

Empresas consultoras de ingeniería vs. constructoras: dos modos diferentes de adaptación al mercado

Consulting engineering companies versus building contractors: two different means of adapting to the market

Eugenio Pellicer Armiñana. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Profesor Titular de Universidad. E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Valencia. pellicer@cst.upv.es

Resumen: Las consultoras de ingeniería y las constructoras son los dos pilares clásicos del sistema empresarial dominante en el sector de la construcción. En el conjunto de estas empresas trabajan más de tres cuartas partes de los ingenieros de caminos e ingenieros técnicos de obras públicas que, además, intervienen de forma decisiva en las cinco fases básicas del proceso constructivo (viabilidad, diseño, ejecución, explotación y desmantelamiento). El presente artículo tiene como objetivo básico plantear un análisis comparativo entre estos dos tipos de empresas, y como objetivo secundario profundizar en dos aspectos clave de su gestión: los recursos humanos, por una parte, y la innovación y el conocimiento, por otra. Los recursos humanos son la pieza fundamental sobre la que se asientan estas empresas; no obstante, su importancia es mayor en las consultoras de ingeniería por la propia definición intelectual de los trabajos a desarrollar y por su menor grado de subcontratación. Por otra parte, la gestión de la innovación y del conocimiento puede plantearse de un modo similar en ambos tipos de empresas, siempre teniendo en cuenta el mayor peso de los profesionales en las consultoras de ingeniería.

Palabras Clave: Gestión; Consultora; Constructora; Empresas; Recursos Humanos

Abstract: Engineering consultants and building contractors are the two traditional mainstays of the business system prevailing in the construction sector. These two types of companies absorb over three quarters of all civil engineers and public works engineers who, additionally, intervene in a decisive manner in the five basic stages of the construction process (viability, design, construction, operation and dismantling). The present article aims to make a comparative analysis of these two types of companies and, as a secondary objective, examine two key aspects for their management of the same and, namely, human resources and innovation and knowledge. Human resources serve as the bedrock for both these companies, though its importance is even greater at consultant engineering companies on account of the intellectual content of the work performed and the lower proportion of sub-contracting. In terms of the management of innovation and knowledge, this may be considered in a similar manner in both types of companies, while bearing in mind the greater significance of those professionals at consultant companies.

Keywords: Management; Consultant; Contractor; Companies; Human Resources

1. La construcción como proceso

La importancia del sector de la construcción en la economía española es indudable. No hay más que acudir al informe anual de Seopan (2007) para darse cuenta de esta circunstancia: en el año 2006 la producción casi alcanzó los doscientos mil millones de euros y dio empleo a más de dos millones y medio de trabajadores (el 13% de la población activa aproximadamente); en la última década el crecimiento medio del valor añadido bruto del sector ha sido del 6%. No obstante, y

1. Construction as a process

The construction sector is undoubtedly of great importance to the Spanish economy and one only has to consult the Seopan (Spanish Association of Construction Companies) annual report (2006) to appreciate this fact. According to this report, production reached nigh on two hundred billion euros over 2006, providing employment to over two and a half million workers (approximately 13% of the working population) and recorded a 6% average growth in the

a pesar de estas espectaculares cifras, el sector ha sido escasamente analizado, si lo comparamos con la agricultura o la industria; la mayor parte de tratados sobre estructura económica de España no le dan la importancia que merece (véase por ejemplo el manual de Tamames y Rueda -2000- que apenas le dedica veinte páginas al sector de un total que supera el millar).

En cualquier caso, se trata de un sector singular, en la que la actividad productiva y el propio mercado presentan peculiaridades específicas que condicionan la existencia, la estructura y el funcionamiento de las empresas que operan en él. Las características del sector de la construcción son también impuestas por la demanda. La privada presenta fuertes fluctuaciones, tanto mayores cuanto menor es el área geográfica de referencia; además, el mercado es opaco. La demanda pública, no obstante, es más transparente por los requisitos legales de publicación previa a la contratación. En la mayoría de los casos la adjudicación se hace a la oferta más baja, por lo que es necesario fijar el precio antes de iniciar el proceso productivo, lo que obliga al empresario a ajustar con esmero sus márgenes de beneficio; incluso puede inducirle a presentar bajas con beneficio nulo, con la única contrapartida de asegurar su presencia en el mercado durante un cierto tiempo. Además, el precio final del producto suele presentar variaciones sustanciales con respecto al pactado (modificaciones de obra y, en menor medida, revisión de precios).

No obstante, coincidiendo con la opinión de Gann y Salter (2000), pensamos que la construcción debería ser contemplada como un proceso. La naturaleza de los diferentes trabajos a realizar (diseño, construcción, mantenimiento, etc.) supone que las empresas tengan que gestionar interfaces complejas (el ejemplo más claro es la interpretación del proyecto y el inicio de la obra). La competitividad de la empresa depende del funcionamiento eficiente de todo el conjunto. Puede darse el caso de que una empresa desarrolle un buen diseño pero que no llegue a construirse o que se modifique por motivos ajenos a la empresa; también es habitual el caso de una empresa que tiene su obra paralizada continuamente debido a una mala gestión del promotor (licencias, permisos, expropiaciones, etc.).

Podemos considerar este proceso como una serie de fases adecuadamente planificadas y desarrolladas que dan lugar a la construcción de infraestructuras y a su posterior explotación (Martínez y Pellicer, 2007). Habitualmente se consideran cinco fases clásicas

gross value added by the sector over the last decade. However, in spite of these spectacular figures, the sector has been subject to little analysis when compared with other sectors such as agriculture and industry, and the majority of studies on the Spanish economic structure do not grant it the importance it deserves (see, by way of example, the study by Tamames and Rueda, 2000, which dedicates just twenty pages to the sector in their 1000-plus-page study).

In all events, this is a particular sector and one where the productive activity and the market itself reveal specific peculiarities that condition the presence, structure and operation of the companies working in the same. The characteristics of the construction sector are also imposed by demand and while private demand shows heavy fluctuations particularly in the smaller geographical areas in what is a somewhat obscure market, public demand is logically far more transparent on account of all the legal requirements concerning tender prior to contract. In the majority of cases work is awarded to the lowest bid and it is, therefore, necessary to establish the price prior to the start of the production process and this then obliges the contractor to painstakingly adjust their profit margins or to even lose money purely for the benefit of assuring their presence in the market over a certain period of time. What is more, the end price of the product tends to be substantially different from the originally agreed price (modifications to the work and, to a lesser degree, price reviews).

However, and coinciding with the opinion of Gann and Salter (2000), we feel that construction should be considered as a process. The nature of the different work to be performed (design, construction, maintenance, etc.) means that companies have to manage complex interfaces (the clearest example is that of the interpretation of the design). The competitiveness of the company depends on the efficient operation of all its component parts. It may well be the case that a company produces a good design but that this does not see the light of day or is modified for reasons beyond the control of the company. It is also common to find companies whose work is permanently subject to stoppages on account of poor administration by the promoter (licenses, permits, expropriations, etc.).

We may consider this process as a series of suitably planned and developed stages which give rise to the

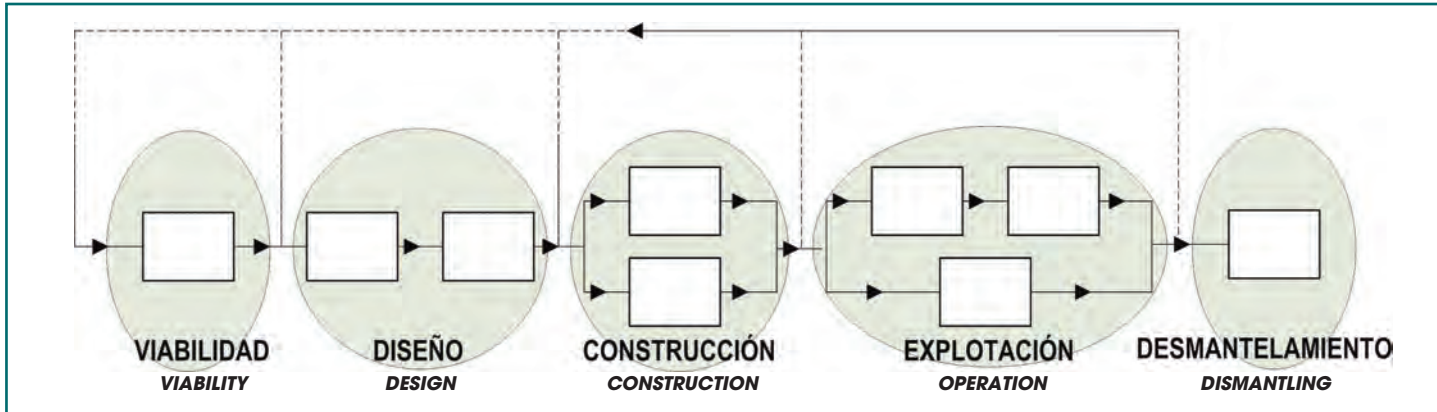


Fig. 1. Las fases del proceso constructivo y sus múltiples contratos/ The stages of the construction process and its multiple contracts.

cas (Stuckenbruck, 1981): viabilidad, diseño, construcción (incluye la ejecución y la dirección facultativa), explotación y desmantelamiento. Normalmente, se precisan uno o varios contratos para cada una de estas fases (véase la figura 1).

construction of an infrastructure and its subsequent operation (Martínez y Pellicer, 2007). Five traditional stages are normally considered (Stuckenbruck, 1981): viability, design, construction (including building and site management), operation and dismantling. One or more contracts are normally required for each of these stages (see Fig. 1).

2. Las empresas y la producción por proyectos

Las empresas son organizaciones creadas por el hombre y adaptadas a las circunstancias ambientales para alcanzar unos objetivos determinados (beneficio económico, permanencia temporal y bienestar de sus empleados) mediante la producción de bienes o servicios. Cada empresa dispone de, al menos, una función de producción que puede modelizarse matemáticamente como: $P = f(\text{trabajo, capital})$. Woodward (1958) separa la producción en dos grandes tipologías: la tradicional y por proyectos. La tradicional sigue el siguiente proceso lógico: diseño, producción, comercialización y venta del producto. En la producción por proyectos (1), sin embargo, se invierte parcialmente este orden, teniendo lugar primero la venta de la idea al cliente y continuando con la firma del contrato y el desarrollo del producto (único normalmente), adaptándose en todo momento a los requerimientos generalmente cambiantes del cliente. Partiendo de esta idea, podemos considerar la producción, y por lo tanto la gestión, por proyectos como un enfoque de la estructura empresarial que se basa en equipos temporales cuyos miembros trabajan conjuntamente en un proyecto. Este tipo de producción, ha sido reconocido muy tardíamente en los textos clásicos de admi-

2. Companies and production by projects

Companies are organizations created by associated individuals and adapted to prevailing circumstances to achieve specific objectives (financial profit, occupation and wellbeing of their employees) through the production of goods or services. Each company has at least one production function which may be mathematically modelled as: $P = f(\text{work, capital})$. Woodward (1958) divides production into two large groups: traditional and by project. Traditional production follows the following logical process: design, production, marketing and sale of the product. However, in project production (1) this order is partially inverted as the sale of the idea to the client comes first and is then followed by the signing of a contract and the development of the product (normally a single product), while at all times adapting to the generally changing requirements of the client. On the basis of this idea, we may then consider project production and, subsequently, project management, as a focus of company structure based on temporary teams whose members

(1) Entendemos "proyecto" como una organización temporal constituida con la finalidad de crear un producto o servicio único (PMI, 2004).

(1) "Project" may be taken as temporary organization established in order to create a single product or service (PMI, 2004).

nistración de empresas (Woodward, 1958; Burns y Stalker, 1961). Mintzberg (1979) lo denomina *adhocracia*. En cualquier caso, no está tratada adecuadamente en la literatura, a pesar de existir desde hace milenios tal y como reflejan numerosas fuentes relativas a la construcción de infraestructuras, edificios, máquinas de guerra y embarcaciones desde los inicios del imperio egipcio.

En la industria manufacturera se gestionan proyectos ocasionalmente, utilizando estructuras organizativas empresariales que no están preparadas para trabajar de este modo. Los proyectos están formados por equipos estables, independientes de la producción habitual de la empresa. En este caso, podemos hablar de gestión DE proyectos, pero no de gestión POR proyectos. En el sector de la construcción se gestionan los proyectos utilizando estructuras organizativas empresariales que están preparadas para trabajar sistemáticamente de este modo. Los proyectos son la producción normal de la empresa. Los equipos de trabajos no son estables. Coexiste la gestión DE proyectos (nivel productivo), con la gestión POR proyectos (nivel empresarial). Las empresas de "software" y los centros de I+D+i funcionan de un modo similar.

3. Las empresas del sector de la construcción

En el sector de la construcción actúan, básicamente, dos tipos de empresas: las consultoras de ingeniería y arquitectura, por una parte, y las constructoras, por otra. Aunque a lo largo de todo el proceso aparecen otro tipo de empresas, como por ejemplo las promotoras (en actuaciones privadas), las explotadoras de servicios o las concesionarias, nos centraremos únicamente en las dos previamente citadas, debido a su importancia clave dentro del sector. Además, las constructoras también suelen llevar a cabo estas otras funciones ocasionalmente.

Pero, ¿cuál es la producción de estas empresas? En las empresas consultoras de ingeniería y arquitectura su proceso de producción radica en convertir "materia gris" (conocimientos profesionales muy especializados y que aportan un gran valor añadido) en productos terminados (proyectos, direcciones de obra o asesorías técnicas a lo largo de todo el proceso) aptos para su venta. A priori, los posibles insumos o entradas, relacionadas con las dos variables básicas mencionadas en el epígrafe anterior, son:

work together on a project. This type of production has finally received acknowledgement in traditional company administration texts (Woodward, 1958; Burns and Stalker, 1961). Mintzberg (1979) referred to this as adhocracy. In all events, this aspect is not given sufficient attention in literature in spite of the fact that this form of production has existed for thousand of years as may be seen from numerous sources related to the construction of infrastructures, buildings, war machines and ships from the start of the Egyptian empire.

In the manufacturing industry, projects are occasionally managed using company organizational structures that are not suited to working in this manner. The projects are formed by stable teams, independent from the standard production of the company. In this case we may speak of management OF projects rather than project management. In the building sector projects are managed using corporate organizational structures that are prepared to systematically work in this manner and, here, the projects make up the standard type of production of the company. The work teams are not stable and there is a coexistence of management OF projects (production level) with project management (corporate level). Software companies and R+D+i centres operate in a similar manner.

3. Companies in the construction sector

There are essentially two types of company in the construction and building sector: consulting engineers and architects, on the one hand, and building contractors on the other. While other types of company appear throughout the process, such as promoters (in the private sector), service operators or concessionaires, we shall purely focus on the first two on account of their key importance to the sector. In this regard, it is of note that certain construction companies also perform these additional activities.

However, what do these companies produce? In firms of consultant engineers and architects, the production process lies in the conversion of "grey matter" (very specialized professional knowledge which provides great additional value) into finished products (projects, site management or technical consultancy throughout the entire process) suitable for sale. At the outset, the potential input related to the

- Trabajo: mano de obra muy especializada.
- Capital: subcontrataciones, equipos informáticos y topográficos, vehículos y oficinas.

Investigaciones centradas en la consultoría de ingeniería (Pellicer, 2001), confirman que utilizando únicamente dos variables independientes (recursos propios y gastos de personal), podemos explicar más del 98% del comportamiento de la producción, utilizando tanto funciones lineales como logarítmicas. La elasticidad de sustitución de personal por capital es baja: el factor del capital es la quinta parte que el del personal. Ello nos pone de relieve, como era previsible, que la clave productiva en estas empresas son los profesionales, portadores de los conocimientos especializados.

Por otra parte, las empresas constructoras transforman el diseño proyectado en una realidad que se pone al servicio de los usuarios; normalmente, coordinan a un conjunto de empresas suministradoras y subcontratistas especializados con el fin de ejecutar la obra. Las constructoras también pueden dedicarse a la conservación y explotación de las infraestructuras existentes. A priori, sus posibles, insumos o entradas son:

- Trabajo: mano de obra propia.
- Capital: subcontrataciones de mano de obra, maquinaria propia, subcontrataciones de maquinaria, materiales y equipos, instalaciones, vehículos y oficinas.

En este caso, la producción de las empresas puede explicarse en más de un 93% mediante dos variables independientes: los recursos propios y el número total de trabajadores (Pellicer, 2004). No obstante, la relación capital/trabajo se invierte en estas empresas respecto a las consultoras: el capital adquiere un papel preponderante frente al factor trabajo. Es lógico, dado el elevado grado de subcontratación del sector, que es cada vez más creciente y globalizado.

4. Consultoras de ingeniería vs. constructoras

Cada vez más, empresas consultoras que se han dedicado exclusivamente a ingeniería, sobre todo civil, se atreven a introducirse en el mundo de la edificación, hasta ahora dominado por arquitectos que operaban individualmente o por medio de micro-empresas de dos o tres trabajadores con un único titulado. El trabajo

two basic variables indicated in the preceding section, are:

- Work: Very specialized workforce
- Capital: subcontracts, computer and topographic equipment, vehicles and offices

Research focused on consulting engineering (Pellicer, 2001) confirms that by solely applying the two independent variables (own funds and costs of personnel), we may explain over 98% of production behaviour, employing both lineal and logarithmic functions. There is low elasticity in terms of the replacement of personnel by capital: the capital factor being a fifth of that of personnel. This then reveals that, as was to be expected, the key productive elements in these companies are the professional staff holding specialized knowledge.

For their part, the building contractors transform the design project into a reality placed at the service of the user. This is generally achieved through coordination with a series of supply companies and specialized subcontractors. These contractors may also be employed for the maintenance and operation of existing infrastructures. The potential inputs of these companies are:

- Work: own workforce
- Capital: Subcontracted workforce, own machinery, subcontracted machinery, material and equipment, installations, vehicles and offices.

In this case, the company production may be established as over 93% in accordance with two independent variables: equity and total number of employees (Pellicer, 2004). However, the capital/work ratio is inverted in these companies with regards to the consultants and where capital becomes the preponderant factor as against the work factor. It is logical, given the high level of subcontracting, that this is ever increasing and globalized.

4. Consulting engineering companies vs. building contractors

There is an increasing tendency for consulting companies exclusively dedicated to engineering and particularly civil engineering, to enter the area of building dominated to date by architects operating

colectivo o en equipos multidisciplinares no ha sido adecuadamente asimilado por la mayoría de arquitectos, hasta hace poco. Afortunadamente, las cosas están cambiando y existe una tendencia (lenta pero creciente) hacia la integración en consultoras o la creación de empresas con múltiples técnicos. No obstante, dado el foro al que nos dirigimos, nos centraremos exclusivamente en las empresas consultoras de ingeniería (no necesariamente civil), dejando de lado las empresas consultoras con un enfoque exclusivamente arquitectónico.

Con el fin de exponer las semejanzas y diferencias entre las empresas consultoras de ingeniería y las empresas constructoras, se ha elaborado la tabla comparativa (tabla 1) teniendo en cuenta nueve conceptos fundamentales que afectan a ambas. Para cada concepto se han tenido en cuenta uno o varios aspectos que se analizan en paralelo.

En los epígrafes siguientes, por cuestiones de espacio, nos centraremos en dos aspectos que consideramos fundamentales en ambas empresas: por un lado, los recursos humanos y, por otro, la innovación y la gestión del conocimiento. El primero de ellos tiene un tratamiento diferenciado en ambas empresas; tal y como hemos constatado en el epígrafe anterior y expuesto en la tabla comparativa, la importancia de los profesionales en la empresa consultora de ingeniería es enorme; su producción está basada en el conocimiento. A pesar de esta característica básica que las diferencia, el segundo aspecto comentado puede abordarse de un modo similar en todas las empresas del sector, dado que el factor diferencial, la producción por proyectos, es su modo habitual de trabajo.

5. Los recursos humanos

Como hemos comentado, un tratamiento específico, por tratarse de un factor básico en estas empresas, merecen los recursos humanos. Ya analizamos en artículos anteriores (Pellicer y Elena, 2002; Pellicer, 2003) la importancia que tienen los profesionales en las empresas cuyo producto o servicio aporta un gran valor añadido. Nos centraremos, en la presente comunicación, en la comparación entre empresas consultoras y constructoras desde el punto de vista del personal que las conforman. Para ello, basándonos en trabajos anteriores (Handy, 1995; Hartley, 2000), definimos un modelo de tres estratos:

on an individual basis or in small companies of two or three employees with one qualified architect. Until relatively recently the majority of architects have shown an aversion to group work or working in multidisciplinary teams. Fortunately, things are changing and there is now a slow but growing trend towards integration in consultant companies or the creation of companies with multiple technicians. However, given the readership to whom this is directed, we shall purely concentrate on consulting engineering companies (not necessarily civil engineering), and leave to one side those consulting companies with a purely architectural focus.

In order to show the similarities and differences between consulting engineering companies and construction companies, we have prepared a comparative table that considers nine fundamental concepts affecting both. Consideration is given to several aspects under each concept and these are analysed in parallel for both type of company (table 1).

For reasons of space, we shall purely focus on a number of aspects that we consider to be fundamental for both companies and, namely, human resources and innovation/knowledge management. The first of these aspects is different in both companies and as indicated in the previous section and shown in the comparative table above, the importance of the professionals in a consulting engineering firm is paramount and their production is all based on knowledge. In spite of this basic characteristic differentiating the two types of companies, the second aspect may be considered in similar way for all companies in the sector as the differential factor, that of project production, is the standard method of work.

5. Human resources

Human resources require particular attention as it is an essential factor of these companies. In previous articles (Pellicer and Elena, 2002; Pellicer, 2003) we have examined the importance of the professionals in companies whose product or service provides high added value. In the present article we shall concentrate on the comparison between consulting companies and contractors in terms of the personnel forming the same. As such, and in accordance with

Tabla 1

CONCEPTO	CONSULTORA DE INGENIERÍA	CONSTRUCTORA
CLIENTE	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor dependencia de las Administraciones Públicas; los proyectos y direcciones de obra de edificación los llevan a cabo despachos de arquitectos • Incremento de la contratación por empresas constructoras (proyecto+obra y concesiones) 	<ul style="list-style-type: none"> • La mayoría de las empresas constructoras medianas y grandes se dedican tanto a la obra civil como a la edificación, alternando clientes públicos y privados • Las empresas constructoras se están afianzando en el negocio concesional
MERCADO	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería civil y ambiental, sobre todo, y algo de ingeniería industrial y arquitectura 	<ul style="list-style-type: none"> • Todo tipo de construcción e instalaciones
PRODUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • 5% del proceso (considerando viabilidad, diseño y construcción, exclusivamente) • 10% de subcontratación • Centralizada, aunque con dispersión en obras (dirección facultativa) o en delegaciones (empresas grandes) 	<ul style="list-style-type: none"> • 95% del proceso (considerando viabilidad, diseño y construcción, exclusivamente) • 90% de subcontratación • Muy dispersa en obras y en delegaciones
PROCEDIMIENTOS	<ul style="list-style-type: none"> • No demasiado complejos 	<ul style="list-style-type: none"> • Burocratizados
RECURSOS HUMANOS	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación inicial (desde la universidad) sencilla • Aprendizaje especializado (complejo y caro) • Escasa movilidad geográfica • Pocas posibilidades de promoción a medio plazo • Sueldos medios • Muy alta rotación • Gestión de recursos humanos compleja que afecta a toda la empresa alcance limitado (afecta a técnicos y administrativos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación inicial (desde la universidad) compleja • Aprendizaje simple, fundamentalmente en gestión • Elevada movilidad geográfica • Buenas posibilidades de promoción a medio plazo • Sueldos altos • Alta rotación • Gestión de recursos humanos compleja, pero de
ESTRUCTURA DE COSTE EMPRESARIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Un 70% del coste es generado por los recursos humanos de la empresa humanos (independientemente del porcentaje de subcontratación) • Los profesionales suponen más del 60% de los costes de la empresa de la empresa 	<ul style="list-style-type: none"> • Un 30% del coste es causado por los recursos • Los profesionales suponen menos del 5% de los costes
GESTIÓN ECONÓMICA	<ul style="list-style-type: none"> • Más del 80% de la producción es realizada por recursos humanos propios que hay que pagar a final de mes, esté o no facturado el trabajo • La contabilidad analítica es sencilla • Las empresas financian la producción: 1º) se hace el trabajo; 2º) se paga a los recursos humanos de la empresa; 3º) se paga a los subcontratistas; 4º) se factura; 5º) se cobra 5º) se paga a los subcontratistas • El cobro se realiza al final del trabajo, por hitos parciales (tanto alzado) o mensualmente (precios unitarios) • El beneficio en valor relativo es del orden del 5-10%; en valor absoluto es bajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Más del 80% de la producción proviene de suministros de materiales y equipos, subcontrataciones de maquinaria y mano de obra • La contabilidad analítica es compleja • La rotación de capital financia a las empresas: 1º) se hace el trabajo; 2º) se paga a los recursos humanos de la empresa; 3º) se factura; 4º) se cobra; • El cobro se realiza mensualmente (precios unitarios) • El beneficio en valor relativo es del orden del 1-5%; en valor absoluto es alto
INNOVACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • La I+D+i es casi inexistente departamentos de I+D+i • En los proyectos sólo se aplica a sugerencia del cliente o en casos muy singulares pero no se percibe como tal y no se documenta 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólo las grandes empresas disponen de • La innovación en productos proviene de los suministradores; la innovación en procesos se realiza,
GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Es fundamental al tratarse de un trabajo intelectual con una elevada intervención de mano de obra muy especializada 	<ul style="list-style-type: none"> • Desde el punto de vista productivo es importante, pero desde un enfoque organizativo es fundamental

Table 1

CONCEPT	CONSULTANT ENGINEERING	CONTRACTOR
CLIENT	<ul style="list-style-type: none"> • Greater dependence on Public Authorities; private building projects and site management performed by architects • Increased participation of construction companies (project+work+concessions) 	<ul style="list-style-type: none"> • The majority of medium and large contractors engage in both civil work and private building, alternating public and private clients • Contractors increasingly engaging in concession work
MARKET	<ul style="list-style-type: none"> • Mainly civil and environmental engineering and, to a lesser extent, industrial engineering and architecture 	<ul style="list-style-type: none"> • All type of construction and installations
PRODUCTION	<ul style="list-style-type: none"> • 5% of the process (purely considering viability, design and construction) • 10% subcontracts • Centralization, though divided into works (site management) or delegations (large companies) 	<ul style="list-style-type: none"> • 95% of the process (purely considering viability, design and construction) • Widely spread over works and delegations
PROCEDURES	<ul style="list-style-type: none"> • Straightforward 	<ul style="list-style-type: none"> • Complex
HUMAN RESOURCES	<ul style="list-style-type: none"> • Simple initial adaptation (from university) • Specialized training (complex and expensive) • Low geographic mobility • Few opportunities for promotion in the medium-term • Average salaries • Very high rotation • Complex human resource management affecting the entire firm of restricted scope (affecting technical and administrative staff) 	<ul style="list-style-type: none"> • Complex initial adaptation (from university) • Simple apprenticeship, essentially in administration • High geographic mobility • Good possibilities of promotion in the medium term • High salaries • High rotation • Complex human resource management, though
COMPANY COST STRUCTURE	<ul style="list-style-type: none"> • 70% of cost generated by company human resources • Professional staff make up over 60% of company costs • Professional staff responsible for less than 5% of company costs 	<ul style="list-style-type: none"> • 30% of costs generated by human resources (regardless of percentage of subcontracting)
FINANCIAL MANAGEMENT	<ul style="list-style-type: none"> • Over 80% production performed by own human resources, requiring regular monthly payment regardless of whether work is billed or not • Simple analytical accounting • Companies fund production: 1. Perform work; 2) pay company staff; 3) pay subcontractors; 4) billing; 5) receipt of payment • Payment received at end of work, on performance (fixed sum) or monthly (unit price) • Profits as relative value of around 5-10%: Low profits in absolute terms • Profit as relative value of around 1-5%. High profit in absolute terms. 	<ul style="list-style-type: none"> • Over 80% production proceeding from supplies of materials and equipment, subcontract of machinery and workforce • Complex analytical accounting • Capital flow funds the company: 1. Perform the work; Pay company human resources; 3) Bill; 4) receive payment; 5) pay sub-contractors • Payment received on monthly basis (unit prices)
INNOVATION	<ul style="list-style-type: none"> • Extremely low levels of R+D and innovation • Innovation only applied in projects at the request of the client or in very particular cases such and not documented 	<ul style="list-style-type: none"> • Only the large companies have R+D departments • Product innovation provided by suppliers; innovation made in processes, but not perceived as
KNOWLEDGE MANAGEMENT	<ul style="list-style-type: none"> • Essential in view of intellectual nature of the work with a high degree of participation by very specialized staff. 	<ul style="list-style-type: none"> • Important from production point of view and fundamental from an organizational standpoint

- Núcleo básico: está formado por personal altamente capacitado y dedicado que trabaja en un ambiente de máxima presión. Es esencial para el funcionamiento del negocio. Incluye a los cargos directivos, gestores de proyectos y otro personal técnico que la empresa puede considerar clave en un momento dado (ingenieros, encargados de obra, capataces de obra, auxiliares o delineantes). Su retribución económica está basada en dos partes: fija mensual, y variable en función del trabajo realizado y de los objetivos previstos.
- Capa auxiliar: la conforma personal capacitado pero que no se considera esencial para el funcionamiento empresarial al encontrarse en período de formación, trabajar a tiempo parcial o en funciones administrativas. El cobro es fijo y mensual.
- Capa exterior: está constituida por los colaboradores de la empresa (habituales y ocasionales). Pueden cobrar en función del tiempo dedicado (sobre todo si son profesionales individuales) o del trabajo realizado (si se trata de empresas subcontratadas).

Aunque esta estructura se da en ambos tipos de empresas, el personal implicado en cada una de ellas es diferente. El desigual grado de subcontratación comentado anteriormente es clave en este aspecto: en las consultoras de ingeniería la subcontratación ronda el 10% de la producción, mientras que en las empresas constructoras puede superar el 90%. Los profesionales implicados, por lo tanto, suponen más del 60% del coste productivo en las consultoras de ingeniería, siendo los restantes costes la mencionada subcontratación y los gastos generales. Sin embargo, en las empresas constructoras los recursos humanos suponen únicamente un tercio del coste productivo, aproximadamente; teniendo en cuenta la gran influencia de la mano de obra directa, el núcleo básico de la empresa (encargados de obra e ingenieros, fundamentalmente) implican menos del 5% de su coste productivo.

6. Gestión de la innovación y del conocimiento

El segundo aspecto que desarrollamos en el presente epígrafe es la gestión de la innovación y del conocimiento. En la tabla anterior se ha plasmado la escasa presencia de la I+D+i en el sector de la construcción español (Villar-Mir, 2001), aspecto que se acentúa en las consultoras de ingeniería y en las constructoras de ta-

previous works (Handy, 1995; Hartley, 2000) we may define a three-tier model:

- *Base core: formed by highly qualified and dedicated personnel working under maximum pressure conditions. This core is essential for the operation of business and includes directors, project managers and other technical staff considered to be key personnel at any given time (engineers, site managers, foremen, assistants or draughtsmen). Wages are based on two components: a fixed monthly wage and a variable according to work performed and objectives met.*
- *Auxiliary level: formed by qualified personnel but not considered essential for business operation on account that these are undergoing training, working on a part-time basis or performing administrative duties. Payment is fixed and monthly.*
- *Outside level: formed by company collaborators (both ongoing and occasional). These may be paid on a fee basis (particularly where these are freelance professionals) or on a work basis (when these be subcontracted companies).*

While this structure appears in both types of company, the personnel pertaining to each level are different. The unequal level of subcontracting is a key element in this regard: this forming around 10% of production at the consulting engineering companies and potentially reaching in excess of 90% at the building companies. In this manner, the professionals implied make up over 60% of the production cost at the consulting firms, with the remainder of the costs being made up by subcontracting costs and general overheads. However, at the construction companies, human resources only make up around a third of the production cost and when considering the large influence of the direct workforce, the base core of the company (mainly site managers and engineers) imply less than 5% of the production cost.

6. Innovation and knowledge management

The second aspect to be considered in this section is that of innovation and knowledge management. In the preceding table we referred to the scarcity of R+D and innovation in the Spanish



A. BIANCHINI, Ingeniero, S.A.

**Nuevo revestimiento
GALFAN®**

**gaviones metálicos
gaviones recubrimiento
enrejados triple torsión
alambres y fibras**



Comercial: Gran Vial, 8 · Tel. 93568 65 15 · Fax 93 568 65 11 · 08170 · Montornès del Vallès
Diputació, 279, 1.º, 3.ª · Tel. 93 496 13 00 · Fax 93 496 13 01 · 08007 Barcelona
E-mail: bianchini@abianchini.es - comercial@abianchini.es www.abianchini.es

DIRECTORIO DE EMPRESAS

trima
TECNICAS REUNIDAS
Infraestructuras y Medioambiente

INITEC
INFRAESTRUCTURAS

INFRAESTRUCTURAS Y MEDIOAMBIENTE

CAMPOS DE ACTIVIDAD

- AEROPUERTOS Y TRANSPORTE AÉREO
- DESALACIÓN, POTABILIZACIÓN Y
DEPURACIÓN DE AGUAS
- HIDRÁULICA Y RECURSOS NATURALES
- EDIFICACIÓN/EDIFICIOS SINGULARES
- TRANSPORTE TERRESTRE
- COSTAS Y PUERTOS

ÁREAS DE NEGOCIO

- INGENIERÍA
- CONSTRUCCIÓN
- EXPLOTACIÓN

AENOR
ER
Empresa
Registrada
ER-0029/1995

Rafael Calvo, 3 y 5
28010 Madrid
Tel.: 91 592 39 00
Fax: 91 592 39 01 / 02
e-mail: comercialinf@tecnicasreunidas.es

AENOR
GF
Gestión
Ambiental
CGM-99/037

acciona
Infraestructuras

**VÍAS DE COMUNICACIÓN
OBRAS HIDRÁULICAS
OBRAS MARÍTIMAS
PLANTAS INDUSTRIALES
OBRAS SUBTERRÁNEAS
EDIFICACIÓN Y ARQUITECTURA
RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN**

Avda. de Europa, 18 · Parque Empresarial La Moraleja
28108 Alcobendas (Madrid)
Tel.: 91 663 28 50 · Fax: 91 663 30 99
www.acciona.com

Tabla 2/Table 2

POSITIVO/POSITIVE	NEGATIVO/NEGATIVE
Respuesta a la incertidumbre <i>Response to uncertainty</i> Respuesta a las exigencias de los clientes <i>Response to customer requirements</i> Adaptación al entorno <i>Adjustment to environment</i> Aprendizaje novedoso en cada proyecto <i>New learning on each project</i>	Dificultad en la coordinación de recursos <i>Difficulty to coordinate resources</i> Ejecución de tareas productivas rutinarias <i>Performance of routine production tasks</i> Limitación en la obtención de economías de escala <i>Restricted opportunity of scale economies</i> Necesidad de aprender en tiempo real <i>Need to learn in real time</i>

maño pequeño y mediano. La fuente de innovación, además, suele ser el cliente (en el caso de las consultoras de ingeniería) o los suministradores (cuando se trata de constructoras). En otros artículos hemos constatado la importancia decisiva de la gestión de la innovación y del conocimiento, tanto para las empresas consultoras (Correa et al., 2007a) como constructoras (Correa et al., 2007b); en ambos casos, la reciente publicación de la familia de normas UNE 166000 puede suponer una plataforma perfecta para la potenciación de la I+D+i.

Aplicando al sector de la construcción el escaso cuerpo doctrinal relativo a empresas que se gestionan por proyectos (Gann y Salter, 2000 y 2003), podemos delimitar la principal característica común a las empresas consultoras y constructoras desde el punto de vista de la gestión de la innovación y del conocimiento: sus procesos productivos están organizados en torno proyectos, creando episodios de aprendizaje y oportunidades para desarrollar nuevas capacidades. En cuanto a los aspectos positivos y negativos de estas empresas destacamos los de la tabla 2 (adaptada de Hobday, 2000).

La innovación, en las empresas del sector de la construcción, presenta debilidades, al requerir un alto grado de negociación inter-organizativa. Dado que el proyecto es único y las posibilidades de repetición escasas, las empresas invierten en la optimización de los procesos, pero no en innovación "per se". La búsqueda de la máxima eficiencia en los objetivos del proyecto (plazo, coste y calidad) impide a la empresa disponer del tiempo, el espacio y la creatividad necesaria para innovar.

No obstante, también atesoran algunas fortalezas que debemos destacar. Por una parte, el producto o servicio es único y necesita ser adaptado o modificado, lo que implica un cierto grado de incertidumbre tecnológica. Por otra, cada proyecto genera un episodio de aprendizaje, así como una oportunidad para desarrollar

construction sector (Villar-Mir, 2001) and this is accentuated in the small and medium contractors and consultant engineering firms. The source of any innovation tends to be the client (in the case of consulting engineering) or the suppliers (in the case of the contractors). In other articles we have mentioned the decisive importance of innovation and knowledge management for both the consultants (Correa et al., 2007a) and the contractors (Correa et al., 2007b) and in both cases the recent publication of the group of Spanish codes coming under UNE 166000 may serve as a perfect launch pad for the development of R+D and innovation.

When applying the scarce number of guidelines for project-based management (Gann and Salter, 2000 and 2003), we may establish the main characteristic common to both consultants and contractors with regards to innovation and knowledge management and, namely, that their production processes are organized around projects, creating training possibilities and opportunities to develop new capacities. The positive and negative aspects of these companies in this regard may be summarised in the following table (adapted from Hobday, 2000) (table 2).

Innovation in companies in the construction sector has certain weaknesses as it requires a high degree of inter-organizational negotiation. As the project is a "one-off" and there is little possibility of repetition, companies invest in the optimization of the process but not in innovation 'per se'. The search for maximum efficiency in the project objectives (time, cost and quality) prevents the company from having the time, space or creativity necessary for innovation.

However, there are a number of strong points that we should underline. The product or service is a

nuevas capacidades. La transmisión del conocimiento es difícil y compleja, exponiéndose a que los conocimientos adquiridos por los profesionales no reviertan en la empresa (Gann y Salter, 2003):

- Los proyectos, por su propia definición, están limitados en el tiempo, por lo que las tareas proyectuales normalmente se llevan a cabo bajo fuertes limitaciones temporales.
- La mayor parte de equipos funcionan autónomamente "en las fronteras empresariales" (en espacios físicos independientes), dispersándose (incluso físicamente) una vez concluido el proyecto.

En cualquier caso, la empresa debe poder capturar el conocimiento de los profesionales y transformarlo de modo que sea útil para toda la organización; ahí es donde radica el problema fundamental. Es necesario integrar el conocimiento adquirido por los miembros de los equipos en los procesos continuos de la empresa de modo que se garantice el aprendizaje de los técnicos, la coherencia de conocimientos y la supervivencia de la organización. Además, el riesgo de "reinventar la rueda" en cada proyecto es muy grande; algunas medidas prácticas para capturar el conocimiento de proyectos previos, como puede ser el establecimiento de bases de datos o seminarios internos, parece que han tenido un éxito limitado (Salter y Gann, 2003). Las dificultades para transmitir el conocimiento son debidas a la propia naturaleza proyectual de las actividades, al alto índice de abandono, al individualismo de los ingenieros y, finalmente, a la reticencia a la formalización. ♦

"one-off" and needs to be adapted or modified and this implies a certain degree of technological uncertainty. Furthermore, each project generates a learning period as well as an opportunity to develop new capacities. It is difficult and complex to transfer knowledge and the knowledge acquired by professionals do not revert to the company (Gann and Salter, 2003):

- *Projects, by their very definition, are limited in time and the project tasks are normally conducted under very tight deadlines.*
- *The majority of teams work independently "on the company fringes" (in independent physical areas), and disperse at the end of the project.*

In all events, the company should be able to gain the knowledge of the professionals and transform this so that it is of use to the entire organization. However, this is the fundamental problem. It is necessary to incorporate the knowledge gained by team members during the continuous processes of the company in order to guarantee the training of technicians, the coherence of knowledge and the survival of the organization. There is also a very high risk of "reinventing the wheel" in each project and some practical measures to gain the knowledge and experience of previous projects, such as the establishment of data bases or internal seminars, appear to have limited success (Salter and Gann, 2003). The difficulties in transferring knowledge are due to the project nature of the activities, the high rate of abandonment, the individualism of engineers and, finally, the reluctance to regularization. ♦

Referencias/References:

- BURNS, T.; STALKER, G.M. (1961) *"The management of innovation"*. Tavistock, Londres.
- CORREA, C.L.; PELLICER, E.; YEPES, V.; ROJAS, R. (2007a) *"Modelo de gestión de la I+D+i en empresas consultoras de ingeniería"*. II Congreso Nacional de Ingenieros Consultores, Madrid, en imprenta.
- CORREA, C.L.; YEPES, V.; PELLICER, E. (2007b) *"Factores determinantes y propuestas para la gestión de la innovación en las empresas constructoras"*. Revista Ingeniería de Construcción, 22(1), 5-14.
- GANN, D.M.; SALTER, A.J. (2000) *"Innovation in project-based, service-enhanced firms: the construction of complex products and systems"*. Research Policy, 29, 955-972.
- HANDY, C. (1995) *"The age of unreason"*. Arrow, Londres.
- HARTLEY, P.M. (2000) *"Consulting engineering: constructing the future"*. Research Studies Press, Baldock.
- MARTÍNEZ, G.; PELLICER, E. (2007) *"Organización y gestión de proyectos y obras"*. McGraw Hill, Madrid.
- MINTZBERG, H. (1979) *"The structuring of organizations"*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- PELLICER, E. (2001) *"El control de gestión en las empresas consultoras de ingeniería"*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- PELLICER, E. (2003) *"Presente y futuro de la consultoría de ingeniería: un enfoque empresarial"*. IV Congreso Nacional de la Ingeniería Civil, Madrid, 993-1000.
- PELLICER, E.; ELENA, L. (2002) *"Recursos humanos y formación: las claves para la competitividad de las empresas consultoras de ingeniería"*. I Congreso Nacional de Ingenieros Consultores, Madrid, 135-143.
- PELLICER, T.M. (2004) *"El sector de la construcción: una perspectiva internacional"*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- PMI (2004) *"A guide to the project management body of knowledge (PMBOK®)"*. Project Management Institute, Newton Square.
- SALTER, A.; GANN, D. (2003) *"Sources of ideas for innovation in engineering design"*. Research Policy, 32, 1309-1324.
- SEOPAN (2007) *"Informe anual de la construcción 2006"*. SEOPAN, Madrid.
- STUCKENBRUCK L.C. (1981) *"The implementation of project management"*. Project Management Institute, Newton Square.
- TAMAMES, R.; RUEDA, A. (2000) *"Estructura económica de España"*. Alianza, Madrid.
- VILLAR-MIR, J. (2001) *"I+D+i en el sector de la construcción"*. Revista de Obras Públicas, 3409, 7-29.
- WOODWARD, J. (1958) *"Management and technology"*. HMSO, Londres.