



Trabajo Fin de Grado de Ingeniería Civil

Documento de Apoyo para su Redacción

Área de Proyectos de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería
Universidad de Granada



Trabajo Fin de Grado de Ingeniería Civil. Documento de Apoyo para su Redacción.

Autores:

Germán Martínez Montes (coordinación)

Javier Alegre Bayo

Begoña Moreno Escobar

Javier Ordóñez García

Eulalia Jadraque Gago

Primera edición: junio de 2015



Trabajo Fin de Grado de Ingeniería Civil

Documento de Apoyo para su Redacción

ÍNDICE

Presentación

1	Introducción	4
1.1	Generalidades	4
1.2	Objeto de la presente guía	5
2	Antes de empezar el TFG	6
3	Principales cuestiones a tener en cuenta en la redacción del TFG	8
3.1	Cuestiones relativas al Proyecto de Construcción	9
3.1.1	Anejos Técnicos	9
3.1.2	Seguridad y Salud.	11
3.1.3	Gestión de residuos de la construcción y demolición.	12
3.1.4	Planos	12
3.1.5	Cuestiones relativas al PPTP.	13
3.1.6	Cuestiones relativas al Presupuesto	14
3.1.7	Cuestiones relativas al resto de anejos	15
3.1.8	Cuestiones relativas a la Memoria	20
4	Legislación a aplicar	20
5	Maquetación y presentación final	22
6	Consideraciones finales	23



Trabajo Fin de Grado de Ingeniería Civil

Documento de Apoyo para su Redacción

1 Introducción

1.1 Generalidades

A la hora de llevar a cabo el Trabajo Fin de Grado (TFG) en la titulación de Ingeniería Civil, el estudiante ha de tener presente que, si bien se trata de un ejercicio académico, su redacción debe ajustarse a las formas y contenidos de los trabajos que, de forma inmediata, va a tener que realizar en el ejercicio de su profesión.

Su redacción, tramitación, presentación, tipología, etc., está perfectamente regulada por el Reglamento de TFG aprobado en su día por la Junta de Escuela¹ y puede ser consultado, junto a todos los documentos de solicitud, presentación, renovación, etc., en la web de la ETS de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos <http://etsiccp.ugr.es>

En dicho reglamento se define el TFG como un *“ejercicio original a realizar individualmente y presentar y defender ante un Tribunal universitario, consistente en un proyecto en el ámbito de las tecnologías específicas de la Ingeniería Civil de naturaleza profesional dentro de la mención o menciones en las que esté matriculado, en el que se sintetizan e integren las competencias adquiridas en las enseñanzas”*.

En el mismo se recoge la posibilidad de realizar el TFG bajo dos modalidades perfectamente diferenciadas:

1. Proyecto construcción o parte del mismo
2. Informe técnico

Para cada uno de ellos, el Reglamento propone unos contenidos mínimos que son los siguientes:

*8.1.- El **Proyecto de Construcción** se estructurará en la forma habitual de un Proyecto de Ingeniería cuyo fin directo es la construcción, con las partes que se exigen a los proyectos públicos y privados, constando de:*

- *Memoria y Anejos a la Memoria*
- *Planos*
- *Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares*
- *Presupuesto*

¹ El reglamento actualmente en vigor fue aprobado en Junta de Escuela el 4 de julio de 2013 y modificado el 19 de diciembre de 2014.



8.2.- El **Informe Técnico**, como documento que describe el progreso o resultados de un estudio técnico sobre temas relacionados con la Ingeniería Civil, deberá contener aspectos como:

- La problemática que se pretende abordar
- El cuerpo del informe con aspectos como diagnóstico, discusión, conclusiones y anejos
- Documentación gráfica
- Valoración económica

1.2 Objeto de la presente guía

La presente guía tiene como objeto el servir de **documento de referencia a los estudiantes que decidan realizar el TFG bajo la modalidad de proyecto constructivo**.

Los informes técnicos, por su naturaleza y contenido, permiten estructuras más singulares y adaptadas a cada uno de los objetivos que se marquen en los mismos, por lo que deberán ser tratados de una forma distinta.

Dado que el TFG es un trabajo académico, será el tutor el responsable a la hora de definir la estructura de dicho informe técnico², así como su alcance y contenido, función de su naturaleza (arbitrajes, cálculos de elementos, comprobaciones, dictámenes, reconocimientos, estudios y tanteos, valoraciones, ensayos, análisis e interpretaciones, etc.)

Es importante tener siempre presente que:

- Los proyectos de ingeniería son documentos con una estructura perfectamente definida y que deben poder ser interpretados, sin ninguna ayuda ni aclaración adicional, por cualquier otro facultativo distinto al autor. La estructura es clara³:
 - Memoria y anejos
 - Planos
 - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares
 - Presupuesto
- Los proyectos de ingeniería contienen continuas referencias a normas, instrucciones, leyes, reglamentos, pliegos, etc., que se actualizan y modifican más frecuentemente de lo deseado, por lo que ha de llevarse a cabo una labor de actualización casi en tiempo real.

² Para la elaboración de informes técnicos se recomienda la consulta de CALAVERA J. (2003) *Manual para la redacción de informes técnicos en Construcción*. INTEMAC, Madrid.

³ Algunas administraciones definen como Documento N°5 el Estudio de Seguridad y Salud (o estudio básico) ya que al exigirse una tramitación específica ante las autoridades laborales es relativamente cómodo el encuadrarlo en tomo aparte. No obstante, y a todos los efectos, se aconseja que se incluya como un anejo técnico más, del que se desprenderá un capítulo específico e independiente en el presupuesto.



En este material docente de apoyo al desarrollo del TFG se presentan algunas preguntas o cuestiones que los alumnos deben plantearse antes de proceder a entregar el trabajo desarrollado.

Es evidente que no pretende sustituir otros manuales y apuntes de asignaturas, totalmente imprescindibles para la realización del TFG.

Así, desde el punto de vista formal y documental se recomienda la revisión de los apuntes de la asignatura de Organización y Gestión de Proyectos (4º curso), en donde se detalla con mayor profundidad el contenido y finalidad de cada uno de los documentos que integral el proyecto de construcción.

Igualmente necesario serán los manuales específicos y de la especialidad objeto del TFG. De esta manera, el alumno deberá volver a estudiar, completar y ampliar los conceptos y principios de diseño, cálculo y proyecto del tipo de obra que pretenda definir (estructura, abastecimiento, saneamiento, urbanización, depuración, puerto, presa, etc.)

2 Antes de empezar el TFG

El proyectista, antes de comenzar cualquier nuevo trabajo debe realizar unas tareas preparatorias imprescindibles y que van a facilitar el desarrollo de todas las actividades posteriores así como la calidad final del proyecto. Estas son:

- Preparar un **guión de trabajo – índice general** que le permita ver el esquema general del proyecto y todo aquello que le será imprescindible para poder llevarlo a cabo. Para determinados tipos de proyecto y administraciones el índice tiene una estructura fija⁴. En función de la naturaleza del promotor y por tanto de la obligatoriedad de cumplir con el Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, el número de anejos y su contenido puede variar, pudiendo incluso no ser obligatorios determinados anejos, sin embargo en el TFG, como ejercicio académico que es, se exigen siempre. No obstante, tal y como permite el reglamento el vigor, el TFG puede ser una parte de un proyecto de construcción, en cuyo caso deberá quedar debidamente justificado y aprobado por el tutor las partes del mismo que dejan de realizarse.
- **Los proyectos comienzan siempre con una visita a campo.** De esta manera podremos llegar a conocer mucho mejor la naturaleza y el alcance del problema que como ingenieros se les quiere dar respuesta (por ejemplo, la necesidad de una variante de carretera por la existencia de una travesía con problemas de congestión – peligrosidad). También facilita la visita a campo el conocimiento de las condiciones de contorno: la topografía y relieve, la hidrología, la existencia de valores ambientales a considerar, posibles servicios afectados, etc.

⁴ Por ejemplo, este es el caso de las “Recomendaciones para la elaboración de Proyectos de Carreteras” del Ministerio de Fomento, que se aplica a todos los proyectos de carreteras en las que tiene competencia.



- **Visitar una instalación o infraestructura similar en cuanto a tipología y orden de magnitud de la que pretende proyectar.** De esta manera podrá ver a escala real parámetros de diseño, elementos constitutivos, dimensiones similares, funcionamientos, etc. Esta imagen (que “*vale más que mil palabras*”) nos puede servir en un momento determinado para validar o no los resultados de nuestros cálculos⁵.
- **Conseguir un proyecto similar en cuanto a tipología y orden de magnitud del que pretende desarrollar.** Es preferible que sea del ámbito profesional, pero si fuese un TFG asegúrese que tiene un mínimo de calidad y es suficientemente actual para que todos los aspectos relacionados con la legislación y normativa estén al día

Sobre este punto es imprescindible hacer una pequeña referencia respecto al “copiar” de otros proyectos. Lo que realmente es contraproducente es llevar a cabo un “cortar y pegar”, principalmente por tres motivos:

1. Es usual encontrar frases e incluso párrafos enteros en proyectos que no tienen nada que ver con ellos⁶.
2. El estudiante no interioriza lo que está incorporando al proyecto porque ni lo lee con detenimiento ni lo escribe de su puño y letra con sus propias expresiones.
3. Se está cometiendo cuando menos una falta por cuanto estamos utilizando referencias externas sin ningún tipo de indicación.

Sin lugar a dudas el consultar documentos similares y utilizarlos como base no es una mala práctica (se hace igualmente en el ejercicio de la profesión), pero se ha de copiar de forma inteligente, adaptando lo disponible a las singularidades y condiciones particulares de nuestro proyecto, mejorando lo anterior y aportando un valor añadido a lo que llegó a nuestras manos.

En este punto es importante transcribir literalmente lo recogida al respecto en el reglamento de TFG en el apartado 10.2.:

“El plagio, entendido como la presentación de un trabajo u obra hecho por otra persona como propio o la copia de textos sin citar su procedencia y dándolos como de elaboración propia, conllevará automáticamente la calificación numérica de cero. Esta consecuencia debe entenderse sin perjuicio de las responsabilidades disciplinarias en las que pudieran incurrir los estudiantes que plagien, derivadas de la Ley de Protección de la Propiedad Intelectual.”

⁵ Por ejemplo: si estamos diseñando una EDAR para una determinada población equivalente, ver las dimensiones de unos decantadores primarios en correcto funcionamiento, nos puede permitir conocer si a la hora de calcular los incluidos en nuestro proyecto hemos cometido algún error o si estamos diseñando muy del lado de la seguridad.

⁶ Sirva como ejemplo que no es raro encontrar PFC que desarrollan una EDAR en Ciudad real y llevan a cabo una extensa y detallada descripción del medio físico de la Alpujarra granadina.



- Por último, y no por ello menos importante, es necesario **obtener información básica para nuestro proyecto**, la cual será objeto de procesado y tratamiento para incorporarla de forma correcta a los distintos documentos. En este sentido, hay que tener presente que esta tarea es normalmente compleja, dificultosa y dispersa por cuanto no existen en la actualidad (al menos en España), registros centrales de información.

La visita a distintas administraciones e instituciones y la negación de información o acceso a la misma es algo habitual. La dificultad de obtención de la información básica de partida no ha de desanimar al proyectista que deberá tratar de buscar la forma de solventar esta incidencia.

En otras ocasiones dicha información no existe y se deberá hacer un trabajo previo de generación de la misma (este es el caso de los datos a aportar en el anejo de geotecnia ya que el alumno no podrá realizar una campaña de toma de datos y ensayos, por lo que deberá sustituirla por una estimación de los principales parámetros a partir de los conocimientos adquiridos en la carrera y otros datos más básicos como puede ser la geología o campañas cercanas).

Una de las fuentes de proyectos de obras más interesantes a fecha de hoy la constituyen los perfiles del contratante de las distintas administraciones. Estos perfiles no son otra cosa que las plataformas online en donde se publicitan todos los contratos de las administraciones públicas de importancia. En muchas ocasiones, dentro de la documentación aportada se encuentran los proyectos de construcción completos (en pdf) de las obras e instalaciones en licitación. Algunos de los ellos son los siguientes:

- Perfil del Contratante del Estado:
www.contrataciondelestado.es
- Perfil del Contratante de la Junta de Andalucía:
www.juntadeandalucia.es/contratacion/MainMenuProfile.action
- Perfil del Contratante de la Universidad de Granada:
www.oficinavirtual.ugr.es/contratacion/inicio.jsp

3 Principales cuestiones a tener en cuenta en la redacción del TFG

Se van a presentar las cuestiones o preguntas que debe formularse el estudiante antes dar por bueno el trabajo realizado y proceder a la entrega para su corrección. Algunas de ellas se repiten en los distintos epígrafes ya que se tratan de aspectos comunes a lo largo de muchos de los documentos incluidos en cualquier proyecto de ingeniería.



3.1 Cuestiones relativas al Proyecto de Construcción

Las cuestiones relativas al Proyecto de Construcción se presentan de forma ordenada en los siguientes epígrafes atendiendo al orden de redacción de los distintos documentos que conforman el proyecto

3.1.1 Anejos Técnicos

Los anejos técnicos son aquellos necesarios para la correcta definición de las obras e instalaciones que se proyectan. Su inclusión será función de la tipología de proyecto que se elija así como de la administración responsable del mismo⁷.

Es importante tener presente que los anejos se redactan para el objeto de la obra y/o instalaciones que se proyectan, lo que debe condicionar el alcance y contenido de los mismos. Este es el caso, por ejemplo, del anejo de geología que no debe pretender ser un tratado que exponga la evolución de los tiempos geológicos de una forma genérica sino que se ha de describir la geología, los elementos que la caracterizan y en el ámbito espacial que exija el proyecto.

Los anejos técnicos son de muy diversa naturaleza, en función del tipo de proyecto que se está redactando. A continuación se hacen unas consideraciones de carácter general que permiten detectar posibles errores u omisiones.

1. ¿Estoy utilizando las últimas instrucciones y normativa en vigor? Es importante llevar a cabo esta comprobación antes de realizar ningún tipo de cálculo, ya que las modificaciones no solo afectan a las denominaciones sino incluso a las hipótesis de cálculo.
2. ¿Estoy empleando un sistema de unidades adecuado? Por ejemplo, uno de los principales errores que se cometen en el anejo de cálculo de estructuras es utilizar Kg/cm^2 como unidad de resistencia, cuando se ha de utilizar *pa* o *Mpa*. Por tanto, es obligado la utilización el Sistema Internacional del Unidades. Se considera que cada una de las siete magnitudes básicas del SI tiene su propia dimensión, representada simbólicamente por una sola letra mayúscula en fuente romana. Los símbolos utilizados para las magnitudes básicas y los utilizados para indicar su dimensión, son los siguientes:

Magnitud	Nombre	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Intensidad de	ampere	A

⁷ En el caso de las infraestructuras viarias, de ser la Administración Central o la Autonómica, los anejos exigidos y su orden de exposición son distintos por lo que se debe comprobar si existen directrices específicas en cada caso.



Magnitud	Nombre	Símbolo
corriente eléctrica		
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	candela	cd

Las unidades derivadas con nombres y símbolos especiales son las detalladas en la tabla 2⁸:

Magnitud	Nombre	Símbolo	Expresión en otras unidades SI	Expresión en unidades SI básicas
Frecuencia	hertz	Hz		s^{-1}
Fuerza	newton	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Presión	pascal	Pa	$N \cdot m^{-2}$	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Energía, trabajo, cantidad de calor	joule	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Potencia	watt	W	$J \cdot s^{-1}$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Cantidad de electricidad carga eléctrica	coulomb	C		$s \cdot A$
Potencial eléctrico fuerza electromotriz	volt	V	$W \cdot A^{-1}$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Resistencia eléctrica	ohm	Ω	$V \cdot A^{-1}$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Capacidad eléctrica	farad	F	$C \cdot V^{-1}$	$m^2 \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Flujo magnético	weber	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Inducción magnética	tesla	T	$Wb \cdot m^{-2}$	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Inductancia	henry	H	$Wb \cdot A^{-1}$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$

⁸ Toda esta información actualizada puede ser consultada en el Centro Español de Metrología y en la página web del mismo www.cem.es



3. ¿Los datos de partida que utilizo son correctos? Si esto no es así difícilmente se podrá hacer un buen cálculo por lo que habrá que comprobar la fiabilidad de los mismos, consultando cálculos y/o ejercicios similares.
4. ¿Qué hago si no dispongo de datos de partida esenciales para el desarrollo del proyecto? Este es el caso de la caracterización de los vertidos de aguas residuales, la campaña geotécnica, etc. En ese caso y a partir de unas especificaciones más generales de nuestro caso, debemos “generar una campaña” de forma razonada y que realmente pueda responder a dichas condiciones⁹.
5. ¿He planteado de forma adecuada las hipótesis de cálculo? A la hora de calcular cualquier elemento o instalación se procede a establecer unas hipótesis de partida que permiten simplificar el cálculo. Si las hipótesis son excesivamente conservadoras estaremos penalizando económicamente el proyecto.

3.1.2 Seguridad y Salud.

A la hora de desarrollar el anejo correspondiente se desarrollará según lo establecido en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción y posteriores modificaciones. Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Dicho anejo tendrá una estructura individual similar a cualquier proyecto: memoria, planos, pliego de condiciones y presupuesto.
- Tal y como se ha apuntado anteriormente hay administraciones que lo denominan Documento Nº5 del Proyecto de Construcción. El principal motivo reside en que su encuadernación independiente y como separata facilita su tramitación administrativa posterior.
- Los planos que se aporten deberán ser específicos del proyecto que se redacta, evitando reproducir fichas de elementos y esquemas que pueden suplirse con la sola referencia a bases de datos perfectamente desarrolladas como las del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo <http://www.insht.es/>
- Los planos deberán recoger la localización de todos los elementos preventivos, aportando para ello plano de planta a la escala suficiente así como los planos de detalle complementarios.
- El valor resultante del presupuesto de seguridad y salud deberá trasladarse al presupuesto general de la obra, como una partida alzada a justificar y como capítulo independiente. Es importante comprobar que las cantidades señaladas en ambos documentos coinciden exactamente.

⁹ Por ejemplo, a partir de una caracterización geomorfológica determinar unos parámetros geotécnicos concordantes con la misma. En el caso de vertidos de aguas residuales, estimar los caudales (medio, punta y mínimo) y las concentraciones de contaminantes a partir de las características de la población servida, sus dimensiones y sus principales actividades económicas.



3.1.3 Gestión de residuos de la construcción y demolición.

A la hora de desarrollar el anejo correspondiente se estará a lo establecido por ley y en particular a lo recogido en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Literalmente el Real Decreto recoge que el proyecto de ejecución de la obra deberá incluir un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición, que contendrá como mínimo:

- Una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, o norma que la sustituya.
- Las medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.
- Las operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
- Las medidas para la separación de los residuos en obra.
- Los planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra. Posteriormente, dichos planos podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, previo acuerdo de la dirección facultativa de la obra.
- Las prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.
- Una valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo independiente.

Es importante hacer notar que la valoración exigida irá en capítulo independiente, por lo que en el desarrollo del presupuesto de la obra deberá aparecer como tal.

3.1.4 Planos

Algunas de las cuestiones más importantes en cuanto a la preparación y maquetación de la información gráfica del proyecto son las siguientes:

1. ¿He preparado el índice del documento “Planos”?
2. ¿Están los planos bien rotulados y definidos? En los cajetines siempre deberán aparecer como mínimo:
 - La Administración responsable o cliente. En este caso será la ETS de ICCP de la UGR (puede acompañarse con el escudo o anagrama correspondiente)
 - El director de los trabajos. En este caso el tutor académico del TFG.
 - El autor del proyecto. El alumno.
 - La fecha.



- El nombre del proyecto.
 - El nombre del plano. Podrá tener un subtítulo cuando el plano tenga distintas hojas.
 - El número de plano (Plano N; Hoja i de j)
 - La Escala. Se indicará de forma numérica. También se hará referencia al tamaño del original y se podrá completar con una escala gráfica que permita una comprobación rápida e inmediata de la misma. Cuando se utilicen varias escalas en un mismo plano se indicará en el cajetín “Varias” y en cada dibujo deberá aclararse la escala utilizada.
3. ¿Se exponen de una forma ordenada y consecuente, partiendo de escalas más generales hasta escalas de detalle?
 4. ¿Las escalas utilizadas son las adecuadas para el detalle o información gráfica que se quiere facilitar?
 5. ¿Están todos los planos perfectamente orientados (cuando así sea necesario)? Es normal recurrir a la rosa de los vientos para marcar el norte (aunque si son planos que incluyen cuadrículas de proyecciones topográficas no es estrictamente necesario).
 6. ¿He incluido las leyendas necesarias que permitan una correcta interpretación de la información planteada? Es importante tener presente que no deben darse explicaciones cuando se presenta un plano a un tercero y éste deber ser capaz de interpretarlo sin aclaraciones adicionales.
 7. En algunos planos dichas leyendas corresponden a materiales, control de calidad, etc., regulados por instrucciones y otras normativas ¿están estas referencias actualizadas y son de aplicación al plano en donde aparecen¹⁰?

A lo largo de la redacción del proyecto se genera otra documentación gráfica que permite una mejor comprensión del mismo. Este es caso de los mapas geológicos, hidrológicos, usos del suelo, etc. En este caso se deberán incluir en los anejos correspondientes, junto con la leyenda necesaria y suficiente para su interpretación. La principal diferencia con el resto de los planos de proyecto es que raramente se utilizan para medir dimensiones, sino para conocer características y/o atributos específicos.

3.1.5 Cuestiones relativas al PPTP.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares es el documento que recoge, según lo establecido por ley, los siguientes contenidos:

- a. Disposiciones generales
- b. Descripción de las obras
- c. Condiciones que deben reunir los materiales
- d. Condiciones de ejecución de las obras
- e. Medición y abono de las unidades de obra

¹⁰ Un error usual es incluir denominaciones de hormigones como H-250 (anterior normativa) o incluir en las capas de firme ZN-Zahorra Natural, cuando ya no es posible.



f. Disposiciones complementarias

Por tanto, a lo largo de su redacción hay que tener presente el resto de documentos que componen el Proyecto de Construcción para no caer en contradicciones, omisiones o inclusiones innecesarias que no son de aplicación para la obra o instalación que define.

Las principales cuestiones a tener presente son las siguientes:

1. Comprobar que existe concordancia con el resto de los documentos que componen el proyecto y en particular deberá asegurarse que existe:
 - a) Concordancia entre los materiales incluidos en el PPTP y los recogidos en el Anejo de Justificación de Precios.
 - b) Concordancia entre las unidades de obra incluidas en el PPTP y las recogidas en el Anejo de Justificación de Precios.
 - c) Concordancia entre las especificaciones técnicas incluidas en el PPTP y las recogidas en el Anejo de Justificación de Precios.
 - d) Concordancia entre los criterios de medición incluidos en el PPTP y los recogidos en el Anejo de Justificación de Precios.
 - e) Concordancia entre los ensayos y controles exigidos en el PPTP y los incorporados en el anejo de control de calidad.
2. ¿He revisado la legislación a la que se hace referencia? Esta revisión permitirá detectar y corregir normas que por el ámbito (local, autonómico y nacional) o situación no son de aplicación (pueden estar derogadas).
3. ¿Se ha incluido una breve descripción de las obras? Es norma habitual transcribir literalmente la descripción a utilizar en la memoria del proyecto.
4. La redacción del PPTP debe permitir una interpretación directa de las especificaciones sin tener que estar consultando de forma continua normas, instrucciones o disposiciones legales de mayor rango.

3.1.6 Cuestiones relativas al Presupuesto

El documento presupuesto deberá estar estructurado en los siguientes apartados:

1. Mediciones
 - a. Mediciones Auxiliares
 - b. Mediciones generales (normalmente por capítulos)
2. Cuadro/cuadros de precios
3. Presupuesto (también por capítulos)
4. Resumen de Presupuesto
 - a. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)
 - b. Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)



La inclusión de uno o dos cuadros precios será función de las exigencias de quien haya encargado el proyecto. En caso del TFG es de obligada redacción los dos cuadros de precios, teniéndose presente que el primero responde a los precios sin descomposición y el segundo a los precios con descomposición¹¹.

Algunas cuestiones claves a comprobar son:

1. ¿Existe concordancia entre los valores que aparecen en el anejo de justificación de precios y el cuadro de precios? Hay que evitar diferencias que por error aparecen en proyectos en la justificación de los costes indirectos aplicándose distintos porcentajes en uno y otro documento; igualmente ocurre con los precios de la mano de obra (convenios provinciales de aplicación).
2. ¿Se han incluido los capítulos de obligada redacción? Además de correspondientes a las unidades de obra que se midan es imprescindible que aparezcan como capítulos independientes en el presupuesto el de Seguridad y Salud (Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción y posteriores modificaciones) y el de gestión de residuos de la construcción y demolición (Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición).
3. Si no se especifica lo contrario por parte de la Administración, no se ha de incluir ningún capítulo en concepto de control de calidad. Los costes de la calidad están incluidos, hasta el 1% del PEM, como parte proporcional de cada precio asignado a las unidades de obra. Si excepcionalmente se destinaran mayores recursos al control de calidad se deberán incluir aparte como presupuesto para conocimiento de la Administración / propiedad. De cualquiera de las maneras, es importante incluir todas estas cuestiones de forma explícita en el PPTP, evitando posteriores malentendidos sobre las obligaciones del contratista en materia de control de calidad con derecho o sin derecho a cobro.
4. A la hora de calcular el presupuesto de ejecución por contrata, ¿se aplican los conceptos y porcentajes correctamente? Hay que tener presente que para calcular la base imponible hay que sumar los gastos generales (establecidos por ley en una horquilla entre el 13 y el 17%¹², en función de la complejidad de la obra) y el beneficio industrial (en obras de ingeniería se aplica un 6%) Una vez calculada la base imponible se le aplicará el IVA correspondiente, que en las obras es actualmente el 21%.

3.1.7 Cuestiones relativas al resto de anejos

Como todos los documentos deben redactarse formalmente y cuidando el lenguaje y la ortografía, completándolos con información gráfica cuando la exposición así lo requiera. En las

¹¹ Esta descomposición permitiría el abono de unidades de obra incompletas, en las que solo hubiera que pagar parte de las mismas (por ejemplo, el precio de una tubería a pie de obra).

¹² Algunas administraciones ya han fijado como tipo único a aplicar en concepto de “gastos generales” el 13%.



siguientes líneas se darán unas breves indicaciones con objeto de evitar los principales errores y olvidos que se cometen en los mismos.

Antecedentes administrativos y técnicos

A lo largo del ciclo de vida de un proyecto y hasta que llega la redacción del proyecto constructivo se han ido completando etapas que han de mencionarse de forma explícita en el mismo ya que el alcance y definición de las soluciones que en el mismo se recogen vienen condicionadas por ellos. Este es el caso de planificaciones anteriores, estudios de alternativas, órdenes de trabajo y estudio, desarrollos legislativos específicos, etc.

Expropiaciones, servicios afectados y reposición de servicios.

El objeto de este anejo es el de cumplir los requisitos exigidos en la vigente Ley de Expropiaciones Forzosas, sobre la obligación de formular una relación, concreta e individualizada, de los bienes o derechos cuya expropiación es necesaria, describiendo todos los aspectos, tanto materiales como jurídicos.

Los datos necesarios para la elaboración de este anejo pueden tomarse de la Oficina Virtual del Catastro (Ministerio de Economía y Hacienda), llevando a cabo una posterior comprobación y toma de datos en el terreno. La dirección web de la misma es: <http://www.sedecatastro.gob.es/>

Considerando que las fincas o terrenos se ocupan con mayor o menor extensión o duración y los derechos sobre aquellos se expropian con mayor o menor intensidad o permanencia, se diferencian las siguientes clases de afección expropiatoria:

- A. Por la extensión de la ocupación de la finca o terreno afectado: ocupación total o parcial.
- B. Por la derivación cronológica de la ocupación: ocupación definitiva o temporal.
- C. Por la intensidad con que se afecten los derechos sobre los bienes ocupados: expropiación plena o menos plena, que deja subsistente algún derecho del anterior titular.
- D. Por la duración con que se afecten los derechos: expropiación definitiva o temporal.

De cara a desarrollar el Proyecto de expropiaciones se deberá tener presente el trato distinto para las siguientes circunstancias:

1. Expropiaciones pleno dominio: Las expropiaciones vendrán motivadas por la ejecución de la obra principal, sus elementos fijos, funcionales complementarios, reposición permanente de servicios afectados, o requerimiento de dominio público de legislación vigente en el entorno de la obra.
2. Ocupaciones temporales: Son expropiaciones no definitivas, mediante las que se interrumpe temporalmente la posesión o ejercicios del afectado, privándole transitoriamente de ello para satisfacer necesidades que habrán de especificarse y justificarse con claridad, así como delimitarse con precisión y devolverse en condiciones tratadas y adecuadas (no en peores condiciones que anteriormente).



3. Servidumbres permanentes: Son afecciones definitivas, que si bien pueden permitir los usos actuales de los terrenos afectados, pueden modificarlos e incluso cambiarlos. A los efectos de expropiación, las valoraciones de suelo se efectuarán con arreglo a los criterios establecidos en el Título III de la Ley 8/2007, de 28 de mayo, de suelo.

La valoración se establecerá según la clasificación y situación del suelo, en la forma establecida en la legislación y reglamentación vigente. De igual manera, las indemnizaciones a favor de los arrendatarios rústicos se fijarán de acuerdo con lo previsto en la Ley de Expropiación Forzosa.

Coordinación con otros organismos y servicios.

El alcance del proyecto puede que afecte a espacios, servicios, instalaciones o competencias que dependan de varias administraciones, instituciones o empresas. Es importante recoger en el correspondiente anejo cuales son éstas, como se van a ver afectadas por el proyecto que se redacta y la forma o procedimiento que se va a llevar a cabo para la correcta coordinación entre todos los agentes y servicios implicados.

Se deberá tener presente que las obras se ejecutan en un contexto concreto, en espacios públicos y privados, de muy diversa titularidad y usos y que todo ello ha de tenerse presente para conseguir la viabilidad del proyecto en todos sus términos.

Justificación de precios.

En el anejo de justificación de precios que han de detallarse tanto los costes directos como indirectos que componen los precios unitarios.

En relación a los primeros es importante saber que:

- La mano de obra se expresa en los términos recogidos en el convenio laboral de aplicación, que en el caso de la construcción tiene ámbito provincial por lo que se deberá consultar el último en vigor del ámbito geográfico de la obra.
- Los precios de los materiales incluyen su transporte a pie de obra.
- El coste de la hora de vehículos y maquinaria incluye al operario que la maneja.

En relación con los costes indirectos:

- Distinguir entre los previstos y los imprevistos (limitados entre un 1% y un 3% en función de la naturaleza de la obra)
- Se deberán calcular los previstos (personal técnico, encargados, topografía, administración de obra, alquiler de casetas, gastos de funcionamiento de obra, etc.) y confrontarlos al importe de la obra sin ellos para calcular así el porcentaje que suponen sobre el total.



- Finalmente se expresarán en un porcentaje sobre los costes directos de las distintas unidades de obra. Es importante recordar que este porcentaje será fijo y único para todo el proyecto, no pudiéndose variar dentro de los distintos precios¹³.

Se deberán incluir los siguientes listados:

- Listado de precios de mano de obra
- Listado de precios de maquinaria
- Listado de precios de materiales
- Listado de precios auxiliares (si los hubiese)
- Listado de descompuestos.

Fórmula de revisión de precios.

En aquellos casos en que la duración prevista de la obra sea superior a doce (12) meses es importante recoger la fórmula de revisión de precios. La misma se formulará atendiendo a la reglamentación vigente y en particular al Real Decreto 1359/2011, de 7 de octubre, por el que se aprueba la relación de materiales básicos y las fórmulas-tipo generales de revisión de precios de los contratos de obras y de contratos de suministro de fabricación de armamento y equipamiento de las administraciones públicas (BOE 26/10/2011) y la Orden HAP/1292/2013, de 28 de junio, por la que se establecen las reglas de determinación de los índices que intervienen en las fórmulas de revisión de precios de los contratos públicos.

Presupuesto para conocimiento de la Administración.

Además del importe de ejecución de la obra, el promotor deberá tener presente una serie de gastos adicionales necesarios para llevar a cabo el proyecto. En el caso de las administraciones a dicho importe habrá que sumarle el coste de las expropiaciones y el de servicios afectados que la administración no haya incluido de forma explícita en el presupuesto de ejecución material de la obra¹⁴, todo lo que exceda del 1% de PEM previsto en el control de calidad y los importes previstos por ley para inversión en materia cultural (normalmente el 1% del presupuesto de la obra).

En algunos casos, y con objeto de conocer el alcance global de la inversión, se pueden detallar los siguientes conceptos:

- Coste de la consultoría de redacción del proyecto.

¹³ Tal y como recoge el artículo 130 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (RGLCAP), actualmente en vigor en todo lo que no contradice al TRLCSP.

¹⁴ Existen determinados servicios afectados que por su naturaleza, volumen o singularidad deben ser ejecutados y/o contratados a terceros y son estos los que hay que tener presente en la preparación del Presupuesto para Conocimiento de la Administración. Este es el caso de la modificación del trazado de red eléctrica de alta tensión, la cual deberá ser ejecutada por la empresa eléctrica responsable de la misma o bien, si así le corresponde, por Red Eléctrica Española.



- Coste de la consultoría de la dirección de obra.
- Coste de tasas, licencias y permisos (en el caso de las carreteras y urbanizaciones están exentas de impuestos de obras e instalaciones)

Control de calidad.

El anejo de control de calidad se formula a partir de las especificaciones recogidas por el PPTP, por lo que se ha de comprobar que este extremo es así, especialmente a la hora de calcular los lotes de control.

Una vez calculados deben valorarse con objeto de conocer el alcance económico de dicho control ya que, si no se especifica lo contrario el contratista está obligado a dedicar el 1% del PEM para estas actividades. Si el importe fuese superior la Administración – Propiedad deberá tenerlo en cuenta a la hora de determinar sus obligaciones presupuestarias.

Plan de obra.

El Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público (TRLCSP) obliga a su inclusión en los contratos. A la hora de formularlo, al margen de su correcto desarrollo mediante el análisis de los condicionantes de obra (localización, accesibilidad, climatología, legislación laboral, equipos, rendimientos, etc.), se ha de incluir siempre un diagrama que resuma la producción mensual y a origen, valorado, fechado y firmado por el autor del proyecto.

En este punto es importante recordar que el Plan de Obra será aprobado por el órgano de contratación y quedará incorporado al contrato de obras. El incumplimiento del mismo podrá lugar a penalidades en concepto de demora en la entrega de la obra, e incluso la pérdida de otros derechos a los que hubiera lugar (intereses de demora por atrasos en el cobro de las certificaciones).

Clasificación de contratistas.

La clasificación de contratista se incluye a efectos de la posterior licitación de las obras que se definen en el proyecto. Es importante seguir todas las especificaciones recogidas en la legislación y en particular en la Orden del 28 de marzo de 1.968 por la que se dictan normas complementarias para la clasificación de contratistas de obras del Estado (modificada en orden de 18 de junio de 1991).

Se deberá tener presente:

- Que se ha de calcular correctamente la anualidad media. En este sentido para obras de un plazo de ejecución inferior a un año se considerará la anualidad media el propio presupuesto del proyecto.
- No se considerarán capítulos cuyo importe sea inferior al 20% del total del presupuesto.
- Aunque pudiera llegar a exigirse hasta tres clasificaciones específicas, es norma no escrita no formular más de dos y excepcionalmente tres.



3.1.8 Cuestiones relativas a la Memoria

La memoria, como su nombre indica, recoge finalmente todo el trabajo realizado, de forma sumaria y resumida, facilitando con una lectura relativamente rápida el conocimiento de las obras y actuaciones contempladas en el proyecto. Por tanto:

1. ¿Se detalla el objeto y alcance del proyecto de forma clara y concisa?
2. ¿Se recogen todos los antecedentes de forma resumida?
3. ¿Se incluye un resumen de las principales unidades de obra y capítulos del proyecto?
4. ¿Se incluyen las principales conclusiones de cada uno de los anejos, indicando expresa y claramente donde se pueden consultar?
5. ¿Se listan todos los documentos que integran el proyecto?
6. ¿Se lleva a cabo la declaración de obra completa?
7. ¿Se incluye un último epígrafe de “consideraciones finales”?

En cualquier caso es importante una exposición formal, preferentemente en impersonal, cuidando la redacción engorrosa. En el caso de incluir tablas, figuras, fotografías, etc., deben ir acompañadas de sus correspondientes títulos así como la identificación de la fuente de procedencia.

El estudiante, al igual que el profesional de la ingeniería debe ser consciente de la importancia de una correcta redacción y orden del documento memoria. Se trata del resumen documentado de todos los trabajos realizados (diseño, cálculo, definición, medición, valoración, especificación, etc.) y por ello debe permitir el primer acercamiento al proyecto de una forma clara y concisa, permitiendo ahondar en cualquier aspecto con solo remitirse a los documentos y anejos correspondientes.

El hecho de que se trate de un documento relativamente breve permite a los técnicos su lectura completa, por lo que han de evitarse cualquier tipo de errata u omisión, ya que ello puede poner en duda la calidad técnica y documental del trabajo desarrollado.

4 Legislación a aplicar

Uno de los principales errores que se cometen en la redacción del TFG (e incluso en proyectos profesionales), es la mención a legislación que está derogada o no es de aplicación al proyecto que se desarrolla.

Ello viene motivado principalmente por la gran cantidad de disposiciones legales, de distinto orden y alcance que pueden ser de obligado cumplimiento para un determinado proyecto. Así, el estudiante – proyectista tendrá que tener presente la siguiente:

- Normativa obligatoria:
 - Leyes
 - Reglamentos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias



- Ordenanzas municipales
- Otras (disposiciones autonómicas, europeas...)
- Normas propias de compañías suministradoras
- Normas referenciadas como obligatorias por las anteriores
- Normativa no obligatoria:
 - Funciones de normalización, homologación o ayuda al cálculo, entre otras.
 - Normas españolas UNE, europeas EN e internacionales ISO, ...

Igualmente importante para el alumno es conocer el orden de prelación de las leyes con objeto de que sepa distinguir y jerarquizar todas las disposiciones que pudieran ser de aplicación para su TFG.

De forma resumida se puede indicar que, la primera jerarquización que ha de hacerse es sobre las distintas fuentes del derecho en España y que son:

- I. En primer lugar se aplica la ley (sentido más técnico, emanada de distintos poderes del Estado).
- II. En el caso de que no haya norma legal aplicable al supuesto, se aplicará, en defecto de ley, la costumbre, si es que ésta existe también. Por lo tanto la costumbre ocupa en nuestro ordenamiento jurídico el lugar de norma supletoria de primer grado.
- III. En el caso de que no estén ninguna de las dos anteriores se aplicarán los Principios Generales de Derecho, ocupando el lugar de norma supletoria de segundo orden, en defecto de la ley y de la costumbre

Y dentro de la ley (primer apartado anterior) se ha de atender a la siguiente jerarquización:

- 1º. Constitución Nacional.
- 2º. Tratados internacionales.
- 3º. Leyes.
- 4º. Decretos-leyes.
- 5º. Reglamentos.
- 6º. Ordenanzas municipales.
- 7º. Resoluciones.

El desarrollo de la legislación normativa está en continua evolución y prueba de ello es la aparición de “textos refundidos” que tratan de hacer más fácil la aplicación de un marco legal que ha ido configurándose a partir de una primera disposición y completándose, corrigiéndose y ampliándose con otras posteriores.



El ingeniero, en el ejercicio de su profesión ha de actualizar de forma continua esta lista de legislación y normativa¹⁵ ya que los cambios normativos son continuos en el campo de la ingeniería.

5 Maquetación y presentación final

Durante la redacción del TFG se invierte mucho tiempo, se aprende a aplicar de forma práctica muchos de los conceptos con los que se ha trabajado a lo largo de la carrera. Es importante ser consciente de que merece la pena dedicar un esfuerzo adicional a cuidar la presentación del TFG.

Un documento bien encuadernado, cuidado en los detalles, pegatinas, carátulas, etc., causa una primera impresión de orden y método. No se debe olvidar que el proyectista es un técnico que ha de trabajar de forma metódica, revisando y chequeando todos y cada uno de los documentos que genera, los ordena e incluye allá donde deben estar y por ende, donde se esperan encontrar.

En relación con todos estos aspectos se deben cuidar especialmente:

- El diseño de la portada del proyecto. Ha de ser limpia y ordenada. Ha de contener toda la información básica del proyecto: promotor, título del proyecto, presupuesto, fecha, autor, tutor. Es interesante incluir alguna imagen, a poder ser del propio proyecto (del reportaje fotográfico e incluso algún plano que permita intuir el alcance del mismo).
- Es también interesante rotular los lomos. De esta manera, cuando se presente dentro de caja, se podrá seleccionar aquel tomo que se esté buscando.
- Se ha de presentar en tantos tomos como sea necesario. La necesidad surge para conseguir un tamaño de tomo que permita trabajar con ellos de una forma cómoda.
- Se ha de incluir un índice general del proyecto en cada tomo, siendo conveniente detallar de forma específica el contenido de cada uno de ellos mejor.
- A la hora de numerar y ordenar los tomos se ha de conservar el orden de la documentación del proyecto. Este es: memoria, planos, PPTP y presupuesto.
- La decisión de impresión en un formato DIN A4 o DIN A3 deberá consultarse con tu profesor. Algunas administraciones (como es el caso de aquellas que gestionan carreteras imponen como formato oficial el DIN A3).

¹⁵ El estudiante debe hacer uso de fuentes adecuadas para dicha actualización, siendo imprescindible la consulta de los boletines oficiales y sus páginas oficiales, como son www.boe.es www.eur-lex.europa.eu www.boja.es. También resultan de gran ayuda páginas en las que llevan a cabo la actualización permanente de la legislación y normativa, integrando en un solo texto todas las disposiciones (vigentes y derogadas para su conocimiento). Este es el caso de www.noticias.juridicas.com.



- Los formatos de maquetación de páginas, como son los márgenes, se han de elegir teniendo presente que una vez encuadernado ha de ser posible leer todo el texto sin problema alguno.
- Una vez dentro de cada documento, es interesante incluir separadores entre cada una de las partes que lo componen (por ejemplo, incluyendo hojas de otro color como separación entre anejos).
- Se han de cuidar el tipo de fuente a utilizar (huyendo de elecciones que pueden considerarse **informales**, o **fuera de las habituales**). El tamaño de letra deberá estar comprendido entre 11 y 12 pts. Tamaños inferiores pueden reservarse para notas al pie de página, pero nunca por debajo de 10 pts. Tamaños mayores se han de reservar para **TÍTULOS, CABECERAS Y EPÍGRAFES**. Se ha de evitar la utilización del subrayado de palabras. La utilización de la cursiva será para indicar *textos trasladados de forma literal desde otras fuentes*. **La utilización de colores obliga a una impresión más cara**, por lo que siempre que pueda sustituirse por cualquier otro criterio debe adoptarse este último.

Por último, es conveniente llevar a cabo una revisión completa del documento. Revisa la redacción del mismo, tratando de eliminar aquellas expresiones en exceso coloquiales o que puedan mostrar subjetividad en el desarrollo del trabajo. En este sentido hay que recordar que el proyecto responde a la solución técnica a un problema concreto, diseñada a partir de principios y criterios aceptados por la comunidad técnica, o recogidos en normas e instrucciones.

6 Consideraciones finales

El TFG, aunque ejercicio académico, debe entenderse como un trabajo puente en el que el estudiante puede someterlo a consideración de su cliente – administración, y ésta juzgarlo desde el punto de vista técnico, legal, funcional, etc.

Se trata por tanto de conseguir que el estudiante cambie en cierta medida el punto de vista académico por el profesional, reflexionando sobre las consecuencias y responsabilidades derivadas de su trabajo (el diseño y cálculo de una estructura, de una red de servicios urbanos, de una vía de comunicación, etc.)

Solo de esta manera el trabajo desarrollado conseguirá el objetivo marcado para el mismo que no es otra que la de ser capaz de sintetizar, aplicar e integrar todas las competencias adquiridas en las enseñanzas del Grado en Ingeniería Civil.