (TIC).

<p style="text-align: center;">ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer)</p> <p>Fue el primer ordenador digital totalmente electrónico. Construido en la Universidad de Pensilvania entre 1943 y 1946, siguió funcionando hasta 1955. El ENIAC contenía 18.000 válvulas de vacío, y pesaba 30 toneladas. Su velocidad de cálculo era de varios cientos de multiplicaciones por minuto. Para programarlo había que cambiar manualmente el cableado.</p>	
--	--

Desde el punto de vista de la documentación técnica de ingeniería y arquitectura los cambios han sido trascendentales, básicamente por dos cuestiones:

- Utilización de un nuevo soporte para la documentación: el soporte digital
- La aparición de un nuevo agente no humano: el ordenador.

En definitiva, es preciso resolver una serie de problemas no existentes hasta este momento, asociados fundamentalmente a la comunicación entre el hombre y el nuevo agente, el ordenador, y a la intercomunicación entre los propios ordenadores.

La primera cuestión fundamental a tener en consideración es que el entorno computacional de los ordenadores es digital, esto es, toda la información es manipulada por los procesadores internamente en formato binario (0,1). Así pues, es preciso definir una correspondencia entre el sistema de representación humano y dicho sistema binario.

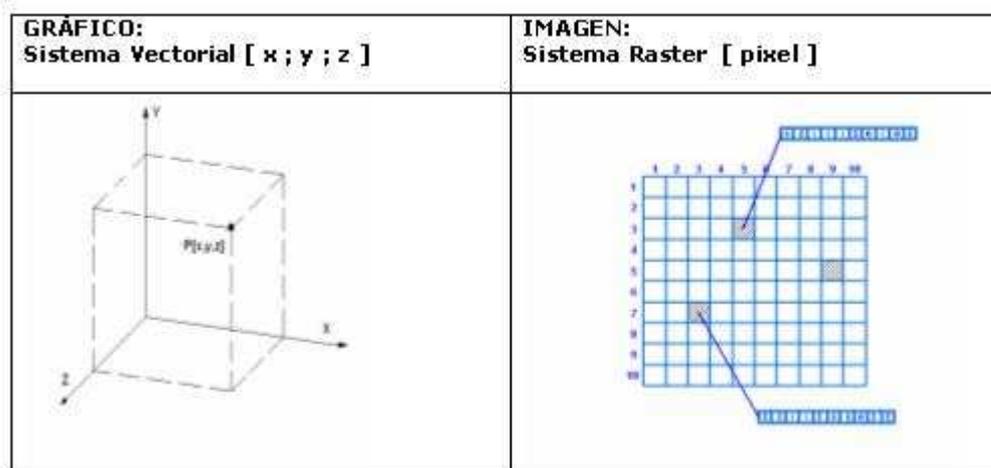
Este aspecto fue resuelto primeramente mediante la definición del denominado código **ASCII** (*American Standard Code for Information Interchange*, Código Estadounidense Estándar para el Intercambio de Información), y finalmente por la correspondiente norma internacional **ISO / IEC 10646** (Conjunto de Caracteres Universal **UNICODE**), que es un estándar industrial de codificación de caracteres diseñado para facilitar el tratamiento informático, transmisión y visualización de textos de múltiples lenguajes y disciplinas técnicas además de textos clásicos de lenguas muertas.

Simbolo	Hex.								
A	41	0	1	0	0	0	0	0	1
Z	5A	0	1	0	1	1	0	1	0
0	30	0	0	1	1	0	0	0	0
9	39	0	0	1	1	1	0	0	1

Respecto a los sistemas de representación gráfica, también se normalizan mediante la asignación de conjuntos de bytes (unidad básica de representación binaria formada por 8 bit [0,1]) a los valores decimales de las coordenadas de los puntos (Sistema Vectorial).

Finalmente para la representación de información de imágenes en forma binaria se adopta un esquema similar, esto es, asignando a cada punto de la imagen un conjunto de bytes normalizado en función de la intensidad de los colores básicos (Sistema Ráster).

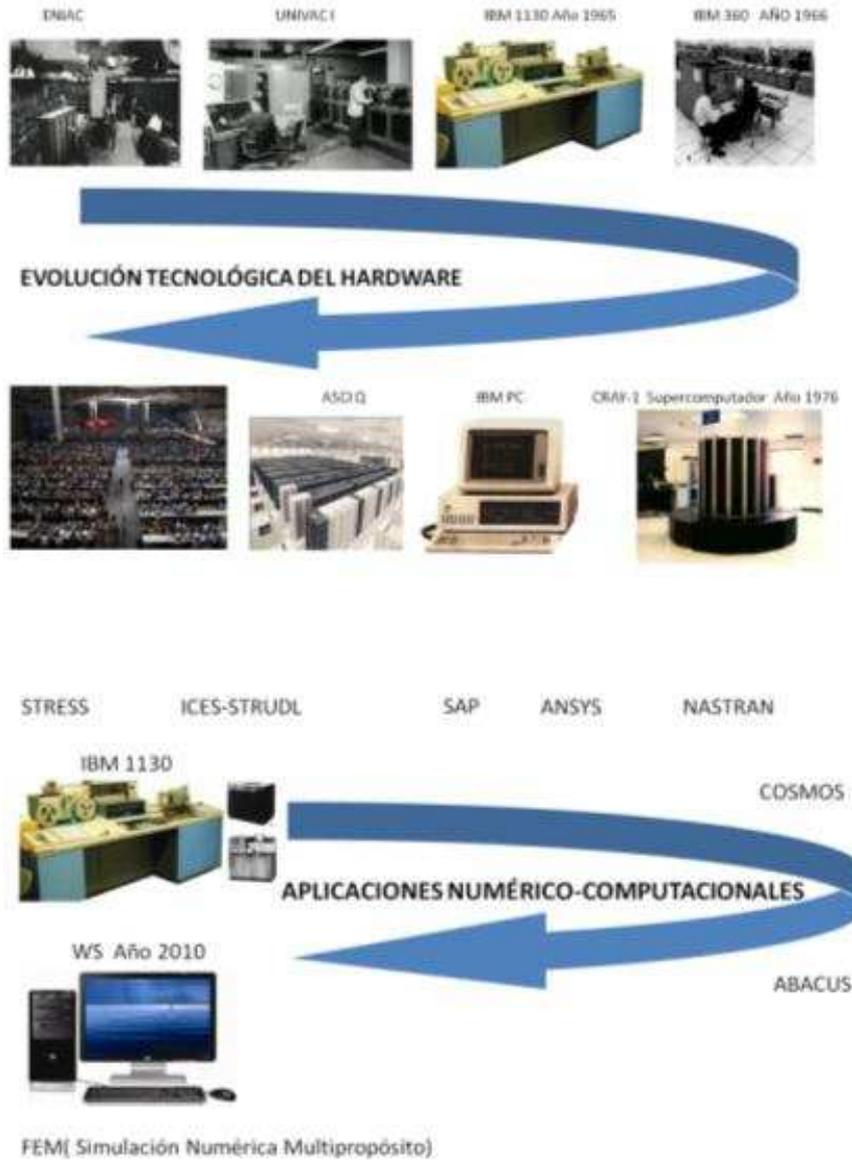
Así pues, con estas normalizaciones se resuelve el problema de representación de todo tipo de información documental en el ámbito digital.



En cuanto a la manipulación de la información digital es preciso resolver al menos dos aspectos:

- La interacción máquina-máquina
- La interacción hombre-máquina

La primera de las cuestiones es de carácter técnico puramente informático, mientras que la segunda es una cuestión mucho más general y compleja, que admite una gran diversidad de posibles soluciones. Ello además se asocia a la evolución de la capacidad de los ordenadores, que ha tenido como consecuencia, por un lado su utilización para la resolución de problemas cada vez mas complejos y ambiciosos, y por otro lado, su uso en todo tipo de actividades por personas en general, sin ninguna restricción en relación a sus conocimientos técnicos de esta nueva herramienta.



Desde el punto de vista documental, puede considerarse que en la actualidad se ha conseguido que prácticamente todas las actividades técnicas de ingeniería y arquitectura se desarrollan adecuadamente utilizando el ordenador tanto como herramienta de trabajo como de soporte, gracias a la normalización que ha trasladado los mecanismos de desarrollo de proyectos tradicionales al ámbito del ordenador.





5. La época contemporánea. Las nuevas TIC's

El continuo avance de los sistemas computacionales están permitiendo que se desarrollen nuevas formas de abordar los problemas, diferentes a las tradicionales, como ha sido el caso de las telecomunicaciones, donde la telefonía móvil y en fenómeno de internet han modificado sustancialmente los hábitos y métodos de comunicación.

En el caso de las actividades de ingeniería y arquitectura también se han producido cambios muy sustanciales en la forma de abordar el desarrollo de proyectos.



HARDWARE AÑO 2010 EQUIPO DE TRABAJO



HARDWARE AÑO 2010 PERIFÉRICOS

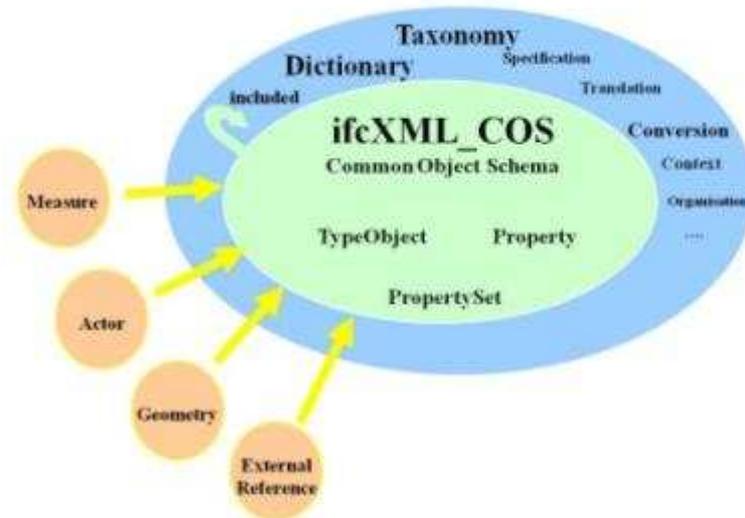
La primera y más evidente transformación ha sido la posibilidad de trabajar con el concepto de la tridimensionalidad directamente, esto es, sin necesidad de “simular” las tres dimensiones del mundo real en una representación bidimensional. Ello ha sido posible, por un lado, por la

potencia de los ordenadores, y por otro por la aparición de nuevas herramientas que permiten tratar las tres dimensiones, los denominados **SISTEMAS DE CAD – 3D**.



En definitiva, esta nueva forma de trabajo ha tenido como consecuencia que la documentación gráfica tradicional basada en representaciones bidimensionales transmitidas en forma de planos, sea sustituida paulatinamente por una **Representación Geométrica Modelos Tridimensionales**. Esto es, se sustituyen los documentos tradicionales (planos 2-D) por modelos CAD 3-D, cuya información de manipula directamente en su representación digital tridimensional normalizada (p.e. IFC), y consecuentemente, la documentación correspondiente queda afectada en la misma manera.

MODELADO EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
bcXML Meta-Schema V1.2.1-ID

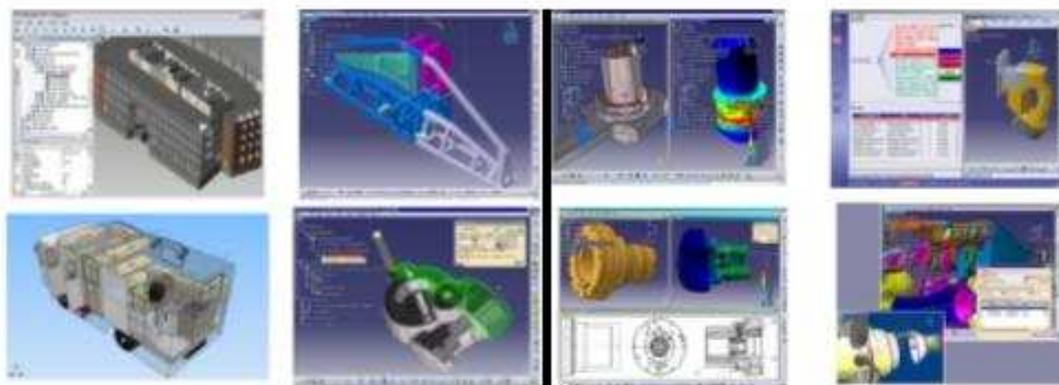


Otro efecto significativo que la potencia y diversidad de las nuevas TIC’s ha producido, es la utilización simultánea de toda la información asociada a las actividades de ingeniería y arquitectura, eliminando la “sectorización” de la información en función de dichas actividades.

Así, las nuevas plataformas informáticas PDM y últimamente PLM, permiten manipular todo tipo de información asociada a los productos y procesos definidos en el correspondiente Ciclo de Vida de manera integrada, y por todos los agentes involucrados, tanto personas como ordenadores.



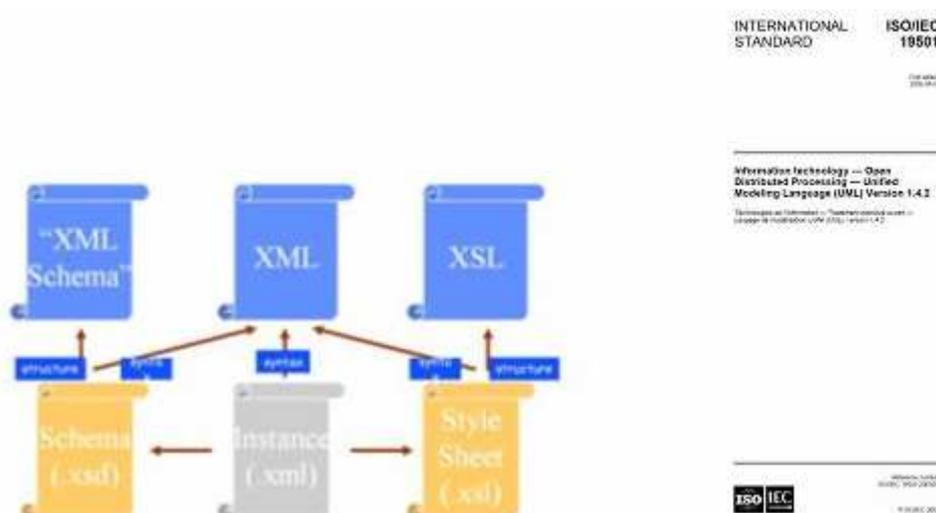
PDM (Product Data Management), PLM (Product Lifecycle Management)



APLICACIONES GENERALES DE INGENIERÍA.



Al igual que en los casos anteriores, estos cambios de metodologías han supuesto una transformación en la forma de generar y manipular la documentación correspondiente, que se realiza directamente en su representación digital integrada de toda la información asociada, independientemente de sus contenidos (texto, gráficos, modelos 3D, imágenes, etc.), su especialidad, la actividad o proceso que la utiliza, y utilizando la misma herramienta-soporte. Todo ello ha necesitado asimismo de la generación de nuevas normativas que regulen dichos entornos, talles como la **NORMA ISO 10303**, o los estándares **UML y XML**.



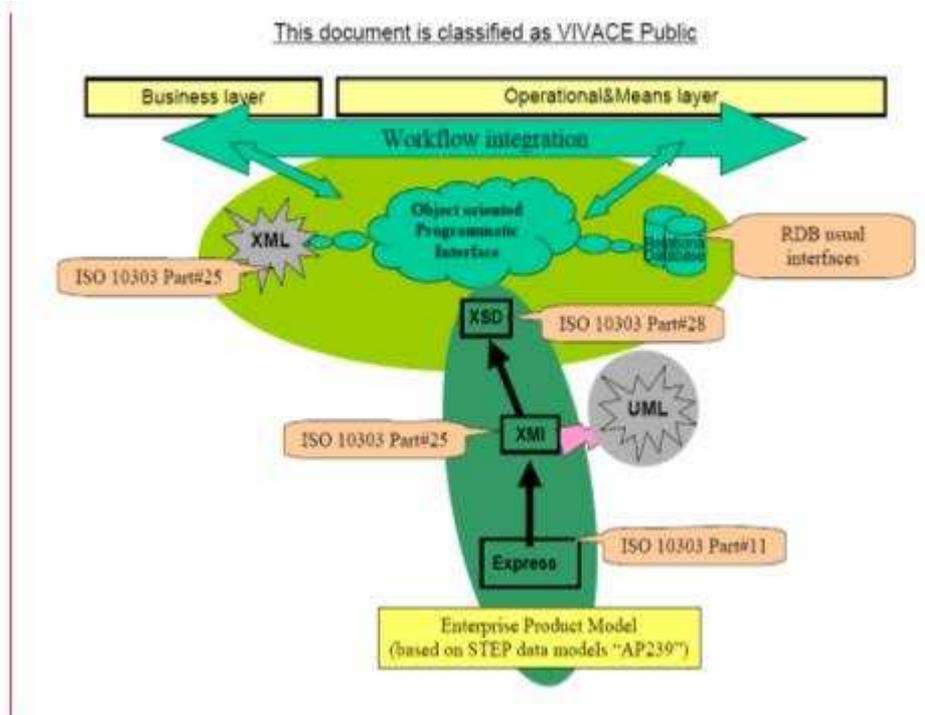
6. El futuro próximo

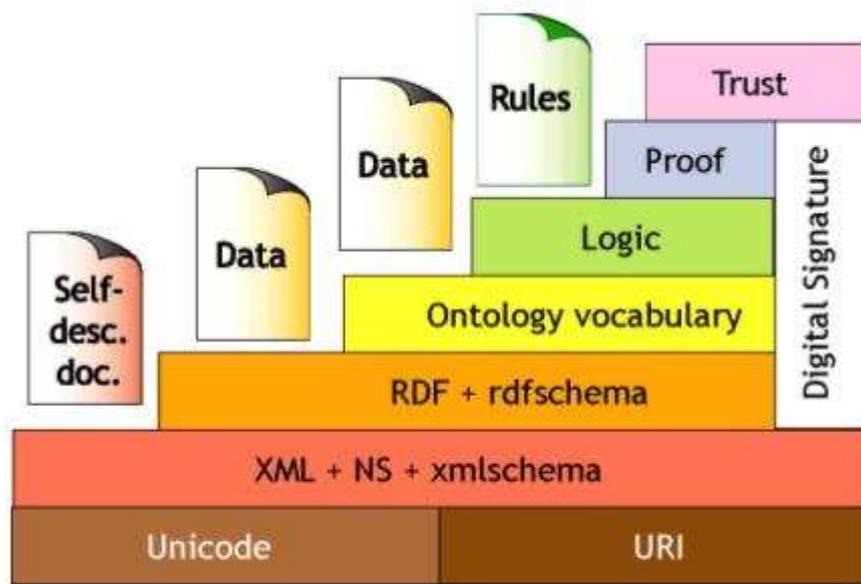
La evolución en los próximos años estará asociada a los futuros cambios tecnológicos previstos, analizados y planificados en nuestro entorno dentro de las denominadas Plataformas Tecnológicas Europeas.



De estas previsiones se deduce que la documentación asociada a las actividades de ingeniería y arquitectura evolucionará fundamentalmente en dos aspectos:

- Desde el punto de vista de la información de los productos, se desarrollarán nuevas formas de manipulación de información asociadas a los conceptos de realidad virtual (*Digital Factories* y *Virtual Factories*).
- La aparición de la denominada sociedad del conocimiento deberá traducirse en la necesidad de normalizar la representación del conocimiento en sí mismo, y consecuentemente, la documentación sobre el conocimiento se transformará radicalmente en su forma de expresión.



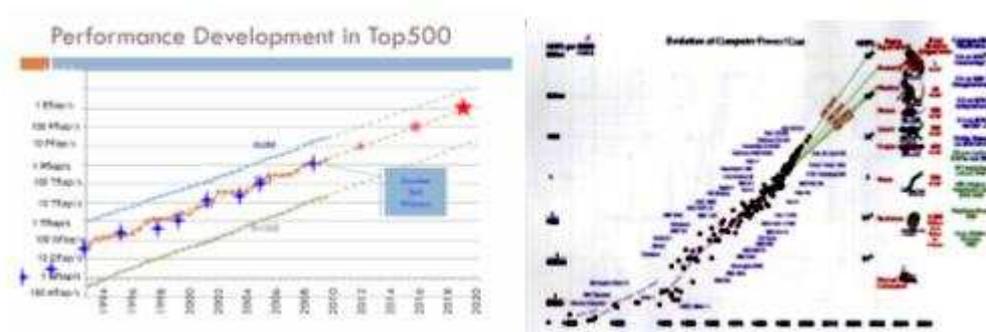


NEXT GENERATION INTERNET (NGI) The Semantic Web.

7. El futuro lejano

Como aspectos más significativos en el ámbito de la manipulación de documentación técnica en ingeniería y arquitectura, podemos mencionar dos muy singulares:

- La evolución tecnológica del hardware, cuyo horizonte para el año 2020 plantea alcanzar la potencia computacional del Exaflops/s, y con ello la potencia nominal del cerebro humano.



- La generalización del uso globalizado del ordenador como una “nube”, concepto denominado “cloud computing”.



Es evidente que estos fenómenos afectarán sustancialmente tanto a los sistemas de representación de la información como al mecanismo de transmisión de ésta entre el hombre y el ordenador. La forma en que ello se manifestará en los soportes documentales futuros es obviamente desconocida.

arch-e

Revista Andaluza de Archivos

Nº 5-6, enero-junio 2012

Consejo Asesor

Amparo Alonso García
Archivo Histórico Provincial de Sevilla
María José de Trías Vargas
Archivo Central Consejería de Educación
Antonia Heredia Herrera
Joaquín Rodríguez Mateos
Archivo General de Andalucía
Maribel Valiente Fabero
Unidad de Coordinación @rchivA
Ana Verdú Peral
Archivo Municipal de Córdoba

Redacción

Ana Melero Casado
Mateo Páez García
José Antonio Fernández Sánchez
Javier Lobato Domínguez

Dirección Postal
Arch-e: Revista Andaluza de Archivos
Dirección General del Libro, Archivos y
Bibliotecas
Consejería de Cultura
C\ Conde de Ibarra, 18
41004 Sevilla
arch-e.dqlab.ccul@juntadeandalucia.es

Derechos de autor

El contenido de la revista se encuentra protegido por la ley de propiedad intelectual. Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con la autorización de los titulares de su propiedad intelectual.

ISSN 1989-5577
Edición JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Cultura
2009 © de la Edición JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Cultura