

Noviembre 2010



**LA FUENTE DE LUZ DE SINCROTRÓN ALBA: ANALISIS  
COSTE BENEFICIO Y ESTUDIO DE IMPACTO ECONÓMICO**

Autores: José García Montalvo y Josep Raya

LA FUENTE DE LUZ DE SINCROTRÓN ALBA  
ANALISIS COSTE BENEFICIO Y ESTUDIO DE IMPACTO ECONÓMICO

Equipo de investigación

Director: José García Montalvo (Universitat Pompeu Fabra)

Colaboradores: Josep Maria Raya (Universitat Pompeu Fabra)

Noviembre de 2010

### **Resumen ejecutivo**

#### **Aspectos generales**

- Este documento presenta un análisis coste beneficio y de impacto económico de la construcción de la fuente de luz sincrotrón ALBA.
- El proyecto consiste en la construcción de una fuente de luz sincrotrón que consigue un haz de electrones con energías en el rango de al menos 3 GeV. El perímetro de su anillo es de 260 metros. Se han construido 7 líneas experimentales. La construcción se ha extendido durante el periodo 2003-2010 y el presupuesto total de la fase de inversión es de 176 millones de euros.

#### **Objetivos**

- Reforzar la posición competitiva de España y la Unión Europea en materia de grandes instalaciones científicas.
- Facilitar el acceso de científicos y empresas del sur de la Unión Europea a una fuente de luz sincrotrón.
- Aumentar la utilización del potencial científico y tecnológico de Barcelona y su área metropolitana.
- Mejorar la capacidad del sistema de ciencia y tecnología español y su colaboración con otras grandes instalaciones científicas europeas.
- Facilitar la mejora de la competitividad de las empresas españolas.
- Mejorar el bienestar de los ciudadanos a partir de las aplicaciones de la luz sincrotrón a la mejora de los procedimientos de diagnóstico sanitario, estudio medioambiental, etc.

#### **Supuestos del análisis coste-beneficio**

- La metodología de este análisis coste-beneficio adopta los principios básicos expuestos en el documento "Guide to Cost benefit análisis of investment projects" preparado por la Unidad de Evaluación de la DG de Política Regional de la Comisión Europea.
- Se considera un periodo de funcionamiento de 25 años, tras la finalización de la construcción.
- El escenario básico considera una tasa de inflación del 2,5%, una tasa de descuento del 4%, 230 días de apertura anual de la instalación y 5 años hasta su saturación.

### ***Principales resultados del análisis coste-beneficio***

- El análisis financiero en el escenario básico resulta en un valor actualizado neto de 78,4 millones de euros, una tasa interna de rendimiento del 6,4% y una ratio beneficio sobre coste de 1,18.
- El análisis de sensibilidad ante cambios de la tasa de inflación, los días anuales de apertura y los años hasta la saturación muestra una horquilla de variación de la tasa interna de rendimiento entre el 5,3% y el 7,2%.
- El análisis económico tiene en consideración correcciones de los resultados financieros para tener en cuenta la fiscalidad, las externalidades, el ahorro de tiempo y la conversión en precios de mercado de bienes y servicios adquiridos en condiciones no competitivas.
- El análisis económico en el escenario básico proporciona un valor actualizado neto de 147,7 millones de euros, una tasa interna de rentabilidad del 7,9% y una ratio beneficio sobre coste de 1,35.

### ***Supuestos del análisis de impacto económico***

- La metodología adoptada es el modelo input-output, usando una matriz de contabilidad social para calcular separadamente los impactos directos, indirectos e inducidos.
- Se considera el impacto económico sobre tres magnitudes: producción, valor añadido y empleo.
- Se distinguen dos fases: el periodo de construcción (2003-2010) y el periodo de funcionamiento (2011-2035).

### ***Principales resultados del análisis de impacto económico***

- El impacto de la fase de construcción sobre la producción española ha alcanzado los 301 millones de euros de 2010, el valor añadido ha aumentado en 140 millones de euros y se han generado una media anual de 447 empleos.
- Durante la fase de funcionamiento el impacto sobre la producción será de 896 millones de euros manteniéndose una media anual de 269 empleos. El valor añadido aumentará en 414 millones de euros por el efecto de los gastos de funcionamiento.
- En el conjunto del periodo (construcción y funcionamiento) el impacto sobre la producción será de 1.199 millones de euros mientras el impacto sobre el valor añadido será de 554 millones y el empleo alcanzará los 716 puestos de trabajo.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	6
CAPÍTULO 1 .....	12
ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DEL SINCRÓTRÓN ALBA .....	12
1.1. Análisis financiero.....	12
1.1.1. Metodología y supuestos básicos .....	12
1.1.2. Los ingresos.....	17
1.1.3. Valor residual.....	21
1.1.4. Ajuste por la inflación.....	21
1.1.5. Sostenibilidad financiera.....	22
1.1.6. Determinación del tipo de descuento.....	22
1.1.7. Resultado del análisis financiero.....	22
1.1.8. Comparativa respecto al informe de 2003.....	27
1.2. Análisis económico.....	30
1.2.1. Correcciones fiscales.....	30
1.2.2. Correcciones por externalidades.....	31
1.2.3. Factores de corrección de los precios de mercado.....	42
1.2.4. Efectos económicos de difícil medición.....	43
1.2.5. Resultados del análisis económico.....	45
1.2.6. Diferencias respecto al informe de 2003.....	46
CAPÍTULO 2 .....	48
EL IMPACTO ECONÓMICO DE LA FUENTE DE LUZ SINCRÓTRÓN ALBA.....	48
2.1. Metodología e hipótesis de partida.....	48
2.2. Datos para el análisis: inversión y coeficientes técnicos.....	52
2.2.1. El vector de demanda .....	52
2.2.2. La matriz de contabilidad social .....	56
2.3. Principales resultados.....	58
2.4. Análisis de las diferencias de impacto económico entre 2003 y 2010 ...	61
2.5. Resultados detallados.....	66
APÉNDICE: METODOLOGÍA INPUT-OUTPUT.....	70
REFERENCIAS.....	78

## **INTRODUCCIÓN**

Este estudio presenta el cálculo actualizado del impacto económico de la construcción y funcionamiento de la fuente de luz de sincrotrón ALBA, así como el análisis coste-beneficio de dicha infraestructura científica. Durante el año 2003 se realizó el estudio original de impacto económico, y el correspondiente análisis coste-beneficio, de la fuente de luz sincrotrón que entonces denominamos Sincrotrón del Vallès y que en la actualidad recibe el nombre definitivo de ALBA. El objetivo del estudio era dual. Por una parte los estudios de impacto económico, y análisis coste-beneficio, permiten transmitir a la sociedad de una manera cuantificada el efecto económico y social de la construcción/mejora de una determinada infraestructura. Por otra parte, y éste fue el caso también del estudio sobre la fuente de luz sincrotrón ALBA, la cofinanciación de la inversión por parte de entidades supranacionales (en este caso la Unión Europea) requiere de este tipo de estudios para su discusión y potencial aprobación. El estudio de impacto económico, y coste-beneficio, original fue realizado por el mismo núcleo de investigadores que propone esta actualización.

El estudio actualiza y complementa el trabajo originalmente realizado durante el año 2003 (García-Montalvo 2003, García-Montalvo y Raya 2005). La realización de estudios de impacto económico de grandes infraestructuras científicas y su actualización, ya sea periódica o con los datos actuales y no previsiones, son ejercicios económicos habituales. En muchas ocasiones las actualizaciones de los estudios originales afinan los modelos o permiten

trabajar con inversiones efectivamente realizadas en lugar de las previsiones. Por ejemplo, en CBRE (2010) se presenta una actualización del estudio de impacto económico del Lawrence Berkeley National Laboratory. El estudio original, realizado en 2007, incluía gastos internacionales adicionales del Laboratorio que finalmente no se produjeron y no incluía los pagos por jubilación de los empleados del Berkeley Lab. Asimismo, el estudio original no consideraba los gastos asociados con el Joint BioEnergy Institute ni el Joint Genome Institute. La comparación del estudio original y la actualización muestra un pequeño aumento en el gasto total en inversión, compras y sueldos y una pequeña caída del empleo generado.

En el caso de la Fuente de Luz de Sincrotrón ALBA se dan muchas razones que hacen recomendable, casi imprescindible, una actualización del estudio de impacto económico y análisis coste-beneficio:

- a. El estudio original data de 2003 y fue realizado con datos de previsiones y haciendo multitud de supuestos sobre gastos que no se habían producido. Por comparación, el estudio del Berkeley Lab se actualizó con cuatro años de diferencia. El primer estudio utilizaba los datos del año fiscal de 2005 mientras que la actualización usa los datos del año fiscal de 2009.
- b. La previsión inicial de inversión se ha visto superada por la inversión realizada hasta completar el proyecto. El motivo, a diferencia de muchas otras obras, no es la desviación del presupuesto sobre el original (que es tan solo del 4%) sino la construcción de dos líneas adicionales que no estaban previstas en el proyecto inicial (al menos no se preveía

- construirlas para el momento inicial de funcionamiento de la instalación) y el coste adicional del cableado eléctrico (300 km de cable).
- c. El desglose del origen geográfico de los diferentes componentes de la instalación se realizó inicialmente con una previsión razonable en función de la tecnología necesaria para su construcción y los posibles/mejores proveedores disponibles en aquel momento. Esta aproximación requirió hacer multitud de supuestos. Finalmente algunos de estos componentes provienen de un origen geográfico diferente del previsto inicialmente pues, para hacer las adjudicaciones de la manera más eficiente posible, se ha procedido a convocar concursos (con precios negociables) donde los pedidos se asignaban a los proveedores que ofrecían la mejor calidad al mejor precio. El cambio en el origen geográfico de algunos de los componentes computados en la inversión inicial puede afectar significativamente al tamaño del impacto económico. Por ejemplo en el estudio original se consideraba la hipótesis de que el 100% de los imanes fueran producidos por empresas españolas (el 10% empresas catalanas). Finalmente el proveedor de gran parte de estos imanes ha sido de origen ruso.
- d. Una parte fundamental de análisis de impacto económico es el cálculo de los efectos indirectos e inducidos por la construcción y el funcionamiento de la fuente de luz de sincrotrón ALBA. Para realizar estos cálculos es preciso utilizar una tabla input-output. Cuando se realizó el informe original de impacto económico la tabla input-output más actualizada que existía para Catalunya en forma de Matriz de Contabilidad Social era la Tabla Input-Output de la economía catalana



(TIOC) de 1987. Como información adicional se usó la Contabilidad Regional. La TIOC ofrece el detalle desagregado de las cuentas de producción, renta y gasto. La segunda permite cerrar el flujo circular de la renta gracias a sus datos sobre ingresos y gastos del sector privado, el sector exterior y el sector público así como de sus respectivos déficits o superávits (contribución al ahorro agregado de la comunidad). No obstante ya se comentaba en el informe original que los coeficientes técnicos de la matriz de 1987 estaban bastante desfasados y que, aunque en su momento era la mejor opción para realizar el trabajo (la alternativa habría sido una TIO más actualizada pero a nivel del conjunto de España) no era el instrumento óptimo. Desde 2006 está disponible la nueva tabla input-output de la economía catalana (TIOC 2001- versión mayo 2006) que permite tener una visión actualizada de las conexiones intersectoriales de la economía catalana<sup>1</sup> lo que permite superar los problemas que implicaban la utilización de la última tabla disponible hasta fechas muy recientes, que se correspondía al año 1987, y que había quedado totalmente obsoleta. El IDESCAT presentó esta nueva tabla, sobre la cual todavía se está trabajando (ampliación a 122 sectores y puesta en marcha de un modelo de multiplicadores de la demanda sobre la producción, el valor añadido bruto y la ocupación). La Tabla Input-Output de Catalunya 2001, siguiendo las directrices de la contabilidad nacional SEC95 aprobada por la UE, construye básicamente dos tablas: una de destino y otra de origen. Está dividida

---

<sup>1</sup> IDESCAT (2007) presenta una descripción detallada de la construcción de la tabla input-output para la economía catalana.

en 65 sectores<sup>2</sup>. La TDA, o tabla de destino ampliada, presenta una síntesis de la tabla de origen y la tabla de destino a partir de la homogeneización de los productos y los sectores. Además, la nueva tabla incluye el contenido de importaciones, tanto extranjeras como del resto de España, por sectores lo que permite ajustar mejor la clasificación al origen múltiple de los componentes de ALBA.

- e. La disponibilidad de una Tabla Input-Output actualizada no resuelve todos los problemas relacionados con el cálculo actualizado del impacto económico de la inversión y los costes de funcionamiento de ALBA. Los multiplicadores tipo I para calcular el efecto directo más el indirecto, precisan de una tabla simétrica. La TIOC-2001 de IDESCAT es una tabla por destino ampliada que no es simétrica. Por tanto, el primer problema reside en realizar los cálculos para convertirla en simétrica. En segundo lugar, y una vez convertida en simétrica, una TIO no permite calcular el efecto total (suma de efectos directo, indirecto e inducido). Para calcular los efectos renta de segunda vuelta asociados con el efecto inducido, también llamados de tipo II, es necesario contar con una Matriz de Contabilidad Social (SAM o social accounting matrix). La labor de construcción de una SAM a partir de una TIO no es sencilla. Es preciso combinar la información de la TIO con otras muchas fuentes de información sobre contabilidad regional, impuestos, etc. Por suerte en agosto de 2010 se publicó en formato electrónico la SAM correspondiente a la TIOC-2001 en el *Annals of Regional Science*. En el

---

<sup>2</sup> Algunos sectores, sobre todo en las actividades de servicios, son muy agregados por lo que en muchas ocasiones se ha adoptado la decisión de utilizar fuentes estadísticas con mayor nivel de desagregación sectorial.

formato publicado tiene 15 sectores aunque nosotros finalmente trabajaremos con 27 sectores.

- f. En el análisis coste-beneficio original se deberían actualizar múltiples parámetros. En primer lugar, para la parte del análisis financiero, el coste total de la inversión y los ingresos, puesto que las dos líneas adicionales construidas proporcionarán ingresos adicionales. En segundo lugar la periodificación temporal definitiva será algo diferente a la inicialmente considerada. El informe original preveía el inicio de actividad de la instalación para 2009. Es obvio que esta fecha no se ha cumplido. De hecho es previsible que las tareas de prueba y puesta en funcionamiento puedan extenderse hasta finales de 2010 o principios de 2011. Por tanto, la periodificación de los flujos de ingresos y costes en el documento original es algo diferente a la que finalmente se producirá. Por último, las condiciones financieras han cambiado bastante respecto al momento en que se realizó el estudio inicial, lo que debe verse reflejado en la actualización del estudio coste-beneficio. En cuanto al análisis económico se ha de actualizar el cálculo de externalidades. En particular, en cuanto al coste medioambiental, se dispone de un precio de la emisión de CO<sub>2</sub> que ha cotizado en el mercado desde 2004.

## **CAPÍTULO 1**

### **ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DEL SINCROTRÓN ALBA**

El objetivo de esta primera parte del informe es presentar la actualización de los resultados del análisis coste-beneficio de la construcción y funcionamiento de la fuente de luz sincrotrón ALBA

En el estudio del 2003 se detallaron los objetivos, la identificación y la factibilidad del proyecto que permanecen inalterables. El detalle del análisis económico y financiero del 2003 sirvió como complemento a la Solicitud de Confirmación de la Tasa de Participación Comunitaria de Ayudas para Inversión en Infraestructuras dentro del epígrafe de Grandes Proyectos de los Fondos Estructurales de la Unión Europea.

La metodología de este análisis coste-beneficio adopta los principios básicos expuestos en el documento “Guide to Cost benefit análisis of investment projects” preparado por la Unidad de Evaluación de la DG de Política Regional de la Comisión Europea.

#### *1.1. Análisis financiero.*

##### **1.1.1. Metodología y supuestos básicos**

El análisis financiero tiene como objetivo utilizar las predicciones de los flujos de caja del proyecto para calcular la tasa de rentabilidad interna (TRI) y el correspondiente valor actualizado neto (VAN). Para realizar los cálculos es preciso definir los siguientes elementos:

#### *1.1.1.1. Horizonte temporal.*

Se entiende por horizonte temporal el número máximo de años para el cual se presentan las predicciones. En nuestro caso se considera un horizonte temporal de 31 años. Esta hipótesis está basada en que se trata de una inversión asimilable a las energéticas, que el periodo de construcción se extenderá durante 7 años (2003-2009) y que el periodo de funcionamiento medio de este tipo de instalaciones es de 25 años según los estándares internacionales (2010-2035)<sup>3</sup>.

#### *1.1.1.2. Determinación de los costes totales.*

La suma de los costes en la fase de inversión y los costes en la fase de funcionamiento se describirán en los siguientes apartados. En estos costes no se han incluido ni las amortizaciones ni las reservas ni la dotación para contingencias e imprevistos dado que estas partidas no generan flujos de caja reales.

---

<sup>3</sup> Esta misma cifra es la utilizada para los análisis coste-beneficio de los sincrotrones de Canadá y de Australia. También es similar al horizonte temporal recomendado por la UE para grandes instalaciones. De hecho, el primer año de funcionamiento del sincrotrón será 2011, pero dado que los costes de inversión finalizaron fundamentalmente en 2009, se ha añadido el 2010 a esta fase aunque estrictamente el año 2010 es de final de construcción y puesta en marcha.

## **A) Fase de inversión (2003-2009)**

En el primer periodo (2003-2009) la mayoría de los costes se han generado por la construcción y montaje de la instalación, los costes de personal de construcción y los costes del terreno. Las mayores partidas esperadas hacían referencia a los aceleradores, las líneas experimentales, los servicios y la ingeniería civil. El valor de los terrenos ya era conocido en (13.209.340 millones de euros), resultado del producto de los 61.000 metros cuadrados necesarios para la construcción de la instalación por el precio del metro cuadrado (220,15 euros). El coste de los terrenos se reparte en cuatro ejercicios (2004-2006). En cuanto al resto de partidas, el cuadro 1.1 desagrega geográficamente los costes de construcción e instalación de esta fase de inversión mientras que en el cuadro 1.2 se desagrega funcionalmente dichos costes. En cuanto al cuadro 1.1, en este punto cabe mencionar que en 2010 ya se conoce la procedencia de las empresas que se han adjudicado cada uno de los de los expedientes de compra con lo que se ha podido hacer una asignación geográfica más precisa que la que se realizó en 2003 (cuando se tuvieron que hacer supuestos acerca de cuál sería la procedencia de las compras). Así, finalmente, y a título ilustrativo, se han adjudicado inversiones a: España (además de Cataluña, Asturias, Castilla-La Mancha, Galicia, Madrid, Vizcaya y Zaragoza), Francia, Alemania, Rusia, Dinamarca, Suiza, UK, EEUU, Italia, Eslovenia, Finlandia, Japón, Holanda y Canadá. Se observa como, asimismo, también son conocidos los costes de personal (28.539.452

millones de €) sobre los que en el informe del 2003 se hicieron diversos supuestos.

Así, finalmente el 72,91% de los costes en la fase de inversión proceden de empresas nacionales (un 62,47% son locales) y sólo el 27,09% restante procede de empresas extranjeras. Dado que el 100% de los costes de personal así como de terrenos (y un 90% de los gastos corrientes) son con empresas locales, estos porcentajes se reducen si sólo consideramos los costes de inversión. Así, en términos, de costes de inversión, un 59,83% ha sido adjudicado finalmente a empresas españolas (un 50,44% a empresas catalanas), mientras que el 40,17% ha sido adjudicado finalmente a empresas extranjeras. Respecto a lo esperado en 2003, se observan porcentajes muy parecidos a los esperados en cuanto al reparto geográfico, algo inferiores (dos puntos porcentuales) en cuanto al porcentaje procedente de las empresas nacionales y algo superior tanto para las procedencias extranjeras y locales.

Finalmente, los costes de esta fase de inversión (175.909.783 millones de €) han sido superiores a lo esperado en 2003 (entorno a los 138.000.000 millones de €). Dicha desviación del 27,5% se justifica básicamente por las dos nuevas estaciones..

**Cuadro 1.1 Distribución geográfica de los costes en la fase de inversión (2003-2009)**

	Total	Cataluña	España	Extranjero
<b>2003</b>	4 139 268	4 118 065	4 135 413	3 855
<b>2004</b>	9 735 043	6 580 186	6 871 555	2 863 488
<b>2005</b>	26 478 759	16 368 827	18 341 800	8 136 959
<b>2006</b>	65 357 168	45 815 615	51 720 331	13 636 837
<b>2007</b>	38 691 399	14 787 437	20 351 137	18 340 263
<b>2008</b>	17 097 064	10 850 666	13 105 790	3 991 274
<b>2009</b>	14 411 082	11 546 487	13 724 869	686 213
<b>Total</b>	175 909 783	110 067 283	128 250 894	47 658 889

**Cuadro 1.2 Distribución funcional de los costes en la fase de inversión (2003-2009)**

Partidas de Gasto	2 003	2 004	2 005	2 006	2 007	2 008	2 009	Total
<b>Inversión</b>	302 871	4 491 911	18 285 711	56 066 349	28 563 841	4 601 272	1 995 130	114 549 051
<b>Terrenos</b>	3 302 335	3 302 335	3 302 335	3 302 335	0	0	0	13 209 340
<b>Gastos de personal</b>	495 510	1 293 311	2 844 249	4 257 911	5 492 351	6 506 512	7 649 607	28 539 452
<b>Gastos corrientes</b>	38 552	647 486	2 046 464	1 730 573	4 635 208	5 747 213	4 766 445	19 611 841
<b>Total</b>	4 139 268	9 735 043	26 478 759	65 357 168	38 691 399	16 854 997	14 411 182	175 909 783

## **B) Fase de funcionamiento (2010-2035)**

Así, en cuanto a los costes de funcionamiento se mantienen los supuestos realizados en 2003, es decir, estos costes acumulados de funcionamiento se han distribuido geográficamente siguiendo unos criterios similares a los utilizados con la inversión en 2003. Los trabajadores, los servicios y los otros se han asignado como provisión local. En cuanto a la sustitución y actualización de componentes se ha adoptado una hipótesis bastante conservadora: localmente será posible proveer el 5% de los componentes principales y la aplicación de la normativa de seguridad y el 10% de los otros componentes. Se supone además que un 70% de los componentes principales y un 75% de la aplicación de normas sobre seguridad y otros componentes podrán ser adquiridos en empresas españolas no locales. Así, el único cambio



es debido a que, dada la introducción de dos nuevas líneas, se espera que los costes totales acumulados durante esta fase aumenten en un 23,26% (hasta 373.483.368 millones de €), con lo que la nueva tabla de costes durante la fase de funcionamiento (2010-2035) será:

**Cuadro 1.3 Distribución funcional y geográfica de los costes en la fase de funcionamiento**

	Anual	2011-2035	% local	% España	Local	España
<b>Salarios</b>						
<b>1.1. Profesionales</b>	3 411 095	85 277 386	100	100	85 277 386	85 277 386
<b>1.2. Personal de apoyo (soporte técnico)</b>	2 842 580	71 064 489	100	100	71 064 489	71 064 489
1.3. Personal de gestión	852 774	21 319 347	100	100	21 319 347	21 319 347
<b>Servicios</b>						
<b>2.1. Electricidad</b>	2 653 074	66 326 856	100	100	66 326 856	66 326 856
<b>2.2. Agua</b>	631 684	15 792 109	100	100	15 792 109	15 792 109
<b>2.3. Calefacción</b>	75 802	1 895 053	100	100	1 895 053	1 895 053
<b>2.4. Seguridad y otros</b>	75 802	1 895 053	100	100	1 895 053	1 895 053
<b>Funcionamiento operativo</b>						
<b>3.1. Componentes principales (upgrading y sustitución)</b>	2.021.390	50.534.747	5	65	2.526.737	32.989.330
<b>3.2. Aplicación normativa sobre seguridad</b>	379.011	9.475.265	5	70	473.763	6.632.686
<b>3.3. Otros componentes</b>	1 263 369	31 584 217	10	75	3 158 422	23 688 163
<b>Otros</b>						
<b>4.1. Viajes</b>	315 842	7 896 054	100	100	7 896 054	7 896 054
<b>4.2. Teléfono y comunicaciones</b>	227 406	5 685 159	100	100	5 685 159	5 685 159
<b>4.3. Servicios informáticos exteriores</b>	189 505	4 737 633	100	100	4 737 633	4 737 633
<b>TOTAL</b>	<b>14 939 335</b>	<b>373 483 368</b>			<b>288.048.060</b>	<b>348 058 073</b>

## 1.1.2 Los ingresos.

La cuestión más difícil en el análisis financiero de grandes infraestructuras científicas es la evaluación de los ingresos pues, en su mayor parte, provienen de subvenciones públicas destinadas a investigación y desarrollo. Se puede considerar que el coste de oportunidad de un “shift” de la nueva fuente de luz sincrotrón española sería el coste que el estado español paga por cada uno de

los “shifts” utilizados en el ESRF. La contribución del estado español al ESRF es de 3,26 millones de euros en 2009<sup>4</sup>.

Datos para el cálculo de ingresos:

- a) En el ESRF se solicitan anualmente unos 31.076 shifts (248.608 horas) en sus 30 líneas públicas. De estas solicitudes superan la “peer review”<sup>5</sup> un 46,74%. Por tanto la cantidad total de “shifts” asignados es de 14.525 (116.200 horas).
  
- b) La cuota española en el ESRF supone un 4% del total. No obstante, la tasa de aprobación de las solicitudes españolas (5,7%) se sitúa por encima de la tasa de solicitudes (5,5%). Así, la tasa de éxito de las solicitudes españolas es del 48,43%. Según esto de las 1.623 solicitudes españolas del último año 828 superarán el “peer review”. Además, hay que añadir que la nueva instalación estará mejor preparada para realizar experimentos más próximos a las necesidades científicas, tecnológicas e industriales españolas. Otros sincrotrones, por sus especiales características, pueden no ser los más apropiados para este tipo de experimentos. Asimismo se producirá también un efecto sustitución pues

---

<sup>4</sup> 3,26 millones de € es la aportación a las estaciones públicas o competitivas. Adicionalmente se paga por las líneas de BM16 y BM25. En la BM16 se pagan 378.560 por parte de la Generalitat y la misma cantidad del Ministerio de Ciencia y tecnología. En principio el 50% del tiempo es español y el resto es público. La BM16 cerrará a finales de 2011. La BM25 tiene dos estaciones. En 2006 se pagaron 950.598€.

<sup>5</sup> Por “peer review”, o revisión de los pares, se entiende el proceso de evaluación de experimentos propuestos para ser realizados en una instalación de luz de sincrotrón. Debido a la enorme demanda de tiempo de utilización de este tipo de instalaciones solamente las propuestas que son informadas positivamente por el consejo científico de la instalación reciben autorización para ser llevadas a cabo.

algunos de los experimentos que se llevan a cabo en estos momentos en otros sincrotrones, y por lo tanto superan el “peer review” se trasladarán al nuevo Sincrotrón ALBA.

- c) Teniendo en cuenta la cuota anual española y el número efectivo de “shift” conseguidos se puede calcular un coste unitario de 6.008 euros por “shift”. El ingreso por cada “shift” se actualiza utilizando la misma tasa de inflación que en el caso de los costes.
  
- d) Un sincrotrón, por término medio, está operativo 230 días teniendo en cuenta que de los 365 días del año es necesario dedicar 52 días a conservación y 83 días a intervenciones sobre la máquina (reestablecer los haces de luz, puesta a punto, etc.). Suponemos que el Sincrotrón ALBA estará operativo 230 días. Cada día tiene 3 “shifts” de 8 horas. Finalmente está prevista la construcción de siete líneas. De esta forma el número de “shifts” potencialmente asignables es de 4.830.
  
- e) La demanda en 2010 se calcula como la demanda insatisfecha por el ESRF (“shifts” solicitados no concedidos). Dicha cantidad asciende a 641 shifts. De todas formas, se considera que a partir de 2010 la utilización aumentará exponencialmente en los primeros años (tasa media anual del 65%). Así, la instalación llegará al límite de su capacidad cuando se llegue al quinto año<sup>6,7</sup>. A ello colaborará

---

<sup>6</sup> Estos son parámetros aceptados para la evolución de la demanda basados en la experiencia internacional.

<sup>7</sup> Esta previsto que en el futuro se puedan construir nuevas líneas y estaciones. No obstante su coste no aparece reflejado en los cálculos de costes de este análisis coste-beneficio.

decisivamente el cierre de la línea BM16 cuya demanda será absorbida por las nuevas estaciones.

- f) Estas tasas de crecimiento son elevadas aunque no sorprendentes si se tiene en cuenta que la comunidad de usuarios de luz sincrotrón crece exponencialmente<sup>8</sup>. La experiencia internacional reciente valida el punto anterior. Por ejemplo el nuevo sincrotrón de Berlín alcanzó su objetivo de demanda para el quinto año en menos de tres años. En la actualidad tiene 40 líneas en funcionamiento pero se está planteando la construcción de muchas otras. Por su parte el Advance Light Source (ALS) de San Francisco experimenta una demanda creciente de líneas para hacer frente a las necesidades de la industria y el sector científico. En tan solo 5 años el ALS ha añadido 21 nuevas líneas<sup>9</sup>, cinco de ellas dedicadas a cristalografía de las proteínas. De hecho en Estados Unidos aunque la capacidad para experimentos sobre cristalografía con luz sincrotrón se dobló entre 1991 y 1997 la demanda continúa superando a la oferta por un factor de 2. El sincrotrón de Brasil en tan solo dos años era utilizado por 400 usuarios. El MAX I sueco estaba “overbooked” entre 3 y 4 veces su capacidad a mitad de los 90<sup>10</sup>. La experiencia internacional sugiere que el uso de las instalaciones de luz sincrotrón nacionales se duplica durante los primeros cuatro años y, después, cada seis años<sup>11</sup>.

---

<sup>8</sup> Informe Birgenau (director del Comité Consultivo de Ciencias Energéticas Básicas) (1997), Synchrotron radiation sources and science.

<sup>9</sup> El número de usuarios se acercará a los 1.700 a finales de 2003.

<sup>10</sup> DRI/McGraw Hill (1996).

<sup>11</sup> CFSES (1999).

Otras fuentes de luz sincrotrón tienen una menor proporción de uso industrial. Por ejemplo en el ESRF el tiempo comercial de las estaciones se aproxima al 1%<sup>12</sup>. En el HASYLAB el tiempo de uso industrial no supera el 1,5% mientras en el LURE el uso directo comercial supone un 5% del tiempo<sup>13</sup>. Por último en el SRS inglés el tiempo de uso comercial oscila entre el 2% y el 3%.

### **1.1.3. Valor residual.**

Se considera el valor residual en el análisis coste-beneficio solo si proporciona un flujo real al inversor. Se puede calcular de dos maneras: considerando el valor de mercado residual como si la instalación tuviera que venderse al final del horizonte temporal considerado o suponiendo el valor de todos los activos y pasivos. En este informe se considera como valor residual el valor de los terrenos donde se ubica la instalación, calculados a precios corrientes<sup>14</sup>.

### **1.1.4. Ajuste por la inflación.**

El análisis de los flujos financieros se realiza a precios corrientes, como se recomienda en la metodología coste-beneficio. Para el periodo de construcción y funcionamiento de la instalación se supone una tasa de inflación del 2.5%. En el apartado siguiente se analiza la sensibilidad de los resultados al supuesto sobre la tasa de inflación.

---

<sup>12</sup> Si se cuenta como tiempo comercial la colaboración entre académicos e industrias este porcentaje sube al 5%.

<sup>13</sup> Un 15% se contabiliza la colaboración entre académicos e industrias.

<sup>14</sup> Para calcular el valor de los terrenos en 2035 se ha utilizado como tasa de revalorización la tasa de inflación considerada a lo largo de la realización del proyecto (2.5%).

### **1.1.5. Sostenibilidad financiera.**

La financiación a partir del presupuesto público garantiza la sostenibilidad financiera del proyecto

### **1.1.6. Determinación del tipo de descuento.**

En el análisis coste-beneficio los flujos financieros deben descontarse para calcular indicadores como el valor actualizado neto (VAN). El concepto fundamental para evaluar el tipo de descuento es el coste de oportunidad del capital. En España es bastante habitual utilizar un tipo de descuento del 4%. En el caso de la situación que se contempla en este informe la cifra del 4% se puede justificar como el coste de oportunidad de los fondos utilizados en el proyecto (a tipo de mercado), que refleja el tipo de rendimiento que se puede obtener en cualquier inversión alternativa (tipo nominal del 6.5%, lo que equivale a un rendimiento real del 4% más una inflación esperada del 2.5%).

### **1.1.7. Resultado del análisis financiero.**

Los indicadores más utilizados para el análisis financiero son la tasa de rentabilidad interna (TIR), el valor financiero neto actualizado (VAN) y el ratio de beneficio sobre coste (B/C).

La TIR se define como la tasa de rentabilidad que iguala a cero el valor actualizado neto de la inversión. Por tanto:

$$VAN(S) = \sum_{t=0}^n S_t / (1 + TIR)^t = 0$$

donde  $S_n$  son los flujos netos en el momento  $n$ . El documento “Guide to Cost benefit análisis of investment projects” preparado por la Unidad de Evaluación de la DG de Política Regional de la Comisión Europea señala que un TIR reducido, o incluso negativo, no invalida el proyecto, condicionado a que pueda conseguir sus objetivos.

El VAN se define como valor presente descontado de los flujos netos generados por el proyecto.

$$VAN(S) = \sum_{t=0}^n a_t S_t = \frac{S_0}{(1+i)^0} + \frac{S_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{S_n}{(1+i)^n}$$

donde  $a_t$  es el factor de descuento e  $i$  el tipo de interés (o coste de oportunidad de los fondos).

Utilizando los datos y los supuestos expuestos en las anteriores secciones se obtiene el cuadro 1.4 que presenta los resultados de los indicadores para el escenario básico cuyas características son las siguientes:

- Tasa de inflación del 2.5%.

- Los días de apertura de la instalación son 230.
- La demanda satura la instalación después de 5 años.

El cuadro 1.4 muestra que en el escenario básico el VAN es 78,4 millones de euros de 2003. Alterando la tasa de descuento se obtiene una primera aproximación a la sensibilidad de los supuestos. En el escenario básico si la tasa de descuento fuera del 5% el VAN sería de 39,7 millones mientras que si fuera del 2,5% el VAN pasaría a de 158,2 millones de euros de 2003. Por su parte la TIR es del 6,4% mientras que la ratio beneficios sobre costes se sitúa en 1,18.

**Cuadro 1.4: Indicadores en el escenario básico.**

Indicadores	
VAN (5%)	39,7 Mill. €
VAN (4%)	78,4 Mill. €
VAN (2,5%)	158,2 Mill. €
B/C	1,18
TIR	6,4%

Un aspecto importante en el análisis coste beneficio es la sensibilidad de los resultados del escenario básico ante cambios en los parámetros fundamentales utilizados en el cálculo (tasa de inflación, días de apertura de la instalación y tiempo hasta la saturación de la instalación)<sup>15</sup>.

*a) Efecto de la inflación.*

---

<sup>15</sup> Los dos primeros supuestos del escenario básico se mantienen dado que el IVA no se debe incluir por motivos metodológicos.



El efecto de la inflación es potencialmente muy importante dado que los ingresos se percibirán en el futuro mientras la mayoría de los costes se producen en la actualidad. El cuadro 1.5 muestra los resultados de la sensibilidad de los diferentes indicadores a cambios en la inflación. Cabe recordar que dicho análisis de sensibilidad sólo afecta a la fase de funcionamiento, dado que conocemos la inflación efectiva durante la fase de inversión<sup>16</sup>. En el mismo se puede observar como la TIR oscila entre el 5,5% (inflación del 2%) y el 7,2% (inflación del 3%). Por su parte el VAN con descuento al 4% se sitúa entre los 44,6 millones de euros y los 114,9 millones de euros.

**Cuadro 1.5. Sensibilidad de los indicadores a cambios en la inflación.**

Inflación →	2,5%	2%	3%
VAN (5%)	39,7 Mill. €	12,6 Mill. €	68,9 Mill. €
VAN (4%)	78,4 Mill. €	44,6 Mill. €	114,9 Mill. €
VAN (2,5%)	158,2 Mill. €	110,6 Mill. €	209,8 Mill. €
B/C	1,18	1,10	1,27
TIR	6,4%	5,5 %	7,2%

*b) Efecto de los días efectivos de apertura de la instalación.*

Otro parámetro muy importante en el cálculo de los costes y beneficios del proyecto es el número efectivo de días de apertura de la instalación. En la explicación de los ingresos ya se ha señalado la importancia de este valor para el cálculo. El cuadro 1.6 muestra la sensibilidad de los resultados a cambios en los días de apertura de la instalación.

<sup>16</sup> Dicha tasa de inflación anual ha sido muy parecida (2,74%) a la esperada en el anterior informe (2,5%).

Cuadro 1.6. Sensibilidad de los indicadores ante cambios en los días de apertura

Días →	230	210	240
VAN (5%)	39,7 Mill. €	7,7 Mill. €	55,7 Mill. €
VAN (4%)	78,4 Mill. €	39,2 Mill. €	98,0 Mill. €
VAN (2,5%)	158,2 Mill. €	104,4 Mill. €	185,0 Mill. €
B/C	1,18	1,09	1,23
TIR	6,4%	5,3%	6,9%

El cuadro 1.5 muestra que una disminución del 9,5% en el número de días de apertura provocaría una reducción del VAN de referencia (4%) de 32 millones de euros mientras que la TIR se reduciría al 5,3%. No es previsible que una disminución tan importante (cerca del 10%) en número de días de apertura se pueda producir aunque puntualmente problemas no previstos en el funcionamiento de la instalación pudieran suponer alguna reducción en el número medio de días, que siempre sería pequeña. Por el contrario, si el número medio de días pudiera llegar a los 240 entonces la TIR alcanzaría casi el 6,9%.

c) *Efecto de cambios en la demanda.*

En este caso se consideran diversas opciones sobre el momento de saturación de la instalación. La base son cinco años después de la construcción teniendo en cuenta las dos hipótesis fundamentales con las que se trabaja en este tipo de instalaciones: la utilización inicialmente se dobla cada cuatro años y, a partir de esa fecha, cada seis. No obstante la experiencia de otras fuentes de luz sincrotrón aconseja considerar también los 4 años como periodo de saturación dado que en muchos casos la saturación se produjo con mucha rapidez. Como escenario pesimista se

utiliza un periodo de 8 años hasta la saturación de la instalación. La probabilidad de este escenario es prácticamente nula pero puede servir como una referencia adicional.

**Cuadro 1.7. Sensibilidad de los indicadores a hipótesis sobre el periodo de saturación de la instalación.**

Años hasta saturación →	5	8	4
<b>VAN (5%)</b>	39,7 Mill. €	14,6 Mill. €	48,6 Mill. €
<b>VAN (4%)</b>	78,4 Mill. €	50,7 Mill. €	88,1 Mill. €
<b>VAN (2,5%)</b>	158,2 Mill. €	126,0 Mill. €	169,4 Mill. €
<b>B/C</b>	1,18	1,12	1,21
<b>TIR</b>	6,4%	5,5%	6,7%

El cuadro 1.7 muestra que los indicadores son poco sensibles a cambios en los años necesarios hasta la saturación de la instalación. El rango de variación de la TIR oscila entre el 5,5% (8 años) y el 6,7% (4 años) mientras el VAN de referencia (4%) se mueve entre los 50,7 millones y los 88,1 millones.

## 1.1.8 Comparativa respecto al informe de 2003

En el cuadro 1.8, se observa la comparativa de los indicadores financieros para el escenario básico. En él se observa como la TIR en 2010 es del 6,4<sup>17</sup>% respecto al 6,5% calculado en 2003 (aunque dados los mayores importe de costes y de ingresos en el informe de 2010 los importes de los diferentes VAN calculados así como el cociente beneficios respecto a costes han crecido). En este apartado vamos a tratar de descomponer esa pequeña desavenencia que

<sup>17</sup> Al igual como se realizó en el informe del 2003, y con el fin de poder realizar una comparativa exacta, en esta TIR no se incluyen los gastos financieros. Incluyendo los gastos financieros, La TIR se reduciría al 5,5%.

es producto de, básicamente, de dos efectos de sentido contrario que prácticamente se compensan (la diferencia entre ambas TIR es únicamente de 0,1 puntos porcentuales).

**Cuadro 1.8: Comparativa indicadores en el escenario básico 2003-2010.**

Indicadores	2003	2010
VAN (5%)	30,7 Mill. €	39,7 Mill. €
VAN (4%)	58,5 Mill. €	78,4 Mill. €
VAN (2,5%)	114,8 Mill. €	158,2 Mill. €
B/C	1,14	1,18
TIR	6,5%	6,4%

El primer efecto, lo encontramos en el cálculo de la demanda efectiva. En 2003 se calculó, al igual que en este informe para 2011, la demanda efectiva como la demanda insatisfecha por el ESRF (“shifts” solicitados no concedidos). Dicha cantidad ascendía en 2003 a 626 shifts. A partir de aquí, se consideró que para el periodo de inversión, la demanda de solicitudes evolucionaría a la misma tasa que en el periodo 1995-2002 (tasa de crecimiento media anual del 16,9%). En cambio, en 2009, el número de solicitudes ha sido de 31.076, lo que supone una tasa de crecimiento media anual del 3,98% durante el periodo 2003-2009, ya que el número de solicitudes en 2003 era de 24.585. Así, a posteriori, se puede concluir que la tasa de crecimiento anual del número de solicitudes estaba cerca de su punto de saturación, lo cual se ha observado mediante un cambio de pendiente en dicha tasa de crecimiento anual. Aplicando la misma tasa de crecimiento anual acumulado que en 2003, la TIR se elevaría en 0,6 puntos porcentuales.

En el mismo sentido, y aunque con efectos cuantitativamente inferiores al aspecto anterior, en 2003, España tenía una tasa de éxito de solicitudes españolas inferior a la media (39%), mientras que en 2009 su tasa de éxito es algo superior a la media (48,4%). Una mayor tasa de éxito implica una mayor demanda satisfecha ya en 2009. La misma tasa de éxito de 2003 conduciría a una demanda efectiva inicial en 2010 de 758 shifts, aunque, manteniendo el supuesto de saturación de 5 años, este cambio apenas elevaría la TIR 0,1 puntos porcentuales.

En cambio, en sentido contrario encontramos como, a partir de la puesta en funcionamiento de la instalación, el crecimiento de los ingresos (28,74% anual a partir de la saturación de la demanda producto de la puesta en marcha de las dos nuevas líneas experimentales) se espera que sea netamente superior al crecimiento de los costes (entorno al 16%). Este aspecto es el que hace aumentar la TIR en 2010 en 0,9 puntos porcentuales.

Finalmente, no hay que olvidar otros aspectos (con efectos menores) como los pequeños cambios en el horizonte temporal así como que durante el periodo de inversión (periodo en el cual los ingresos son 0), los costes, respecto a las previsiones en 2003, han crecido a una tasa del 0,66% anual. Sin estos aspectos la TIR habría aumentado en 0,2 puntos porcentuales

**Cuadro 1.9: Descomposición de la discrepancia 2003-2010.**

Indicadores	TIR
TIR 2003	6,5%
TIR 2010	6,4%
Discrepancia	-0,1 (puntos porcentuales)
$\Delta$ TIR con demanda efectiva 2003	-0,6

Δ TIR con tasa de éxito 2003	-0,1
∇ TIR Menor crecimiento de costes que de ingresos	0,9
Otros (horizonte temporal, aumento de costes inversión...)	-0,3

## 1.2. Análisis económico.

El análisis económico tiene como objetivo determinar la contribución global del proyecto al bienestar de la región o el país. Por tanto el sujeto de interés en este caso es toda la sociedad y no solo el propietario de la infraestructura. Para realizar la transición entre el análisis financiero y el análisis económico deben tenerse en cuenta los siguientes componentes: las correcciones fiscales, las externalidades que pueda generar la instalación y los factores de corrección de los precios de mercado. Asimismo se debe realizar una valoración de aquellos aspectos que, por la dificultad intrínseca a su medición, no pueden analizarse de manera cuantitativa.

### 1.2.1. Correcciones fiscales.

Para eliminar las distorsiones que los impuestos y los subsidios introducen en los precios de mercado se tienen que realizar las correcciones pertinentes. En general se trata de considerar los precios netos de IVA<sup>18</sup> y otros impuestos directos e indirectos. Se deben omitir las transferencias como los cargos por la Seguridad Social. En el caso que nos ocupa se trata de incluir el importe de los impuestos directos dado que los costes y los

---

<sup>18</sup> El IVA ya no ha sido considerado en el análisis financiero.

ingresos que se presentan en el análisis financiero están netos de cualquier tipo de impuesto o transferencia individual. No obstante, estas correcciones fiscales no se incluyen en el análisis dado que al mismo tiempo que generan flujos de costes procedentes del pago de cuotas también generan ingresos fiscales para la sociedad.

## **1.2.2. Correcciones por externalidades.**

Estas correcciones se pueden agrupar en cuatro apartados: los efectos negativos causados por la emisión de CO<sub>2</sub> en la producción de la energía que necesita ALBA para funcionar, , los efectos positivos sobre el capital humano, los efectos positivos sobre los productos y servicios que proporcionan las empresas y el ahorro de tiempo.

### *1.2.2.1 La utilización de energía y sus efectos medioambientales.*

Entre los costes de funcionamiento de una instalación de producción de luz sincrotrón destaca el gasto en energía eléctrica. Una instalación de tamaño medio, como la propuesta, gasta aproximadamente el 15% de sus costes de funcionamiento en el pago por el suministro eléctrico.

En el caso del sincrotrón ALBA la energía eléctrica será proporcionada, en condiciones competitivas, por alguna empresa de la red eléctrica española. Diferentes tipos de instalaciones generan diferencias importantes en la emisión de CO<sub>2</sub>. En España las centrales de carbón emiten 1,04 kg por KWh; las de fuel y gas 0,802 kg; la de ciclo combinado 0,365 kg y,

finalmente, las nucleares no emiten CO<sub>2</sub><sup>19</sup>. Las compañías eléctricas también generan diferentes niveles de emisión en función de la proporción de cada tipo de central en la generación eléctrica. En particular Hidrocantábrico emite 0,916 kg de CO<sub>2</sub> por kWh de producción mientras que Endesa emite 0,563 kg/kWh, Unión FENOSA 0,559 kg/kWh e Iberdrola 0,149 kg/kWh<sup>20</sup>.

El gasto anual de energía eléctrica del sincrotrón ALBA será aproximadamente de 40.000 MWh. Teniendo en cuenta la pérdida del 9%<sup>21</sup> por el transporte y la media ponderada de las emisiones de CO<sub>2</sub> por kWh de las empresas eléctricas españolas (0,535 kg/kWh) la generación de la energía necesaria para el funcionamiento del sincrotrón del Vallés supondrá la emisión de 21.400 toneladas de CO<sub>2</sub> por año.<sup>22</sup>

Para transformar la emisión anterior en un coste económico es necesario valorarla. El 12 de diciembre de 2002 tuvo lugar la primera subasta de créditos de reducción de emisión de CO<sub>2</sub> en Alemania. Fue la llamada subasta "Hesse-Tender". El precio por reducción de tonelada de CO<sub>2</sub> fue de 6,58 euros. Esta es la primera vez que un mercado ha valorado un crédito para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub><sup>23</sup>. Desde entonces, el precio de reducción de tonelada de CO<sub>2</sub> ha evolucionado dentro de su mercado. En

---

<sup>19</sup> Obviamente este factor de emisión depende más específicamente de la naturaleza exacta de la planta generadora pues dentro de cada una de las grandes tipologías que aparecen en el texto hay subclases. Ver Gambini y Vellini (2000) para los factores de diferentes tipos de plantas generadoras de energía eléctrica.

<sup>20</sup> La media de emisión en la Unión Europea es de 0,353 kg/kWh.

<sup>21</sup> Ministerio de Energía (2009)

<sup>22</sup> Obviamente este factor de emisión depende de la naturaleza concreta de la planta generadora. El 0,987 es el escenario más pesimista de emisión. Ver Gambini y Vellini (2000) para los factores de diferentes tipos de plantas generadoras de energía eléctrica.

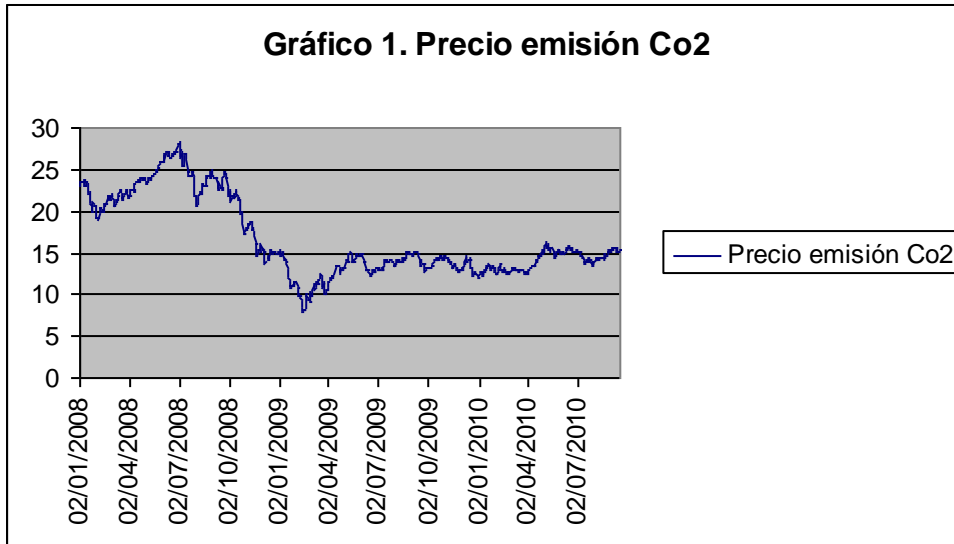
<sup>23</sup> Los cálculos de Norhaus (9 dólares por tonelada) y el Ministerio de Fomento (1996)(984 pesetas por tonelada) se aproximan mucho a esta cifra.



este sentido, vamos a considerar un coste por tonelada emitida de CO<sub>2</sub> de 15,30 euros<sup>24</sup>. Este precio es para el segundo periodo de derechos emisión (2008-2012). En el anterior periodo (2005-2007), el precio llegó a ser de 30€. El mercado, de hecho, comenzó en 2004 y tras un comienzo donde el precio oscilaba entre los 7 y los 10€ tuvo una evolución creciente que duró hasta abril de 2006, donde sucedió una caída brusca. Resulta que en esas fechas, todas las empresas tenían que entregar los derechos correspondientes a las emisiones del año 2005. En particular, Alemania y Francia no crecieron económicamente tanto como se esperaba y por lo tanto no consumieron ni emitieron tanto como lo previsto en sus Planes de Asignación de Emisiones. De esa forma estos países tuvieron un superávit de derechos de emisión que vino muy bien a España, que tuvo un déficit de estos derechos. En cualquier caso, resultó que el derecho de tonelada de CO<sub>2</sub> no era tan escaso como se pensaba y de ahí, la caída en su precio (que llegó a 1€). A continuación (Gráfico 1) se presenta la evolución de dicho precio durante este segundo periodo (2008-2012).

---

<sup>24</sup> SENDECO<sub>2</sub>. Media del precio de mercado del derecho de emisión de una tonelada de CO<sub>2</sub> (Mayo 2010)



De esta manera el coste social (externalidad) de la emisión de CO2 debido a la producción de la energía necesaria para el funcionamiento de la nueva instalación es de 327.420 euros de 2010. Este es el peor de los escenarios pues es probable que, de nuevo, en el momento de hacerse efectivos los derechos de emisión (2012), se vuelva a producir una caída brusca en el precio

#### 1.2.2.2 *Los efectos sobre el capital humano.*

Es bien conocido que los técnicos cualificados y los titulados universitarios tienen más problemas en el mercado laboral español que en el resto de la Unión Europea. No solo es que sus tasas de desempleo son superiores a las del resto de los países de la Unión. Además los conocimientos adquiridos son infrutilizados. Según Montalvo (2005) un 27,67% de los titulados universitarios españoles señalan que para realizar las tareas de su

puesto de trabajo no sería necesario haber realizado estudios universitarios o bien sería suficiente un título de grado inferior (por ejemplo ingeniero de grado medio en lugar de superior. Para todos los colectivos, la sobrecualificación ascendería al 44%.

La producción de titulados universitarios que no trabajan en labores apropiadas tiene varios costes: por una parte el coste social que supone formar con fondos públicos a un trabajador cuya productividad no se va a corresponder con los recursos dedicados en su formación; por otra parte el coste de oportunidad del tiempo que ha dedicado a estudiar en lugar de estar produciendo; finalmente el malestar psicológico de ver frustradas sus expectativas al realizar un trabajo que no se corresponde con su nivel de cualificación<sup>25</sup>.

En el cálculo de la reducción en el nivel de desajuste de debido a las posibilidades abiertas por la fuente de luz sincrotrón para la realización de trabajos especializados de I+D en las empresas que se verán beneficiadas por la instalación se utilizan los siguientes datos:

- a. El coste por año de formación de un universitario en ciencias experimentales es de 8.074 euros. La duración estimada es de cuatro años de estudios por lo que el coste de oportunidad de los fondos destinados a formar un joven universitario en ciencias experimentales

---

<sup>25</sup> El último punto (el malestar psicológico) es muy difícil de medir y no lo consideraremos.

que, con posterioridad, no utilizará sus conocimientos en su puesto de trabajo sería de 32.296 euros.

- b. El salario medio de un trabajador con estudios inferiores a estudios universitarios (coste de oportunidad del tiempo destinado al estudio) es de 22.645 por año.
- c. Considerando que 25 años suponen la mitad de la vida laboral de un trabajador y que la probabilidad de un trabajador cualificado de la rama experimental de estar sobrecualificado es del 27,67% (según los datos anteriormente expuestos) el beneficio adicional por evitar esta situación para los empleos totales (directos, indirectos e inducidos) creados por el proyecto (716<sup>26</sup>) es de cerca de 11 millones de euros en total. Esta cifra se corresponde con 486.877 euros por año.
- d. Estudios internacionales muestran que los trabajadores que tienen un puesto de trabajo apropiado a su nivel de cualificación obtienen una rentabilidad por año de estudios superior en un 2% a aquellos que indican que están sobrecualificados. Suponiendo que el salario es reflejo de la productividad y teniendo en cuenta un salario para los trabajadores cualificados de 35.930 euros y teniendo en cuenta los datos anteriores (716 empleos y un 27,67% de probabilidad de sobrecualificación) el resultado son 569.468 euros por año.

---

<sup>26</sup> Incluye los puestos de trabajo creados en Catalunya y el resto de España

- e. Por tanto el beneficio económico sobre el capital humano podría valorarse en 1.056.345 euros de 2010.

### 1.2.2.3 Los efectos del incremento en la inversión en innovación.

Otro punto importante de los que se consideran en el análisis económico es el impacto de la fuente de luz sincrotrón sobre la innovación de las empresas. Es bien conocido que estas instalaciones científicas generan enormes sinergias con el sector industrial dada la enorme variedad de aplicaciones de la luz sincrotrón en las manufacturas (nuevas medicinas, aparatos de diagnóstico médico, nanotecnología, cosméticos, industria alimenticia, etc).

Aunque es difícil cuantificar el efecto sobre la innovación industrial (nuevos productos y nuevos procesos) de la construcción de una fuente de luz sincrotrón su evaluación resulta imprescindible. En algunas ocasiones la cuantificación se produce a partir de suponer una convergencia a los niveles de investigación y desarrollo de los países que disponen de una instalación de luz sincrotrón<sup>27</sup>.

Cuadro 1.9. Gasto en I+D como porcentaje del PIB (2007)

Países	I+D/PIB
Australia (X)	2.06
Austria	2.54
Belgium	1.90
Canada (X)	1.90
Czech Republic	1.54
Denmark (X)	2.55
Finland	3.47
France (X)	2.04
Germany(X)	2.53

---

<sup>27</sup> Este es el caso del análisis del impacto económico del sincrotrón de Australia.

Greece	0.58
Hungary	0.97
Iceland	2.70
Ireland	1.28
Italy (X)	1.18
Japan (X)	3.44
Korea (X)	3.21
Luxembourg	1.57
Mexico	0.37
Netherlands	1.71
New Zealand	1.21
Norway	1.64
Poland	0.57
Portugal	1.21
Slovak Republic(x)	0.46
Spain (X)	1.27
Sweden (x)	3.61
Switzerland (X)	2.90
Turkey	0.72
United Kingdom (X)	1.82
United States(X)	2.66
EU27 total	1.77
OECD total	2.28
Brazil (X)	1.10
China (X)	1.44
Estonia	1.11
India (X)	0.87
Israel	4.76
Russian Federation (X)	1.12
Slovenia	1.45
Sout Africa	0.90

Fuente: OCDE 2007

En el cuadro 1.9 los países que cuentan con una fuente de luz sincrotrón propia aparecen marcado con una X. Los datos corresponden al año 2007, último para el que existe información para todos los países que aparecen en el cuadro. La media de gasto en investigación y desarrollo de los países que cuentan con un sincrotrón era del 2,31% del PIB mientras la media de los que no disponían de este tipo de instalación es del 1,55%. En España la proporción era del 1,27%.

Algunos estudios han intentado aproximar los efectos sobre la producción de la disposición de una fuente de luz propia a partir de suponer que el país de instalación se aproximaría a la media de gasto en I+D de los países que disponían de sincrotrón propio. No obstante la causalidad reversa de esta relación impide una utilización razonable de esta hipótesis de convergencia tecnológica: es cierto que los países que cuentan con una fuente de luz sincrotrón propia pueden invertir más en I+D como consecuencia de la misma pero, a su vez, el tener una elevada proporción de I+D sobre el PIB hace que sea más fácil la construcción de la fuente de luz. No parece razonable suponer que el gasto en I+D español pudiera alcanzar el 2,31% debido a la construcción de la fuente de luz sincrotrón ALBA y tampoco es fácil decidir que parte de esta convergencia se debería a dicha instalación.

Una aproximación más razonable se basa en la estructura sectorial de la economía española. Es bien conocido que no todos los sectores tienen la misma intensidad tecnológica ni todos se beneficiarán igualmente de las posibilidades que ofrecerá la disponibilidad de una fuente de luz sincrotrón. El estudio de impacto económico que aparece en la segunda parte de este informe señala que el impacto sobre el valor añadido una vez acabada la construcción de la fuente de luz sincrotrón será de aproximadamente 16,58 millones de euros anuales. Utilizando la estructura sectorial de la economía española se puede hacer una aproximación a los sectores que se verán más beneficiados por este incremento del valor añadido.

El cuadro 1.10 utiliza los datos de la EITE (Encuesta sobre Innovación Tecnológica de las Empresas) del INE para calcular la intensidad innovadora de cada sector de la economía española. A partir de dicha intensidad y la proporción de valor añadido correspondiente se calcula el aumento de la inversión en innovación en cada sector. Sumando todas estas nuevas inversiones en innovación resulta un total de 368,021 euros anuales. Las tasas de rentabilidad de la inversión en innovación oscilan entre el 40% y el 60% según estudios internacionales. Por tanto utilizando la media el impacto sobre nuevos procesos y nuevos productos de las empresas será de 552,031 euros. Esta estimación es muy conservadora pues si, por ejemplo, la investigación con luz sincrotrón diera lugar a una nueva droga con grandes aplicaciones comerciales (antiretroviral, antimalaria, contra el cáncer, etc) el impacto de la inversión en innovación sería varios órdenes de magnitud superior.

Cuadro 1.10: incremento de los gastos de innovación por ramas de actividad

Ramas de actividad (miles de millones de €)	VAB a precios básicos (2006)	Proporciones sectoriales VA	Incremento	gasto en innovación (2006)	Coefficiente innovador	Incremento de gasto en innovación*
<b>1. Agricultura, ganadería y pesca</b>	24 ,471	2.791%	0,46	150,068	0,01	2837,65
<b>2. Energía</b>					0,00	
<i>Extracción de productos energéticos</i>	0,562	0.064%	0,01	181,728	0,32	3436,31
Extracción de antracita, hulla, lignito y turba	0,422	0.048%	0,01	41,200	0,10	779,06
Extracción de crudos de petróleo, gas natural, uranio y torio	0,140	0.016%	0,00	140,528	1,00	2657,26
<i>Extracción otros minerales</i>	1,911	0.218%	0,04	0	0,00	0,00
<i>Coquerías, refino y combustibles nucleares</i>	3,212	0.366%	0,06	0	0,00	0,00
<i>Energía eléctrica, gas y agua</i>	17,534	2.000%	0,33	225,236	0,01	4259,01
<b>3. Industria</b>						
<i>Industria de la alimentación, bebidas y tabaco</i>	18,087	2.063%	0,34	859,917	0,05	16260,27
<i>Industria textil y de la confección</i>	5,130	0.585%	0,10	180,726	0,04	3417,37
Industria textil	2,571	0.293%	0,05	75,007	0,03	1418,32
Industria de la confección y de la peletería	2,559	0.292%	0,05	78,150	0,03	1477,75
<i>Industria del cuero y del calzado</i>	1,417	0.162%	0,03	27,568	0,02	521,29
<i>Industria de la madera y el corcho</i>	3,140	0.358%	0,06	46,114	0,01	871,97
<i>Industria del papel; edición y artes gráficas</i>	12,149	1.386%	0,23	315,302	0,03	5962,08



Industria del papel	3,278	0.374%	0,06	163,022	0,05	3082,60
Edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados	8,871	1.012%	0,17	152,280	0,02	2879,48
<i>Industria química</i>	12,646	1.442%	0,24	570,724	0,05	10791,88
<i>Industria de la transformación del caucho y materias plásticas</i>	5,432	0.620%	0,10	244,275	0,04	4619,02
<i>Fabricación de otros productos minerales no metálicos</i>	11,271	1.285%	0,21	279,262	0,02	5280,60
<i>Metalurgia y productos metálicos</i>	23,654	2.698%	0,45	193,160	0,01	3652,48
<i>Maquinaria y equipo mecánico</i>	9,940	1.134%	0,19	352,444	0,04	6664,40
<i>Equipo eléctrico, electrónico y óptico</i>	8,221	0.938%	0,16	698,107	0,08	13200,58
<i>Fabricación de material de transporte</i>	14,643	1.670%	0,28	2.137,580	0,15	40419,74
Fabricación de vehículos de motor y remolques	11,030	1.258%	0,21	1,368,547	0,12	25878,01
Fabricación de otro material de transporte	3,613	0.412%	0,07	769,033	0,21	14541,73
<i>Industrias manufactureras diversas</i>	6,903	0.787%	0,13	204,444	0,03	3865,85
Muebles y otras industrias manufactureras	5,878	0.670%	0,11	155,370	0,03	2937,91
Reciclaje	1,025	0.117%	0,02	49,074	0,05	927,95
<b>4. Construcción</b>	<b>105 823</b>	<b>12.069%</b>	<b>2,00</b>	<b>867,191</b>	<b>0,01</b>	<b>16397,81</b>
<b>5. Servicios</b>						
<i>Comercio y reparación</i>	92,854	10.590%	1,76	1.384,702	0,01	26183,48
<i>Hostelería</i>	65,189	7.435%	1,23	94,387	0,00	1784,77
<i>Transporte y comunicaciones</i>	60,099	6.854%	1,14	1.474,756	0,02	27886,32
<i>Intermediación financiera</i>	41,369	4.718%	0,78	749,247	0,02	14167,59
Actividades inmobiliarias	80,613	9.194%	1,52	37,492	0,00	708,94
Investigación y desarrollo	0,595	0.068%	0,01	2.719,363	4,57	51420,74
Otras actividades empresariales	50,102	5.714%	0,95	1.833,385	0,04	34667,68
<i>Administración pública</i>	52,901	6.033%	1,00	109,264	0,00	2066,09
<i>Educación</i>	41,361	4.717%	0,78		0,00	0,00
<i>Actividades sanitarias y veterinarias; servicios sociales</i>	48,419	5.522%	0,92	403,579	0,01	7631,32
<i>Otros servicios y actividades sociales; servicios personales</i>	32,419	3.697%	0,61	130,376	0,00	2465,29
<b>Total</b>	<b>876,826</b>	<b>100%</b>	<b>16,58</b>	<b>19.462,608</b>	<b>0,18</b>	<b>368,021</b>

#### 1.2.2.4 Ahorro de tiempo.

En este punto se trata de evaluar el tiempo que los investigadores españoles que utilizaban otros sincrotrones ganan por la posibilidad de utilizar el nuevo sincrotrón ALBA. Se prevé que se beneficiarán 1,000 investigadores al año y que, de estos, unos 400 serán catalanes. Estos investigadores se ahorran los costes de transporte en los que tendrían que incurrir si se desplazaran al ESRF. Si suponemos una media de días de visita para cada investigador igual a cinco días laborables y añadimos a los costes de transporte y alojamiento

(1.000 euros semanales), el ahorro anual sería de unos 400.000 euros de 2003.

### **1.2.3 Factores de corrección de los precios de mercado.**

Esta parte del análisis pretende determinar los factores de corrección que eliminen las distorsiones que se producen en los precios de mercado. Se deben considerar los costes y los beneficios sociales así como los financieros. En este aspecto los precios corrientes que se fijan en mercados imperfectos o las políticas de regulación de sector público no reflejan el verdadero coste de oportunidad de los factores de producción y los productos. No obstante en la actualidad el sector eléctrico español está liberalizado, lo que ha permitido aumentar la competencia y aproximar los precios a los costes marginales. Por tanto no será necesario realizar ninguna corrección<sup>28</sup>.

Sin embargo el valor de los terrenos no representa el valor de mercado y debe corregirse. En este sentido se considera que el precio pagado por los terrenos es la mitad del precio de mercado (440 euros por metro cuadrado). Por tanto en el análisis económico se ha aumentado el coste de los terrenos para corregir por un precio de compra que no refleja el precio de mercado.

Un input fundamental en el proceso es el factor trabajo. Los salarios corrientes son un indicador social distorsionado del coste de oportunidad del trabajo, dado que los mercados de trabajo son imperfectos. Un efecto de esta imperfección

---

<sup>28</sup> Además los precios por kwh son muy similares a los existentes en otros países de nuestro entorno.

es la existencia de desempleo superior a la tasa natural. Es razonable, por tanto, que los salarios sean corregidos por esta circunstancia. De esta forma el valor actualizado neto social sería superior al privado. Actualmente la tasa de desempleo de Catalunya es del 17,9% (9,85% en el caso de los universitarios), que es superior a la tasa de desempleo natural que se encuentra entre el 5% y el 6%. Por este motivo está justificado aplicar un factor de corrección de 0,8<sup>29</sup>. Asimismo es preciso realizar una corrección fiscal por los costes asociados a la Seguridad Social. Finalmente se supone que los salarios crecen al mismo ritmo que la inflación. La moderación salarial observa durante los últimos 15 años, en los que los sindicatos han reivindicado aumentos salariales en línea con la inflación, es perfectamente compatible con este supuesto. Por tanto no es necesario hacer ninguna corrección por el crecimiento de los salarios reales ya que incluso es previsible que, dada el actual contexto de crisis económica, es previsible que en los próximos años dicho crecimiento de los salarios reales sea negativo.

#### **1.2.4 Efectos económicos de difícil medición.**

Además de los efectos externos comentados con anterioridad existen otra sería de beneficios y costes económicos que son muy difíciles de medir pero que, al menos, deberían ser citados. En primer lugar la posibilidad de realizar experimentos con una fuente de luz sincrotrón propia aumentará la tasa de éxito, actualmente muy baja, de los investigadores catalanes y españoles en

---

<sup>29</sup> Es el factor recomendado en la Guía de la Unidad de Evaluación de la DG de Política Regional de la Comisión Europea.

sus solicitudes de “shifts” en el ESRF y otras instalaciones experimentales. Este hecho aumenta la probabilidad de que se realicen descubrimientos importantes o nuevas aplicaciones con impacto comercial. A su vez el funcionamiento de la instalación permitirá la formación de técnicos especializados en técnicas derivadas de la utilización de la luz sincrotrón. Hasta el momento la falta de una instalación propia dificultaba la formación “sobre el terreno” de este tipo de técnicos.

En segundo lugar la mejora de los métodos de diagnóstico, una de las aplicaciones más importantes de la luz sincrotrón, permitirá aumentar la esperanza de vida. Existen medidas del impacto sobre la esperanza de vida de los nuevos procedimientos de diagnóstico que se podrían utilizar para realizar una evaluación cuantitativa. No obstante la elevada incertidumbre sobre el descubrimiento o mejora de los procedimientos de diagnóstico que se pueden producir recomienda ser prudentes en este punto y no intentar una evaluación de los beneficios económicos con un elevado grado de incertidumbre.

Finalmente, y como se ha señalado anteriormente, los procesos de investigación tienen un resultado incierto. No obstante, con una probabilidad positiva se pueden producir descubrimientos que generen el nacimiento de nuevos productos e, incluso, una nueva industria. Un ejemplo claro son los nuevos medicamentos desarrollados a partir de fuentes de luz sincrotrón como el Viracept o el Relenza, el impacto de los cuales en el sector farmacéutico ha sido muy importante. La evaluación de la probabilidad de un acontecimiento tan

incierto como éste impide poder proceder a una evaluación cuantitativa con garantías.

## 1.2.5 Resultados del análisis económico.

Introduciendo las consideraciones anteriores (externalidades y correcciones para ajustar a los precios de mercado) en el análisis coste-beneficio se obtiene la versión económica en lugar de la estrictamente financiera. El cuadro 1.11 presenta los indicadores básicos del análisis coste beneficio. En primer lugar se puede comprobar que las TIR son bastante superiores que las obtenidas en el análisis financiero. En el escenario básico la TIR económica es del 7,9% frente al 6,4% de la TIR estrictamente financiera. El aumento es debido a que las externalidades negativas (contaminación causada por la generación de energía eléctrica para abastecer la instalación) y los ajustes por precios administrativos (precio de los terrenos) son menores que las externalidades positivas (ahorro de tiempo, efecto de la mejora del capital humano, aumento de la capacidad de innovación de la economía, etc.). El cuadro 1.11 también presenta la sensibilidad de los indicadores ante cambios en la tasa de inflación. La TIR oscila entre el 7,2 % (inflación del 3%) y el 8,6% (inflación del 2%).

**Cuadro 1.11. Indicadores del análisis económico.**

Inflación →	2,5%	2%	3%
VAN (5%)	98,4 Mill. €	70,4 Mill. €	128,7 Mill. €
VAN (4%)	147,7 Mill. €	112,7 Mill. €	185,5 Mill. €
VAN (2,5%)	248,4 Mill. €	199,0 Mill. €	301,8 Mill. €
B/C	1,35	1,26	1,43
TIR	7,9 %	7,2 %	8,6 %

## **1.2.6 Diferencias respecto al informe de 2003**

En el cuadro 1.12 se presenta un análisis de las diferencias del resultado del análisis económico con la información hasta 2010 respecto a los resultados del informe del 2003. En dicho cuadro, se observa como la TIR se ha reducido de 9,4% a 7,9%. El principal motivo de dicha reducción es muy simple. Dado que los importes de las correcciones son muy similares, estos tienen un menor impacto sobre el resultado financiero en 2010 dado que tanto los ingresos como los costes en 2010 son superiores, debido a la incorporación de dos nuevas líneas experimentales. Así, con los mismos ingresos y costes del 2003, pero aplicando las correcciones económicas del 2010, la TIR que se obtendría sería de casi un 9%.

Por tanto, los cambios en las correcciones tienen un impacto muy pequeño en el cambio de la TIR del análisis económico. En este sentido, el mayor precio de mercado de los derechos de CO2 conduce a un mayor coste en cuanto a las externalidades medioambientales. Pero el impacto de este aspecto es sólo 0,1 puntos porcentuales (es decir, utilizando las externalidades medioambientales del informe del 2003 la TIR únicamente aumentaría hasta 8%). Idéntica interpretación tienen los cambios en el beneficio respecto a las actividades de "I&D", el menor aumento de los gastos de innovación a lo largo de estos años, en relación a lo esperado en 2003, únicamente reduce la TIR en 0,1 puntos porcentuales. En el mismo sentido también actúa la pequeña discrepancia del resultado financiero de 2010 respecto a 2003 (0,1 puntos porcentuales) ya analizada en el punto 1.1.8. El único aspecto que tiene un impacto positivo

(aunque también de sólo 0,1 puntos porcentuales) en la TIR económica es el beneficio en términos de capital humano, principalmente gracias al aumento de la sobreocupación<sup>30</sup> de los universitarios respecto al 2003.

**Cuadro 1.12: Discrepancias 2003-2010.**

Indicadores	TIR
TIR 2003	9,4%
TIR 2010	7,9%
Discrepancia	-1,5 (puntos porcentuales)
Discrepancia financiera	-0,1
Menor impacto de correcciones	-1,1
Contaminación medioambiental	-0,1
Capital humano	0,1
"I&D"	-0,1
Otros (Horizonte temporal, ahorro en salarios...)	-0,2

---

<sup>30</sup> Con la crisis económica la tasa de paro de los universitarios ha tenido un comportamiento mejor que la tasa de paro de los no universitarios lo que parece apuntar a que los titulados universitarios están aceptando en mayor medida ofertas de trabajo que no se corresponde con su titulación.

## **CAPÍTULO 2**

### **EL IMPACTO ECONÓMICO DE LA FUENTE DE LUZ SINCROTRÓN ALBA**

Este segundo capítulo analiza el impacto económico de la fuente de luz sincrotrón ALBA teniendo en cuenta tanto la fase de inversión inicial como los gastos asociados a su funcionamiento hasta el final del periodo de utilización. La metodología empleada es el cálculo basado en las tablas “input-output”, que es la forma estándar en este tipo de estudios y que ya fue utilizada en la estimación de 2003.

#### *2.1. Metodología e hipótesis de partida*

El cálculo del impacto económico de cualquier infraestructura requiere tomar ciertas decisiones sobre la presentación de resultados, realizar una serie de hipótesis y tomar decisiones metodológicas.

Los resultados se presentan desagregados siguiendo diversos criterios. **En primer lugar se distingue entre la fase de construcción y la fase de funcionamiento.** En el informe inicial se consideraba que la fase de inversión y montaje duraría entre 2003 y 2008 mientras que la fase de funcionamiento se extendía desde 2009 hasta 2033. Esta previsión de fechas ha cambiado en la actualidad. El estudio de impacto considera que la fase de construcción se extenderá hasta finales de 2010 y que la fase de funcionamiento se iniciará, aunque sea en pruebas, en 2011. La vida útil de ALBA se fija, al igual que en el informe anterior y siguiendo las convenciones internacionales referidas a este tipo de instalaciones científicas, en 25 años. Por tanto se considera como funcionamiento el periodo comprendido entre 2011 y 2035.



En **segundo lugar hay que desagregar las diferentes partidas de la inversión y los gastos de funcionamiento en función del origen geográfico** donde se producirá el gasto y el sector de actividad económica al cual irá dirigido. Se considera, como en el estudio original, el impacto económico sobre tres áreas geográficas de referencia: Catalunya, España y resto del mundo. En la versión 2003 del estudio de impacto económico la procedencia geográfica de muchos de los componentes de la inversión era todavía bastante incierta. Por este motivo se produjo una asignación geográfica utilizando criterios muy conservadores: consideraba como inversión local aquellos trabajos que realmente podrían ser realizados por empresa locales. También se consideró como inversión con gasto fuera del ámbito catalán cualquier tipo de equipo que, por su nivel de estandarización, es más fácil comprar fuera que montar localmente. Una comparación entre la asignación geográfica, basada en las hipótesis anteriores, y el origen final de los componentes muestra efectivamente que los criterios utilizados fueron muy conservadores. Por ejemplo, el LINAC se asignó en 2003 casi en su totalidad al área "resto de la Unión Europea". El expediente 07/04 muestra que la asignación fue efectivamente correcta. También fue fundamentalmente acertada la asignación de los componentes de los sistemas de vacío a empresas extranjeras. De hecho, como muestran múltiples expedientes (44/05, 33/06, 49/06, 10/07, 20/07, 40/07 o 49/07) la mayoría del sistema de vacío del pre-acelerador, el anillo y las líneas de transferencia fue suministrada por empresas extranjeras. Sin embargo el supuesto utilizado era que el 100% del sistema de vacío sería suministrado por empresas extranjeras pero una parte

(fundamentalmente de instrumentación y algunas válvulas) fue suministrada por empresas españolas (expedientes 54/07 o 72/07).

Pero no todas las asignaciones geográficas realizadas en 2003 fueron tan precisas con el origen geográfico del suministro. Por ejemplo, los imanes del anillo de almacenamiento se asignaron casi en su totalidad al resto de España pues, en principio, existían varias empresas en el País Vasco que potencialmente podrían suministrar estos productos. Finalmente, como muestra el expediente 30/05, los imanes del anillo de almacenamiento fueron adquiridos a una empresa rusa. Solo una pequeña proporción de los imanes, bastante inferior a la prevista, ha sido adquirida a empresas españolas. Por ejemplo, según el expediente 05/06 hay 70 imanes del Booster que fueron adquiridos a una empresa de Portugalete (Vizcaya). La incertidumbre sobre el origen geográfico definitivo de muchos de los componentes de la fase de inversión se acrecentó por el hecho de que la dirección de ALBA solicitó diversas ofertas para cada componente y lo asignó a la empresa más barata que cumpliera los requisitos técnicos y de calidad exigidos en cada pliego. Esta forma de asignación competitiva explica que la desviación presupuestaria frente al coste inicial fuera de tan solo el 4%.

En la actualidad se conoce el origen de la gran mayoría de los componentes de la inversión. La asignación geográfica para el análisis del estudio actual se ha realizado a partir de unos 200 expedientes de compras donde figura el coste final de cada componente y su origen geográfico. Asimismo, en función del tipo de producto o servicio objeto del expediente, se ha asignado el coste a un sector industrial con desagregación a tres niveles: 122 ramas, 65 sub-sectores y, finalmente, los 27 sectores de la tabla SAM de la economía catalana.

En **tercer lugar se debe optar por una metodología** para realizar los cálculos. En este caso el procedimiento generalmente aceptado consiste en aplicar la metodología “**input-output**”. Dentro de las alternativas de cálculo que se pueden adoptar utilizando esta metodología se ha optado por un desglose de impactos entre directos, indirectos e inducidos<sup>31</sup>. Esta decisión es la más habitual en estudios de impacto económico y es común a los estudios realizados en el contexto de instalaciones de luz de sincrotrón. La tercera sección explica con detalle el procedimiento.

En **cuarto lugar hay que seleccionar las magnitudes económicas en las que se va a medir el impacto**. Lo más habitual, y la opción adoptada en este estudio, es incluir tres indicadores económicos básicos: la producción, el valor añadido y el empleo.

- El efecto sobre el nivel de producción total. Este indicador capta el efecto sobre el volumen de actividad bruta real de los sectores, incluyendo tanto la actividad productiva destinada a satisfacer la demanda final como la demanda intermedia de las empresas. Los efectos se desglosan en las tres partidas de efecto directo, indirecto e inducido. Los resultados se presentarán con diversos desgloses sectoriales.

- El efecto sobre el valor añadido.

- El número de empleados. Las cifras de ocupación describen el número de puestos de trabajo generables (creación de nuevos puestos o preservación de los existentes). Cabe señalar que la metodología empleada no evalúa los puestos de trabajo efectivamente creados sino los que ceteris paribus potencialmente se pueden crear. De estos puestos de trabajo algunos son

---

<sup>31</sup> La alternativa es calcular solamente los efectos directos e indirectos.

efectivamente nuevas ocupaciones mientras otros se corresponden al mantenimiento de ocupaciones actuales que sin el proyecto se habrían perdido. Se distingue también entre impacto directo, indirecto e inducido. En caso del empleo es importante señalar la diferente duración de los puestos de trabajo generados durante las dos fases consideradas en el informe: fase de inversión y montaje y fase de funcionamiento. El número de empleos generados debe interpretarse como la media anual de empleos y, por tanto, la duración de los empleos de la fase de inversión y montaje será de 6 años mientras que la duración de los empleos de la fase de funcionamiento será de 25 años.

## *2.2. Datos para el análisis: inversión y coeficientes técnicos*

El análisis de impacto requiere de dos inputs básicos: la inversión del proyecto y los coeficientes técnicos de la matriz de contabilidad social (SAM). Como se señala en el apartado anterior el primer paso consiste en calcular la inversión en la fase de construcción, y desglosarla por su origen geográfico y sectorial.

### **2.2.1. El vector de demanda**

El vector de demanda indica el incremento de la demanda debido a la construcción y el funcionamiento de la fuente de luz sincrotrón ALBA. El cuadro 2.1 contiene la distribución sectorial y geográfica de los gastos durante la fase de inversión y montaje.

Cuadro 2.1. Distribución sectorial y geográfica de la fase de inversión

Total	Catalunya	España	Extranjero
-------	-----------	--------	------------

Energía eléctrica, gas y agua	3,350,397	2,569,581	3,208,431	141,967
Industria de la madera y el cuero	131,369	131,369	131,369	0
Industria química	33,989	13,530	33,989	0
Metalúrgica y fabricación de productos metálicos	3,321,747	3,321,747	3,321,747	0
Máquinas y equipos mecánicos	6,224,945	6,224,945	6,224,945	0
Equipos eléctricos, electrónicos y ópticos	62,811,629	8,869,585	17,465,133	45,346,496
Industrias manufactureras diversas	2,186,803	981,646	1,544,242	642,561
Construcción	28,429,752	28,260,673	28,429,752	0
Comercio y reparación	452,711	203,720	407,440	45,271
Hostelería	860,138	387,062	774,124	86,014
Transportes y comunicaciones	221,258	115,791	202,082	19,176
Servicios empresariales	51,562,326	42,698,172	50,114,997	1,447,329
<b>TOTAL</b>	<b>159,587,064</b>	<b>93,777,821</b>	<b>111,858,251</b>	<b>47,728,813</b>

Cuadro 2.2. Proporción de la inversión según sector y área geográfica

	Catalunya	España	Extranjero
Energía eléctrica, gas y agua	76.69%	95.76%	4.24%
Industria de la madera y el cuero	100.00%	100.00%	0.00%
Industria química	39.81%	100.00%	0.00%
Metalúrgica y fabricación de productos metálicos	100.00%	100.00%	0.00%
Máquinas y equipos mecánicos	100.00%	100.00%	0.00%
Equipos eléctricos, electrónicos y ópticos	14.12%	27.81%	72.19%
Industrias manufactureras diversas	44.89%	70.62%	29.38%
Construcción	99.41%	100.00%	0.00%
Comercio y reparación	45.00%	90.00%	10.00%
Hostelería	45.00%	90.00%	10.00%
Transportes y comunicaciones	52.33%	91.33%	8.67%
Servicios empresariales	82.81%	97.19%	2.81%
<b>TOTAL</b>	<b>58.76%</b>	<b>70.09%</b>	<b>29.91%</b>

El cuadro 2.2 muestra que, en su conjunto, un 58,7% de la inversión final tendrá como origen empresas localizadas en Catalunya mientras aproximadamente un 30% serán empresas extranjeras. Como estaba ya previsto en las hipótesis utilizadas en el informe de 2003 la mayor parte de las

adquisiciones a empresas extranjeras se concentran en el sector eléctrico y electrónico. En contraste, y como también preveía el informe anterior, la mayor parte de la construcción y los servicios empresariales han estado vinculados a empresas catalanas.

Los cuadros 2.1 y 2.2 se pueden utilizar para calcular las diferencias respecto a los vectores de inversión utilizados en el informe de 2003 donde, como se ha señalado anteriormente, se tuvo que utilizar una larga batería de supuestos para asignar geográficamente los diferentes componentes de la inversión. En primer lugar hay que señalar que la inversión total distribuida (ver cuadro 2.1 y recordar que algunos elementos, como la adquisición de terrenos, no se contabilizan en el vector) ha aumentado<sup>32</sup> básicamente por la construcción de dos nuevas estaciones no previstas en el informe de 2003<sup>33</sup>. Por el contrario la proporción final de compras a empresas catalanas se ha reducido pasando del 61,2% de la previsión en 2003 al 58,7% obtenido a partir del análisis de los expedientes disponibles a mediados de 2010. La proporción asignada al conjunto de España también ha caído pasando del 75,4% (previsión 2003) al 70% (datos 2010). Esta información será importante a la hora de descomponer el cambio observado en los diferentes componentes del impacto. Básicamente, el porcentaje de la inversión localizada en Catalunya pierde 2,5 puntos porcentuales sobre el porcentaje de la inversión inicial en Catalunya (76,8 millones) y gana un 22,14% sobre la diferencia entre la inversión local inicial y la inversión calculada con los nuevos datos.

El vector de demanda durante la fase de funcionamiento también ha cambiado aunque las proporciones correspondientes a las diferentes áreas geográficas

---

<sup>32</sup> Ha pasado de 124.4 millones a 159.5 millones.

<sup>33</sup> También ha aumentado por una pequeña desviación sobre el coste presupuestado inicialmente.

se han modificado mínimamente: el nuevo informe supone que el 5% del “upgrading” y sustitución de los componentes principales tendrán un origen local. Lo mismo se supone sobre la aplicación de normas de seguridad. Por tanto los costes acumulados de funcionamiento se han distribuido geográficamente de manera muy similar a la que aparece en el informe de 2003. Los trabajadores, los servicios y los otros se han asignado como provisión local. En cuanto a la sustitución y actualización de componentes eléctricos y electrónicos se ha adoptado una hipótesis bastante conservadora: localmente será posible proveer solo el 10% de los componentes. Se supone además que un 65% de los componentes principales y un 70% de la aplicación de normas sobre seguridad y otros componentes podrán ser adquiridos en empresas españolas no locales.

Cuadro 2.3. Gasto durante la fase de funcionamiento (igual que el 1.3)

	Anual	2011-2035	% local	% España	Local	España
<b>Salarios</b>						
1.1. Profesionales	3,411,095	85,277,386	100	100	85,277,386	85,277,386
1.2. Personal de apoyo (soporte técnico)	2,842,580	71,064,489	100	100	71,064,489	71,064,489
1.3. Personal de gestión	852,774	21,319,347	100	100	21,319,347	21,319,347
					177,661,222	
<b>Servicios</b>						
2.1. Electricidad	2,653,074	66,326,856	100	100	66,326,856	66,326,856
2.2. Agua	631,684	15,792,109	100	100	15,792,109	15,792,109
2.3. Calefacción	75,802	1,895,053	100	100	1,895,053	1,895,053
2.4. Seguridad y otros	75,802	1,895,053	100	100	1,895,053	1,895,053
<b>Funcionamiento operativo</b>						
3.1. Componentes principales (upgrading y sustitución)	2,021,390	50,534,747	5	65	2.526.737	35,374,323
3.2. Aplicación normativa sobre seguridad	379,011	9,475,265	5	70	473.763	7,106,449
3.3. Otros componentes	1,263,369	31,584,217	10	75	3,158,422	23,688,163
<b>Otros</b>						
4.1. Viajes	315,842	7,896,054	100	100	7,896,054	7,896,054
4.2. Teléfono y comunicaciones	227,406	5,685,159	100	100	5,685,159	5,685,159
4.3. Servicios informáticos exteriores	189,505	4,737,633	100	100	4,737,633	4,737,633
<b>TOTAL</b>	14,939,335	373,483,368			288.048.060	348,058,073

En el caso de los gastos de funcionamiento el incremento del gasto anual es del 23% en términos nominales. Pero si se calcula en euros de 2003 la diferencia entre el gasto de funcionamiento anual utilizado en la estimación de 2003 y el gasto calculado en 2010 es tan solo del 2,94%.

### **2.2.2. La matriz de contabilidad social**

Además de la información sobre los vectores de inversión y gastos de funcionamiento, clasificados por el origen geográfico de los suministradores, es necesario contar con información sobre la estructura económica catalana. Los datos sobre los coeficientes técnicos de producción se han extraído de la Tabla Input-Output de la economía catalana (TIOC) de 2001, de la Contabilidad Regional y de Alcaide (2010). La TIO ofrece el detalle desagregado sectorialmente de las cuentas de producción, renta y gasto. Para cerrar el flujo circular de la renta hace falta datos sobre ingresos y gastos del sector privado, el sector exterior y el sector público así como de sus respectivos déficits o superávits (contribución al ahorro agregado de la comunidad). Con este objetivo se construyen matrices de contabilidad social (SAM) a partir de las tablas input-output. La primera SAM calculada a partir de la TIO-2001 de la economía catalana apareció en agosto de 2010<sup>34</sup>.

La TIO-2001 de Catalunya tiene un problema adicional: es una tabla por destino ampliada (TDA) no simétrica. La primera labor para calcular la matriz

---

<sup>34</sup> Agradecemos a la profesora de la URV María Llop que nos proporcionara la tabla con un nivel de desagregación superior (27 sectores) al que aparece en la publicación de *Annals of Regional Science* (que solo desagrega a 15 sectores).



de contabilidad social es convertir la TIOC en una matriz simétrica<sup>35</sup>. El cálculo supone estimar la matriz en dos pasos: primero se estima la tabla de recursos a precios básicos de la economía catalana para 2001. Con esta información se aplica el método RAS a los coeficientes de la matriz de recursos española. En un segundo paso se calcula la matriz simétrica utilizando la matriz extendida de IDESCAT y la matriz de recursos estimada en la primera etapa. En particular, la matriz de coeficientes técnicos de la matriz simétrica se deriva en dos pasos. En el primer paso se dividen los elementos de la matriz de usos por la producción doméstica de la industria que la absorbe. En un segundo paso la matriz resultante se pre-multiplica por la transpuesta de la matriz de participación,  $D: A=D'H$ . La matriz D se deriva de la tabla de recursos y sus elementos se calculan dividiendo cada producto por la producción de todos los productos<sup>36</sup>.

Llop (2010) muestra que los cambios en los multiplicadores sectoriales de la TIOC entre 1987 y 2001 son tanto negativos como positivos. Por tanto la capacidad de los sectores productivos catalanes para expandir la renta frente a shocks exógenos de la demanda depende en última instancia del sector donde se produce el cambio de demanda. En los multiplicadores del output se da la misma circunstancia. Por ejemplo el multiplicador de industrias diversas (sector 16) tiene una disminución del 43,32%; el multiplicador de energía eléctrica, gas y agua tiene una caída del 9,83% entre 1987 y 2010. Por contraposición el multiplicador del sector metalúrgico y de fabricación de materiales metálicos (sector 12) aumenta un 5,69%.

---

<sup>35</sup> Ver Llop (2010).

<sup>36</sup> Miller y Blair (2009).

Aunque todavía no existe un análisis detallado de la dirección general de los efectos, puesto que la construcción de la SAM catalana de 2001 es muy reciente, si que se observa una tendencia ya presente en las SAM anteriores de la economía catalana. Llop (2007) muestra que los multiplicadores son menores en la SAM catalana de 1994 que en la SAM catalana de 1990. La explicación es la contribución negativa de las transacciones input-output y la menor capacidad de generación renta. Esta tendencia parece haber continuado entre la SAM de 1994 y la de 2001. Asimismo, también muestra una tendencia al aumento del multiplicador del consumo privado.

### 2.3. Principales resultados

En esta sección se presentan los principales resultados sobre el impacto económico de la fuente de luz sincrotrón ALBA<sup>37</sup>. La fase de inversión se ha extendido hasta 2010 pero, para evitar dificultades en la siguiente sección de comparación con los resultados de 2003, el coste de la inversión se ha calculado a precios corrientes del año en el que se producen las compras. El coste de funcionamiento se ha calculado a precios de 2010 por lo que para hacer las comparaciones con el informe de 2003 se tendrá que homogeneizar a euros de 2003.

**Cuadro 2.4. El impacto económico del sincrotrón. Catalunya.**

Millones de euros de 2010.

	Inversión (2003-2010)	Funcionamiento (2011-2035)	Total (2003-2035)
Producción bruta	257	767	1.024
Valor añadido	121	371	492
Empleo	394	242	636

<sup>37</sup> El apartado 2.5 presenta los resultados detallados

Cuadro 2.5. El impacto económico del sincrotrón. España.

Millones de euros de 2010.

	Inversión (2003-2010)	Funcionamiento (2011-2035)	Total (2003-2035)
Producción bruta	301	898	1.199
Valor añadido	140	414	554
Empleo	447	269	716

El cuadro 2.4 muestra el impacto económico sobre la economía catalana. El impacto de la inversión sobre la producción total es de 257 millones de euros. El efecto multiplicador input-output es del orden de 1,70 euros (ver sección 2.5). Teniendo en cuenta el efecto multiplicador de la SAM, a partir de las diferentes rondas de impacto sobre la renta, el efecto adicional es de 1,05 para un efecto multiplicador total, tal y como aparece en el cuadro 2.1, de 2,75. Al igual que sucede, como veremos, con otros multiplicadores en la SAM de 2001, este valor es menor que el obtenido usando las tablas de 1987 donde el multiplicador de la producción total para la inversión era del 2,96. El efecto de los gastos de funcionamiento alcanza los 767 millones de euros de 2010 para un total en la suma del periodo de inversión y funcionamiento de 1.024 millones de euros.

El impacto sobre el valor añadido, o la producción final (PIB) es de 121 millones de euros en la fase de inversión y 371 millones en la fase de funcionamiento para un total de 492 millones. El impacto sobre el empleo es algo menor al calculado en 2003 pues los multiplicadores de empleo también han disminuido significativamente entre 1987 y 2001, lo que significa que para el mismo nivel de producción hacen falta menos empleados. Este informe sigue los principios del anterior y calcula el empleo como trabajadores por año y no empleo total. En la fase de inversión se calculan 394 empleos/año. Hay que señalar que aunque la fase de inversión se ha extendido hasta 2010 no se ha aumentado el

número de año a la hora de calcular los trabajadores por año y se han mantenido los seis años del informe original<sup>38</sup>. En la fase de funcionamiento se obtienen 240 empleos/año. El total del número de empleos se ha calculado en la tabla 2.1 como una simple suma de los empleos año del periodo de inversión y los empleos año de la fase de funcionamiento. Un cálculo homogéneo requeriría obtener los empleos anuales medios ponderados siguiendo la fórmula

$$EMP = \frac{(6 * N_{2003-2010} + 25 * N_{2011-2035})}{31}$$

El cálculo de la duración media de los empleos se realiza según la siguiente fórmula

$$DUR = \frac{(6 * N_{2003-2010} + 25 * N_{2011-2035})}{N_{2003-2010} + N_{2011-2005}}$$

El cuadro 2.5 muestra el impacto económico de la inversión y los gastos de funcionamiento atribuibles a efectos en Catalunya y el resto de España. La mayor parte del impacto se produce en Catalunya aunque una parte de los suministradores están localizados en el resto de España<sup>39</sup>. El efecto sobre la producción total aumenta hasta casi 1.200 millones de euros. El impacto sobre el valor añadido es de 140 millones en la fase de inversión y 414 millones en la fase de funcionamiento para un total de 554 millones. Finalmente, el empleo se sitúa en 447 trabajadores/año durante la fase de inversión, y 269 en la fase de funcionamiento.

---

<sup>38</sup> De esta forma la comparación con los resultados de 2003 también resulta más sencilla al mantener el mismo criterio y el mismo número de años de ambas fases.

<sup>39</sup> En principio se podría utilizar la SAM española para calcular el impacto de estos gastos. Sin embargo la cantidad es pequeña y la última SAM española es antigua por lo que es preferible usar la SAM catalana más reciente también para estos gastos.

## *2.4. Análisis de las diferencias de impacto económico entre 2003 y 2010*

Las diferencias observadas en el impacto económico utilizando los datos disponibles en 2003 y la información disponible en 2010 se basan fundamentalmente en dos elementos: las diferencias en el coste de la inversión en la fase de montaje, o los costes de funcionamiento en la fase operativa, y las diferencias en los coeficientes técnicos de la matriz input-output. Para comprender el origen de estas diferencias en este apartado se realiza una descomposición del cambio en el impacto económico en función de los dos componentes básicos de la estimación.

Debe notarse que además de los dos componentes anteriores existe otro posible motivo, con una influencia mucho menor, que explican las diferencias del impacto obtenido en el informe de 2003 frente al actual. El motivo más importante, al margen de los dos ya comentados, es que la distribución sectorial de la SAM de 2001 es diferente de la utilizada en la tabla de 1987. La razón fundamental de esta nueva clasificación es la adopción de la normativa SEC-95, que orienta la contabilidad nacional española y la nueva tabla input-output de Catalunya. La tabla de 1987 todavía utilizaba la clasificación de la CNAE. Por ejemplo, en 1987 los sectores de material eléctrico y material electrónico aparecían separados en la tabla a 27 sectores (industrias 9 y 10). Por contraposición, en la tabla de 2001 el sector eléctrico aparece agregado con el electrónico. Otro ejemplo: el sector de servicios inmobiliarios y alquileres y el sector de servicios a empresas aparecen separados en la tabla input-output de 1987. En la SAM de 2001 estos dos sectores aparecen dentro del

mismo sector. Por último el tratamiento del sector financiero es muy diferente en la tabla de 2001 frente a la tabla de 1987 (Llop 2010).

Ciertamente estas agregaciones afectan a los coeficientes técnicos, que serán una media ponderada del coeficiente técnico de ambos sectores, y en ese sentido se puede entender que está contemplada en la variación de los coeficientes técnicos. Pero a diferencia de los cambios habituales en los coeficientes técnicos, en este caso la modificación del coeficiente es consecuencia no sólo del cambio en la tecnología de producción sino también por el efecto de la agregación de los subsectores en un sector. Esto no tendría consecuencias si los coeficientes técnicos de los sectores agregados fueran idénticos. Pero hay pocos motivos para pensar que éste pueda ser el caso. Si los coeficientes son diferentes, como es previsible, solo si la proporción de los sectores en la inversión fuera la misma que en la tabla entonces no tendría efecto. De nuevo, ésta es una posibilidad remota.

En el apartado anterior se han comentado la relación entre los efectos multiplicador que se obtienen a partir de la matriz de contabilidad social de 2001 y los obtenidos a partir de la vieja tabla de 1987. Como se ha señalado el efecto final depende de los sectores que se ven más beneficiados por el aumento de la demanda causado por la inversión y los gastos de funcionamiento. También se ha apuntado que, en general, los multiplicadores son menores. Por tanto para realizar la descomposición es mejor simular que sucedería si la inversión/gastos de funcionamiento de 2003 se hubieran pasado por la nueva matriz de contabilidad social de 2001. Matemáticamente la descomposición planteada es la siguiente: el incremento/decremento del impacto económico se puede descomponer en una parte que depende del

cambio en los multiplicadores y otra parte que depende del cambio en la inversión/gastos de funcionamiento<sup>40</sup>.

$$\Delta IMPACTO_{10-03} = c_{01}INV_{10} - c_{87}INV_{03} = c_{01}(INV_{10} - INV_{03}) + INV_{03}(c_{01} - c_{87})$$

Por tanto el cambio en el impacto entre el estudio actual y el de 2003 es la diferencia entre el producto de los multiplicadores a partir de la tabla de 2001 por la inversión según la previsión en 2010 menos el vector de multiplicadores de la SAM de 1987 por la inversión prevista en 2003, fecha del estudio original. Esta diferencia puede descomponerse en el efecto del cambio en la previsión de inversión más el efecto del cambio en los vectores multiplicadores por la inversión prevista en 2003. Para obtener esta descomposición es necesario simular el impacto económico que se produciría si aplicáramos a la previsión de inversión/gastos de funcionamiento de 2003 el vector de multiplicadores de la nueva matriz de contabilidad social de 2001, que es el único componente de la ecuación anterior que es desconocido. Otro ajuste necesario es calcular el impacto de los gastos de funcionamiento a precios de 2003 puesto que, caso contrario, parte del cambio sería causado por la inflación y no por los dos componentes básicos. Por tanto, para evitar confundir el efecto de la inflación con los efectos reales del cambio de los multiplicadores o del cambio en la inversión/gastos de funcionamiento, se han calculado los impactos utilizando el vector deflactado del gasto de funcionamiento<sup>41</sup>.

---

<sup>40</sup> Nótese que el cambio en el volumen de la inversión no es el único factor que influye en esta parte puesto que la asignación geográfica también ha cambiado desde la previsión que se hizo en el estudio de 2003. Por tanto, en el concepto de cambio en la inversión se incluye no solo el cambio en el volumen sino también las diferencias de origen geográfico.

<sup>41</sup> En la descomposición del cambio en el impacto de la inversión puede haber un pequeño efecto inflación dado que la previsión de coste de la fase de montaje no se ha ajustado por la inflación en función del momento de la compra. Este efecto debe ser, en todo caso, muy pequeño como se puede comprobar por la mínima desviación que se ha producido en el coste de la inversión frente al presupuesto inicial.

Para simplificar la interpretación los cuadros 2.6 a 2.8 presentan los cambios porcentuales respecto al valor de informe original para la inversión/gasto en Catalunya<sup>42</sup>. Los resultados que se presentan en los cuadros confirman básicamente la intuición a partir de los cambios de coeficiente y de la inversión/gasto comentados en las anteriores secciones. La caída, o incremento más moderado, del impacto se produce por el efecto negativo de los nuevos multiplicadores. El multiplicador de la producción bruta tiene una caída muy inferior al que presenta el valor añadido o el empleo. En el caso del valor añadido y el empleo ya se ha explicado con anterioridad los motivos de este cambio. En el caso de la producción bruta la utilización de una proporción mayor de inputs intermedios puede explicar una caída menor que en el caso del empleo.

La inversión/gasto tiene un efecto positivo en todos los casos. Además la inversión en la fase de montaje tiene un impacto incremental mucho mayor que el gasto en la fase de funcionamiento (recordemos que el gasto deflactado aumenta poco respecto al previsto inicialmente).

El cambio final sobre la producción total es positivo aunque pequeño (4,5%). La mayor parte del incremento se debe al aumento de la inversión, que habría sido mucho mayor de no ser por la caída de los multiplicadores (un -10,1% en términos sectoriales ponderados). El valor añadido total cae significativamente (un 13,4%) como consecuencia fundamentalmente del efecto del cambio de los coeficientes del valor añadido, que son muy inferiores a los calculados a partir de la tabla input-output de 1987. Parte de esta disminución de los multiplicadores renta, que ya se había comentado en secciones anteriores, se

---

<sup>42</sup> Se puede realizar el mismo ejercicio con las tablas relativas al impacto sobre el conjunto de España pero los resultados serán muy similares dado que se presentan en términos proporcionales.



debe al aumento del contenido intersectorial (que afecta positivamente a la producción total como hemos visto en el caso anterior) y al aumento del contenido de importaciones en la producción sectorial (que obviamente no computa como valor añadido interior).

**Cuadro 2.6. Cambio porcentual causado por el cambio en los coeficientes técnicos.**

	<b>Inversión (2003-2010)</b>	<b>Funcionamiento (2011-2035)</b>	<b>Total (2003-2035)</b>
Producción bruta	-10,13%	-3,16%	-4,78%
Valor añadido	-24,39%	-19,73%	-20,88%
Empleo	-31,03%	-2,54%	-20,56%

**Cuadro 2.7. Cambio porcentual causado por el cambio en la inversión/gasto.**

	<b>Inversión (2003-2010)</b>	<b>Funcionamiento (2011-2035)</b>	<b>Total (2003-2035)</b>
Producción bruta	23,35%	4,27%	9,33%
Valor añadido	22,76%	2,40%	7,43%
Empleo	28,08%	4,24%	19,31%

**Cuadro 2.8. Cambio porcentual total.**

	<b>Inversión (2003-2010)</b>	<b>Funcionamiento (2011-2035)</b>	<b>Total (2003-2035)</b>
Producción bruta	13,22%	1,11%	4,55%
Valor añadido	-1,63%	-17,33%	-13,45%
Empleo	-2,96%	1,69%	-1,25%

El empleo también sufre una pequeña caída explicada, como en los otros casos, por la caída en los multiplicadores del empleo. El aumento de la inversión y los gastos de funcionamiento suponen un aumento pequeño que es más que compensado por la reducción de los multiplicadores.

## 2.5. Resultados detallados

Los cuadros 2.9-2.20 presentan los resultados detallados del impacto económico de la inversión y el funcionamiento de la fuente de luz sincrotrón ALBA sobre la producción total, el valor añadido y el empleo. Las tablas aparecen por área geográfica (Catalunya y España) y con los impactos distribuidos por sectores productivos. Los resultados resumidos aparecían en el apartado anterior. El punto más destacable de estas tablas es el aumento del efecto inducido frente al efecto directo e indirecto. El motivo principal es el aumento de los coeficientes de consumo en la nueva matriz SAM de 2001.

**Cuadro 2.9. Impacto sobre la producción total  
Fase inversión y montaje. Catalunya.**

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
Agricultura	67	236	3.758	4.061
Energía	4.471	2.439	5.334	12.244
Industria	35.860	11.686	27.453	74.999
Construcción	34.213	2.256	2.073	38.542
Servicios	58.673	9.633	59.201	127.507
<b>Total</b>	<b>133.284</b>	<b>26.249</b>	<b>97.819</b>	<b>257.352</b>

**Cuadro 2.10. Impacto sobre la producción total  
Fase inversión y montaje. España.**

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
Agricultura	82	285	4.336	4.703
Energía	5.452	2.778	6.154	14.384
Industria	48.394	13.680	31.674	93.748
Construcción	34.685	2.491	2.392	39.568
Servicios	69.498	11.254	68.304	149.057
<b>Total</b>	<b>158.110</b>	<b>30.489</b>	<b>112.860</b>	<b>301.460</b>

**Cuadro 2.11. Impacto sobre el valor añadido  
Fase inversión y montaje. Catalunya.**

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
Agricultura	0	0	0	0
Energía	1.203	225	888	2.315
Industria	6.580	1.560	5.195	13.335
Construcción	21.240	4.357	16.376	41.973
Servicios	34.659	4.215	25.164	64.037
<b>Total</b>	<b>63.682</b>	<b>10.356</b>	<b>47.622</b>	<b>121.660</b>

**Cuadro 2.12. Impacto sobre el valor añadido  
Fase inversión y montaje. España.**

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
Agricultura	0	0	0	0
Energía	1.502	280	1.108	2.891
Industria	9.415	2.337	7.493	19.245
Construcción	21.367	4.383	16.474	42.224
Servicios	41.126	5.010	29.870	76.006
<b>Total</b>	<b>73.410</b>	<b>12.010</b>	<b>54.945</b>	<b>140.366</b>

**Cuadro 2.13. Impacto sobre el empleo.  
Fase inversión y montaje. Catalunya.**

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
Agricultura	0	0	0	0
Industria y energía	16	14	23	53
Construcción	64	39	61	164
Servicios	53	31	94	178
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>84</b>	<b>178</b>	<b>394</b>

**Cuadro 2.14. Impacto sobre el empleo.  
Fase de inversión y montaje. España.**

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
Agricultura	0	0	0	0
Industria y energía	19	20	32	71
Construcción	64	39	61	165
Servicios	63	37	111	212
<b>Total</b>	<b>147</b>	<b>96</b>	<b>205</b>	<b>447</b>

**Cuadro 2.15. Impacto sobre la producción total (miles de euros 2010)  
Funcionamiento. Catalunya.**

	<b>Directo</b>	<b>Indirecto</b>	<b>Inducido</b>	<b>Total</b>
Agricultura	277	752	11.456	12.485
Energía	111.544	11.729	16.260	139.534
Industria	25.761	22.798	83.692	132.251
Construcción	9.587	6.391	6.320	22.299
Servicios	252.993	27.732	180.480	461.205
<b>Total</b>	<b>400163</b>	<b>69.403</b>	<b>298.210</b>	<b>767.777</b>

**Cuadro 2.16. Impacto sobre la producción total (miles de euros 2010)  
Funcionamiento. España.**

	<b>Directo</b>	<b>Indirecto</b>	<b>Inducido</b>	<b>Total</b>
Agricultura	284	845	12.789	13.918
Energía	111.816	12.511	18.152	142.479
Industria	94.783	30.483	93.427	218.693
Construcción	10.004	6.924	7.056	23.984
Servicios	265.254	32.253	201.473	498.980
<b>Total</b>	<b>482.140</b>	<b>83.016</b>	<b>332.897</b>	<b>898.054</b>

**Cuadro 2.17. Impacto sobre el valor añadido (miles de euros 2010)  
Funcionamiento. Catalunya.**

	<b>Directo</b>	<b>Indirecto</b>	<b>Inducido</b>	<b>Total</b>
Agricultura	0	0	0	0
Energía	39.338	7.343	29.022	75.703
Industria	1713	467	1389	3.570
Construcción	0	0	0	0
Servicios	157.722	19.452	114.770	291.946
<b>Total</b>	<b>198.774</b>	<b>27.263</b>	<b>145.181</b>	<b>371.219</b>

**Cuadro 2.18. Impacto sobre el valor añadido (miles de euros 2010)  
Funcionamiento. España.**

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
Agricultura	0	0	0	0
Energía	39.338	7.343	29.022	75.703
Industria	17.799	4.855	14.433	37.088
Construcción	0	0	0	0
Servicios	163.019	20.095	118.614	301.728
<b>Total</b>	<b>220.156</b>	<b>32.294</b>	<b>162.069</b>	<b>414.519</b>

**Cuadro 2.19. Impacto sobre el empleo.  
Funcionamiento. Catalunya.**

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
Agricultura	0	0	0	0
Industria y energía	6	12	27	45
Construcción	0	0	0	0
Servicios	59	35	102	196
<b>Total</b>	<b>65</b>	<b>46</b>	<b>129</b>	<b>240</b>

**Cuadro 2.20. Impacto sobre el empleo.  
Funcionamiento. España.**

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
Agricultura	0	0	0	0
Industria y energía	9	20	39	67
Construcción	0	0	0	0
Servicios	61	36	106	203
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>55</b>	<b>145</b>	<b>269</b>

## APÉNDICE: METODOLOGÍA INPUT-OUTPUT

La decisión de promover un proyecto de inversión de gran alcance puede tener efectos trascendentales en la generación de actividad económica y en la creación de empleo. La nueva inversión, que inicialmente adopta una expresión monetaria, se traduce en nueva demanda de bienes finales que, en el proceso de ser producidos, genera actividad económica que beneficia al conjunto de todos los participantes en la economía:

- beneficia a las empresas o sectores productivos, que ven su cartera de pedidos ampliada y su horizonte productivo garantizado, beneficia a los factores de producción, y por extensión las familias, que ven sus rentas aumentadas bien sea como consecuencia de la creación de nuevos empleos o por la obtención de nuevas rentas no salariales (rentas del capital).
- beneficia a las administraciones públicas, que con el aumento de la actividad económica verán su ingreso fiscal aumentado tanto por el incremento de la imposición indirecta (IVA y cuotas a la seguridad social) como la directa (renta personal y renta de las sociedades) pero también por el aumento de tributos ligados a la posible nueva creación de empresas (IAE).

Centrándonos exclusivamente en aquellos aspectos económicos que afectan a la esfera privada de la sociedad, la evaluación del impacto económico de un nuevo proyecto de inversión exige evaluar y cuantificar los efectos que se producirán sobre:

- los niveles de actividad (output) total y final de los sectores productivos
- las rentas de los factores o valor añadido,
- el empleo.

La evaluación cuantitativa de estos efectos económicos debe ser clasificada en función de criterios de desagregación sectorial y geográfica.

El tratamiento clásico en la evaluación del impacto económico de un proyecto de inversión se basa en el uso de las tablas input-output. Las tablas recogen de manera desagregada información sobre:

- las transacciones intermedias de bienes y servicios entre los sectores productivos de una economía,
- las compras finales de bienes y servicios por parte de los consumidores, las empresas, el sector público y el sector exterior -- en forma de exportaciones.
- los pagos de las empresas a los factores primarios, al sector público (en forma de imposición) y al sector exterior.

Con esta información estadística es posible desarrollar un modelo microeconómico input-output de la economía en el que las variaciones en el nivel global de actividad económica de los sectores productivos están explicadas por las variaciones que se producen en las demandas finales, con una particularidad destacable, las interdependencias sectoriales permiten computar el efecto cruzado de un cambio en la demanda final del bien o servicio ofrecido por un sector sobre el índice de actividad global del resto de sectores. El efecto concreto sobre un sector dependerá naturalmente de la estructura que adopte su tecnología de producción en relación a los bienes y servicios necesarios en su actividad productiva pero que son producidos y provienen del resto de sectores.

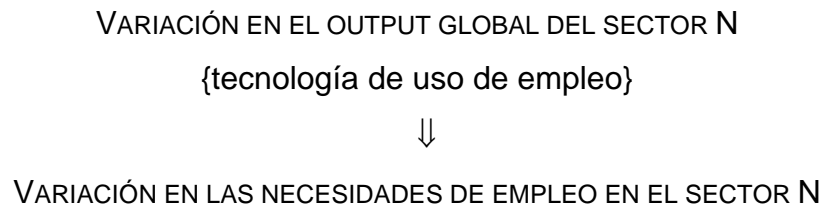
Esta relación entre output global y demanda final se puede representar por:

VARIACIÓN EN LA DEMANDA FINAL DIRIGIDA AL SECTOR M  
{tecnología de transformación de inputs en outputs}



VARIACIÓN EN EL OUTPUT GLOBAL DEL SECTOR N

Por otra parte, la producción requiere además el uso de factores primarios, en particular trabajo. Al existir una relación entre las necesidades de empleo de un sector y su output es asimismo posible determinar el impacto sobre el empleo de un cambio en la demanda final de bienes y servicios:



La ventaja fundamental del análisis input-output es su capacidad para:

- medir el efecto de la interdependencia productiva entre sectores,
- distinguir el impacto *directo* del impacto *indirecto*.

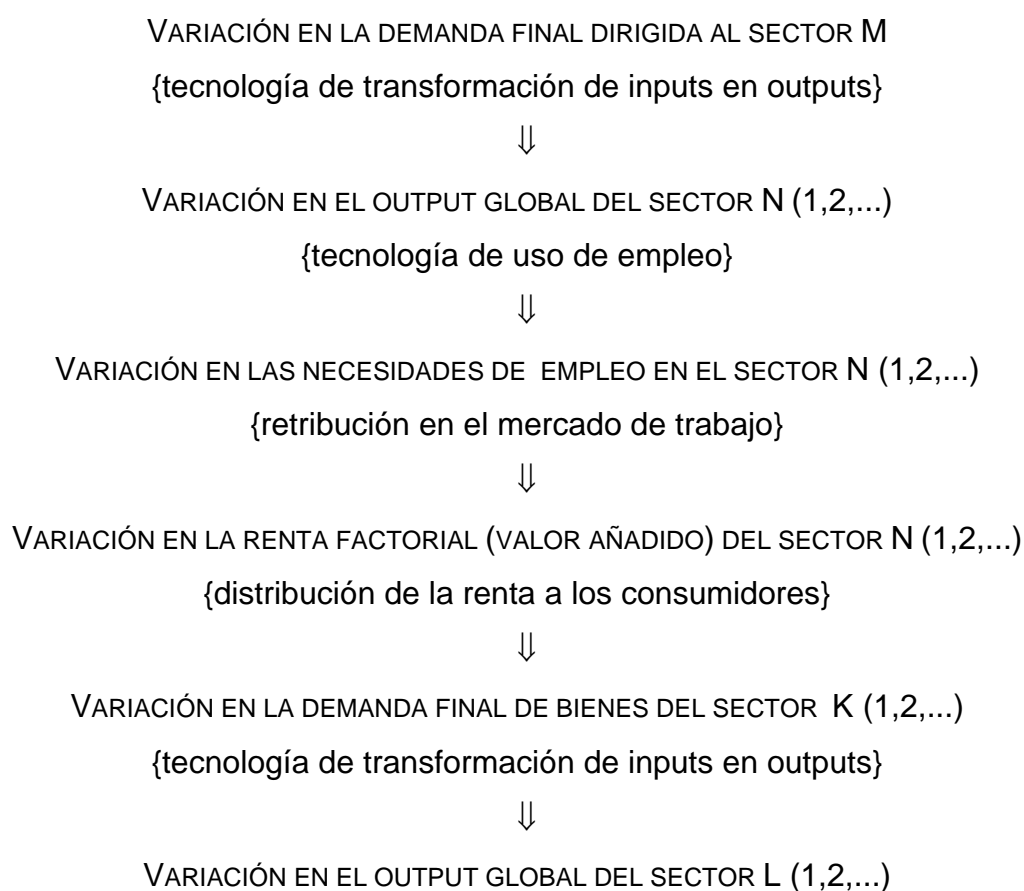
El impacto *directo* mide el efecto sobre la actividad de un sector de tener que ajustar su producción para satisfacer los nuevos niveles de demanda final. El impacto *indirecto* mide, en contraste, los ajustes en los niveles de producción de los sectores en respuesta a las nuevas demandas de inputs que son necesarias para poder acomodar el nivel de producción del sector en el que originalmente recae la nueva demanda final. Puesto que cada sector proveedor de inputs requiere asimismo inputs del resto de sectores, el impacto *indirecto* capta el ajuste secuencial de todos los sectores para satisfacer mutuamente sus necesidades de inputs en respuesta a los cambios promovidos en la demanda final.

Una limitación del análisis input-output clásico es que corta la secuencia de influencias en la generación de rentas factoriales. Sin embargo, el flujo circular de la renta en el mundo real no se detiene en esta etapa. Antes al contrario, la generación de nuevas rentas contribuye a una ampliación de la capacidad adquisitiva de los consumidores receptores de las nuevas rentas y por consiguiente en un efecto adicional sobre la demanda final. Para superar esta



limitación hemos expandido el modelo microeconómico para incluir el efecto retroactivo de la generación de rentas sobre la financiación de nuevas compras y de éstas sobre el nivel de actividad de los sectores productivos. Esta ampliación del modelo de base, a fin y efecto de introducir de forma más completa el flujo circular de la renta, se materializa en el denominado modelo SAM de la economía (SAM: *Social Accounting Matrix*) y genera los llamados multiplicadores tipo II.

El nuevo esquema completo adopta el siguiente formato:



Obsérvese que la última fase del proceso anterior reconduce a la economía a reproducir el esquema inicial que conduce desde la demanda final hasta la renta factorial. Este efecto retroactivo actuará hasta que la economía ajuste sus niveles globales de output para poder satisfacer las demandas inducidas por la generación de rentas. Por este motivo, el efecto adicional se denomina

efecto *inducido* y mide el impacto que el crecimiento de las rentas ejerce, vía demanda, sobre los niveles de actividad.

La distinción del impacto global producido por el proyecto, en términos de impacto, *directo*, *indirecto* e *inducido*, ofrece una visión detallada del mecanismo económico de transmisión de influencias y las esferas en que éstas se materializan.

### **Un análisis formal de la metodología input-output.**

Las bondades, dificultades y aplicaciones de las tablas input-output son de sobra conocidas entre la mayor parte de los economistas. No obstante, los desarrollos y extensiones de la teoría a fin de incorporar relaciones de interdependencia más complejas son menos conocidos y por ello parece recomendable, aunque sea con brevedad, ofrecer un repaso de los aspectos más analíticos de las metodologías de cálculo empleadas.

Las tablas input-output recogen los flujos de transacciones intersectoriales o intermedias en una determinada región o país para un año concreto, así como los distintos vectores de la demanda final y los inputs primarios. A partir de la información contenida en la tabla se determinan los valores de los coeficientes técnicos que describen la tecnología, es decir, las posibilidades de producción de la economía.

La tecnología está descrita por una matriz cuadrada  $A$  de coeficientes técnicos y un par de vectores de coeficientes de uso de trabajo y de capital,  $(l, k)$ . La dimensión de  $A$  y de los vectores  $l$  y  $k$  se corresponde con el número de sectores productivos en la economía.

Partiendo de la identidad contable:

$$\text{PRODUCCIÓN TOTAL} = \text{PRODUCCIÓN INTERMEDIA} + \text{PRODUCCIÓN FINAL}$$

se demuestra que esta relación puede escribirse como:

$$X = A X + D$$

de donde se obtiene:

$$X = (I - A)^{-1} D$$

donde  $X$  es el vector de la producción total y  $D$  es el vector de la demanda o producción final. En consecuencia, el ajuste de los niveles totales de output según los cambios en la demanda final está gobernado por la expresión:

$$\Delta X = (I - A)^{-1} \Delta D$$

La matriz  $(I - A)^{-1}$  se denomina matriz de multiplicadores y mide el impacto de interdependencia, *directo e indirecto*, ejercido sobre todos los sectores en respuesta a un cambio en la demanda final de un sector concreto.

En contraste con la metodología input-output, que omite las interdependencias que se manifiestan en el flujo circular de la renta desde los sectores productivos hacia las rentas de los factores y de éstas hacia el gasto de los agentes, la metodología SAM (*Social Accounting Matrix*) incorpora todos los flujos y capta los efectos de retroalimentación que nuevamente se producen desde los agentes receptores de rentas hacia los sectores productivos. Una SAM es una tabla de doble entrada en la que aparecen reflejados todos los ingresos y gastos de todos los agentes e instituciones de la economía y, por consiguiente, incluye a la tabla input-output como una de sus piezas informacionales. Las cuentas de una SAM se clasifican en endógenas y exógenas. Supongamos que el total de cuentas  $N$  se particiona en  $m$  cuentas endógenas y  $k$  exógenas y que denotamos por  $X_m$  y  $X_k$  los niveles de output, renta o gasto (según el tipo de sector o agente que se considere) de las cuentas endógenas y exógenas.

Si normalizamos por columnas todos los flujos que aparecen en una SAM se demuestra que se satisface la relación

$$\begin{bmatrix} X_m \\ X_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{mm} & A_{mk} \\ A_{km} & A_{kk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ X_k \end{bmatrix}$$

expresión en la que las submatrices  $A$  representan los coeficientes normalizados de la SAM. Resolviendo para los niveles de las cuentas endógenas se obtiene:

$$\begin{aligned} X_m &= A_{mm} X_m + A_{mk} X_k \\ X_m &= (I - A_{mm})^{-1} A_{mk} X_k = M_a Z \end{aligned}$$

donde  $M_a = (I - A_{mm})^{-1}$  es la matriz de multiplicadores SAM. Si el índice  $m$  se corresponde con el número de sectores productivos de la tabla input-output, la matriz  $M_a$  coincide con la matriz clásica  $M_s$  de multiplicadores simples del modelo input-output. Si escogemos  $m$  de tal manera que las actividades de consumo se consideran endógenas la matriz  $M_a$  será de dimensión mayor que la matriz  $M_s$  y, por tanto, no serán directamente comparables. No obstante, podemos truncar la matriz  $M_a$  sobre su diagonal principal para que coincida en dimensión con  $M_s$  y sean comparables. Abusaremos del lenguaje y seguiremos llamando por el mismo nombre a la matriz truncada. Puesto que  $M_s$  capta también el efecto de retroalimentación del consumo sobre la producción, es decir, el impacto total sobre los niveles de actividad, podemos proceder a su descomposición según deseemos explicar el impacto directo, el indirecto o el inducido.

La diferencia entre las matrices de multiplicadores ( $M_a - M_s$ ) mide el impacto inducido, mientras que el impacto directo e indirecto está medido por  $M_s$ . Este, a su vez, puede descomponerse en impacto directo, medido por  $I+A$ , y en impacto indirecto medido por la diferencia  $M_s-I-A$ , donde  $I$  es una matriz identidad.

Cada elemento genérico  $(i,j)$  de la matrices  $M_s$  y  $M_a$  indica el incremento en la producción total del sector  $i$  necesario para satisfacer un incremento de una unidad en la demanda final del sector  $j$ , en el primer caso sin contemplar los efectos de retroalimentación del consumo, en el segundo caso contemplándolos.

Una vez determinados los multiplicadores se utiliza la información sobre los coeficientes técnicos de trabajo, que miden los requerimientos de empleo por unidad de producción, para calcular el efecto sobre el empleo de un cambio en la demanda final. De forma similar, se usa la información sobre el valor añadido unitario (salarios y otras rentas, principalmente rentas del capital) para calcular el efecto sobre el valor añadido. Como antes, es posible desglosar el impacto total en impacto directo, indirecto e inducido según tengamos en cuenta los efectos directos e indirectos de incrementos en la demanda final y los efectos adicionales inducidos por el aumento de las rentas. A título de ejemplo, la variación en el empleo  $\Delta E$  necesaria para acomodar un incremento de la demanda final se expresa por:

$$\Delta E = l\Delta D + l(M_s - I)\Delta D + l(M_a - M_s)\Delta D$$

En el caso del valor añadido la distribución de los impactos es mejor hacerla entre el efecto demanda (el asociado al vector de demanda ya sea la inversión de la fase inicial o los gastos de funcionamiento) y el efecto renta. Por tanto, aunque se presentan tablas dividiendo los efectos de la misma manera que en la producción, se comenta solo el efecto total y el conjunto de la inversión.

## REFERENCIAS

Alcaide, P. (2010), "Avance de las magnitudes económicas españolas en 2009 y serie provisional del Balance Económico Regional. Años 2000-2009," *Cuadernos de Información Económica*, 214, 1-29.

ALS (2009), *The Advanced Light Source strategic plan: 2009-2016*.

ALS (2009), Facility report and facts and figures.

Alvarez Paz, Manuel (2007), El hormigón pesado en el marco del proyecto sincrotrón, mimeo

CBRE Consulting (2010), *Berkeley Lab: Economic Impact Study*.

ESRF (2010), ESRF Highlights 2009.

European Commission (2008), *Guide to cost-benefit analysis of investment projects*.

Eurostat (2008), *Eurostat manual of supply, use and input output tables*, version 2008.

García-Montalvo, J. (2003) (Director), *Análisis coste-beneficio y estudio de impacto económico de una fuente de luz de sincrotrón en el Vallès Occidental*.

García-Montalvo, J. y J. Raya (2005), "Potenciant la nova economia a Catalunya: una anàlisi econòmica de la font de llum de sincrotró del Vallès (ALBA)," *Coneixement i Societat*, 9, 32-59.

García Montalvo, José (2005), Los graduados universitarios y el mercado laboral: el ajuste temporal y competencial entre egresados y empresas, mimeo.

IDESCAT (2007), *Taules input-output de Catalunya 2001*.

Llop, M. (2007), "Anàlisi comparative temporal dels multiplicadors input-output de l'economia catalane: 1987 versus 2001," *Nota d'Economia*, 133-144.

Llop, M. (2007), "Comparing multipliers in the social accounting matrix framework: the case of Catalonia," *Environmental and Planning A*, 39, 2020-2029.

Llop, M. (2010), "The role of saving and investment in a SAM price model," *Annals of Regional Science*, publicado online el 24 de agosto de 2010.

Miller, R. y P. Blair (2009), *Input-output analysis: foundations and extensions*, Cambridge University Press.

National Synchrotron Light Source (2006), Five year plan (FY 2007-2011).

Riera, P. i M. Medrano (2002), *Impacto Socioeconómico del Proyecto ITER en España*, mimeo.

Rubio-Zuazo, J. y G. Castro (2008), "SpLine: Spanish BM25 CRG X-ray beamline at the European Synchrotron Radiation Facility," mimeo.