



# UNIVERSIDAD DE OVIEDO

DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN Y PROSPECCIÓN DE MINAS

MASTER INTERUNIVERSITARIO EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS

TRABAJO FIN DE MASTER

## Análisis de las desviaciones de costes en proyectos de ingeniería ferroviaria

Autor: Pablo Nistal Díaz  
Director: José Manuel Mesa Fernández  
Codirector: Francisco Ortega Fernández

Fecha: Junio 2015

## INDICE

---

1.	INTRODUCCIÓN .....	5
2.	OBJETIVO .....	12
3.	METODOLOGÍA.....	12
4.	LOS SOBRECOSTES EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA .....	13
4.1.	Situación actual.....	13
4.2.	Causas de los sobrecostos .....	15
4.3.	Cuantía de los sobrecostos .....	19
4.4.	Medidas de corrección para los sobrecostos .....	22
4.5.	Correlaciones anteriores.....	23
4.5.1.	Según la duración de la fase de ejecución del proyecto .....	23
4.5.2.	Según el tamaño del proyecto.....	23
4.5.3.	Según el tipo de promotor .....	23
4.6.	Resumen .....	23
5.	ANÁLISIS DE DATOS .....	24
5.1.	Análisis Estadístico .....	26
5.2.	Correlaciones .....	32
5.2.1.	Sobrecoste – Presupuesto de redacción del proyecto.....	32
5.2.2.	Presupuesto de redacción – Tamaño del proyecto.....	34
5.2.3.	Sobrecoste – Tamaño del proyecto.....	35
5.2.4.	Sobrecoste – Presupuesto de adjudicación .....	37
5.2.5.	Sobrecoste – Plazo de adjudicación .....	38
5.2.6.	Sobrecoste – Duración del proyecto .....	40
5.2.7.	Sobrecoste – Baja de adjudicación.....	41
5.2.8.	Sobrecoste – Fecha.....	43
6.	CONCLUSIONES.....	47
7.	LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS.....	49
8.	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	50

## ANEXO I. TABLA DE DATOS DE PROYECTOS OBJETO DEL ESTUDIO

## INDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Sobrecostes “milmillonarios” en obras en España. Fuente: (Grasso, 2014) ....	6
Figura 2. Sobrecostes millonarios en obras en España. Fuente: (Grasso, 2014) .....	7
Figura 3. El despilfarro español. Fuente: (Pelayo, 2013).....	8
Figura 4. El Sobrecoste infla las obras públicas. Fuente: (Lorenzo, 2014) .....	9
Figura 5. Sobrecostes obras del Ministerio de Fomento. Fuente: (Méndez, 2014).....	9
Figura 6. Inversiones reales en obras públicas. Fuente: (SEOPAN, 2015).....	10
Figura 7. Gráfica comparativa presupuestos de la población de datos .....	25
Figura 8. Histograma toda la población analizada .....	27
Figura 9. Histograma población sin túneles .....	27
Figura 10. Histograma población con túneles .....	28
Figura 11. Gráficas de correlación sobrecoste – presupuesto redacción del proyecto.	34
Figura 12. Gráficas de correlación presupuesto redacción proyecto - tamaño .....	35
Figura 13. Gráficas de correlación sobrecoste – tamaño del proyecto .....	37
Figura 14. Gráficas de correlación sobrecoste – presupuesto de adjudicación.....	38
Figura 15. Gráficas de correlación sobrecoste – plazo de adjudicación .....	40
Figura 16. Gráficas de correlación sobrecoste – duración del proyecto.....	41
Figura 17. Gráficas de correlación sobrecoste – baja de adjudicación .....	43
Figura 18. Gráficas de correlación sobrecoste – fecha de construcción.....	44

## INDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Licitación Pública 2014. Fuente: (SEOPAN, 2014).....	11
Tabla 2. Clasificación de autores de estudios similares. Fuente: (Cantarelli , Molin, van Bee, & Flyvberg, 2010) .....	14
Tabla 3. Ampliación de la clasificación de autores de estudios similares. Fuente: Propia .....	14
Tabla 4. Causas de los sobrecostes. (Cantarelli , Molin, van Bee, & Flyvberg, 2010) ....	18
Tabla 5. Cuantía de los sobrecostes en el mundo. Fuente: (Flyvberg, Skamris Holm, & Buhl, 2003).....	20
Tabla 6. Frecuencia y magnitud de los sobrecostes. Fuente: (Flyvberg, Skamris Holm, & Buhl, 2003).....	21
Tabla 7. Frecuencia y magnitud de los sobrecostes. Ampliación. Fuente: propia. ....	21
Tabla 8. Análisis estadístico de sobrecostes en los casos estudiados.....	29
Tabla 9. Análisis estadístico de bajas de adjudicación .....	29
Tabla 10. Análisis estadístico de incrementos presupuestarios sobre adjudicación ....	30
Tabla 11. Análisis estadístico de los importes de redacción de proyectos .....	30
Tabla 12. Análisis estadístico de sobrecostes en fase de construcción .....	31

## INDICE DE ECUACIONES

---

(Ecuación 1). Sobrecoste-duración fase de ejecución .....	23
(Ecuación 2). Sobrecoste-tamaño del proyecto .....	23
(Ecuación 3). Sobrecoste-presupuesto redacción proyecto. Todos los proyectos .....	32
(Ecuación 4). Sobrecoste-presupuesto redacción proyecto. Sin túneles.....	32
(Ecuación 5). Sobrecoste-presupuesto redacción proyecto. Con túneles .....	32
(Ecuación 6). Presupuesto redacción proyecto-tamaño. Todos los proyectos.....	34
(Ecuación 7). Presupuesto redacción proyecto-tamaño. Sin túneles .....	34
(Ecuación 8). Presupuesto redacción proyecto- tamaño. Con túneles.....	34
(Ecuación 9). Sobrecoste-tamaño del proyecto. Todos los proyectos.....	36
(Ecuación 10). Sobrecoste-tamaño del proyecto. Sin túneles .....	36
(Ecuación 11). Sobrecoste-tamaño del proyecto. Con túneles.....	36
(Ecuación 12). Sobrecoste-presupuesto de adjudicación. Todos los proyectos.....	37
(Ecuación 13). Sobrecoste-presupuesto de adjudicación. Sin túneles.....	37
(Ecuación 14). Sobrecoste-presupuesto de adjudicación. Con túneles .....	37
(Ecuación 15). Sobrecoste-plazo de adjudicación. Todos los proyectos.....	39
(Ecuación 16). Sobrecoste-plazo de adjudicación. Sin túneles .....	39
(Ecuación 17). Sobrecoste-plazo de adjudicación. Con túneles.....	39
(Ecuación 18). Sobrecoste-tamaño del proyecto (años). Todos los proyectos.....	40
(Ecuación 19). Sobrecoste-tamaño del proyecto (años). Sin túneles .....	40
(Ecuación 20). Sobrecoste-tamaño del proyecto (años). Con túneles.....	40
(Ecuación 21). Sobrecoste-baja de adjudicación. Sin túneles .....	42
(Ecuación 22). Sobrecoste-fecha de adjudicación. Todos los proyectos .....	43
(Ecuación 23). Sobrecoste-fecha de adjudicación. Sin túneles .....	43
(Ecuación 24). Sobrecoste-fecha de adjudicación. Con túneles .....	43

## 1. INTRODUCCIÓN

El problema de los sobrecostes en proyectos de infraestructura se ha generalizado en las obras públicas españolas convirtiéndose en los últimos años en un serio problema económico, cuyos importes alcanzan cifras astronómicas en algunos casos.

En el último quinquenio, la inversión en obras públicas ha sido muy alta y las desviaciones presupuestarias han sido proporcionales o incluso han superado las expectativas más pesimistas en algunos casos, pasando a ser noticia y generando en la sociedad grandes dudas sobre la eficacia de los sistemas de gestión y control que dispone la administración pública, sobre la competencia profesional de empresas y personas vinculadas a los procesos de ingeniería o constructivos e incluso sobre la honestidad de las entidades o personalidades participantes.

En los últimos años se han podido leer en la prensa noticias como la que publicó Daniele Graso en el diario El País en 2014, titulada “El AVE se queda pequeño: el mapa de los mayores sobrecostes en las obras de España”, artículo en el que compara algunos de los mayores y más emblemáticos proyectos ejecutados en España y los sobrecostes que se han producido y que hace una idea de la magnitud económica del problema.

En este artículo (Grasso, 2014), incluye las comparativas presupuestarias de algunas de las obras más emblemáticas ejecutadas en España, separando entre sobrecostes “milmillonarios” y “millonarios”.

En el caso de proyectos “milmillonarios” incluidos en la Figura 1, se comparan las desviaciones presupuestarias de 7 proyectos de presupuesto final superior a 1.000 millones de euros, que distribuidas por sectores serían:

- Ferroviarias: Línea 9 Metro de Barcelona, LAV Madrid-Barcelona, Variante de Pajares
- Carreteras: M30
- Aeroportuarias: T4 Barajas
- Arquitectónica: Ciudad de las Artes y las Ciencias
- Energía: Proyecto Castor

Llaman la atención de los sobrecostes resultantes que alcanzan, en algunos casos, el 200%, el 300% e incluso el 500% del presupuesto previsto inicialmente.



Figura 1. Sobrecostes “milmillonarios” en obras en España. Fuente: (Grasso, 2014)

Diferencias similares se encuentran en la Figura 2, donde se comparan los sobrecostes de proyectos de obras de importes superiores a 10 millones de euros con respecto al presupuesto estimado, apreciándose también desviaciones presupuestarias de hasta el 900%, como es el caso de la reforma del Palacio de Cibeles, o superiores al 300% como La Ciudad de la Cultura de Santiago, el Palacio de Congresos de Oviedo o el Centro Acuático de Madrid.

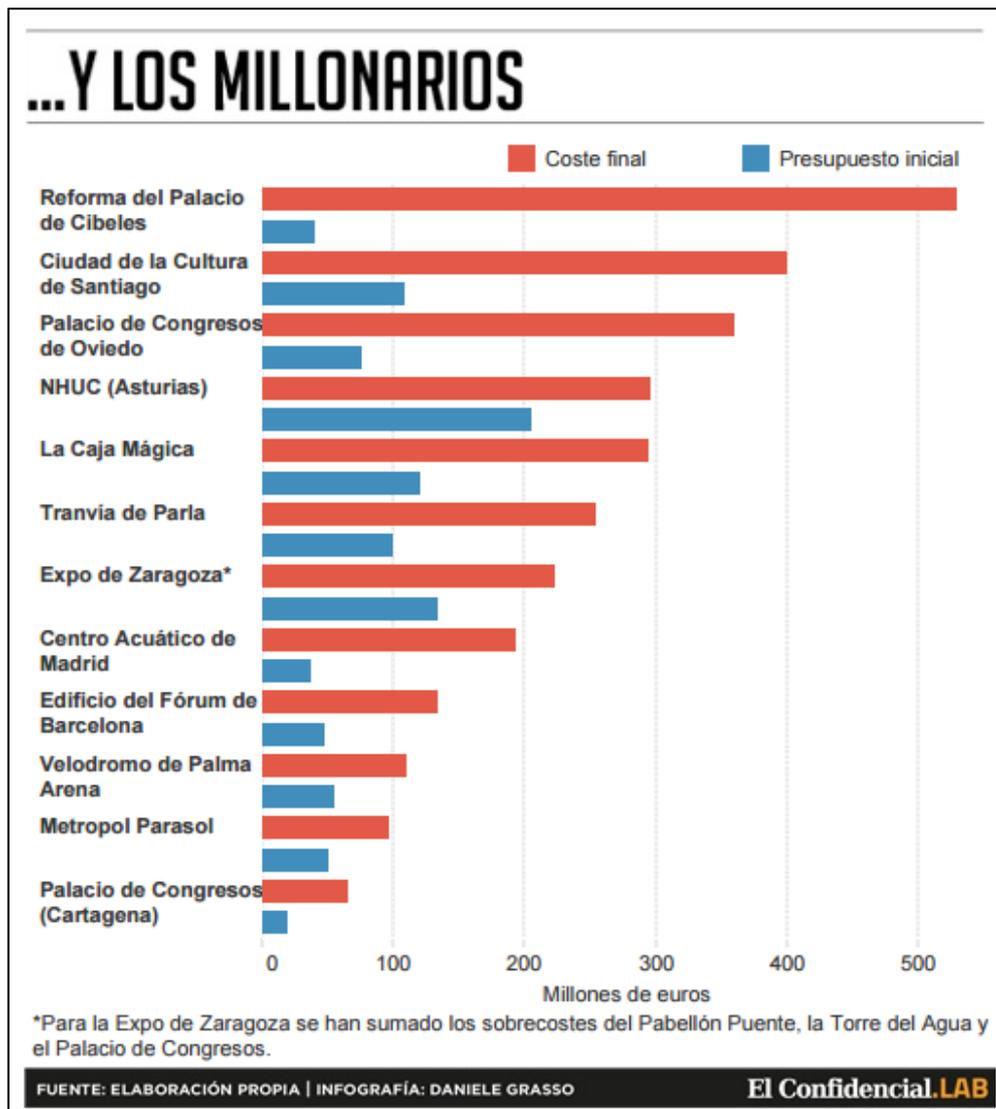


Figura 2. Sobrecostes millonarios en obras en España. Fuente: (Grasso, 2014)

Igualmente, Francisco Pelayo, publica en el diario económico 20minutos en el año 2013, un artículo similar titulado “El despilfarro español: diez proyectos con dinero público repletos de sobrecostes”, en el que se utiliza el término despilfarro, como indica la Figura 3, claro indicador de una falta de confianza sobre la gestión realizada.

En este artículo, Pelayo menciona El Fórum de Barcelona, La Ciudad de las Artes y las Ciencias y el Aeropuerto de Ciudad Real, como obras cuyos sobrecostes están en torno a los 1.000 millones de euros en cada una de ellas.

**20** ECONOMÍA

## El despilfarro español: diez proyectos con dinero público repletos de sobrecostes



Vista general de la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia. Aunque el complejo tenía un presupuesto inicial de 308 millones de euros, el Gobierno de Francisco Camps terminó desembolsando 1281 millones de euros, lo que supone un gasto extra de casi 1.000 millones. (Toni Albir / EFE)

- En algunos casos, como en el Fórum de Barcelona o la Ciudad de las Artes y las Ciencias, el sobrecoste rondó los 1.000 millones de euros.
- La 'Ciudad del Circo', de Alcorcón, ha incrementado en un 40% su coste y aún no han finalizado las obras.
- El aeropuerto de Ciudad Real, que abrió en 2008, está a punto de liquidarse por completo tras una inversión de 1.100 millones de euros.

FCO. PELAYO. 15.04.2013 - 08:05h

Figura 3. El despilfarro español. Fuente: (Pelayo, 2013)

Pero los sobrecostes en obras públicas no son sólo un problema de la Administración Central, también las Administraciones Autonómicas sufren de esta dolencia. Serafín Lorenzo publica en el diario La Voz de Galicia el artículo “El sobrecoste infla las obras públicas” (Figura 4), en el que hace referencia al mismo problema en obras gestionadas por La Xunta. Si bien, en este caso se introduce un comentario alentador, ya que según menciona, las medidas de control introducidas han conseguido reducir el nivel de sobrecostes sustancialmente.



Figura 4. El Sobrecoste infla las obras públicas. Fuente: (Lorenzo, 2014)

La magnitud actual de este problema de sobrecostes, se atisba en el artículo publicado por Rafael Méndez en mayo de 2014 (Figura 5), en el que indica que el Ministerio de Fomento ha pagado 10.000 millones de euros por sobrecostes en obras ejecutadas en los últimos 6 años. Esta cifra supone la misma cantidad recortada en sanidad y educación por el gobierno dos años antes.

Las causas de estos sobrecostes, indicadas por Méndez son: proyectos deficientes, prisas, corrupción y bajas temerarias. Todos ellos parecen, en principio, subsanables en mayor o menor medida y desde luego el resultado es intolerable en un país moderno y eficiente.



Figura 5. Sobrecostes obras del Ministerio de Fomento. Fuente: (Méndez, 2014)

No obstante, la disminución de los sobrecostes en la construcción es un asunto que ha preocupado durante décadas tanto a los promotores privados como a la administración pública. En estos tiempos de restricciones económicas, la reducción de costes y una esmerada gestión presupuestaria podría colaborar a reducir el déficit público y/o permitir una más eficiente programación de la inversión pública.

Según los datos publicados por la patronal de la Construcción (SEOPAN, Análisis de la inversión pública Ministerios de Fomento y de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. Ley de presupuestos generales del Estado para el año 2015), se prevé, para el año 2015, una inversión de 10.049,11 Millones de euros dedicados a la gestión y construcción de infraestructuras: un 4% del gasto previsto en los Presupuestos Generales del Estado.

En la evolución de la inversión realizada en los últimos años, reflejada en la Figura 6, se aprecia el significativo descenso en la inversión desde el año 2011, si bien actualmente se aprecia un estancamiento en los últimos tres años. Es posible que una mejora del escenario económico nacional suponga un crecimiento en la inversión en infraestructuras, aunque no se alcancen las cifras de los años 2008 a 2010.

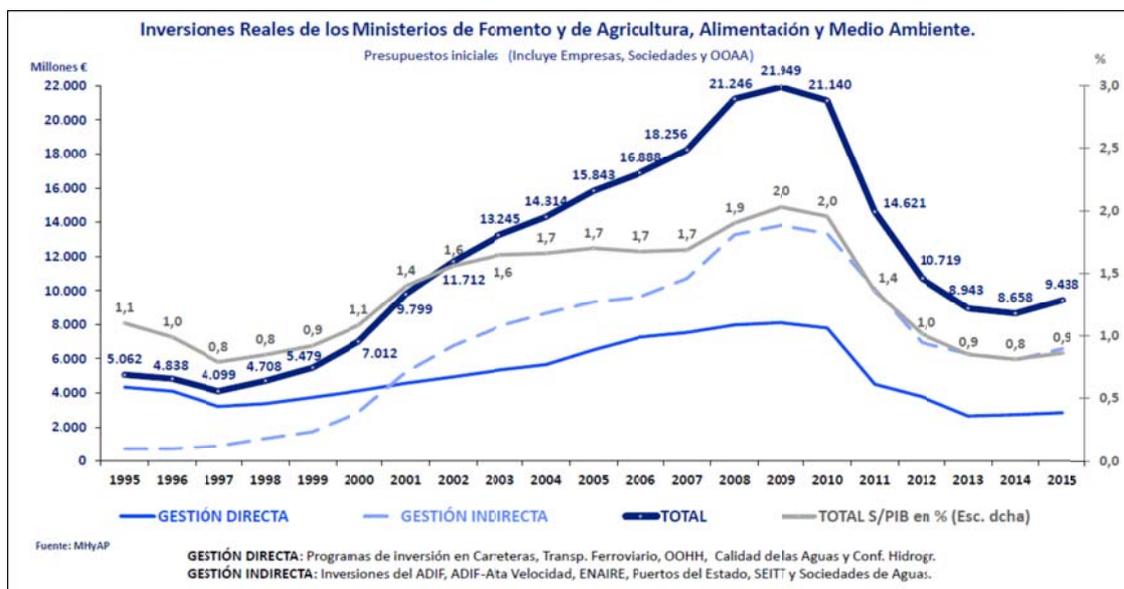


Figura 6. Inversiones reales en obras públicas. Fuente: (SEOPAN, 2015)

También se prevé una recuperación de la inversión en construcción en la Unión Europea del 2,4% y en España del 2%. (SEOPAN, La inversión en construcción en Europa según las previsiones de otoño de la Comisión Europea. Avance 2014, previsión 2015 y 1ª estimación 2016)

En la Tabla 1, incluida en el documento (SEOPAN, Licitación pública, 2014) se aprecia como de la licitación pública, realizada en el ámbito de la construcción, el 75% se dedica a obra civil y el 49% consiste en inversiones destinadas a infraestructuras del transporte: carreteras, ferrocarriles y puertos.

 <b>LICITACIÓN PÚBLICA POR FECHA DE ANUNCIO Y TIPOS DE OBRA (miles de euros)</b> Enero - Diciembre 2013/ Enero - Diciembre 2014				
TIPOS DE OBRA	2013	2014	Distribución	Variación 14/13
<b>VIVIENDA</b>	240.112	333.839	2,5%	39,0%
Docentes	500.030	562.193	4,3%	12,4%
Sanitarias	175.130	338.672	2,6%	93,4%
Deportivas	158.766	261.203	2,0%	64,5%
Varias	632.614	588.092	4,5%	-7,0%
<b>EQUIP. SOCIAL</b>	1.466.540	1.750.160	13,3%	19,3%
Administrativos	254.191	522.307	4,0%	105,5%
Industriales	98.258	399.711	3,0%	306,8%
Terminales	114.462	299.145	2,3%	161,3%
<b>RESTO EDIFICACIÓN</b>	466.911	1.221.164	9,3%	161,5%
<b>TOTAL EDIFICACIÓN</b>	2.173.563	3.305.163	25,2%	52,1%
Carreteras	1.731.360	2.840.149	21,7%	64,0%
Ferrocarriles	1.578.375	3.004.275	22,9%	90,3%
Puertos	295.764	527.077	4,0%	78,2%
<b>TRANSPORTES</b>	3.605.499	6.371.500	48,6%	76,7%
<b>URBANIZACIÓN</b>	1.299.857	1.604.032	12,2%	23,4%
<b>HIDRÁULICAS</b>	1.912.488	1.578.468	12,0%	-17,5%
<b>MEDIO AMBIENTE</b>	180.563	252.086	1,9%	39,6%
<b>TOTAL OBRA CIVIL</b>	6.998.406	9.806.087	74,8%	40,1%
<b>TOTAL</b>	<b>9.171.969</b>	<b>13.111.250</b>	<b>100%</b>	<b>42,9%</b>

Tabla 1. Licitación Pública 2014. Fuente: (SEOPAN, 2014)

En la mayoría de los textos consultados se establecen los sobrecostes medios en las obras de construcción entre el 10-20 %. Teniendo en cuenta una inversión anual de 10.000 Millones de Euros destinados a la construcción de infraestructuras, y suponiendo que una eficiente gestión de los contratos pudiera ahorrar tan sólo un 10% de sobrecostes, la cifra resultante sería de 1.000 Millones de Euros al año: una tercera parte del déficit de la Seguridad Social en 2014.

## 2. OBJETIVO

Está claro que el problema de los sobrecostes en proyectos de obras públicas se está agravando con el tiempo y está alcanzado niveles presupuestarios intolerables, por lo que encontrar los motivos de estas desviaciones y atajarlas o minorarlas se ha convertido en una prioridad.

El objetivo de este trabajo, es el análisis de la relación existente entre las desviaciones presupuestarias detectadas en una determinada población de proyectos de obras de plataforma ferroviarias y varios parámetros que caracterizan los proyectos. Los parámetros seleccionados han sido:

- la inversión destinada a la redacción del proyecto (fase ingeniería),
- longitud o tamaño del proyecto,
- presupuesto de adjudicación (fase de obra),
- plazo (fase de obra),
- duración real (fase de obra),
- baja de adjudicación (fase de obra) y
- fecha de construcción.

Se buscará la correlación entre cada uno de esos parámetros y los sobrecostes, estudiando la posible influencia de cada uno sobre las desviaciones presupuestarias.

## 3. METODOLOGÍA

Primeramente se han buscado datos de licitación, adjudicación y liquidación de proyectos de construcción, investigando en diferentes medios

- plataforma de Contratación del Estado,
- boletín Oficial del Estado,
- Tribunal de Cuentas,
- consultas publicadas del Senado, y
- otros. Páginas web, monográficos de la construcción, etc.

Finalmente se han conseguido y se analizarán los datos de licitación, adjudicación y cierre de 25 proyectos de obras de plataforma del tren de alta velocidad ejecutadas en España entre los años 2002 y 2010. Entendiéndose, que suponen una muestra suficientemente representativa para la profundidad de este trabajo. Se han seleccionado este tipo de proyectos, ya que en ellos, usualmente, se producen las mayores desviaciones presupuestarias.

De estos datos conseguidos, se han detectado dos casos en los que los sobrecostes resultantes han sido muy altos y atípicos dentro de la muestra. Por esto, en algunos de

los estudios realizados se filtrarán estos datos, entendiendo que pueden desvirtuar la muestra desplazando los valores medios.

Una vez completadas la información de cada proyecto, se ordenan estos en tres grupos:

1. general, donde se incluye toda la población
2. con túneles
3. sin túneles

El motivo de este ordenamiento, se basa en la suposición de que las obras con túneles, son aquellas en las que, previsiblemente, existirán mayores desviaciones debido a las incertidumbres propias de una obra subterránea en donde la investigación geológico-geotécnica es cara y, la mayor parte de las ocasiones, complicada.

En una primera fase, se realizará un análisis de estadística descriptiva intentando comparar la población a analizar y los datos de los incrementos presupuestarios de cada muestra, estableciendo los rasgos estadísticos de cada grupo.

En una segunda fase, se buscarán correlaciones entre los sobrecostes y los distintos parámetros seleccionados previamente de cada proyecto y descritos en el apartado anterior, intentando deducir el nivel de influencia de cada uno sobre las desviaciones presupuestarias.

#### **4. LOS SOBRECOSTES EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA**

Este apartado se estructura en las siguientes partes:

- Situación actual
- Causas de los sobrecostes
- Cuantía de los sobrecostes
- Medidas de corrección

##### **4.1. Situación actual**

El problema de los sobrecostes en los proyectos, y sobre todo en los proyectos de construcción de infraestructuras especialmente por su cuantía, ha venido preocupando desde hace mucho tiempo en todo el mundo.

Son diversos autores los que han realizado estudios sobre las causas de esta problemática. (Cantarelli , Molin, van Bee, & Flyvberg, 2010) recopilan en la Tabla 2 algunos de ellos, discriminando entre aquellos que realizan un enfoque de su estudio enfocado claramente en los sobrecostes (narrow focus) o aquellos que han realizado

estudios con un enfoque general (broad focus) en la dirección de proyectos y que incluyen información sobre desviaciones presupuestarias.

	<b>Various categories of projects including transport projects</b>	<b>Transport</b>
Narrow focus	Wachs (1987, 1989) Morris (1990) Arvan and Leite (1990) Kahneman (1993, 2003)	Knudsen (1976) Fouracre et al. (1990) Pickrell (1992) Auditor General of Sweden (1994) Mansfield et al. (1994) Skamris and Flyvbjerg (1997) Nijkamp and Ubbels (1999) Trujillo (2002) Odeck (2004) Lee (2008) Kaliba et al. (2008)
Broad focus	Hall (1980) Altshuler and Luberoff (2003)	Szyliowics (1995) Bruzelius et al (2003) Flyvbjerg et al. (2003) Mackie and Preston (1998)

Tabla 2. Clasificación de autores de estudios similares. Fuente: (Cantarelli , Molin, van Bee, & Flyvberg, 2010)

A estos habría que añadir, al menos los recogidos en la Tabla 3:

	<b>Varios</b>	<b>Infraestructuras transporte</b>
Enfoque en sobrecostes	Águeda Martín (1997) Ganuza (1997) Ganuza (2000) Ganuza (2007) Lundman (2011)	Flyvbjerg et al (2004) Singh (2009) Cantarelli et al (2010) Cantarelli (2011) Mahamid (2011) Memon et al (2011) Cantarelli et al (2012) Park et al (2012) Brunes et al (2014)
Enfoque general	Calveras et al (2002) Vergara González (2014)	Rosenfeld (2013)

Tabla 3. Ampliación de la clasificación de autores de estudios similares. Fuente: Propia

Si bien los sobrecostes en proyectos de infraestructuras son un problema globalizado e independiente de la ubicación geográfica, del nivel de desarrollo del país o del momento en que se realice el estudio, en los países desarrollados se detectan menores niveles y en algunos casos se han detectado descensos en estos niveles de sobrecostes a lo largo del tiempo coincidiendo con la implantación de procesos modernos de control y seguimiento (Cantarelli, Molin, van Wee, & Flyvbjerg, 2012) incluso en países emergentes (Singh, 2009).

En España el nivel de sobrecostes en los proyectos de infraestructuras ha sido excesivo y llamativo, tanto que la Unión Europea en el año 2008 inició un proceso de infracción contra el Gobierno Español para reducir o eliminar las modificaciones que daban pie a estos sobrecostes. Este procedimiento fue cerrado al entrar en vigor, en España, la Ley de Economía Sostenible en el 2011, ya que en su Título V “Modificación de los contratos”, se modifica la normativa para los modificados de obras, de acuerdo a las prácticas recomendadas por la Unión Europea (Vergara González, 2014).

#### **4.2. Causas de los sobrecostes**

Según (Águeda Martín, 1997), en España, las empresas contratistas han basado, principalmente, la rentabilidad de sus proyectos en una relación de confianza con la Administración Pública, por la que además de saber que las adjudicaciones serían repartidas entre la gran mayoría de empresas, se tenía la constancia de que una vez conseguida la adjudicación de una obra la obtención del correspondiente modificado con un incremento presupuestario del 20 % más una liquidación del contrato por un 10% (o valores muy próximos a estos porcentajes) sería muy fácil. Además tampoco sería muy complicado, en el caso de existir problemas económicos durante el transcurso de los trabajos, la consecución de un proyecto complementario o un proyecto de obras de emergencia, lo que incrementaría sustancialmente el presupuesto de adjudicación. Debido a esto, las empresas ya no necesitaban de un estudio en profundidad de los costes de las unidades de obra, ya que el beneficio final dependía fundamentalmente de las relaciones con la Administración Pública.

(Ganuza Fernández J. , 2007) argumenta que los sobrecostes se podrían reducir consiguiendo, de partida, un proyecto con un diseño estudiado en profundidad pero esto supone una inversión en investigación mucho más alta que la que supone ir adaptando el proyecto durante la fase de construcción. Conseguir un proyecto de calidad con unas especificaciones iniciales perfectamente definidas ayudaría a que la empresa adjudicataria fuera la mejor de entre los candidatos, aquella que hubiera realizado un estudio del proyecto más profundo y que tuviera las características de personal y medios más convenientes para la correcta ejecución de las unidades de obra. Aunque, no queda completamente claro que esto sea la opción preferida por el promotor. Por un lado la redacción de un proyecto estudiado en profundidad supone una inversión que los promotores no quieren asumir. Por otro lado, un proyecto de menor calidad, donde las especificaciones iniciales son menores:

- a. favorece la equiparación de las empresas ofertantes difuminando sus fortalezas y favoreciendo una feroz competencia entre ellas,
- b. disminuye la ventaja comparativa de la empresa más eficiente y se traduce en bajas de adjudicación más altas,

Y esto, a priori, parece más rentable para el promotor.

Es cierto que esta competitividad es positiva, pero evidentemente, tiene que existir un límite. Según (Calveras, Ganuza, & Hauk, 2002) las bajas de adjudicación muy altas podrían llegar a convertirse en bajas temerarias. Y estas pueden deberse a que la empresa ofertante realmente tiene bajos costes pero también pueden ser consecuencia de un error de estimación de los mismos. Muy frecuentemente estas bajas temerarias se deben a un comportamiento estratégico de las empresas, que en una mala situación financiera intentan sobrevivir mediante una estrategia muy agresiva y arriesgada, amparadas por la protección que ofrece a sus gestores las leyes de responsabilidad limitada. La quiebra de este tipo de empresas, supone para la Administración, unos perjuicios importantes, debido a los sobrecostes derivados de los retrasos en la finalización del proyecto, litigación, nuevos procesos de adjudicación, etc.

Tras analizar los modificados de obras públicas de más de 3 Millones de € desarrolladas por el Ministerio de Fomento antes del año 1994, (Ganuza Fernández J. J., 1997) concluye que el 77% de las obras presentaba un sobrecoste medio del 14% del presupuesto de licitación y establece que las causas de este sobrecoste eran:

- Corrección de defectos del proyecto (43% de los casos)
- Mejoras del proyecto original (20%)
- Cambios debidos a solicitudes externas (12%)
- Cambios debidos a la administración contratante (10%)
- Regularización de urgencia y accidentes (6%)
- Cambios de normativa (5%)
- Otras causas indeterminadas (3%)
- Cambios debidos a otros organismos (1%)

De aquí se deduce que en el 63% de los casos los sobrecostes están asociados a un proyecto defectuoso o que requiere mejoras para poder ponerse en funcionamiento, fundamentalmente estas mejoras son, según (Jiménez Ayala, 2003):

- Alteración de las unidades de obra del Proyecto, utilizando precios existentes en el cuadro de precios del proyecto.
- Inclusión de unidades no previstas en el contrato.
- Alteración de rendimientos por ejecución de unidades de obra en condiciones distintas a las de proyecto, ante la aparición de dificultades para la construcción.
- Modificaciones cuantitativas de unidades de proyecto o de unidades nuevas.
- Definición de nuevas obras accesorias o complementarias.

- No evaluar correctamente algunas partidas del proyecto, basadas en estimaciones como por ejemplo la prevención de riesgos laborales.
- Adaptación de proyectos anticuados a nuevas necesidades o modificaciones en el alcance de los proyectos derivados del largo tiempo transcurrido entre que se realiza el proyecto y se decide la ejecución de la obra.
- Reclamaciones encubiertas del contratista por un mal estudio inicial o mala organización de la obra.
- Presupuestos elaborados con bases de precios anticuadas y con partidas valoradas a precios totalmente fuera del mercado.

Pero de la lectura de la literatura existente se deduce que el problema de los sobrecostos en los proyectos de infraestructura es un problema extendido en la mayor parte de los países, existiendo estudios empíricos en los cinco continentes.

Las causas de estos sobrecostos son diversas: mientras Morris and Hough (1987), Gaspar and Leite (1989), Arvan and Leite (1990) y Ganuza (2077) atribuyen los sobrecostos a restricciones técnicas debidas principalmente a la imperfección de las técnicas de estimación y la falta de datos; otros autores como Wachs (1989), Kain (1990), Pickrell (1990), Morris (1990), Flyvberg et al (2002, 2004) y Wilkinson (2006) hablan de “mentiras” de los políticos. (Singh, 2009)

En uno de los mayores estudios sobre el tema de los sobrecostos que se ha realizado, Flybjerg et al (2010), establecen las causas de los sobrecostos como la consecuencia de los siguientes factores:

- Técnicos
- Económicos
- Psicológicos
- Políticos

La tabla 4, tomada de (Cantarelli , Molin, van Bee, & Flyvberg, 2010), explica las causas que originan los sobrecostos, para cada uno de estos factores e indica que autores comparten esta teoría.

Explanations	Causes	Study
Technical	Forecasting errors including price rises, poor project design, and incompleteness of estimations Scope changes  Uncertainty Inappropriate organisational structure Inadequate decision-making process Inadequate planning process	Morris, Nijkamp and Ubbels, Lee, Fouracre, Mansfield et al., Kaliba et al., Mackie and Preston Nijkamp, Wachs, Lee, Fouracre et al., Kaliba Hall, Kaliba et al. Hall, Mansfield et al., Kaliba et al. Bruzelius et al. Pickrell
Economical	Deliberate underestimation due to: - lack of incentives, - lack of resources, - inefficient use of resources - dedicated funding process - poor financing / contract management - strategic behaviour	Pickrell, Wachs Odeck, Mansfield et al. Hall Pickrell, Morris, Wachs, Bruzelius et al. Mansfield et al. Hall, Bruzelius et al. Arvan and Leite
Psychological	Optimism bias among local officials Cognitive bias of people  Cautious attitudes towards risk	Pickrell, Kahneman and Lovallo, Fouracre et al., Mackie and Preston Kahneman and Lovallo Kahneman and Lovallo
Political	Deliberate cost underestimation Manipulation of forecasts Private information	Nijkamp, Bruzelius et al. Wachs, Auditor General of Sweden Arvan and Leite

Tabla 4. Causas de los sobrecostos. (Cantarelli , Molin, van Bee, & Flyvberg, 2010)

En una encuesta realizada en Suecia a expertos directores de proyecto tanto de la administración (The Swedish Transport Administration) como de las tres grandes empresas constructoras del país y todos ellos con al menos 10 años de experiencia en el sector, se encuentran las siguientes opiniones (Brunes & Lind, 2014):

- A la pregunta sobre cuál es la frecuencia en la que se producen sobrecostos: el 96% de los encuestados opina que suceden algunas veces y el 54% que suceden a menudo.
- El 86% de los encuestados pertenecientes a la Administración pública, cree que los sobrecostos posiblemente estén vinculados a cambios en el diseño del proyecto, el 23% de estos está completamente seguro. En el caso de los constructores, el 96% opina que los sobrecostos, posiblemente, están motivados por cambios en el proyecto y el 50% está seguro de esto.
- Sobre la pregunta de si los sobrecostos se deben a precios mal estimados, el 58% de los encuestados pertenecientes a la Administración cree que posiblemente, mientras que sólo el 4% está completamente seguro. En el caso de los constructores, el 37% opina que es posible que esto sea cierto, y el 4% lo cree firmemente.
- En lo referente a sobrecostos debidos a problemas técnicos inesperados, el 93% de los encuestados pertenecientes a la Administración opina que es posible y el 11% está seguro de esta causa. En el caso de los constructores,

el 98% cree que posiblemente esta afirmación sea cierta y el 8% está completamente seguro de que esta es la causa.

- Es significativo que el 64% de los encuestados consideran que los sobrecostes se deban a problemas técnicos y solo un 20% consideran que han sido derivados de precios inadecuados.

#### 4.3. Cuantía de los sobrecostes

En España el único estudio realizado sobre el tema, analiza los modificados en las obras públicas de más de 500 millones de pesetas llevadas a cabo por el Ministerio de Fomento antes del año 1994 concluyendo que el 77% de las obras presentaba un sobrecoste que de media suponía el 14% del precio de licitación de la obra. Analizando la distribución de los mismos se aprecia que más de un tercio de las obras tuvo un sobrecoste de entre el 19 y el 20% (Ganuzo Fernández J. J., 1997).

No obstante se han realizado varios estudios en el resto del mundo que pueden servir de referencia.

Después de estudiar una base de datos de 258 proyectos de infraestructuras del transporte de 20 países en los cinco continentes finalizados entre 1927 y 1998, (Flyvberg, Skamris Holm, & Buhl, 2003) extraen las siguientes conclusiones incluidas en la Tabla 5.

- 86% de los proyectos han tenido sobrecostes. La media de estos sobrecostes fue del 28% (n=258)
- Los sobrecostes han sido más altos en proyectos de ferrocarriles con sobrecostes del 45% (n=58, SD=38). Para carreteras los sobrecostes han sido del 20%. (n=167, SD=30)
- En proyectos con puentes y túneles, el sobrecoste medio es del 34%. (n=33, SD=62) Separando los ejemplos estudiados entre obras con túneles o puentes, se aprecia que el grupo de túneles tiene una media de sobrecostes del 48% y la de puentes del 30%.
- Los sobrecostes han sido más bajos en Europa comparando con Norte América y otras áreas geográficas

Table 2. Cost escalation in Europe, North America and other geographical areas (constant prices).

Type of project	Europe			North America			Other geographical areas		
	Number of projects	Average cost escalation (%)	SD	Number of projects	Average cost escalation (%)	SD	Number of projects	Average cost escalation (%)	SD
Rail	23	34.2	25.1	19	40.8	36.8	16	64.6	49.5
Fixed links	15	43.4	52.0	18	25.7	70.5	0	–	–
Roads	143	22.4	24.9	24	8.4	49.4	0	–	–
Total	181	25.7	28.7	61	23.6	54.2	16	64.6	49.5

Tabla 5. Cuantía de los sobrecostes en el mundo. Fuente: (Flyvberg, Skamris Holm, & Buhl, 2003)

En Holanda, tras analizar 78 proyectos de carreteras y ferrocarriles ejecutados en Holanda entre los años 1984 y 2010. (Cantarelli, Molin, van Wee, & Flyvbjerg, 2012) obtienen las siguientes conclusiones: en el 55% de los proyectos existen sobrecostes y la media es del 16.5 %.

Después de un estudio de 35 proyectos de infraestructura de transportes finalizados entre 1983 y 2010 en Asia, (Park & Papadopoulos, 2012) establecen la media de sobrecostes en un 28%, no encontrando una correlación válida entre el presupuesto del proyecto y sus sobrecostes, aunque sí parece que los sobrecostes en proyectos de corta y larga duración son mayores que los observados en proyectos de duración media.

También en Asia, (Singh, 2009) encuentra, sobre una base de datos de 267 proyectos de infraestructuras de transportes ejecutados entre 1992 y 2008, que el 51% presenta sobrecostes y que estos son, de media, un 84% del presupuesto inicial en el caso de proyectos ferroviarios y un 8% en el caso de proyectos de carreteras.

La Oficina de Contabilidad General de los Estados Unidos, asume que los sobrecostes ocurren en la mayoría de los proyectos de autovías. En un estudio de 30 proyectos activos que recibían fondos federales y con un coste estimado de 100 M\$ se encuentra que un 77% de estos proyectos tienen sobrecostes que estiman en un rango entre el 2-211% y que la mitad de estos tienen sobrecostes de más del 25%. (Lundman, 2011)

Odek (2003) estudia 620 proyectos de carreteras en Noruega entre los años 1992 y 1995, encontrando que el 52% de los proyectos son más caros de lo previsto. (Lundman, 2011)

En Suecia, (Lundman, 2011) estudia 9 proyectos suecos de carreteras y ferrocarriles en los que se ejecutan túneles, deduciendo que todos los proyectos estudiados están asociados a unos sobrecostes medios del 100%.

(Flyvberg, Skamris Holm, & Buhl, 2003) resumen en la Tabla 6, los autores y resultados de los estudios realizados sobre el tema de los sobrecostos encontrados en la literatura existente.

Study	Geographical area	Frequency cost overrun (%)	Magnitude of cost overrun							
			Road		Rail		Fixed Links		Other	
			%	N	%	N	%	N	%	N
Merewitz (1973)	US	79	26	49	54	17				
Morris (1990)	India				164	23			4	10
Pickrell (1990, 1992) <sup>b</sup>	US	88			61	8				
Auditor General (1994) <sup>c</sup>	Sweden		86	8	17	7				
Nijkamp and Ubbels (1999)	Netherlands, Finland	75							0-20	8
Bordat et al. (2004)	US	55	5	2668 <sup>d</sup>						
Odeck (2004)	Norway	52	8	620						
Daniata et al. (2006)	US	81			30	16				
Ellis et al. (2007)	US		9	3130						
Lee (2008) <sup>e</sup>	South Korea	95	11	138	48	16				
Flyvbjerg et al. (2003a)	World	86	20	167	41	58	34	33		

<sup>a</sup> In which: %: the percentage cost overrun and N: the number of projects with cost overruns  
<sup>b</sup> In van Wee (2007)  
<sup>c</sup> In Odeck (2004)  
<sup>d</sup> Projects include: Road and bridge construction and rehabilitation projects; maintenance projects, with road maintenance and resurfacing contracts; Traffic and traffic maintenance contracts  
<sup>e</sup> In Siemiatycki (2009)

Tabla 6. Frecuencia y magnitud de los sobrecostos. Fuente: (Flyvberg, Skamris Holm, & Buhl, 2003)

A estos habría que añadir los incluidos en la Tabla 7.

AUTOR	PAIS	AÑO	CASOS DE ESTUDIO	FRECUENCIA SOBRECOSTES (%)	MEDIA SOBRECOSTES (%)
Ganuzo	España	1997		77	14
Cantarelli et al	Holanda	2012	78	55	17
Park & Papadopoulos	Asia	2012	35		28
GAO	EEUU	1997	30	77	>25
Singh	India	2009	267	51	84
Lundman	Suecia	2011	9	100	100

Tabla 7. Frecuencia y magnitud de los sobrecostos. Ampliación. Fuente: propia.

Queda claro entonces, que el problema de los sobrecostos es un problema global y que su cuantía es, en la mayoría de los casos contradictoria con las medidas de eficiencia que la mayor parte de los gobiernos promulgan. Incrementos presupuestarios en un proyecto de infraestructuras superiores a un 20% son absolutamente inviables en una sociedad moderna que dispone de los medios tecnológicos suficientes y del personal técnico cualificado para realizar estudios suficientemente precisos para evitar desviaciones tan exageradas.

#### 4.4. Medidas de corrección para los sobrecostes

La normativa española, para minimizar estos problemas, cuenta con los siguientes aspectos (Calveras, Ganuza, & Hauk, 2002):

1. Las empresas contratistas deben contar con la debida clasificación por parte del Ministerio de Hacienda.
2. Para poder participar en una adjudicación en una subasta de un contrato de obras es necesaria la presentación de una serie de garantías

Algunas de las medidas que la Administración Pública debería adoptar para reducir los sobrecostes en las obras, según (Águeda Martín, 1997) son:

- Huir de contrataciones a ofertantes que hayan propuesto bajas excesivas. Para conocer si los ofertantes han propuesto bajas excesivas, se debe tener confianza en el presupuesto incluido en el proyecto constructivo.
- Elección del sistema de contratación y criterios de adjudicación más idóneos basándose en un conocimiento profundo del proyecto.
- Mejorar la calidad del proyecto original, ya que un proyecto de baja calidad es el causa de indefiniciones, errores que ocasionan sobrecostes y propician la existencia de modificados, proyectos complementarios, obras de emergencia, etc.
- Proporcionar presupuesto suficiente para que el consultor pueda realizar el proyecto correctamente eliminando incertidumbres.
- Dificultar la aprobación de modificados, complementarios u obras de emergencia.
- Correcta justificación de las mediciones incluidas en el presupuesto de liquidación de las obras.

No cabe duda que un estrecho seguimiento tanto de la redacción del proyecto constructivo como de su implementación supondría una reducción de costes. En los estudios realizados en Holanda por (Cantarelli, Molin, van Wee, & Flyvbjerg, 2012) en Holanda y (Singh, 2009) en India encuentran una clara disminución de los sobrecostes como consecuencia de la aplicación de modernas técnicas de supervisión y control en los proyectos.

En el caso de administraciones autonómicas o interestatales se deben de mejorar los procesos de comunicación y transmisión de la información entre organizaciones (Singh, 2009).

#### 4.5. Correlaciones anteriores

(Fliyvberjg, Skamris Holm, & Buhl, 2004) estudian los sobrecostes afectados por tres variables:

1. duración de la fase de ejecución medida en años
2. tamaño del proyecto medido en coste
3. por tipo de promotor: público, privado, otros públicos

##### 4.5.1. Según la duración de la fase de ejecución del proyecto

Estudiando 101 casos en los que se conocía la fase de implementación, se encuentra una dependencia entre la extensión de esta fase y los sobrecostes. Mayores duraciones de la fase de implementación suelen traducirse en mayores sobrecostes, no diferenciando estadísticamente, entre ferrocarriles, carreteras o fixed link.

Se establece una ecuación de regresión:

$$\Delta C = 0,4 + 4,64 \cdot T; R^2 = 0,1172 ; \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:  $\Delta C$ = sobrecoste  $T$  = duración en años de la fase de implementación.

##### 4.5.2. Según el tamaño del proyecto

Estudiando 131 proyectos, de forma general no se demuestra que exista una correlación entre el tamaño del proyecto y los sobrecostes, tan solo con una débil correlación en el caso de fixed link.

La ecuación de regresión es :

$$\Delta C = -28,9 + 23\log(C_0); \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:  $C_0$  es el coste estimado de proyecto.

##### 4.5.3. Según el tipo de promotor

No se encuentra una correlación entre el tipo de promotor y los sobrecostes

#### 4.6. Resumen

Los sobrecostes en proyectos de construcción de infraestructuras y en la gestión de proyectos en general son un problema mundial. Varios son los autores que han realizado estudios identificando las causas de estos sobrecostes así como las cuantías de los mismos, en diferentes países de los cinco continentes y proponiendo medidas de corrección para aminorar el problema.

Se ha identificado como una de las causas principales de sobrecostes, los cambios sobre el diseño inicial definido en el proyecto constructivo, bien por cambios en el alcance o por defectos del mismo derivados de una investigación poco rigurosa.

Todo apunta al hecho de que un proyecto constructivo de mayor calidad supondría una reducción de estos sobrecostes, pero la duda reside en hasta qué punto esto es cierto, ¿sería realmente eficiente una mayor inversión en la investigación inicial para conseguir un proyecto constructivo de calidad? o por el contrario, esta investigación no se traduciría en una reducción sustancial de los sobrecostes que justificara la inversión inicial.

Ninguno de los autores ha realizado un estudio del impacto de la inversión en investigación sobre los sobrecostes finales, si bien (Fliyvberjg, Skamris Holm, & Buhl, 2004) han encontrado una correlación entre los sobrecostes y la duración de la fase de ejecución del proyecto.

## 5. ANÁLISIS DE DATOS

Para conseguir los datos de base de este trabajo se han remitido solicitudes a la Consejería de Economía y Empleo del Gobierno del Principado de Asturias y a la Dirección General de Patrimonio del Estado perteneciente al Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas del Gobierno de España, organismos ambos responsables de la gestión del Registro Público de Contratos de sus respectivas competencias. Se han realizado búsquedas en la Plataforma de Contratación del Estado, aplicación digital en la que, en virtud de la nueva Ley de Transparencia, se debe almacenar cierta información de las contrataciones realizadas por la Administración Pública.

Se debe destacar la increíble dificultad, que existe en España, para encontrar los datos de contratación y sobretodo los datos de liquidación o expedientes paralelos como obras de emergencia o proyectos complementarios, tanto de redacción de proyectos constructivos como de la propia construcción de obras públicas. El farragoso entramado de anuncios públicos en los boletines oficiales del Estado, así como la complicada herramienta de búsqueda incluida en las diferentes plataformas de contratación tanto de la Administración Central como las Autonómicas y las evasivas respuestas realizadas por los Organismos Públicos consultados, han hecho casi imposible encontrar una población de datos suficiente para realizar este estudio.

Es por esto que los datos utilizados en este trabajo son escasos y se basan en una tabla adjunta a la respuesta a una consulta en el Senado sobre la Línea Madrid-Castilla La Mancha-Comunidad Valenciana/Región de Murcia de 2011 y del Informe de fiscalización de las principales contrataciones relacionadas con la construcción de la Línea Férrea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona. Los datos de finalización de la

mayoría de los casos se han obtenido de anuncios en la prensa local o del libro El AVE Madrid-Valencia: una realidad esperada publicado por los Servicios Técnicos de ANCI.

En el Anexo I, se incluye una tabla completa con todos los datos recopilados y que constituyen la base de este trabajo.

Se ha conseguido información, para este trabajo, de varios tramos de las dos líneas de ferrocarril de Alta Velocidad antes mencionadas, en las que se ejecutaron túneles, viaductos o ambos, entendiéndose que es en este tipo de proyectos donde se produciría mayor susceptibilidad a producirse sobrecostes derivados de un proyecto deficiente.

Se han discriminado finalmente, 25 proyectos por ser aquellos en los que se han podido conseguir los datos completos para el estudio. En la Figura 7 se representan de forma gráfica los presupuestos de adjudicación y los presupuestos al final de la fase de construcción. Como se puede ver en todos ellos, ha habido sobrecostes.

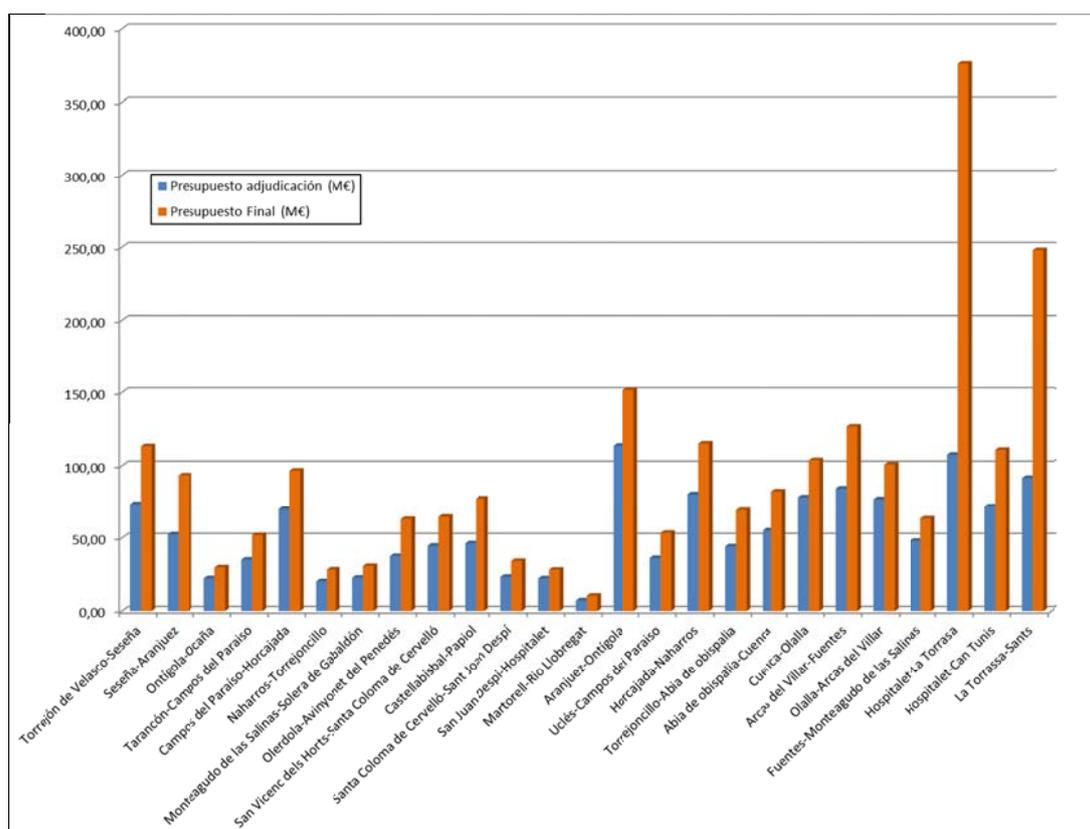


Figura 7. Gráfica comparativa presupuestos de la población de datos

Se debe indicar, que para el análisis posterior, no se han podido utilizar todos los proyectos en todas las comparaciones al no haber podido conseguir todos los datos de la totalidad de los proyectos utilizados en el estudio.

### 5.1. Análisis Estadístico

El análisis de esta población de datos se realizará en tres grupos:

1. Todos los proyectos, que incluye a toda la población de datos.
2. Proyectos sin túneles
3. Proyectos con túneles

Se ha optado por esta agrupación, partiendo de la base que se considera la construcción de túneles como una de las unidades más susceptible a tener sobrecostes, debido principalmente a:

- una mayor complejidad técnica,
- un nivel alto de incertidumbre sobre la idoneidad del diseño y el proceso constructivo adecuado, en función de la intensidad de la investigación geológico-geotécnica previa.
- menor exactitud de los métodos de cálculo utilizados, algunos de ellos basados en la experiencia o en hipótesis de partida basadas también en la experiencia.

Los grupos establecidos tienen los siguientes rangos característicos:

	SOBRECOSTES (%)	PRESUPUESTO ADJUDICACIÓN (M€)	BAJA DE ADJUDICACIÓN (%)	PERIODO EJECUCIÓN
TODOS	20-250	7-114	12-36	2002-2010
SIN TÚNELES	20-80	7-74	12-33	2002-2009
CON TÚNELES	30-250	36-114	12-36	2002-2010

Para un mejor entendimiento, en algunos casos se han filtrado los datos, eliminando de los datos analizados los proyectos Hospitalet-La Torrasa y la Torrasa-Saints de la Línea Madrid-Barcelona, por considerarse extremos y atípicos, al presentar sobrecostes del 171 y 249 % respectivamente; valores muy altos en comparación con el resto y que se entiende, pueden alterar los resultados desplazando los valores medios.

Los histogramas de los tres grupos a analizar se incluyen en las Figuras 8, 9 y 10. Como se puede apreciar

- el rango de sobrecostes más frecuente se sitúa entre el 30-50% del presupuesto de adjudicación.
- no se han detectado casos de sobrecostes por debajo del 20%

- mientras que la distribución del histograma “Todos los proyectos” (Figura 8) tiene una distribución cuasi normal ligeramente asimétrica a la derecha (sobrecostes más altos). La de los proyectos “sin túneles” parece bimodal y la de proyectos “con túneles” está truncada manteniéndose los sobrecostes, prácticamente en el rango 30-60%.
- La distribución es leptocúrtica y asimétrica a la derecha. Lo que indica un apuntamiento de los valores centrales y por debajo de la media.
- Se aprecia claramente, la tendencia a sobrecostes más elevados en el caso de los proyectos con túneles.

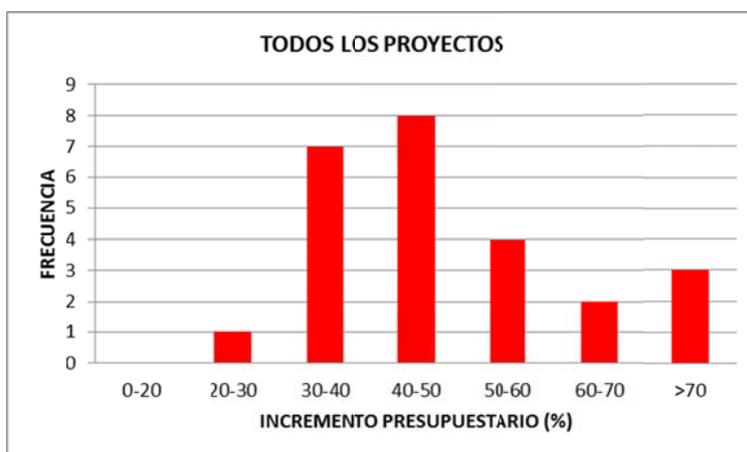


Figura 8. Histograma toda la población analizada

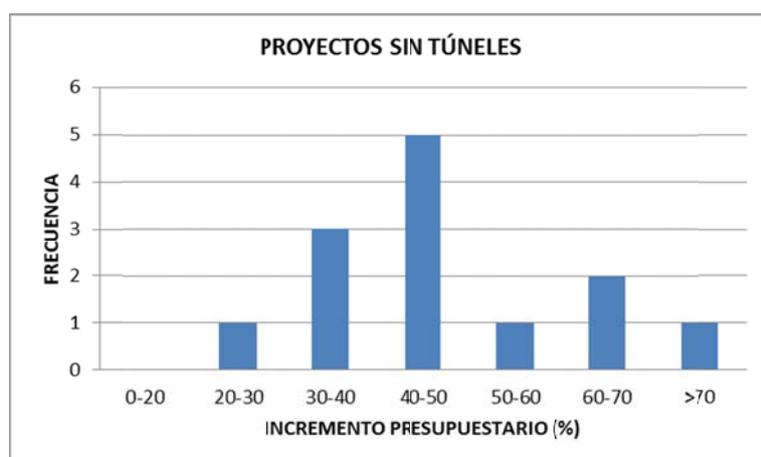


Figura 9. Histograma población sin túneles

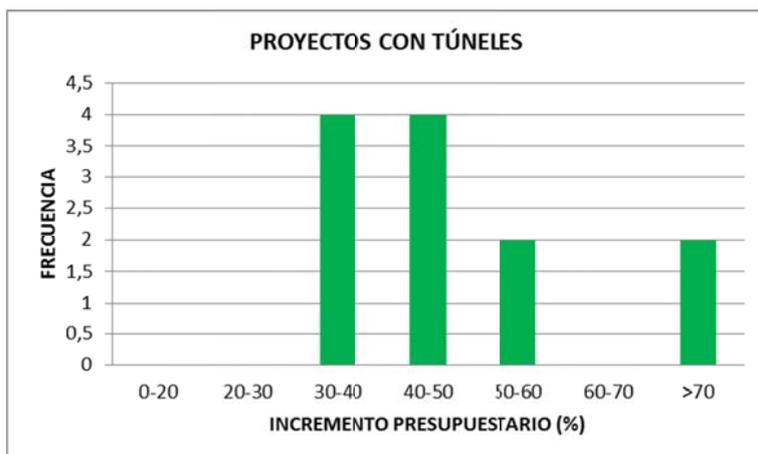


Figura 10. Histograma población con túneles

En un primer análisis estadístico de la población, en términos generales, se obtienen las siguientes observaciones, de los resultados recopilados en las tablas 8 y 9.

- Todos los proyectos analizados presentan sobrecostos.
- El sobrecoste medio, una vez se han filtrado los valores extremos, es del 46% (SD=13%, N=23).
- El rango de los sobrecostos está entre el 27% y el 78%.
- La baja media de los proyectos estudiados es del 25% (SD=7%, N=25), con un rango entre el 12% y el 36%.
- La baja media de los proyectos que contemplan la ejecución de túneles es del 26% (SD=7%; N=12), ligeramente más alta que la de aquellos que no contemplan túneles del 23% (SD=8%; N=13).

Resulta llamativo que en aquellos proyectos que contemplan la ejecución de túneles, los cuales "a priori" introducirían mayor incertidumbre a la hora de realizar el estudio previo de planificación, sean en los que se realizan mayores bajas.

En la tabla 10 se recogen los valores estadísticos de los incrementos presupuestarios del presupuesto de liquidación (excluyendo obras de emergencia, proyectos complementarios, etc) sobre el presupuesto de adjudicación, que en resumen son:

- La media de los incrementos del total de proyectos es del 36 % (SD=6%; N=24).
- La media del incremento presupuestario en obras sin túneles es del 40% (SD=6%; N=13).
- La media de este incremento presupuestario en proyectos con túneles es del 33% (SD=4%; N=11).

Teniendo en cuenta que la Ley Española permitía en estas fechas la redacción de un modificado del 20% y una liquidación del 10%, lo que supondría un incremento sobre el presupuesto de adjudicación del 32%, resulta curioso que estos incrementos estén tan próximos a estos porcentajes. En el caso de túneles es más llamativo, y puede ser derivado de que en este tipo de obras es más fácil justificar la redacción de expedientes paralelos como obras complementarias u obras de emergencia, lo que quizá explique la aplicación de mayores bajas de adjudicación.

**ANÁLISIS INCREMENTOS PRESUPUESTARIOS (%)**

	<i>SIN TÚNELES</i>	<i>CON TÚNELES</i>	<i>CON TÚNELES FILTRADO</i>	<i>TOTAL</i>	<i>TOTAL FILTRADO</i>
Media	48%	71%	43%	59%	46%
Error típico	4%	20%	3%	10%	3%
Mediana	45%	49%	46%	47%	45%
Desviación estándar	15%	68%	10%	48%	13%
Varianza de la muestra	2%	46%	1%	23%	2%
Curtosis	-20%	439%	-187%	1087%	36%
Coefficiente de asimetría	74%	224%	-7%	323%	79%
Mínimo	27%	31%	31%	27%	27%
Máximo	78%	249%	57%	249%	78%
Cuenta	13	12	10	25	23

Tabla 8. Análisis estadístico de sobrecostes en los casos estudiados

**BAJAS DE ADJUDICACIÓN**

	<i>SIN TUNELES</i>	<i>CON TUNELES</i>	<i>TOTAL</i>
Media	23%	26%	25%
Error típico	2%	2%	1%
Mediana	27%	28%	27%
Desviación estándar	8%	7%	7%
Varianza de la muestra	1%	1%	1%
Curtosis	-171%	48%	-105%
Coefficiente de asimetría	-23%	-96%	-50%
Mínimo	12%	12%	12%
Máximo	33%	36%	36%
Cuenta	13	12	25

Tabla 9. Análisis estadístico de bajas de adjudicación

**INCREMENTOS PRESUPUESTO LIQUIDACIÓN SOBRE ADJUDICACIÓN**

	<i>SIN TÚNELES</i>	<i>CON TÚNELES FILTRADO</i>	<i>TOTAL FILTRADO</i>
Media	40%	33%	36%
Error típico	2%	1%	1%
Mediana	40%	32%	35%
Desviación estándar	6%	4%	6%
Varianza de la muestra	0%	0%	0%
Curtosis	-26%	115%	-73%
Coefficiente de asimetría	-54%	-10%	22%
Mínimo	27%	25%	25%
Máximo	47%	40%	47%
Cuenta	13	11	24

Tabla 10. Análisis estadístico de incrementos presupuestarios sobre adjudicación

Para realizar una comparación entre proyectos diferentes, se opta por utilizar la unidad coste/kilometro, entendiéndose que esto iguala los costes de proyectos de diferentes longitudes, si bien se entiende que esto no evita las diferencias derivadas de la complejidad de cada uno de ellos, datos desconocidos a la hora de realizar este trabajo.

En primer lugar, en lo referente a la redacción de proyectos, según los datos incluidos en la Tabla 11, la media de los importes destinados a proyectos que no contienen túneles es de 0,20 M€/km (SD=0,13) mientras que la media de aquellos que contienen túneles es de 0,30 M€/km (SD=0,14), estos valores no difieren mucho de las medianas por lo que se entiende que no hay desplazamientos por valores anómalos y se toman como válidas. Entonces se deduce que la redacción de proyectos de túneles supone un incremento del 50% sobre el presupuesto de proyectos que no contemplan su construcción.

**IMPORTE REDACCIÓN PROYECTO (M€/km)**

	<i>SIN TUNELES</i>	<i>CON TUNELES</i>	<i>TOTAL</i>
Media	0,20	0,30	0,26
Error típico	0,05	0,05	0,04
Mediana	0,17	0,31	0,24
Desviación estándar	0,13	0,14	0,14
Varianza de la muestra	0,02	0,02	0,02
Curtosis	4,96	-0,21	-1,07
Coefficiente de asimetría	2,05	-0,45	0,39
Mínimo	0,07	0,49	0,07
Máximo	0,47	2,73	0,49
Muestra	7	9	16

Tabla 11. Análisis estadístico de los importes de redacción de proyectos

En el caso de los sobrecostes se han obtenido los datos que se resumen en la Tabla 12.

**SOBRECOSTES EN FASE DE CONSTRUCCIÓN (M€/km)**

	SIN TUNELES	CON TUNELES	CON TUNELES FILTRADO	TOTAL	TOTAL FILTRADO
Media	3,18	19,00	5,42	10,78	4,15
Error típico	0,71	9,39	1,64	4,70	0,83
Mediana	2,48	3,92	3,51	3,40	2,96
Desviación estándar	2,57	32,51	5,19	23,51	3,99
Varianza de la muestra	6,59	1057,02	26,94	552,85	15,90
Curtosis	3,55	3,27	4,75	10,29	7,17
Coefficiente de asimetría	1,70	2,09	2,10	3,29	2,44
Mínimo	0,69	1,41	1,41	0,69	0,69
Máximo	10,05	99,42	18,53	99,42	18,53
Cuenta	13	12	10	25	23

Tabla 12. Análisis estadístico de sobrecostes en fase de construcción

Para el análisis estadístico se ha decidido utilizar los datos de túneles y total de proyectos filtrados, una vez se han eliminado los dos casos extremos que introducen una dispersión muy alta y desplazan los valores medios.

Siendo así se realizan las siguientes conclusiones:

- El sobrecoste medio en el total de la población de proyectos estudiados es de 4,15 M€ (SD=3,99; N=23), con un rango entre 0,69 y 18,53 M€.
- El sobrecoste medio en un proyecto de infraestructuras viarias sin túneles es de 3,18 M€/km (SD=2,57; N=13), con un rango entre 0,69 y 10,05 M€.
- El sobrecoste medio en un proyecto de infraestructuras viarias con túneles es de 5,42 M€/km (SD=5,19; N=10), con un rango entre 1,41 y 18,53; es decir un 70% más elevado que aquellos que no contemplan túneles en su diseño original.

Con estos datos se podría concluir:

- los sobrecostes en los proyectos que contemplan la ejecución de túneles son mucho más elevados que aquellos que no los contemplan. Esto parece coherente dada la especial dificultad que conllevan este tipo de proyectos.
- las bajas de adjudicación, en este tipo de proyectos, son ligeramente superiores al resto, algo que parece incoherente. Debido a las incertidumbres que conlleva el diseño del proyecto constructivo de túneles, parece más razonable utilizar estrategias más conservadoras a la hora de ofertar, aplicando menores bajas.

Pero quizá la mayor facilidad a la hora de justificar proyectos complementarios u obras de emergencia explique esto.

La realidad es que hoy en día, tanto las técnicas de investigación como la tecnología actual y los métodos de cálculo permitirían reducir las incertidumbres propias de proyectos de este tipo, por lo que no se debería aceptar esta diferencia de sobrecoste.

Detectar donde reside el problema que origina estos sobrecostos supondría el poder conseguir ahorros muy significativos en la fase de construcción de este tipo de proyectos.

## 5.2. Correlaciones

Se intentará identificar la correlación existente entre las diferentes variantes seleccionadas, realizando los siguientes grupos:

- Sobrecoste – presupuesto de redacción del proyecto
- Presupuesto redacción del proyecto- tamaño del proyecto (km)
- Sobrecoste – tamaño del proyecto (km)
- Sobrecoste – presupuesto de adjudicación
- Sobrecoste – plazo de adjudicación
- Sobrecoste – duración del proyecto
- Sobrecoste – baja de adjudicación
- Sobrecoste – fecha

Para ello, una vez ordenados los datos correspondientes de la tabla incluida en el Anexo I, se procederá a la elaboración de gráficas de puntos de dispersión como soporte para la identificación de la línea de regresión de cada caso.

### 5.2.1. Sobrecoste – Presupuesto de redacción del proyecto

Elaborando una gráfica de puntos de dispersión representando en el eje X el presupuesto de redacción del proyecto por kilómetro y en el eje Y el sobrecoste por kilómetro que se produjo, se obtienen las siguientes conclusiones:

El mejor ajuste se consigue con una función potencial y las ecuaciones de las líneas de regresión para cada grupo son:

Todos los proyectos:  $\Delta C = 0,71 \cdot e^{4,91P}$  ( $R^2 = 0,5585$ ) (Ecuación 3)

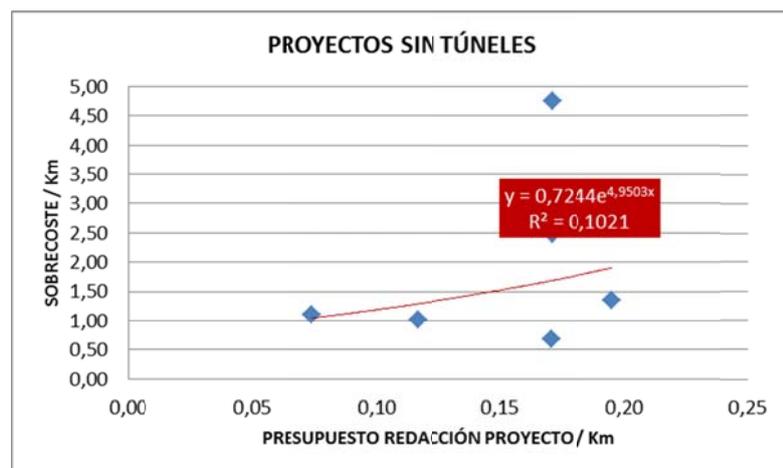
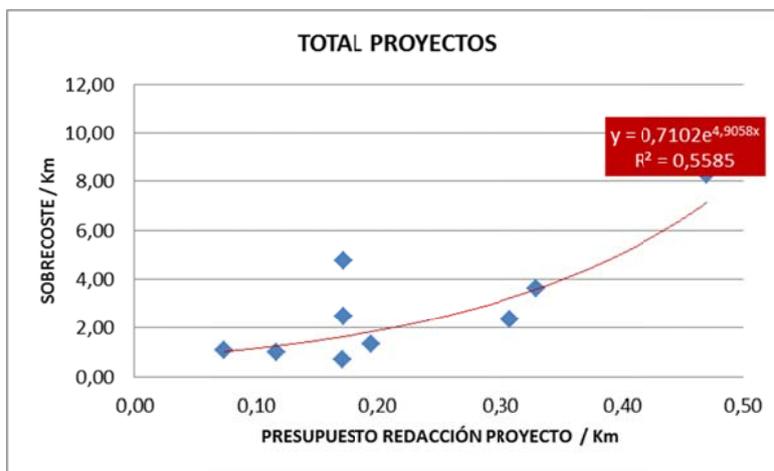
Proyectos sin túneles:  $\Delta C = 0,72 \cdot e^{4,91P}$  ( $R^2 = 0,1021$ ) (Ecuación 4)

Proyectos con túneles:  $\Delta C = 0,29 \cdot e^{7,16P}$  ( $R^2 = 0,9488$ ) (Ecuación 5)

Dónde:  $\Delta C$  = sobrecoste ;  $P$  = presupuesto de redacción del proyecto por kilómetro

A mayor presupuesto invertido en la redacción del proyecto corresponden mayores sobrecostes. Esto se puede deber a que se ha considerado el presupuesto de la redacción total del proyecto, por lo que un mayor presupuesto corresponde con una mayor dificultad y complicación de los trabajos a ejecutar y de ahí la explicación de mayores sobrecostes, o también porque los sobrecostes sean un porcentaje establecido de la magnitud del proyecto. Ya mencionaba (Águeda Martín, 1997) la existencia de una relación de confianza Administración Pública-Contratista.

En un estudio futuro sería necesario contemplar tan sólo la partida presupuestaria destinada a investigación. Por ejemplo, en el caso de proyectos con túneles, comparar la inversión en investigación geotécnica con los sobrecostes producidos.



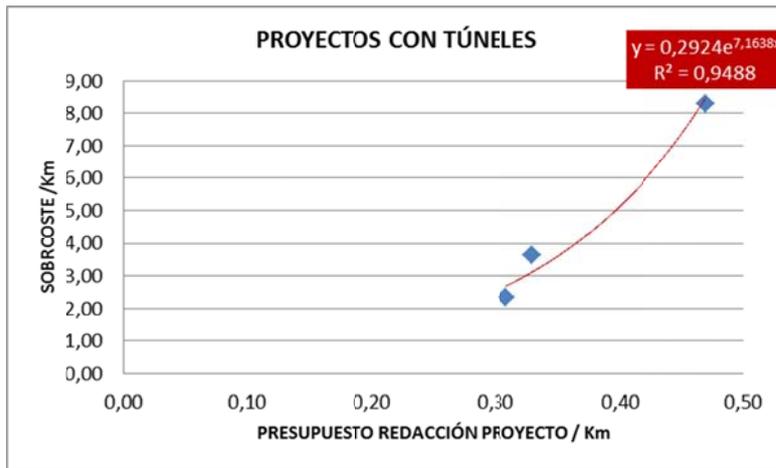


Figura 11. Gráficas de correlación sobrecoste – presupuesto redacción del proyecto

### 5.2.2. Presupuesto de redacción – Tamaño del proyecto

Sobre una gráfica de dispersión en la que se representa el tamaño del proyecto medido en kilómetros en el eje X y el presupuesto de redacción del proyecto por kilómetro en el eje Y, el mejor ajuste se consigue con una ecuación de regresión así:

Todos los proyectos:  $\Delta P = -0.014t + 0.38; (R^2 = 0,3205)$  (Ecuación 6)

Proyectos sin túneles:  $\Delta P = 0,0002t + 0.12; (R^2 = 0,0562)$  (Ecuación 7)

Proyectos con túneles:  $\Delta P = -0.023t + 0.54; (R^2 = 0.7581)$  (Ecuación 8)

Dónde:  $\Delta P$  = presupuesto de redacción del proyecto por kilómetro;

$t$  = tamaño del proyecto medido en kilómetros

En el caso general, contemplando toda la población si se puede considerar que el presupuesto de redacción del proyecto disminuye en inversa proporción al tamaño del mismo, lo cual puede ser razonable debido a la optimización de medios que esto supone.

Tanto en el caso de proyectos sin túneles como en proyectos con túneles, las correlaciones encontradas se consideran débiles.

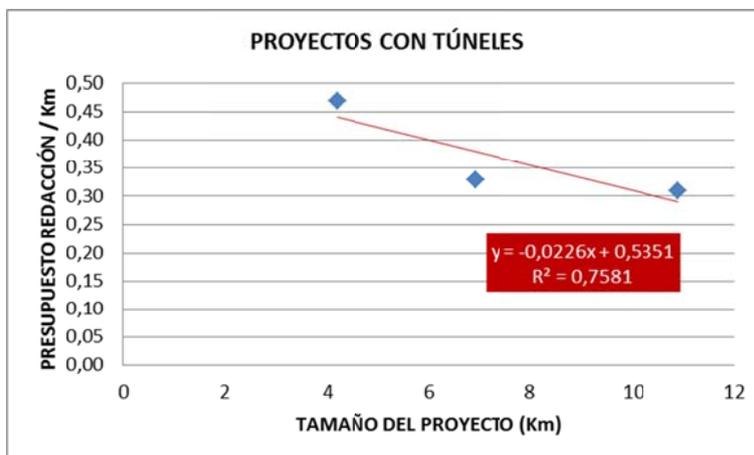
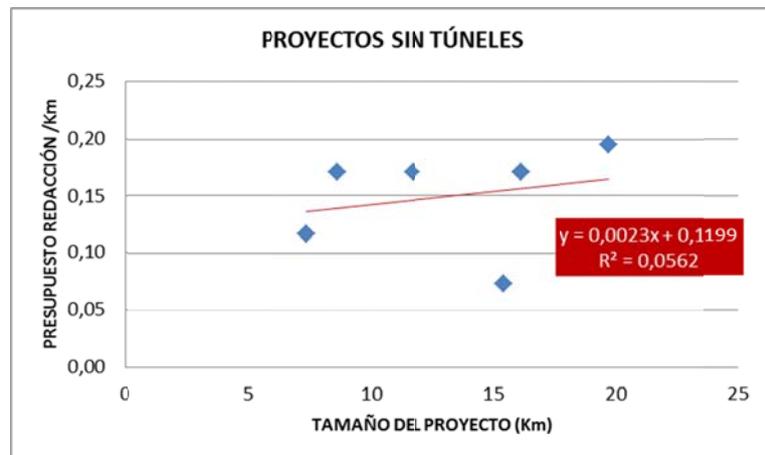
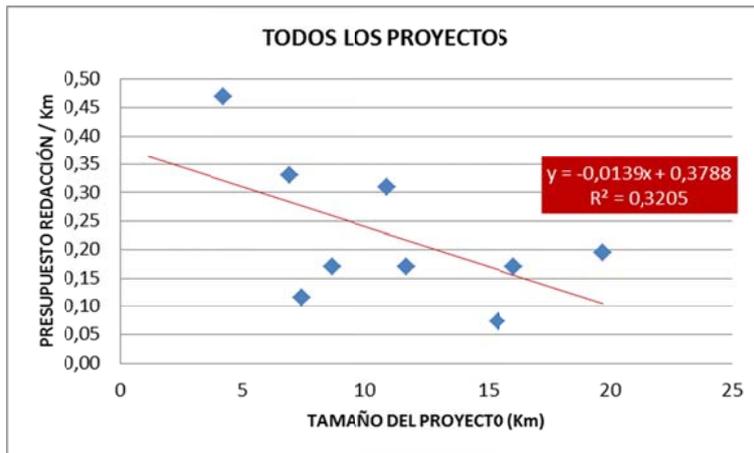


Figura 12. Gráficas de correlación presupuesto redacción proyecto - tamaño

### 5.2.3. Sobrecoste – Tamaño del proyecto

A partir de las gráficas de dispersión en las que se representa el tamaño del proyecto medido en kilómetros en el eje X y el sobrecoste producido medido en millones de euros por kilómetro de proyecto en el eje Y, las ecuaciones de la línea de regresión son:

Todos los proyectos:  $\Delta C = -1.80t + 24.26$ ; ( $R^2 = 0,1435$ ) (Ecuación 9)

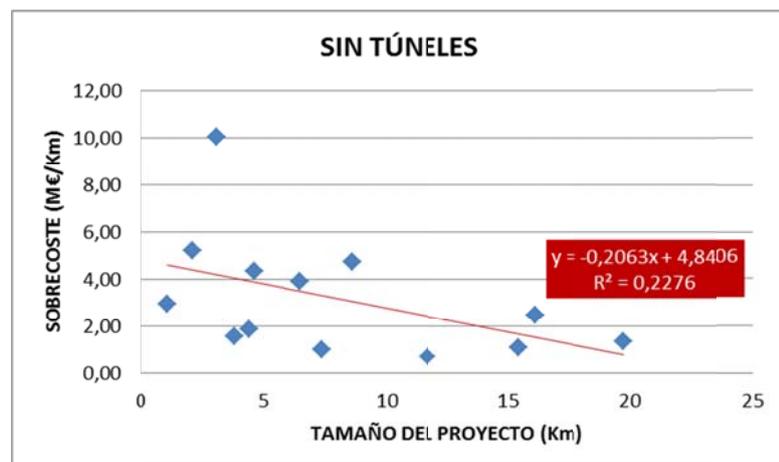
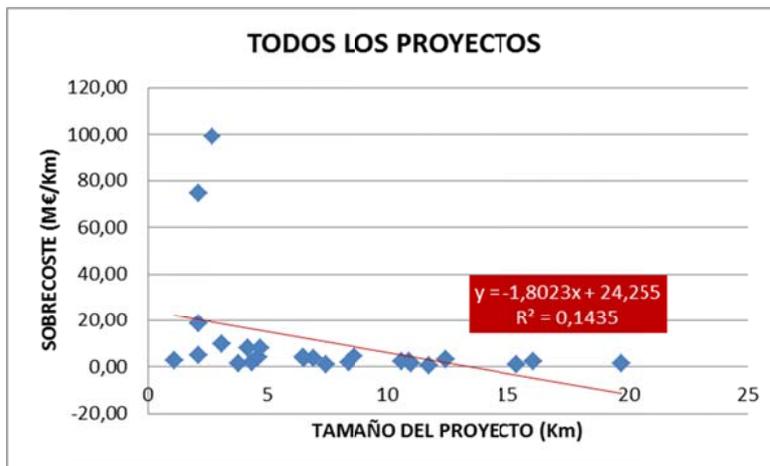
Proyectos sin túneles:  $\Delta C = -0.21t + 4.84$ ; ( $R^2 = 0,2276$ ) (Ecuación 10)

Proyectos con túneles:  $\Delta C = -5.51t + 56.86$ ; ( $R^2 = 0,4045$ ) (Ecuación 11)

Dónde:  $\Delta C$ = sobrecoste producido en millones de euros

t = tamaño del proyecto medido en kilómetros

También se han encontrado una relación inversa entre el tamaño del proyecto y el sobrecoste, produciéndose menores sobrecostes cuanto más longitud tiene el proyecto, lo que no parece razonable. En el caso concreto de obras con túneles, si los sobrecostes son derivados de errores del proyecto, es previsible que se reproduzcan en toda su longitud, incrementando su cuantía.



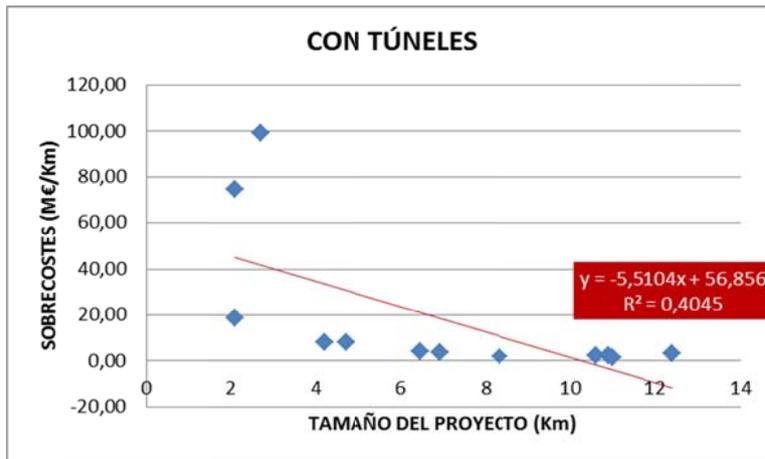


Figura 13. Gráficas de correlación sobrecoste – tamaño del proyecto

#### 5.2.4. Sobrecoste – Presupuesto de adjudicación

En las siguientes gráficas de dispersión se representa el presupuesto de adjudicación medido en millones de euros en el eje X y en el eje Y los sobrecostos medidos en millones de euros por kilómetro de longitud de proyecto.

Las ecuaciones de las líneas de regresión son:

Todos los proyectos:  $\Delta C = 0.4P + 12.38$ ; ( $R^2 = 0,2723$ ) (Ecuación 12)

Proyectos sin túneles:  $\Delta C = 0.02P + 2.36$ ; ( $R^2 = 0,0307$ ) (Ecuación 13)

Proyectos con túneles:  $\Delta C = 0.72P + 34.35$ ; ( $R^2 = 0,2926$ ) (Ecuación 14)

Dónde:  $\Delta C$  = sobrecoste producido en millones de euros por kilómetro

$P$  = presupuesto de adjudicación en millones de euros

En el caso general y en el de túneles, se puede decir que existe una correlación directa entre el presupuesto de adjudicación y los sobrecostos. A mayor presupuesto mayores sobrecostos se producen, lo que no parece coherente. Los sobrecostos, en principio deberían ser aleatorios, en función de:

- errores de proyecto
- dificultades de ejecución no previstas,
- o en todo caso podría ser función de la longitud del proyecto.

El hecho de que exista una relación directa entre el presupuesto de adjudicación y los sobrecostos puede ser un indicador de que son un porcentaje establecido.

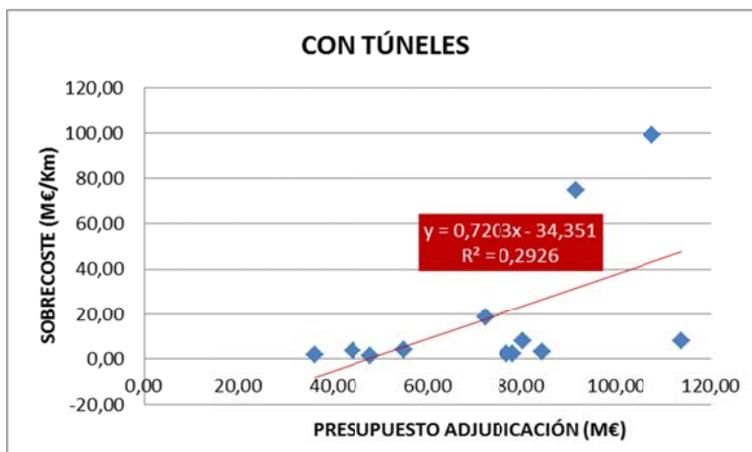
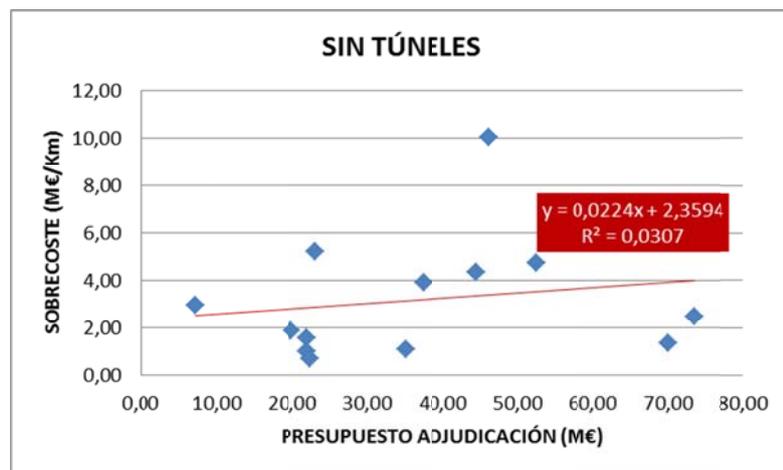
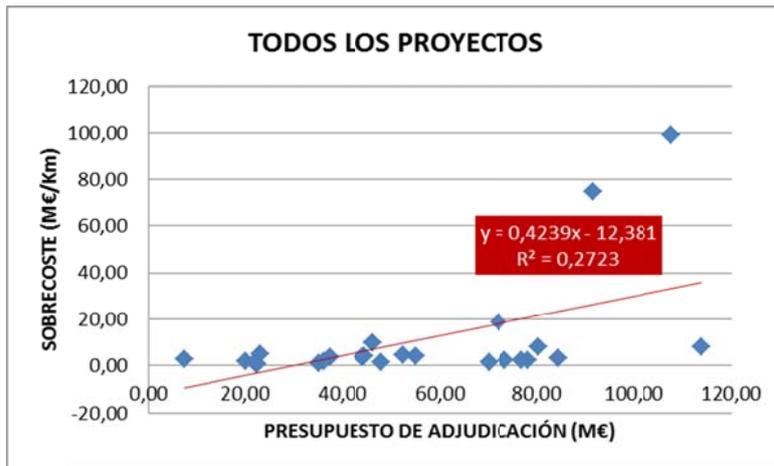


Figura 14. Gráficas de correlación sobrecoste – presupuesto de adjudicación

### 5.2.5. Sobrecoste – Plazo de adjudicación

En las siguientes gráficas de dispersión se representa el plazo de adjudicación medido en meses en el eje X y en el eje Y los sobrecostes medidos en millones de euros por kilómetro de longitud de proyecto.

Las ecuaciones de las líneas de regresión son:

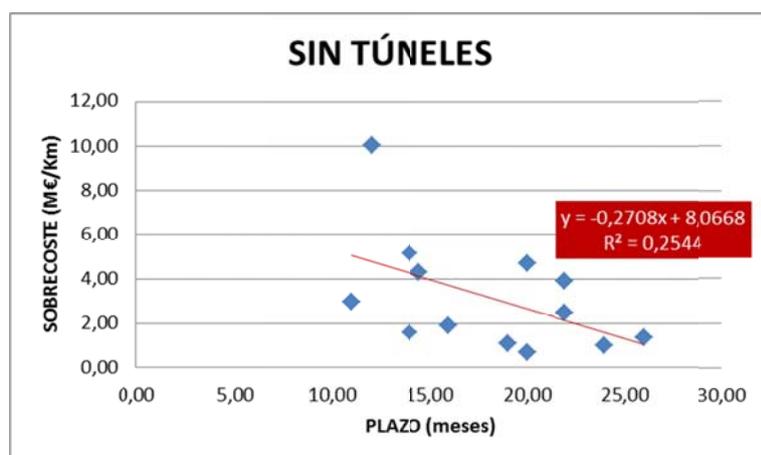
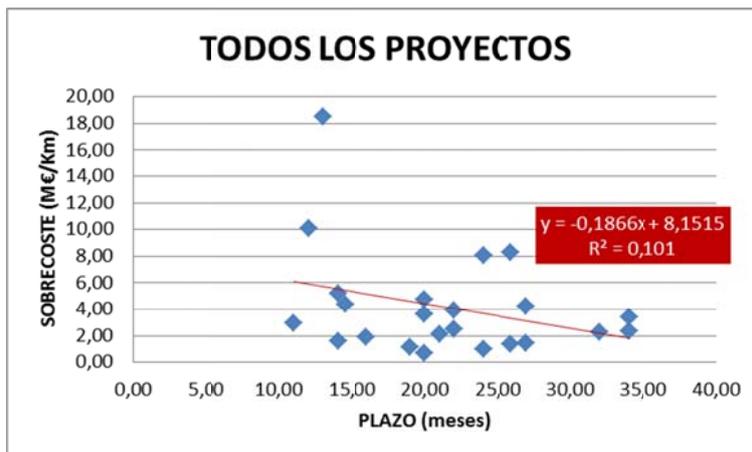
Todos los proyectos:  $\Delta C = -0.19p + 8.15$ ; ( $R^2 = 0,1010$ ) (Ecuación 15)

Proyectos sin túneles:  $\Delta C = -0.27p + 8.07$ ; ( $R^2 = 0,2544$ ) (Ecuación 16)

Proyectos con túneles:  $\Delta C = -0.53p + 19.19$ ; ( $R^2 = 0,4693$ ) (Ecuación 17)

Dónde:  $\Delta C$ = sobrecoste producido en millones de euros por kilómetro  
 $p$  = plazo de adjudicación en meses

Se puede decir que existe una correlación inversa entre el presupuesto de adjudicación y los sobrecostos. A mayor plazo menores sobrecostos se producen. Esto indica que, posiblemente las obras que incurren en sobrecostos se ejecuten con menos medios de los necesarios o en menor plazo del que sería recomendable para una correcta ejecución.



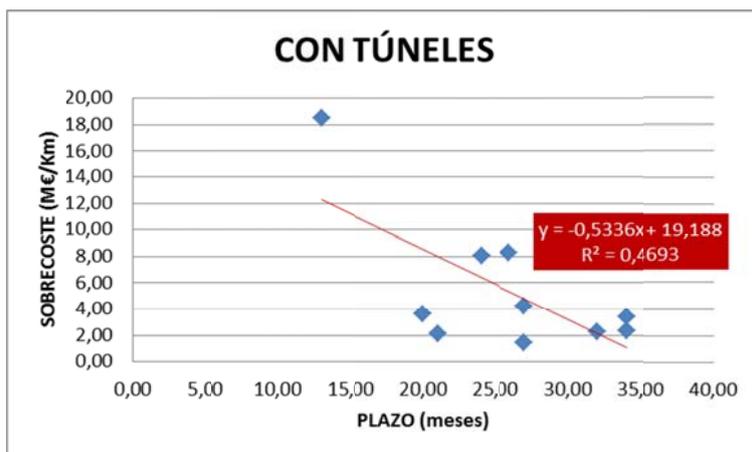


Figura 15. Gráficas de correlación sobrecoste – plazo de adjudicación

### 5.2.6. Sobrecoste – Duración del proyecto

En las siguientes gráficas de dispersión se representa la duración del proyecto desde que comenzó hasta que finalizó medido en años en el eje X y en el eje Y los sobrecostes medidos en millones de euros por kilómetro de longitud de proyecto.

Las ecuaciones de las líneas de regresión son:

$$\text{Todos los proyectos: } \Delta C = 15,65T - 44,21; (R^2 = 0,3732) \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$\text{Proyectos sin túneles: } \Delta C = 1,57T - 2,33; (R^2 = 0,3244) \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$\text{Proyectos con túneles: } \Delta C = 28,04T - 76,62; (R^2 = 0,7785) \quad (\text{Ecuación 20})$$

Dónde:  $\Delta C$  = sobrecoste producido en millones de euros por kilómetro.

D = tamaño del proyecto en años.

Como ya demostraron Flybjerg et al (2004), se puede decir que existe una correlación directa entre la duración del proyecto y los sobrecostes. A mayor duración de la fase de construcción mayores sobrecostes se producen.

Pero quizá esta mayor duración de la prevista sea una consecuencia de los sobrecostes. Esto se explicaría por varios motivos:

- porque a mayor dificultad se exige mayor tiempo de resolución.
- porque los imprevistos requieren de tiempo para la búsqueda de la solución correcta, de planificación, provisión de materiales, etc.
- estos imprevistos y los sobrecostes que generan conllevan tiempo de tramitación dentro de la administración pública.

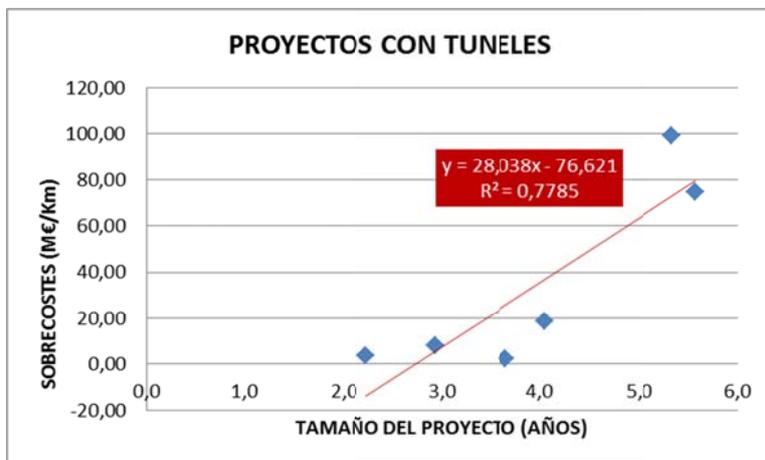
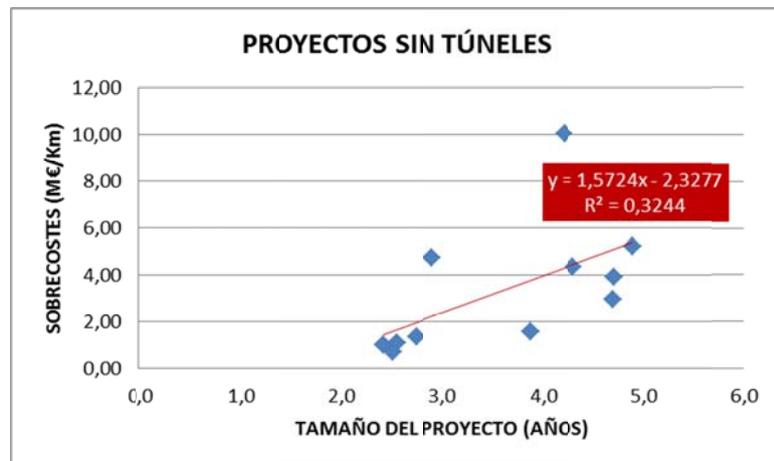
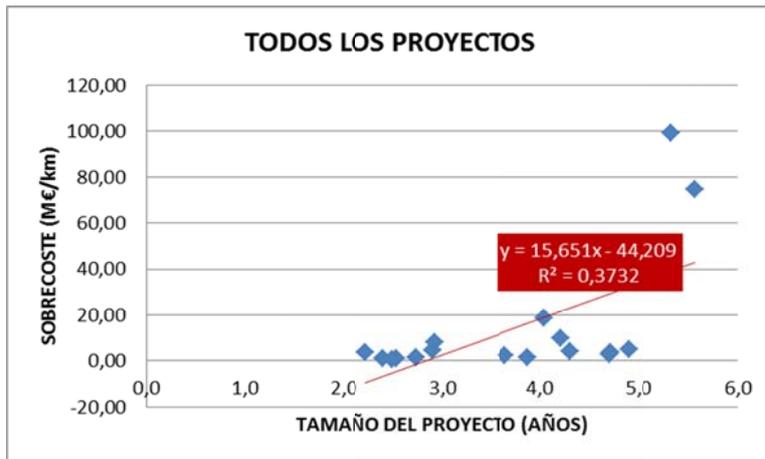


Figura 16. Gráficas de correlación sobrecoste – duración del proyecto

### 5.2.7. Sobrecoste – Baja de adjudicación

En las siguientes gráficas de dispersión se representa el porcentaje de baja de adjudicación de cada proyecto en el eje X y en el eje Y los sobrecostes medidos en millones de euros por kilómetro de longitud de proyecto.

No se encuentran correlaciones consistentes entre la baja de adjudicación y los sobrecostes, salvo en el caso particularizado de obras sin túneles, cuya ecuación de regresión es:

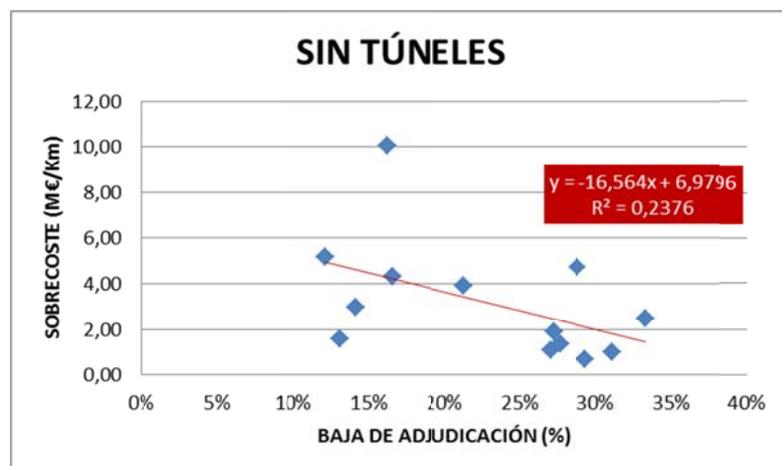
$$\text{Proyectos sin túneles: } \Delta C = -16.56B + 6.98; (R^2 = 0,2376) \quad (\text{Ecuación 21})$$

Dónde:  $\Delta C$ = sobrecoste producido en millones de euros por kilómetro.

B = Baja de adjudicación en porcentaje del presupuesto de licitación.

En el caso de proyectos que no contemplan la ejecución de túneles se encuentra que a mayor baja existen menores sobrecostes, lo cual puede justificarse debido a que en aquellas obras que no contemplan túneles existen menos incertidumbres sobre el alcance del proyecto y la solución adoptada, lo que permite ajustar más y con garantías la oferta de la empresa constructora.

Esto ratifica la opinión de que los proyectos requieren una mayor investigación que permita reducir estas incertidumbres desde su origen.



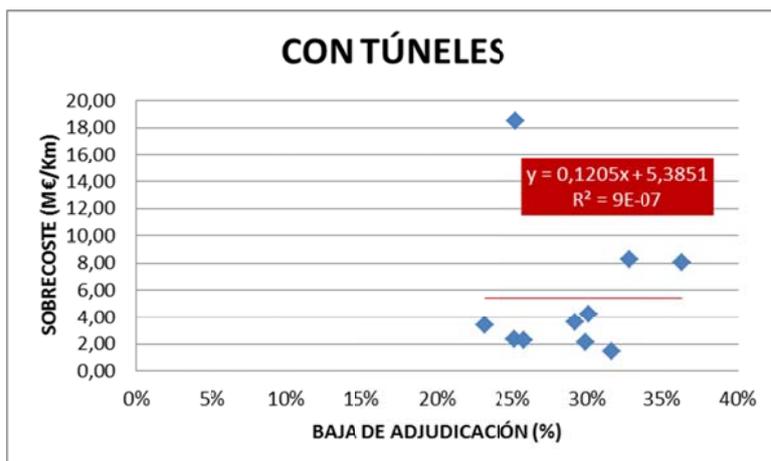


Figura 17. Gráficas de correlación sobrecoste – baja de adjudicación

### 5.2.8. Sobrecoste – Fecha

En las siguientes gráficas de dispersión se representa la fecha de adjudicación de cada proyecto en el eje X y en el eje Y los sobrecostes medidos en millones de euros por kilómetro de longitud de proyecto.

Las ecuaciones de las líneas de regresión son:

$$\text{Todos los proyectos: } \Delta C = -0.0026f + 110.1; (R^2 = 0,0059) \quad (\text{Ecuación 22})$$

$$\text{Proyectos sin túneles: } \Delta C = -0.0015f + 61.81; (R^2 = 0,2304) \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$\text{Proyectos con túneles: } \Delta C = -0.023f + 915.1; (R^2 = 0,1252) \quad (\text{Ecuación 24})$$

Dónde:  $\Delta C$  = sobrecoste producido en millones de euros por kilómetro.

f = Fecha de adjudicación.

En general al analizar el total de los proyectos se puede decir que no existe correlación entre la fecha de adjudicación y el sobrecoste, pero al analizar los grupos con túneles y sin túneles por separado, se encuentra que los sobrecostes han ido disminuyendo con el tiempo.

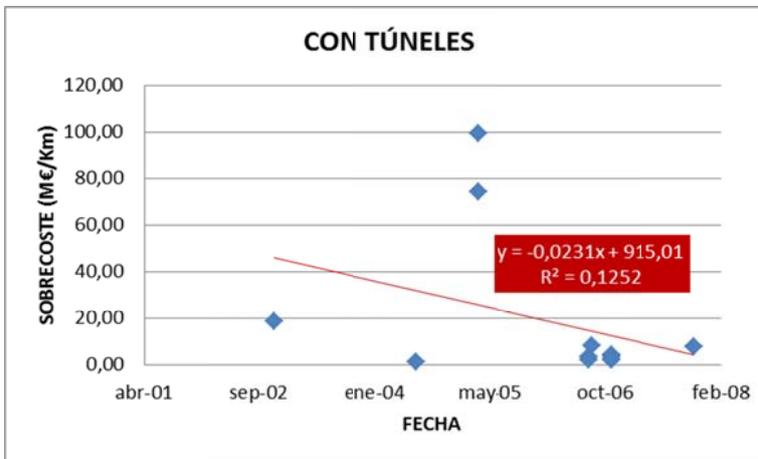
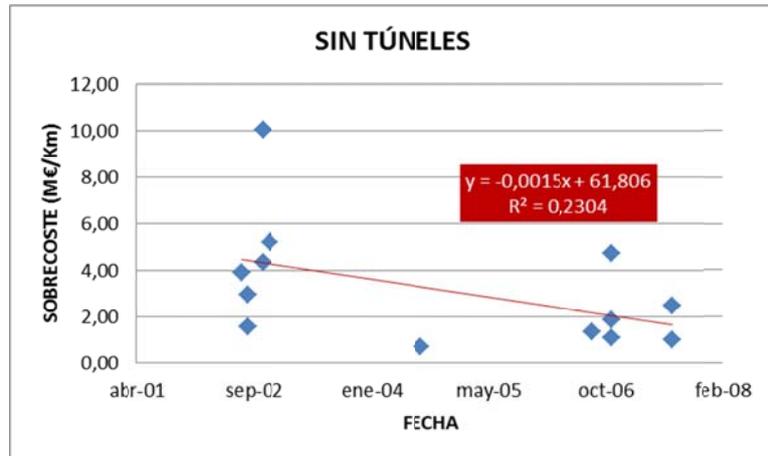
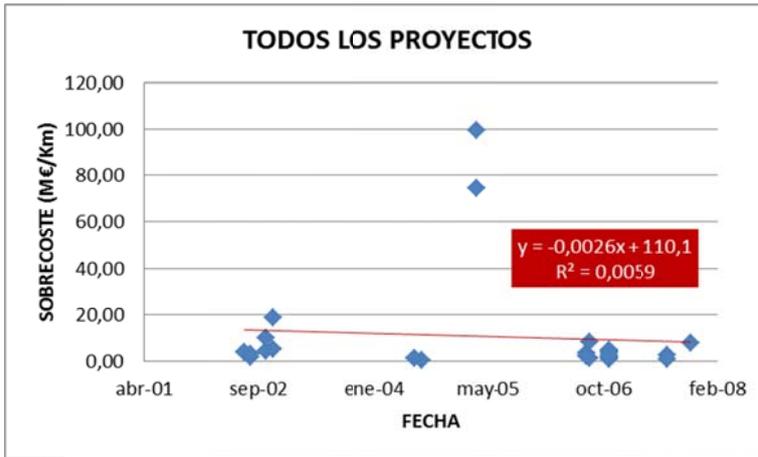


Figura 18. Gráficas de correlación sobrecoste – fecha de construcción

### 5.3. Resumen de resultados

En un primer análisis estadístico de la población, en términos generales, se obtienen las siguientes observaciones:

- Todos los proyectos analizados presentan sobrecostes superiores al 20%.
- El sobrecoste medio, una vez se han filtrado los valores extremos, es del 46% (SD=13%, N=23).
- El rango de los sobrecostes está entre el 27% y el 78%.
- La baja media de los proyectos estudiados es del 25% (SD=7%, N=25), con un rango entre el 12% y el 36%.
- La baja media de los proyectos que contemplan la ejecución de túneles es del 26% (SD=7%; N=12), ligeramente más alta que la de aquellos que no contemplan túneles del 23% (SD=8%; N=13).

Analizando los incrementos presupuestarios entre presupuesto de liquidación (excluyendo obras de emergencia, proyectos complementarios, etc.) y presupuesto de adjudicación, se aprecia lo siguiente:

- La media de los incrementos del total de proyectos es del 36 % (SD=6%;N=24).
- La media del incremento presupuestario en obras sin túneles es del 40% (SD=6%; N=13).
- La media de este incremento presupuestario en proyectos con túneles es del 33% (SD=4%; N=11).

Teniendo en cuenta que la Ley Española permite la redacción de un modificado del 20% y una liquidación del 10%, lo que supondría un incremento sobre el presupuesto de adjudicación del 32%, resulta curioso que estos incrementos estén tan próximos a estos porcentajes.

En lo referente a la redacción de proyectos, la media de los importes destinados a proyectos que no contienen túneles es de 0,20 M€/km (SD=0,13) mientras que la media de aquellos que contienen túneles es de 0,30 M€/km (SD=0,14), un 50% más caros.

En el análisis estadístico de los sobrecostes se observa que:

- El sobrecoste medio en el total de la población de proyectos estudiados es de 4,15 M€/km (SD=3,99; N=23), con un rango entre 0,69 y 18,53 M€.
- El sobrecoste medio en un proyecto de infraestructuras viarias sin túneles es de 3,18 M€/km (SD=2,57; N=13), con un rango entre 0,69 y 10,05 M€.
- El sobrecoste medio en un proyecto de infraestructuras viarias con túneles es de 5,42 M€/km (SD=5,19; N=10), con un rango entre 1,41 y 18,53; es decir un 70% más elevado que aquellos que no contemplan túneles en su diseño original.

En la búsqueda de correlaciones se han encontrado las siguientes conclusiones:

- Sobrecoste – presupuesto de redacción: A mayor presupuesto invertido en la redacción del proyecto corresponden mayores sobrecostes. Esto se puede deber a que se ha considerado el presupuesto de la redacción total del proyecto, por lo que un mayor presupuesto corresponde con una mayor dificultad y complicación de los trabajos a ejecutar que deriva en mayores sobrecostes, o también porque los sobrecostes sean un porcentaje establecido de la magnitud del proyecto.
- Presupuesto de redacción – Tamaño del proyecto: En el caso general, contemplando toda la población si se puede considerar que el presupuesto de redacción del proyecto disminuye en inversa proporción al tamaño del mismo, lo cual puede ser razonable debido a la optimización de medios que esto supone. En el caso de proyectos sin túneles como en proyectos con túneles, las correlaciones encontradas se consideran débiles.
- Sobrecoste – Tamaño del Proyecto: se ha encontrado una relación inversa entre el tamaño del proyecto y el sobrecoste, produciéndose menores sobrecostes cuanto más longitud tiene el proyecto. No parece razonable, por lo menos en el caso de obras con túneles, donde resulta sencillo llegar a la conclusión de que si los sobrecostes son derivados de problemas no detectados en la redacción del proyecto o de errores en las hipótesis de partida o de diseño, lo más probable es que se reproduzcan proporcionalmente a su longitud.
- Sobrecoste – Presupuesto de adjudicación: existe una correlación directa entre el presupuesto de adjudicación y los sobrecostes. A mayor presupuesto mayores sobrecostes se producen, lo que no parece coherente. Los sobrecostes deberían ser aleatorios derivados de causas ajenas al presupuesto de adjudicación.
- Sobrecoste – Plazo de adjudicación: existe una correlación inversa entre el presupuesto de adjudicación y los sobrecostes. A mayor plazo menores sobrecostes se producen. Esto indica que, posiblemente las obras que incurrir en sobrecostes, se ejecuten con menos medios de los necesarios o en menor plazo del que sería recomendable para una correcta ejecución
- Sobrecoste – Duración del proyecto: existe una correlación directa entre el presupuesto de adjudicación y los sobrecostes. A mayor duración de la fase de construcción mayores sobrecostes se producen. Pero quizá esta mayor duración de la prevista sea una consecuencia de los sobrecostes, por varios motivos:

- porque a mayor dificultad se exige mayor tiempo de resolución.
  - porque los imprevistos requieren de tiempo para la búsqueda de la solución correcta, de planificación, provisión de materiales, etc.
  - estos imprevistos y los sobrecostes que generan conllevan tiempo de tramitación dentro de la administración pública.
- 
- Sobrecoste – Baja de adjudicación: En el caso de proyectos que no contemplan la ejecución de túneles se encuentra que a mayor baja existen menores sobrecostes, lo cual puede justificarse debido a que en aquellas obras que no contemplan túneles existen menos incertidumbres sobre el alcance del proyecto y la solución adoptada, lo que permite ajustar más y con garantías la oferta de la empresa constructora. Esto ratifica la opinión de que los proyectos requieren una mayor investigación que permita reducir estas incertidumbres desde su origen.
  - Sobrecoste – Fecha: En general al analizar el total de los proyectos se puede decir que no existe correlación entre la fecha de adjudicación y el sobrecoste, pero al analizar los grupos con túneles y sin túneles por separado, se encuentra que los sobrecostes han ido disminuyendo con el tiempo.

## 6. CONCLUSIONES

Los sobrecostes en los proyectos de infraestructuras españolas, en los últimos años, se han convertido en un problema de una magnitud económica inviable en una sociedad moderna y que busca la eficiencia.

La mayoría de estos sobrecostes en proyectos constructivos están relacionados con importantes cambios en el diseño inicial de proyecto, adaptación de proyectos anticuados o con errores, es decir por un déficit de calidad en la fase de ingeniería.

Los sobrecostes han sido una constante a lo largo del tiempo y no parece que se estén subsanando, lo que indica que la transmisión del conocimiento adquirido en experiencias anteriores no se está aplicando o por lo menos, no correctamente.

Está claro entonces, que para conseguir controlar estos sobrecostes se debe partir de un proyecto constructivo de mas calidad que contemple correctamente tanto el alcance como las especificaciones técnicas y económicas necesarias para su completa ejecución, basándose en una investigación previa rigurosa y un estudio profundo de la problemática, plazo y costes. Un proyecto de estas características facilitaría no solo su correcta ejecución sin no también la supervisión y seguimiento técnico y presupuestario, obteniendo mejores resultados finales.

Del análisis estadístico de los datos conseguidos se puede concluir que:

- Todos los proyectos estudiados tienen sobrecostes superiores al 20% y en, aquellos que contemplan la ejecución de túneles superiores al 30%. La ley de contratos del estado permite, con relativa facilidad, la aprobación de un proyecto modificado por un incremento presupuestario del 20% y una liquidación del 10%. Estas magnitudes son, curiosamente, muy similares.
- La baja media de adjudicación en obras con túneles es de 26% y en obras sin túneles de 23%. Estas bajas coinciden, aproximadamente, en magnitud con los sobrecostes medios en cada grupo.
- los sobrecostes en los proyectos que contemplan la ejecución de túneles son mucho más elevados que en aquellos que no los contemplan. Curiosamente, las bajas de adjudicación, en este tipo de proyectos, son ligeramente superiores lo que parece incoherente. Esto puede ser derivado de que en este tipo de obras es más sencillo justificar y aprobar la redacción de expedientes paralelos como obras complementarias u obras de emergencia y quizá esto justifique, también, el que las empresas constructoras realicen ofertas con bajas más agresivas.

Del análisis de correlaciones entre los diferentes parámetros seleccionados, se deduce:

- A mayor presupuesto de redacción de un proyecto, mayores sobrecostes se producen.
- Cuanto mayor longitud tiene un proyecto, menor presupuesto de redacción conlleva.
- Los sobrecostes se reducen en proyectos de mayor longitud.
- Cuanto mayor es el presupuesto de adjudicación mayores son los sobrecostes.
- En proyectos de mayor plazo de adjudicación se producen menores sobrecostes.
- Se producen mayores sobrecostes en proyectos de mayor duración de la fase de construcción.
- A mayores bajas de adjudicación menores sobrecostes se producen.

En conclusión, los sobrecostes tienen una relación directa con el presupuesto del proyecto e indirecta con el tamaño del mismo, apuntando en la dirección de que los sobrecostes son un porcentaje del presupuesto del proyecto independiente de su complicación técnica.

Como dato positivo, estos sobrecostes han ido disminuyendo con el tiempo, quizá por un incremento en los medios de control y seguimiento de los mismos. Si bien los datos analizados se consideran muy escasos y poco relevantes en comparación con la cantidad de obras de este tipo construidas en los últimos 20 años.

## 7. LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

Hoy en día, tanto las técnicas de investigación como la tecnología actual permitirían reducir las incertidumbres propias de proyectos de este tipo, por lo que no se debería aceptar la existencia de sobrecostos de estas magnitudes.

Detectar donde reside el problema que origina estos sobrecostos supondría el poder conseguir ahorros muy significativos en la fase de construcción de este tipo de proyectos.

En estudios futuros sería recomendable el análisis de una base de datos mucho más amplia y variada, utilizando datos de proyectos de diferentes disciplinas y gestionados por diferentes administraciones tanto públicas como privadas. Comparando los datos del presupuesto del proyecto por capítulos y analizando en que partidas se han producido los incrementos presupuestarios más relevantes y teniendo en cuenta la partida presupuestaria destinada exclusivamente a investigación, como por ejemplo, en el caso de proyectos con túneles, comparar la inversión en investigación geotécnica con los sobrecostos producidos. El profesor Bieniawski en la conferencia de clausura del Congreso Mundial de Túneles, celebrado en Brasil en 2014, considera primordial, para el futuro, establecer el coste óptimo de la investigación geotécnica de cara a un óptimo diseño y construcción de este tipo de proyectos.

Sería conveniente la realización un análisis multivariante de los datos obtenidos, intentado encontrar correlaciones entre el presupuesto invertido y el presupuesto de liquidación, con el objeto de encontrar una estimación del impacto del primero en los sobrecostos finales de las obras que puedan ayudar a la toma de decisiones en la fase de proyecto, así como caracterizaciones univariante y clustering basados en SOM y k-medias con el fin de determinar grupos de proyectos con características similares. En cada uno de ellos se podrían establecer ecuaciones que ligen las características con las desviaciones definiendo unos nuevos indicadores de riesgo que, definidos a partir del proyecto, puedan predecir las necesidades de estudio o, alternativamente caracterizar los rangos de desviación estimados.

## 8. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Águeda Martín, F. J. (Noviembre de 1997). El Papel de la Administración en la gestión de la reducción de costes de obra. (C. y. Colegio de Ingenieros de Caminos, Ed.) *Obras Públicas*(3370), 17-19.
- ANCI, A. (2010). *El AVE Madrid-Valencia: una realidad esperada*. Servicios Técnicos de ANCI.
- Brunes, F., & Lind, H. (2014). Explaining cost overruns in infrastructural projects: A new framework with applications to Sweden.
- Caamaño Alegre, J., & Lago Peñas, S. (2012). La inversión territorializada de Fomento: análisis de las diferencias entre proyecto, presupuesto y ejecución. *Revista Economía Aplicada*, XX(60), 107-126.
- Calveras, A., Ganuza, J., & Hauk, E. (2002). Las bajas temerarias en las subastas de obras públicas. Un análisis de la regulación española. *Revista de Economía Pública*(162), 135-153.
- Cantarelli, C., Molin, E., van Bee, B., & Flyvberg, B. (2010). Cost overruns in large-scale transportation infrastructure projects: explanations and their theoretical embeddedness. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 10, 5-18.
- Cantarelli, C. (2011). Cost overruns in large-scale transport infrastructure projects. A theoretical and empirical exploration for the Netherlands and worldwide. *Tesis Doctoral*. Delft University of Technology.
- Cantarelli, C., Molin, E., van Wee, B., & Flyvbjerg, B. (2012). Characteristics of cost overruns for Dutch transport infrastructure projects and the importance of the decision to build and project phases. *Transport Policy*(22), 49-56.
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M., & Buhl, S. (January de 2004). What causes cost overrun in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 24(1).
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M., & Buhl, S. (2003). How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 23, 71-88.
- Ganuza Fernández, J. (Marzo de 2000). Competition and cost overruns. Optimal misspecification of procurement contracts. (D. d. Economía, Ed.) Universidad Pompeu Fabra.
- Ganuza Fernández, J. (2007). Competition and cost overruns in procurement. *The Journal of Industrial Economics*, 55(4), 633-660.

- Ganuza Fernández, J. J. (1997). Los sobrecostes en las obras públicas. (E. y. Ministerio de Industria, Ed.) *Economía Industrial*(318), 112-122.
- Grasso, D. (10 de Mayo de 2014). El AVE se queda pequeño: el mapa de los mayores sobrecostes en las obras de España. *El Confidencial. Digital*.
- (2013). *Informe de fiscalización de las principales contrataciones relacionadas con la construcción de la Línea Férrea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona desarrolladas desde el 1 de enero de 2002 hasta la puesta en funcionamiento de la línea*. Tribunal de Cuentas.
- Jiménez Ayala, J. (Noviembre de 2003). Gestión de contratos de obras de las Administraciones Públicas. Estudio de los orígenes y causas de las habituales desviaciones presupuestarias. *Tesis Doctoral*. (U. N. Distancia, Ed.)
- Jiménez Ayala, J. (2004). Los avances de la legislación de contratos de obras públicas en el siglo XX para prevenir las desviaciones presupuestarias. *Revista de Obras Públicas*(3444), 49-58.
- Lorenzo, S. (23 de Noviembre de 2014). El sobrecoste infla las obras públicas. *La Voz de Galicia. Digital*.
- Lundman, P. (Febrero de 2011). Cost Management for underground infrastructure projects: a case study on cost increase and its causes. *Tesis Doctoral*. Lulea University of Technology.
- Mahamid, I. (2011). Analysis of cost deviations in road construction activities: a case study from Palestina. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 5(4), 552-567.
- Memon, A., Rahman, I., & Abdul Azis, A. (June de 2011). Preliminary study on causative factors leading to construction cost overrun. (U. T. Malaysia, Ed.) *International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology*, 2(1), 57-71.
- Méndez, R. (11 de Mayo de 2014). Fomento ha pagado 10.000 millones por sobrecostes en obras en seis años. *El País. Digital*.
- Morris, S. (24 de Noviembre de 1990). Cost and time overruns in public sector projects. *Economic and Political Weekly*, XXV(47), 154-168.
- Park, Y., & Papadopoulo, T. (2012). Causes of cost overruns in transport infrastructure projects in Asia. *Built Enviromental Project and Asset Management*, 2(2), 195-216.
- Pelayo, F. (15 de Abril de 2013). El despilfarro español: diez proyectos con dinero público repletos de sobrecostes. *20 minutos. Digital*.

- Rosenfeld, Y. (2013). Root-cause analysis of construction cost overruns. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Salling, K., & Leleur, S. (2015). Accounting for the inaccuracies in demand forecasts and construction cost estimations in transport project evaluation. *Transport Policy*, 38, 8-18.
- SEOPAN. (2014). *Licitación pública*. SEOPAN.
- SEOPAN. (2015). *Análisis de la inversión pública Ministerios de Fomento y de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. Ley de presupuestos generales del Estado para el año 2015*. Economía. SEOPAN.
- SEOPAN. (2015). *La inversión en construcción en Europa según las previsiones de otoño de la Comisión Europea. Avance 2014, previsión 2015 y 1ª estimación 2016*. Economía.
- Singh, R. (2009). *Cost and time overruns in infrastructure projects: Extent, causes and remedies*. Working Paper, Delhi School of Economics. University of Delhi, Centre for Development Economics.
- Vergara González, D. (2014). Mejora de los procesos de comunicación y coordinación en proyectos de construcción mediante el empleo de modelos de información de la construcción n-Dimensionales. *Tesis Doctoral*. Universidad de la Rioja.

ANEXO I.

TABLA DE DATOS DE PROYECTOS OBJETO DE ESTUDIO

Se incluye a continuación una tabla donde se recopilan los datos encontrados de las obras de plataforma del tren de alta velocidad de las Líneas:

1. LINEA MADRID- CASTILLA LA MANCHA-COMUNIDAD VALENCIANA-REGIÓN DE MURCIA
2. LÍNEA MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA

Los datos se han introducido en la tabla separando los proyectos por pertenencia a una de estas dos líneas.

En la primera columna se indica el nombre del tramo de obras. Se debe indicar que en algunos casos se adjudicó la redacción del Proyecto Constructivo para dos tramos contiguos, por ello en algunos casos se ha agrupado, coincidiendo el número de orden.

Se han incluido tres apartados para cada uno de los proyectos:

- Características
- Redacción del Proyecto
- Obras de plataforma

En el primero, se resumen las principales características técnicas: longitud, existencia de túneles o viaductos y su longitud.

En el segundo, se incluyen los datos de licitación correspondientes a la redacción del proyecto constructivo (fase de ingeniería), haciendo referencia a la fecha del Boletín Oficial del Estado en que se publicó cada uno.

En el apartado Obras de plataforma, se incluyen los datos de licitación correspondiente a la fase de obras, así como la baja de adjudicación, expedientes paralelos como pueden ser obras de emergencia o proyecto complementario, presupuesto de liquidación y fecha de inicio y fin de cada tramo.

**LINEA MADRID- CASTILLA LA MANCHA-COMUNIDAD VALENCIANA-REGIÓN DE MURCIA**

Nº	Tramo	CARACTERÍSTICAS				REDACCIÓN PROYECTO						OBRAS DE PLATAFORMA											
		km	Viaductos	Tunel artificial	Tuneles	Tramo licitación proyecto	Licitación (BOE)	Presupuesto licitación (ME)	Adjudicación (BOE)	Presupuesto adjudicación (ME)	Plazo de redacción	Licitación (BOE)	Presupuesto licitación (ME)	Plazo licitación (meses)	Adjudicación (BOE)	Presupuesto adjudicación (ME)	Plazo adjudicación (meses)	Presupuesto Liquidación (ME)	Presupuesto obras complementarias (ME)	Presupuesto obras de emergencia (ME)	Fecha inicio	Fecha Finalización	Incremento plazo
1	Torrejón de Velasco-Seseña	16,10	330;350	730;190		Torrejón de Velasco-Aranjuez	24/02/2004	6,00	09/07/2004	4,22	05/04/2007	110,34	24	21/07/2007	73,54	22	98,95	14,47					
	Seseña-Aranjuez	8,62	150;1052	1439							11/05/2006	73,74	20	04/11/2006	52,50	20	73,45		19,99	01/07/2007	01/10/2009		
2	Aranjuez-Ontigola	4,70	266		2437	Aranjuez-Ocaña	15/01/2005	1,90	18/05/2005	1,41	01/06/2007	178,85	24	29/10/2007	113,82	24	146,69		4,99				
	Ontigola-Ocaña	7,40	110	373							05/04/2007	32,19	24	21/07/2007	22,17	24	29,66			01/09/2007	16/12/2009		
3	Tarancón-Campos del Paraiso	15,40	90			Tarancón-Campos del Paraiso	15/01/2005	2,50	18/05/2005	1,76	11/05/2006	48,01	22	04/11/2006	35,04	19	48,24		3,78		22/05/2009		
	Uclés-Campos del Paraiso	8,35			768						11/05/2006	51,55	24	04/11/2006	36,15	21	47,64		5,90	24/10/2006	26/01/2009		
4	Campos del Paraiso-Horcajada	19,70	134;105;66;36;1448			Campos del Paraiso-Horcajada	05/01/2004	5,34	25/03/2004	3,84	11/05/2006	96,7	33	15/08/2006	70,00	26	96,74			11/01/2007	11/05/2009		
5	Horcajada-Naharros	4,20			3957	Horcajada-Torrejoncillo	05/01/2004	5,39	25/03/2004	4,03	11/05/2006	119,81	27	15/08/2006	80,50	26	100,62	14,71					
	Naharros-Torrejoncillo	4,38	26 ;114 ;338 m								11/05/2006	27,52	18	04/11/2006	20,03	16	28,27						
6	Torrejoncillo-Abia de obispalia	6,91	1060;112;630 m		254;280	Torrejoncillo-Abia de obispalia	05/01/2004	3,12	23/04/2004	2,28	11/05/2006	62,44	24	04/11/2006	44,21	20	60,52	8,76		04/07/2007	30/06/2010		
7	Abia de obispalia-Cuenca	6,47	428 m	290	2020	Abia de obispalia-Cuenca	05/01/2004	4,28	23/04/2004	3,17	11/05/2006	78,94	28	04/11/2006	55,18	27	73,35	9,02					
8	Cuenca-Olalla	10,90	44;490;18;562		2198	Cuenca-Olalla	03/12/2004	4,88	10/03/2004	3,37	11/05/2006	104,78	36	04/11/2006	78,35	34	103,88						
9	Arcas del Villar-Fuentes	12,40	307	335;157	1365	Arcas del Villar-Fuentes	03/12/2003	5,05	10/03/2004	3,59	12/04/2006	109,81	38	01/08/2006	84,39	34	113,85	12,69					
10	Olalla-Arcas del Villar	10,60	184		3128	Olalla-Arcas del Villar	03/12/2003	5,18	23/04/2004	3,73	12/04/2006	103,89	39	31/07/2006	77,00	32	100,92						
11	Fuentes-Monteagudo de las Salinas	11,00	612		1500	Fuentes-Monteagudo de las Salinas	29/10/2001	4,20	15/03/2002	3,32	24/02/2004	70,17	30	12/07/2004	48,00	27	63,53			14/08/2004	16/06/2007		
12	Monteagudo de las Salinas-Monteagudo de las Salinas	4,90			1097	Monteagudo de las Salinas-Solera de Gabaldón	29/10/2001	3,60	15/03/2002	2,83	24/02/2004	39,12		12/07/2004	29,27	20							
	Monteagudo de las Salinas-Solera de Gabaldón	11,70	sl, 2								30/01/2004	31,91		09/07/2004	22,55	20	30,61			14/08/2004	14/02/2007		

**LÍNEA MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA**

13	Hospitalet-La Torrasa	2,70			2163			3,20	27/01/2014	2,32		29/12/2004	122,1	22	05/04/2005	107,63	20	247,76	20,89	107,41	05/04/2005	20/04/2009	39
14	Olerdola-Avinyonet del Penedés	6,52										19/04/2002	47,61	24	05/07/2002	37,46	22	55,031	8,076		05/07/2002	21/03/2007	33
15	San Vicenc dels Horts-Santa Coloma de Cervelló	4,60										05/08/2002	53,53		08/11/2002	44,66	14,5	64,67			04/10/2002	21/01/2007	29
16	Castellbisbal-Papiol	3,10	2									10/08/2002	55,27	15	08/11/2002	46,30	12	67,48	9,98		04/10/2002	20/12/2006	30
17	Santa Coloma de Cervelló-Sant Joan Despi	2,10	2									06/08/2002	26,41	15	27/11/2002	23,19	14	34,13			04/11/2002	28/09/2007	18
18	Hospitalet-Can Tunis	2,10			1430							12/08/2002	96,51		27/11/2002	72,09	13	100,69	10,31		04/11/2002	04/03/2008	37
19	La Torrasa-Sants	2,10			1800								105,98		18/05/2005	91,57	23,5	121,25	19,75	106,89	05/04/2005	31/10/2010	33
20	San Juan Despi-Hospitalet	3,80	1									08/08/2002	25,38		08/11/2002	22,05	14	28,08			01/08/2002	16/06/2006	35
21	Martorell-Rio Llobregat	1,10										13/08/2002	8,54		27/11/2002	7,33	11	10,59			01/08/2002	14/04/2007	12