



## REPERCUSIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LAS DISTINTAS FASES PRODUCTIVAS DE LOS PROCESOS EDIFICATORIOS SEGÚN SU GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN

**Autores: R. Carabaño (1), S. Hernando (1), C. Bedoya (1)**

(1) Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. Avenida Juan de Herrera 4, 28040 Madrid. [rocio.carabano@upm](mailto:rocio.carabano@upm).

### RESUMEN

Con el nuevo Reglamento de Productos de Construcción [1] que obliga a los fabricantes de éstos productos a tener su correspondiente estudio medioambiental, los profesionales del sector debemos prescribir y diseñar teniendo en cuenta, no solo el impacto que se genera en la fabricación de los productos, sino en todas las fases del proceso constructivo, incluida la fase de ejecución, uso, mantenimiento y fin de vida.

Los múltiples estudios de análisis de ciclo de vida que se están generando de los distintos productos de la construcción, pueden facilitar una serie de pautas para poder establecer nuevos criterios de mejora de la calidad de nuestras edificaciones. Para lograr este objetivo se analiza, de forma comparativa, la repercusión de las distintas fases del proceso productivo del edificio según el grado de industrialización del mismo.

Los estudios comparativos sobre el cumplimiento de la sostenibilidad de los distintos productos o sistemas de la construcción revelan que aquellos que poseen un alto grado de industrialización, tienen un mayor grado de sostenibilidad, por ello existe una tendencia clara a la hora de introducir estos sistemas en los procesos edificatorios.

### ABSTRACT

According to the new regulations [1] that force construction materials manufacturers to have the corresponding environmental studies, we professionals in this sector must prescribe construction materials and design buildings thinking of not only the environmental impact produced during the manufacturing process, but all the different stages in the construction process, including the execution, usage, maintenance and demolition stages.

There are a number of studies about life cycle assessment appearing about different construction materials that can provide a series of guidelines to establish new criteria that improve our buildings' quality. In order to reach this goal, we analyze following a comparison method, the effects caused by the different stages in the building's manufacturing process according to its industrialization degree.

The comparative studies about the different products or construction systems sustainability compliance show that those possessing a higher industrialization degree are more sustainable. Therefore there is an evident trend to bring these systems in the construction processes.

**Keywords: ACV, impacto ambiental, productos de construcción, construcción industrializada, sostenibilidad.**

# 1 INTRODUCCIÓN

El nuevo Reglamento de Productos de Construcción [1] que anula y sustituye a la que hasta entonces ha sido la Directiva de Productos de Construcción [2], establece especificaciones técnicas armonizadas para la evaluación de las prestaciones de los productos de construcción, haciendo que se supriman las barreras técnicas a nivel europeo.

Estas especificaciones, además de incluir ensayos, cálculos y otros medios definidos en normas armonizadas y documentos de evaluación europeos, establecen disposiciones con requisitos relativos a la evaluación de las prestaciones de un producto de construcción, teniendo en cuenta la salud, la durabilidad, la economía energética, la protección del medio ambiente y los aspectos económicos, relacionados todos ellos con el uso del producto durante todo su ciclo de vida.

Los requisitos relativos al comportamiento medioambiental de cada producto darán información cuantitativa de los impactos ambientales que genera el producto a lo largo de su ciclo de vida reuniéndose, la mayoría de ocasiones y de forma más amplia, en los etiquetados del producto o en las Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) [3,4]. Estos documentos, que serán de uso público, permitirán que los profesionales del sector podamos prescribir el material que mejor se adecúe a las necesidades concretas en cada proyecto, además de por sus prestaciones técnicas, por el impacto ambiental que genera cada uno de ellos.

Aunque uno de los requisitos básicos sobre la utilización sostenible de los recursos naturales, debe tener en cuenta las posibilidades de reciclado de las obras de construcción y de sus materiales después del derribo, debemos indicar que en las DAP, cuya información se genera mediante la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), solo es obligatorio declarar los módulos de la etapa de producto (A1-A3). El resto de módulos de los que se compone un estudio de ciclo de vida de la “cuna a tumba” (fig. 1) será opcional [5], por lo que creemos que difícilmente se pondrá a disposición del prescriptor la información relacionada con el resto de módulos y por consiguiente, seguirá habiendo dificultades a la hora de analizar la sostenibilidad global en una construcción.

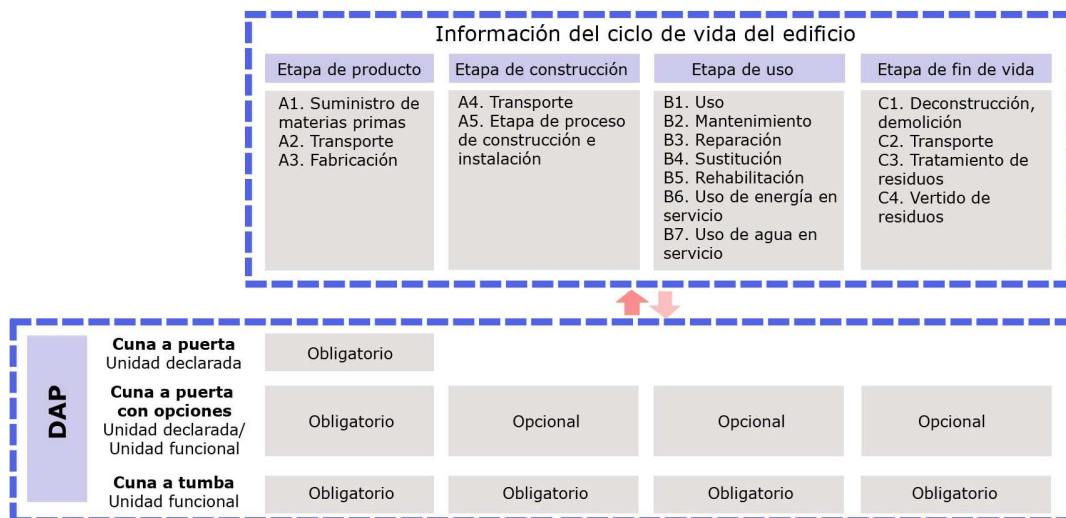


fig. 1 “Tipos de DAP en función de las etapas del ciclo de vida cubiertas, y etapas del ciclo de vida y módulos para la evaluación de edificios (UNE-EN 15804)”.

## 2 EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA COMO METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Según el World Watch Institute [6], el sector de la construcción consume el 25% de las extracciones de recursos de la litosfera, necesita más de 2 T de materias primas por cada m<sup>2</sup> de vivienda que construimos, la cantidad de energía asociada a la fabricación de los materiales que componen una vivienda es 1/3 del consumo energético de una familia durante un periodo de 50 años y la producción de residuos de construcción y demolición supera la tonelada anual por habitante.

Con la metodología de ACV aplicada a la edificación, se puede conocer las consecuencias ambientales derivadas del impacto de la construcción. La norma ISO 14040:2006 [7] establece que “el ACV es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto, lo cual se efectúa recopilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”.

Según esta definición, el ACV es una herramienta que, para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, debe tener en cuenta el ciclo completo del mismo, es decir, no solo debemos centrarnos en el proceso individual del producto, sino también establecer los parámetros y el radio de acción de todas las actividades previas y posteriores que el producto origina [8].

Este tipo de estudios ayudan a la reducción del impacto ambiental del sector en cuanto al control del consumo de recursos, la reducción de las emisiones contaminantes, y la minimización y la correcta gestión de los residuos que se generan a lo largo del proceso constructivo. Sin embargo, para poder conseguir nuestro objetivo y contribuir al progreso sin dañar el planeta, será imprescindible contar con la colaboración del conjunto de agentes que intervienen en las diferentes etapas del ciclo de vida de una obra de construcción (desde la extracción de las materias primas, hasta la demolición de un edificio y su posible reciclaje), considerar los residuos como un bien, es decir, aprovecharlos como materia prima mediante reciclaje o reutilización, e incorporarlos de nuevo en el proceso productivo, imitando en cierto modo a los ciclos naturales [9].

El ACV se compone de una serie de etapas interrelacionadas entre ellas (fig. 2) y que son: definición de objetivos y alcance, análisis de inventario, evaluación de impacto y análisis de mejoras o interpretación de los resultados.

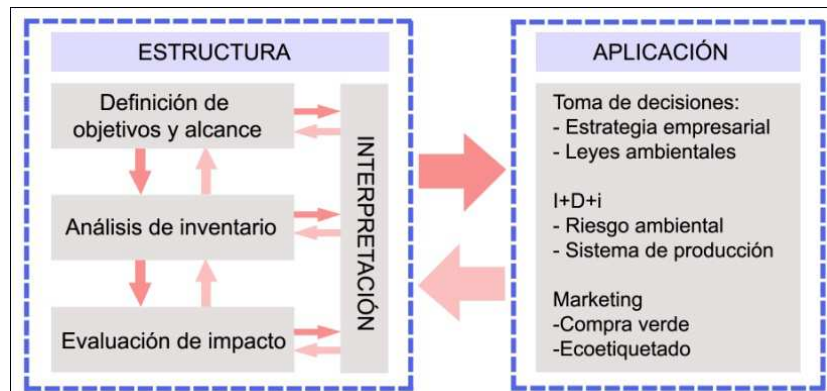


Fig. 2 “Etapas del Análisis de Ciclo de Vida y aplicaciones (ISO14040:2006)”

## 2.1 El ACV como gestión ambiental de productos

El ACV es una herramienta de información que, por sí sola, tiene poca utilidad para las empresas. Por eso es esencial ligarlo al ecodiseño (mejora) y/o a las Declaraciones Ambientales de Producto (comunicación), dentro de lo que se acuña como Gestión de Ciclo de Vida [10,11].

La principal función del ACV, como ya se ha comentado, es la de brindar soporte para tomar las decisiones que se relacionan con productos o servicios y más específicamente, la de conocer las posibles consecuencias ambientales relacionadas con el uso de un producto o con la configuración y utilización de un servicio. Por supuesto, diferentes tipos de decisiones requieren diferentes herramientas de decisión. Por ejemplo, seleccionar un lugar idóneo para construir una determinada planta industrial es una decisión que se basa en los estudios de evaluación del impacto ambiental (EIA), mientras que para el diseño de ecoproductos se utiliza la metodología de ACV. Así pues, para ejecutar el primero, el objeto de estudio es un proyecto; para el ACV, se trata de un producto o servicio y, por ejemplo, para la auditoría ambiental (AA), generalmente es una empresa o planta industrial [12].

## 3 LA GESTIÓN AMBIENTAL EN LAS DIFERENTES FASES PRODUCTIVAS DE PROCESOS EDIFICATORIOS SEGÚN EL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN

Con lo anteriormente expuesto, podemos valorar la importancia que tienen las distintas fases del proceso edificatorio y la repercusión a la hora de realizar un estudio de análisis de ciclo de vida de un edificio completo. Si pretendemos obtener el impacto ambiental de los edificios que proyectamos, será imprescindible tener en cuenta el grado de industrialización de éstos, ya que de no ser así, el impacto ambiental global podrá verse alterado sensiblemente.

La mayor parte de nuestras construcciones están basadas en soluciones convencionales, con un mínimo nivel de implantación de sistemas o componentes industrializados y con un producto final dependiente de mano de obra poco cualificada que, irremediamente, hacen que nuestro sector se caracterice por estar poco evolucionado técnicamente y obsoleto [13].

Existen, y cada vez consiguen alcanzar más relevancia, soluciones con una mayor base industrial, con productos que intentan integrarse dentro del mercado y con una evolución



basada en la calidad de los mismos, pretendiendo mejorar el producto final y facilitar las fases de obra más complejas al delegar la mayor parte del trabajo en el taller.

Si la mayor parte de nuestras construcciones, realizadas con soluciones convencionales, nos sirven como referencia a la hora de analizar el impacto ambiental de nuestras edificaciones, debemos exponer de forma comparativa las diferencias con soluciones basadas en industrialización abierta y con soluciones de alto grado de industrialización.

En nuestro país, se ha construido una ingente cantidad de viviendas en los últimos años con técnicas constructivas que han perseverado de épocas pasadas, basados en la mano de obra poco cualificada y “ladrillo a ladrillo”. Salvo casos que han de considerarse excepcionales, por su singularidad constructiva respecto al resto del conjunto, las viviendas han sido construidas de modo artesanal, con la inclusión de productos de alto nivel productivo industrial, como todos los procedentes de la industria cerámica, ladrillo, baldosas, etc., pero que su puesta en obra requiere de un proceso tedioso de construcción, dependiente de mano de obra con escasa formación, que produce gran cantidad de escombros y que ralentiza el proceso de construcción de las viviendas.

En los últimos años, la industria ha proporcionado nuevos sistemas que suponen un nivel mayor de racionalización, no sólo del proceso de producción, sino también del montaje en obra y en este sentido, la industria ha sido capaz de competir con los sistemas más tradicionales aportando mayores ventajas, aún siendo su implantación bastante excepcional.

En el caso de nuestras edificaciones, el análisis del ciclo de vida se debe corresponder a un estudio completo de “cuna a la tumba”, que recoja el proceso total. Si se realizan estudios parciales de “cuna a la puerta” o “de puerta a puerta” podemos obtener datos comparativos parciales entre diferentes soluciones, pero estos datos resultan insuficientes para evaluar el producto final, que en este caso es el edificio completo.

Las soluciones más industrializadas se caracterizan por tener fases de obra mucho más cortas, más controladas y con una gran limitación de los desperdicios generados, algo muy importante a tener en cuenta en un estudio de ACV.

También el uso, mantenimiento y posterior desmontaje y reutilización de las soluciones empleadas se ven alteradas de forma positiva en las edificaciones que poseen mayor grado de industrialización.

#### **4 EL CUMPLIMIENTO DE SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS**

Los conceptos como sostenibilidad e industrialización en la construcción se encuentran íntimamente ligados. Las ventajas que proporciona una producción industrializada, en especial aquellas basadas en la OPEN BUILDING, frente a sistemas tradicionales o industrializados cerrados, influyen en una mejora de la sostenibilidad de la producción y del producto a lo largo de todo su “ciclo de vida” (Life-Cycle) [14].

La implantación de la teoría reconocida internacionalmente como Open Building a nuestro modelo edificatorio puede suponer un gran avance en la modernización de nuestro sector,

ya que la industrialización abierta y adaptable hace posible la innovación tecnológica capaz de generar grandes ventajas al modelo productivo basado en criterios de sostenibilidad.

Estos criterios, además de tener en cuenta los parámetros más habituales de carácter medioambiental y energético, deben recoger los de carácter social y económico.

En el estudio que se presenta en este artículo, se evalúa la sostenibilidad de 20 sistemas o componentes industrializados. En la Tabla 1, se muestra la definición de criterios a evaluar que engloben los factores que definen la sostenibilidad.

Sostenibilidad: factores medioambientales, sociales y económicos	S.01 Energía primaria de los materiales que lo componen S.02 Energía usada para el transporte de materias primas S.03 Posibilidad de desmontaje S.04 Posibilidad de reutilización S.05 Posibilidad de reciclaje S.06 Gestión de residuos S.07 Energía usada en transporte durante la construcción S.08 Reducción del consumo de agua S.09 Emisiones de CO2 S.10 Emisiones nocivas S.11 Minimización del consumo energético durante el uso S.12 Uso en vivienda colectiva S.13 Confort higrotérmico S.14 Confort acústico S.15 Sistemas bioclimáticos S.16 Posibilidad de modificación de instalaciones técnicas S.17 Condiciones sociales de los trabajadores S.18 Condiciones ambientales de los operarios S.19 Incorporación de nuevos agentes de la producción S.20 Utilización de materiales y componentes regionales S.21 Minimización del coste a lo largo del ciclo de vida S.22 Minimización del coste de construcción S.23 Minimización del coste de mantenimiento S.24 Durabilidad del sistema o componente S.25 Estrategia para incentivar la venta o alquiler S.26 Minimización del coste del uso del edificio
--	---

Tabla. 1 “Definición de criterios para la evaluación de la sostenibilidad”

Una vez definidos los criterios se evalúan los sistemas industrializados seleccionados de nuestro mercado. Se han elegido 20 sistemas o componentes industrializados agrupados en varias familias: una primera familia de módulos tridimensionales, una segunda de elementos estructurales, fachadas (incluyendo paneles de Hormigón Arquitectónico, GRC, paneles Sandwich metálicos y fachadas ventiladas) y un último grupo de acabados (tabiquería y suelos).

Para realizar esta valoración se han planteado tres niveles que faciliten la evaluación de los sistemas. En un primer lugar, y como nivel más bajo de valoración, se tiene en cuenta que la solución propuesta se corresponde con un grado mínimo de cumplimiento del criterio o suponen el uso convencional del mismo, el siguiente nivel se corresponde con un grado de mejora respecto al anterior nivel, y la máxima valoración se corresponde al cumplimiento óptimo del criterio con un coste económico razonable.

Según la evaluación obtenida de los diferentes sistemas se obtienen los resultados que podemos ver en la figura 3, comparándose entre ellos según el porcentaje de cumplimiento:

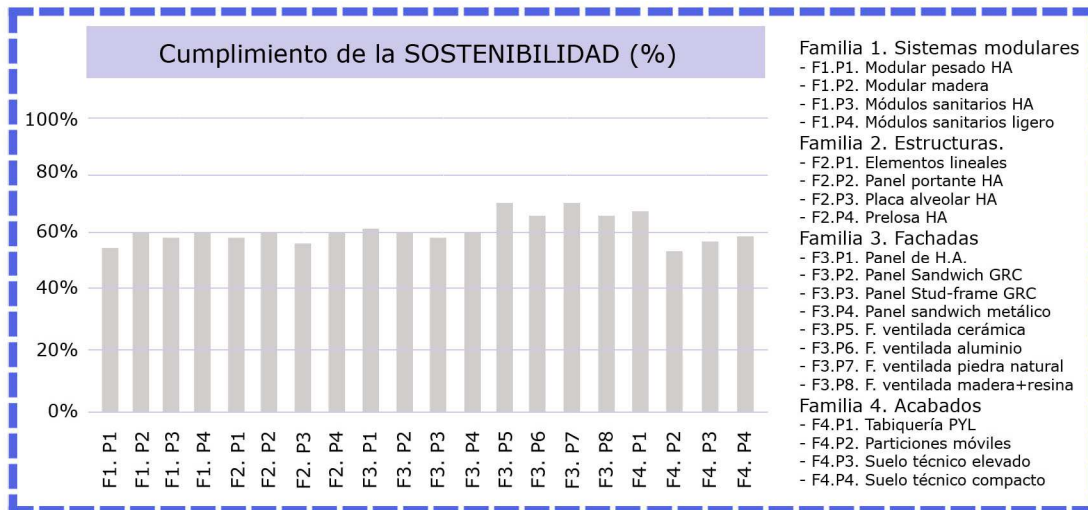


Fig. 3 "Porcentaje de cumplimiento de la sostenibilidad"

Los datos obtenidos en el estudio revelan un alto cumplimiento de los sistemas industrializados en general. En cuanto a los cumplimientos de criterios de sostenibilidad, existe una línea homogénea entre la mayoría de los componentes estudiados, con un repunte en soluciones de fachada ventilada que hacen suponer un mayor cumplimiento de los mismos.

Las fachadas, que están formadas por una hoja exterior ligera se caracterizan, en general, por su poco peso y su fácil montaje en el proceso de ejecución, existiendo una gran variedad de soluciones que te permiten obtener fachadas con acabados exteriores formados por paneles ligeros.

Este tipo de soluciones no son nuevas, pero la mayoría de ellas poseen un carácter innovador en la forma de construir. Además se puede observar que suscriben con los criterios que caracterizan a las soluciones más sostenibles.

La contradicción constructiva surge cuando las unidades de obra se completan con hojas interiores pesadas y poco tecnificadas, basadas en soluciones de soporte de ladrillo, con las consecuencias derivadas implica, principalmente en la repercusión que tiene en el análisis de ciclo de vida completo por las desventajas que puede suponer en la fase de obra y posterior al utilizar soluciones de soporte poco tecnificadas [15].

## 5 CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta, según la UNE-EN 15804 [5], que las empresas pueden elegir dar a conocer impactos asociados del resto de módulos del ACV distintos a la fase A1-A3, y que según el Anexo1 (apartado 3) del nuevo Reglamento de Productos de la Construcción, indica que las obras de construcción deberán proyectarse, construirse y demolerse de tal forma que la utilización de los recursos naturales sea sostenible y garantice en particular: a) la reutilización y la reciclabilidad de las obras de construcción, sus materiales y sus partes tras la demolición; b) la durabilidad de las obras de construcción y c) la utilización de materias primas y materiales secundarios en las obras de construcción que sean compatibles desde el punto de vista medioambiental, un apunte que realizamos con este

estudio es que sería adecuado que se obligase a las empresas a hacer público el resto de resultados obtenido en el ACV del producto para garantizar que dicho producto es sostenible.

Además de esto creemos que, dependiendo del grado de industrialización de las distintas fases productivas de un proceso edificatorio, se generarán unos u otros resultados sobre la sostenibilidad global en el edificio, por lo que la evaluación de éste, en términos ambientales, debería contemplar los criterios anteriormente descritos en el estudio llevado a cabo.

Una nueva tendencia hacia las soluciones fachada completamente industrializadas intenta romper con esa contradicción arquitectónica y constructiva que supone la utilización de sistemas tecnológicamente tan opuestos. Analizando el estudio específico de las posibles aplicaciones en fachadas de paneles ligeros y las consecuencias derivadas de esa posible aplicación, como es la sostenibilidad en este tipo de cerramientos, podemos decir que este tipo de soluciones poseen un mejor comportamiento ambiental que otro tipo de cerramientos.

## 6 REFERENCIAS

- 
- [1] Reglamento 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo. (2011).
  - [2] Directiva del Consejo 89/106/CEE. (1988).
  - [3] UNE-EN ISO 14020. (2000). *Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Principios generales*.
  - [4] UNE-EN ISO 14025. (2000). *Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos*.
  - [5] UNE-EN 15804. (2011). *Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de productos básicas para productos de construcción*.
  - [6] Worldwatch Institute. (2013). Fuente: <http://www.worldwatch.org/environment-society>.
  - [7] UNE-EN ISO 14040. (2006). *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principio y marco de referencia*.
  - [8] Curran, M. A. (2004). The status of life-cycle assessment as an environmental management tool. *Environmental Progress*. **23**, 277-283.
  - [9] Caram, J. (2011). Edificación y sostenibilidad. *Revista Digital de Arquitectos de Canarias*. **8**.
  - [10] Rebitzer, G., Fullana, P., et al. (2003). Recycling, Close-Loop Economy, Secondary Resources. *The international journal of life cycle assessment*. **8**, 106-108.
  - [11] Fullana-i-Palmer, P., Puig, R. et al. (2011). From Life Cycle Assessment to Life Cycle Management: A Case Study On Industrial Waste Management Policy Making. *Journal of industrial ecology*, **15(3)**, 458-475.
  - [12] Romero, Blanca I. El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. Boletín IIE. 28(3): 91-97, 2003.
  - [13] Del Águila, A. (2010), The Adaptation of Industrialized Buildings to a Changing World. En *Actas del 16th Conference on Open and Sustainable Building*, CIB W104 y TECNALIA (Eds) pag. 32-39, Bilbao, España.
  - [14] Kendall, S., Teicher, J. (2000). *Residential Open Building*, 1, 320. Taylor & Francis. Londres.
  - [15] Inglés, F. (2007) Fachadas de paneles ligeros. En *Tratado de construcción. Fachadas y cubiertas (II)*. Munilla-Lería (Eds) pag. 239-294, Madrid. España.